مقاله پژوهشی **شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2**

اثر تاج پوشش خالص و آمیخته *Crataegus melanocarpa* و *Berberis integerrima* بر فعالیت‌های بیوشیمیایی و استوکیومتری میکروبی خاک

الهام قادری[۱] و یحیی کوچ*[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۷ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۱/۳۱

چکیده

گونه‌های ولیک و زرشک غالبیت پوشش‌های درختچه‌ای رویشگاه‌های مرتعی شمال کشور را شامل می‌شوند، اما تاکنون اثر ترکیب تاج پوشش (خالص و آمیخته) این گونه‌ها بر شاخص‌های عملکری خاک مورد توجه قرار نگرفته است. در پژوهش حاضر اثر پنج نوع ترکیب تاجی از گونه‌های ولیک و زرشک (ولیک خالص، زرشک خالص، ولیک و زرشک با پوشش تاجی تقریباً برابر، توده با غالبیت ولیک و توده با غالبیت زرشک) بر شاخص‌های بیوشیمیایی و استوکیومتری میکروبی خاک در منطقه پی‌ده غرب مازندران مورد توجه قرار گرفت. پس از شناسایی ترکیب‌های مورد نظر از گونه‌های مورد مطالعه، از هر ترکیب تاجی ۳ قطعه نمونه یک هکتاری انتخاب گردید. در داخل هر یک از قطعات یک هکتاری، تعداد ۵ نمونه خاک از عمق‌های ۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی‌متری (سطح ۳۰ سانتی‌متر × ۳۰ سانتی‌متر) برداشت (مجموعا تعداد ۴۵ نمونه خاک از هر ترکیب تاجی) و به آزمایشگاه انتقال داده شد. 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. بر مبنای تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA)، تجمع بیشتر رس، افزایش نسبت لایه‌بندی ماده آلی (عمق اول به عمق دوم)، واکنش خاک، کربن آلی و نیتروژن منجربه افزایش فعالیت‌های بیوشیمیایی (معدنی‌شدن نیتروژن، آمونیوم، نیترات) و استوکیومتری میکروبی (نسبت زی‌توده میکروبی کربن به کربن، نسبت زی‌توده میکروبی نیتروژن به نیتروژن، نسبت زی‌توده میکروبی فسفر به فسفر) خاک تحت تیپ‌های تاجی آمیخته ولیک و زرشک (به‌ویژه با پوشش تاجی تقریباً برابر) شده است. در حالی که تیپ‌های خالص ولیک و زرشک با دارا بودن مقادیر بزرگتر نسبت لایه‌بندی ماده آلی (عمق دوم به عمق سوم)، محتوی شن و سیلت خاک دارای کمترین فعالیت‌های بیوشیمیایی و استوکیومتری میکروبی خاک بودند. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان اذعان داشت که آمیختگی تقریباً برابر پوشش‌های چوبی ولیک و زرشک می‌تواند شرایط مناسب‌تر و بازدهی بیشتری برای عملکرد خاک در رویشگاه‌های مرتعی فراهم نماید که این موضوع می‌تواند برای احیای اراضی مرتعی تخریب‌یافته مورد توجه مدیران قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: مراتع کوهستانی، ترکیب تاج پوشش، فعالیت میکروبی، عمق خاک، غرب مازندران.

[۱]- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی مرتع، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

[۲]- استادیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

*: نویسنده مسئول: yahya.kooch@modares.ac.ir

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]

مقدمه

مراتع به عنوان یکی از مهم‌ترین اشکال پوشش اراضی، سطح گسترده‌ای از جهان را در برگرفته است. در همین راستا، بر اساس آمار سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، رویشگاههای مرتعی با مساحت ۸۴/۶ میلیون هکتار بیش از ۵۰ درصد سطح اراضی ایران را تشکیل می‌دهند (۳۱). مراتع از نظر اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و در صورتی که به‌طور صحیح مدیریت و بهره‌برداری شوند می‌توانند نقش مهمی در شکوفایی اقتصادی هر کشور ایفا کنند. یکی از کارکردهای غیرعلوفه‌ای پوشش گیاهی مراتع، حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش می‌باشد. فرسایش، کاهش حاصل‌خیزی خاک را به‌دنبال دارد. سطح پوشش تاجی، نوع و میزان تراکم گیاهان مرتعی از جمله پارامترهایی است که نقش مهمی در حفاظت خاک ایفا می‌نماید (۳۳). پوشش گیاهی به عنوان عامل بازدارنده فرسایش خاک از این جهت حائز اهمیت خواهد بود که تنها عاملی است که انسان قادر به کنترل بیولوژیکی فرسایش از طریق اعمال مدیریت مطلوب مرتع دارد (۲۵). همچنین، پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین عوامل در پیدایش خاک بوده و مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۹، ۱۰). پژوهش‌های متعددی در مورد اثر گونه‌های گیاهی بر روی ویژگی‌های خاک صورت گرفته است. این اثرات می‌تواند به تنوع گونه‌های گیاهی بستگی داشته باشد که شامل کیفیت و سرعت تجزیه لایه بستر، مواد غذایی خاک، تنفس ریشه و جذب مواد مغذی و نیز تأثیر بر جوامع میکروبی و جانوری خاک می‌باشد (۲۳). رویشگاه‌های مرتعی با توجه به ساختار چشم‌انداز[1] از گونه‌های گیاهی با فرم‌های رویشی علفی، درختچه‌ای و درختی (مراتع غیرمشجر و مشجر) تشکیل شده‌اند. لذا، تاج‌پوشش (به‌ویژه در خصوص گونه‌های درختچه‌ای و درختی) یکی از مهمترین اجزای اکوسیستم‌های مرتعی بوده و اثرات آن بر برخی از فرآیندهای بیوشیمیایی در بستر رویشگاه و لایه‌های سطحی خاک شناخته شده است (۱۲ و ۱۸). بنابراین، ترکیب و تنوع پوشش تاجی گیاهان اثر قابل توجهی بر عملکرد خاک رویشگاه دارد (۹). در همین راستا، عملکرد خاک را می‌توان با ادغام مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی، بیوشیمیایی و زیستی خاک ارزیابی کرد (۲۰). از بین پارامترهای مختلف، مشخصه‌های میکروبی، به‌عنوان یکی از شاخص‌های بسیار حساس عملکرد خاک بوده که پاسخ قطعی به تغییرات نوع پوشش گیاهی اراضی ارائه می‌دهند. جوامع میکروبی و عملکردشان می‌توانند فرآیندهای تجزیه را در خاک (مانند معدنی‌کردن مواد آلی)، به طور بنیادی و غیر وابسته به عوامل محیطی نظیر مقدار آب یا دمای خاک تغییر دهند (۶). تغییرات در ویژگی‌های میکروبی خاک ممکن است منجربه تغییرات مهم در کیفیت خاک شود و بر چرخه مواد غذایی و توسعه گیاه اثر بگذارد (۵).

در اکوسیستم‌های خشکی[2]، نیتروژن معدنی (نیترات و آمونیوم) منابع اصلی قابل دسترس برای جذب گیاهان در طول دوره رشد هستند (۵۲). در رویشگاه‌های مرتعی، تحول ازت خاک (تولید آمونیوم و نیترات از نیتروژن آلی) تحت تأثیر نوع و ترکیب گونه‌های گیاهی قرار دارد. در این راستا، تفاوت گونه‌های مختلف در فرآیند تولید آمونیوم و نیترات خاک در بررسی‌های پیشین گزارش شده است (۳۶ و ۴۴). بر همین اساس، بستر رویشگاه به عنوان محل تجمع مواد آلی جزء اصلی تحول نیتروژن خاک به حساب می‌آید و حضور مواد آلی با کمیت متنوع به‌طور مستقیم، فرآیند معدنی‌شدن نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۲). بنابراین مطالعه نیتروژن معدنی خاک برای درک چرخه‌های بیوشیمیایی و ارزیابی پایداری و عملکرد اکوسیستم‌ها مفید می‌باشد (۵۲). علم استوکیومتری (سهم‌سنجی، عنصرسنجی و یا قیاس‌سنجی) اکولوژیکی[3]، مطالعه توازن انرژی و عناصر شیمیایی در سیستم زیستی بوده و ابزار مهمی در مطالعه چرخه عناصر غذایی و درک پویایی و عملکرد اکوسیستم‌های خشکی می‌باشد (۴۸ و ۴۹). در واقع، مرور منابع پیشین حاکی از آنست که بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته بر مقادیر مطلق مشخصه‌های میکروبی خاک تاکید داشته‌اند، در حالی که امروزه (۱۹ و ۴۹) بر نسبت بین اجزای فعالیت‌های میکروبی خاک به

[1]- Landscape
[2]- Terrestrial Ecosystems
[3]- Ecological stoichiometry

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]

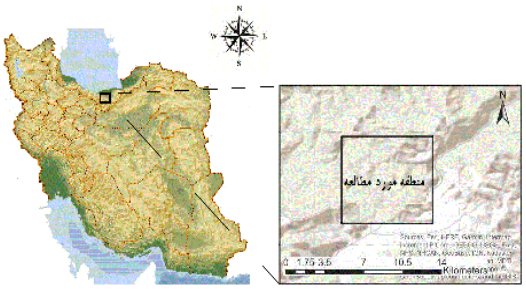
عنوان شاخصی از چرخه‌های عناصر غذایی (بویژه کربن، نیتروژن و فسفر) تاکید می‌شود. به‌طور کلی استوکیومتری اکولوژیکی شاخص‌های میکروبی، در مقایسه با سایر مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و میکروبی به دلیل حساس بودن به هر گونه دگرگونی ایجاد شده، اثر تخریب و یا احیای رویشگاهها، به عنوان شاخص‌های مناسبی برای بررسی کیفیت و سلامت خاک در اکوسیستم‌های خشکی مورد توجه می‌باشند. تغییر در ترکیب تاج پوشش و یا اختلاط گونه‌ها می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر میزان ماده آلی ورودی و فعالیت‌های بیوشیمیایی و استوکیومتری میکروبی خاک داشته باشد (۱۲).

گونه‌های ولیک و زرشک غالبیت پوشش‌های درختچه‌ای رویشگاههای مرتعی شمال کشور را شامل می‌شوند. گونه ولیک متعلق به خانواده گل سرخیان می‌باشد و در انواع آب و هوا قابلیت رشد دارد، اما نواحی معتدل را برای رشد بهتر ترجیح می‌دهد. این گونه به نواحی با آفتاب کامل به همراه کمی سایه پراکنده نیاز دارد. در انواع مختلفی از خاک‌ها اعم از خاک‌های خشک یا تازه و مرطوب، اسیدی یا خنثی و رسی یا شنی می‌تواند مستقر شود، اما در خاک‌هایی با بافت سبک تا متوسط عملکرد بهتری دارد. این درختچه اغلب در دامنه کوه‌ها و یا در ارتفاعات پایین‌تر رشد می‌کند و در حاشیه جنگل‌ها نیز یافت می‌شود. گونه زرشک جزء خانواده زرشکیان می‌باشد و تغییرات دما تأثیر بسزایی در چرخه زندگی این گیاه دارد. مناسبترین وضعیت رشد و نمو زرشک در خاک‌های آهکی با بافت لومی مشاهده شده است. این گیاه در خاک‌های غنی از مواد غذایی مورد نیاز، رشد بهتر و محصول‌دهی بیشتری دارد، اما نسبت به فقر غذایی خاک نیز تا حد نسبتاً زیادی مقاوم است. زرشک در برابر کمبود آب نیز از خود مقاومت نشان می‌دهد. درختچه‌های زرشکی که در ارتفاعات بیش از هزار متر و نیز در مناطقی با زمستانهای نسبتاً سرد و طولانی می‌رویند از رشد بیشتر و محصول‌دهی بهتری برخوردارند (۲۷). در پژوهش حاضر به مطالعه اثر ترکیب تاج پوشش (خالص و آمیخته) این گونه‌ها (ولیک و زرشک) بر شاخص‌های عملکری خاک پرداخته خواهد شد تا در نهایت رابطه منطقی بین فعالیت‌های میکروبی خاک و نوع پوشش‌های اراضی مورد بررسی حاصل گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی در رویشگاه ییلاقی پی‌ده از توابع بخش کجور در جنوب‌شرقی شهرستان نوشهر (عرض جغرافیایی ″۱۴ ′۲۷ °۳۶ تا ″۱۶ ′۲۷ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی ″۲۴ ′۴۶ °۵۱ تا ″۲۷ ′۴۶ °۵۱ شرقی) و در زون البرز مرکزی قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۲۲۰۰ متر، متوسط بارندگی سالانه منطقه ۳۹۰ میلی‌متر و اقلیم منطقه سرد و نیمه‌خشک می‌باشد. شیب عمومی منطقه یک جانبه و ۱۵ درصد جنوبی است. سطح منطقه عموماً توسط گونه‌های درختچه‌ای ولیک (*Crataegus melanocarpa* M. B.) و زرشک (*Berberis integerrima* Bunge.) پوشیده شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان ماندران، شمال ایران

روش نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی

به‌منظور شناسایی ترکیب‌های مختلف تاجی از گونه‌های ولیک و زرشک ولیک خالص (بالای ۹۰ درصد ولیک)، زرشک خالص (بالای ۹۰ درصد زرشک)، ولیک و زرشک با پوشش تاجی تقریباً برابر (حدود ۵۰ درصد ولیک + حدود ۵۰ درصد زرشک)، توده با غالبیت ولیک (حدود ۷۰ درصد ولیک + حدود ۳۰ درصد زرشک) و توده با غالبیت زرشک (حدود ۷۰ درصد زرشک + حدود ۳۰ درصد ولیک) قطعات یک هکتاری (۱۰۰ متر × ۱۰۰ متر) در منطقه مورد مطالعه پیاده و در داخل این قطعات، تعداد ۵ قطعه‌نمونه بزرگ ۲۰ متر × ۲۰ متر (در گوشه‌ها و مرکز قطعات یک هکتاری) برای ثبت اسامی گونه‌های چوبی و درصد پوشش تاجی آن‌ها پیاده شد. در نهایت پس از شناسایی ترکیب‌های مورد نظر از گونه‌های مورد مطالعه، از هر ترکیب، ۳ قطعه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]

نمونه یک هکتاری انتخاب گردید. در داخل هر یک از قطعات یک هکتاری، تعداد ۵ نمونه خاک (از بخش مرکزی هر قطعه‌نمونه بزرگ) از عمق‌های ۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی‌متری (سطح ۳۰ سانتی‌متر × ۳۰ سانتی‌متر) برداشت (مجموعا تعداد ۴۵ نمونه خاک از هر ترکیب تاجی) و به آزمایشگاه انتقال داده شد. 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)، واکنش (pH) خاک، کربن آلی، نیتروژن کل، معدنی‌شدن نیتروژن، آمونیوم، نیترات، لایه‌بندی ماده آلی (نسبت مقدار ماده آلی عمق اول به عمق دوم و نسبت ماده آلی عمق دوم به عمق سوم)، استوکیومتری (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 (۱ و ۱۷).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل و همچنین مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمال بودن آنها با آزمون کولموگروف‌اسمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون، تست گردید. به منظور بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مورد مطالعه در ارتباط با ترکیب‌های مختلف تاجی و عمق‌های خاک، از تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. آزمون دانکن نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین بکار گرفته شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۰ انجام پذیرفت. همچنین به منظور انجام آنالیز چند متغیره و تعیین ارتباط مقادیر مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی با فعالیت‌های بیوشیمیایی و استوکیومتری میکروبی خاک در ترکیب‌های مختلف تاجی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) با ایجاد ماتریس حاصله در برنامه PC-ORD، نسخه ۵، تحت Windows مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

مطابق با یافته‌های این پژوهش، بیشتر مشخصه‌های خاک به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) متأثر از ترکیب‌های تاج پوشش ولیک و زرشک در عمق‌های مورد بررسی بودند (جدول ۱). تیپ گیاهی زرشک خالص دارای بیشترین مقادیر شن، به‌ویژه در عمق‌های بالایی خاک، بود در حالی که بیشترین مقادیر سیلت خاک به تیپ‌های گیاهی ولیک خالص، زرشک خالص و همچنین تیپ گیاهی۳۰ درصد ولیک و۷۰ درصد زرشک اختصاص داشت. بیشترین مقادیر رس نیز به تیپ گیاهی ۵۰ درصد ولیک و۵۰ درصد زرشک، بویژه در لایه‌هایی پایینی خاک، تعلق داشت (جدول ۲). بافت خاک در تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه رسی لومی تا لومی بود (شکل ۲). نسبت لایه‌بندی ماده آلی (عمق اول به عمق دوم و عمق دوم به عمق سوم) تفاوت آماری معنی‌داری را در بین ترکیب‌های مختلف تاجی ولیک و زرشک نشان نداد (شکل ۳). تیپ‌های گیاهی۵۰ درصد ولیک و۵۰ درصد زرشک و همچنین ۷۰ درصد ولیک و۳۰ درصد زرشک دارای بالاترین مقادیر واکنش خاک بوده‌اند. همچنین بالاترین مقادیر کربن آلی و نیتروژن کل در تیپ گیاهی ۵۰ درصد ولیک و۵۰ درصد زرشک، بخصوص در عمق‌های بالایی خاک، مشاهده شد (جدول ۲). ترکیب‌های مختلف تاجی ولیک و زرشک اثرات معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) بر فعالیت‌های بیوشیمیایی خاک داشت، به طوری که تیپ گیاهی۵۰ درصد ولیک و ۵۰ درصد زرشک، بخصوص در عمق‌های بالایی خاک، دارای بیشترین مقادیر معدنی‌شدن نیتروژن، آمونیوم و نیترات بودند. بطور مشابه، تیپ گیاهی۵۰ درصد ولیک و ۵۰ زرشک باعث افزایش معنی‌دار سهم میکروبی کربن خاک شد، در حالی که بالاترین مقادیر سهم‌های میکروبی نیتروژن و فسفر خاک به تیپ‌های پوششی۵۰ درصد ولیک و۵۰ درصد زرشک و همچنین ۷۰ درصد ولیک و۳۰ درصد زرشک اختصاص داشت (جدول ۳). تحلیل مولفه‌های اصلی بیانگر تمایز ترکیب‌های مختلف تاجی ولیک و زرشک بر اساس ویژگی‌های مورد مطالعه خاک بود. مطابق با نتایج، محورهای اول و دوم به‌ترتیب ۶۴/۳۸ و ۱۱/۴۱ درصد واریانس را توجیه می‌نمایند. بر مبنای تجزیه مؤلفه‌های اصلی، مشخصه‌های نسبت لایه‌بندی ماده آلی (عمق دوم به عمق سوم)، محتوی شن

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]

و سیلت خاک در سمت راست محور قرار گرفته و حاکی از افزایش این مقادیر در تیپ‌های خالص ولیک و زرشک می‌باشد، در حالی که قرارگیری مشخصه‌های محتوی رس، نسبت لایه‌بندی ماده آلی (عمق اول به عمق دوم)، واکنش خاک، کربن آلی، نیتروژن کل، معدنی‌شدن نیتروژن، آمونیوم، نیترات، سهم‌های میکروبی کربن، نیتروژن و فسفر در سمت چپ محور حاکی از مقادیر بالاتر این مشخصه‌ها در تیپ‌های گیاهی آمیخته ولیک و زرشک می‌باشد (شکل ۴).

جدول ۱: تجزیه واریانس مشخصه‌های خاک تحت ترکیب‌های مختلف تاجی ولیک و زرشک

ویژگی خاک	ترکیب تاجی		عمق خاک		ترکیب تاجی × عمق خاک	
	مقدار F	معنی‌داری	مقدار F	معنی‌داری	مقدار F	معنی‌داری
شن	۲۶/۹۲۱**	۰/۰۰۰	۱۴/۹۲۸**	۰/۰۰۰	۰/۳۱۴ ns	۰/۹۶۰
سیلت	۲/۸۸۶*	۰/۰۲۳	۰/۲۴۲ns	۰/۷۸۶	۰/۱۳۸ ns	۰/۹۹۷
رس	۷۸/۷۶۷**	۰/۰۰۰	۱۹/۷۵۴**	۰/۰۰۰	۰/۷۰۴ ns	۰/۶۸۸
واکنش خاک	۱۴/۷۶۶**	۰/۰۰۰	۴/۳۶۱*	۰/۰۱۴	۰/۲۶۶ ns	۰/۹۸۶
کربن آلی	۱۸/۳۸۵**	۰/۰۰۰	۴/۲۳۱*	۰/۰۱۶	۰/۰۴۶ ns	۰/۹۹۹
نیتروژن کل	۴۲/۹۸۳**	۰/۰۰۰	۳۵/۵۷۲**	۰/۰۰۰	۱/۲۶۷ ns	۰/۲۶۲
معدنی‌شدن نیتروژن	۹۶/۱۵۴**	۰/۰۰۰	۸۳/۲۲۳**	۰/۰۰۰	۲/۲۳۵*	۰/۰۲۶
آمونیوم	۳۶/۲۴۰**	۰/۰۰۰	۸۱/۵۱۰**	۰/۰۰۰	۵/۶۱۵**	۰/۰۰۰
نیترات	۴۶/۴۲۵**	۰/۰۰۰	۱۴۹/۰۰۶**	۰/۰۰۰	۶/۶۵۳**	۰/۰۰۰
سهم میکروبی کربن	۲۶/۶۹۲**	۰/۰۰۰	۷/۶۷۷ **	۰/۰۰۱	۱/۹۳۸ ns	۰/۰۵۶
سهم میکروبی نیتروژن	۱۴/۳۶۲**	۰/۰۰۰	۲/۵۴۵ns	۰/۰۸۱	۰/۴۱۲ ns	۰/۹۱۳
سهم میکروبی فسفر	۱۱/۸۹۱**	۰/۰۰۰	۱۰/۱۴۰**	۰/۰۰۰	۰/۲۱۵ ns	۰/۹۸۸

** و * نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد آماری است. ns نشان‌دهندهٔ عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشد.

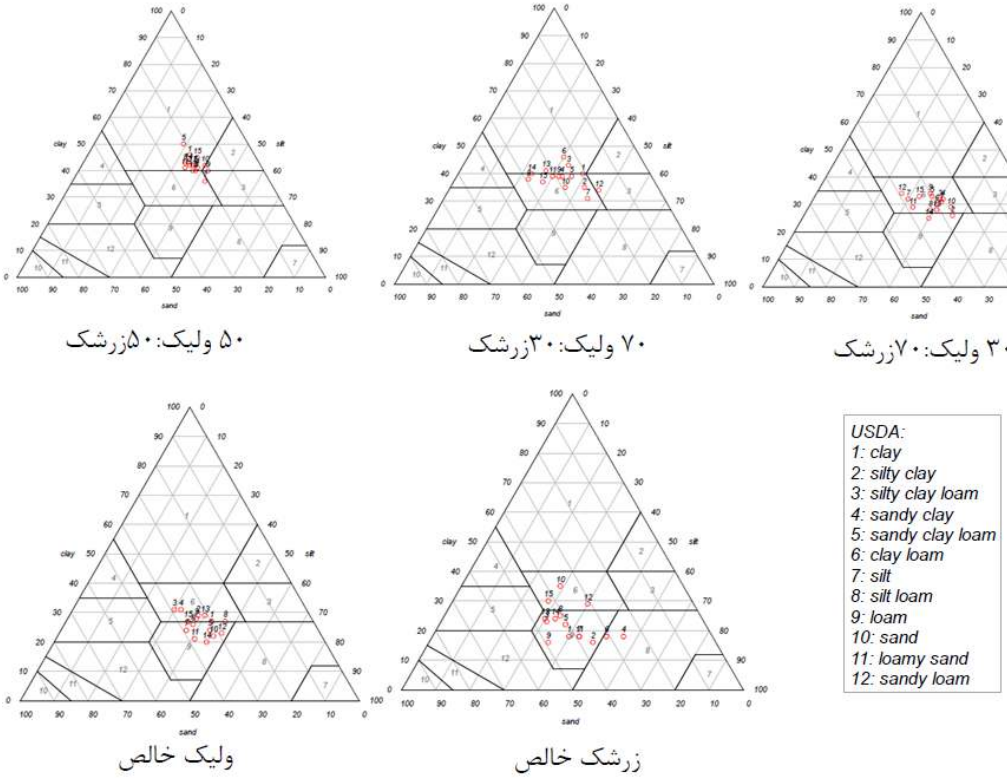
جدول ۲: میانگین مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت ترکیب‌های مختلف تاجی ولیک و زرشک

ویژگی خاک	عمق	۵۰ ولیک:۵۰زرشک	۷۰ ولیک:۳۰زرشک	۳۰ ولیک:۷۰زرشک	ولیک خالص	زرشک خالص
شن (درصد)	۱۰-۰	۲۴/۱±۶۶/۲۶Ca	۳۲/۳±۸۰/۱۷Ba	۳۶/۱±۲۶/۹۰ABa	۳۹/۲±۴۰/۱۱ABa	۴۱/۲±۴۰/۵۰A
	۲۰-۱۰	۲۰/۰±۸۶/۹۶Cb	۲۷/۲±۱۳/۴۸BCab	۳۰/۱±۳۳/۹۷Bb	۳۲/۱±۲۰/۵۶Bb	۳۹/۳±۹۳/۸۸A
	۳۰-۲۰	۱۹/۰±۰۶/۶۶Db	۲۴/۱±۲۶/۳۸CDb	۲۷/۱±۹۳/۵۷BCb	۲۹/۱±۹۳/۵۶Bb	۳۶/۳±۰۰/۱۶A
	میانگین	۲۱/۰±۵۳/۶۶D	۲۸/۱±۰۶/۴۸C	۳۱/۱±۵۱/۱۵BC	۳۳/۱±۸۴/۱۶B	۳۹/۱±۱۱/۸۵A
سیلت (درصد)	۱۰-۰	۳۵/۱±۵۳/۲۷	۳۴/۳±۴۰/۳۱	۳۷/۲±۹۳/۱۲	۳۸/۲±۰۰/۱۵	۳۸/۲±۲۰/۱۵
	۲۰-۱۰	۳۶/۱±۴۰/۶۹	۳۲/۲±۸۰/۴۰	۳۸/۲±۱۳/۳۳	۴۰/۲±۹۳/۷۱	۳۸/۳±۲۶/۶۸
	۳۰-۲۰	۳۶/۱±۹۳/۵۶	۳۳/۲±۴۶/۲۹	۳۸/۲±۲۶/۱۹	۴۱/۲±۵۳/۷۱	۳۹/۴±۵۳/۳۴
	میانگین	۳۶/۰±۲۸/۸۶AB	۳۳/۱±۵۵/۵۲B	۳۸/۱±۱۱/۲۵A	۴۰/۱±۱۵/۴۵A	۳۸/۱±۶۶/۹۸A
رس (درصد)	۱۰-۰	۳۹/۰±۸۰/۹۱Ab	۳۲/۱±۸۰/۲۴Bb	۲۵/۱±۸۰/۷۰Cb	۲۲/۰±۶۰/۹۶CDb	۲۰/۱±۴۰/۳۵D
	۲۰-۱۰	۴۲/۱±۷۳/۲۵Aab	۴۰/۱±۰۶/۵۶Aa	۳۱/۱±۵۳/۵۱Ba	۲۶/۱±۸۶/۸۶BCab	۲۱/۲±۸۰/۷۳C
	۳۰-۲۰	۴۴/۱±۰۰/۴۴Aa	۴۲/۱±۲۶/۶۰Aa	۳۳/۱±۸۰/۲۱Ba	۲۸/۱±۵۳/۸۲Ca	۲۴/۲±۴۶/۲۲C
	میانگین	۴۲/۰±۱۷/۷۳A	۳۸/۱±۳۷/۰۳B	۳۰/۰±۳۷/۹۸C	۲۶/۰±۰۰/۹۸D	۲۲/۱±۲۲/۲۵E
واکنش خاک	۱۰-۰	۷/۰±۰۲/۱۱A	۶/۰±۸۶/۱۴A	۶/۰±۴۲/۱۵B	۶/۰±۱۲/۲۱B	۶/۰±۱۱/۰۸B
	۲۰-۱۰	۷/۰±۰۹/۰۶A	۶/۰±۹۶/۱۴AB	۶/۰±۵۷/۱۵BC	۶/۰±۳۵/۱۹C	۶/۰±۳۱/۱۲C
	۳۰-۲۰	۷/۰±۱۸/۱۵A	۷/۰±۰۰/۱۹AB	۶/۰±۷۳/۲۲AB	۶/۰±۶۰/۱۰B	۶/۰±۵۰/۱۹B
	میانگین	۷/۰±۰۹/۰۶A	۶/۰±۹۴/۰۹A	۶/۰±۵۷/۱۰B	۶/۰±۳۶/۰۸B	۶/۰±۳۱/۰۶B
کربن آلی (درصد)	۱۰-۰	۴/۰±۰۸/۱۶Aa	۳/۰±۴۲/۰۹Ba	۲/۰±۸۶/۱۴Ca	۲/۰±۵۴/۱۷CDa	۲/۰±۱۰/۲۵D
	۲۰-۱۰	۲/۰±۵۲/۱۷Ab	۲/۰±۲۸/۱۱Ab	۲/۰±۱۰/۱۸ABb	۱/۰±۷۹/۰۹Bb	۱/۰±۷۷/۱۶B
	۳۰-۲۰	۲/۰±۴۸/۲۹Ab	۲/۰±۲۲/۲۳ABb	۲/۰±۰۲/۱۷ABb	۱/۰±۷۶/۱۳Bb	۱/۰±۷۴/۲۸B
	میانگین	۳/۰±۰۳/۱۶A	۲/۰±۶۴/۱۲B	۲/۰±۳۳/۱۱BC	۲/۰±۰۳/۰۹CD	۱/۰±۸۷/۱۳D
نیتروژن کل (درصد)	۱۰-۰	۰/۰±۴۳/۰۳Aa	۰/۰±۳۳/۰۲Ba	۰/۰±۲۶/۰۱Ca	۰/۰±۲۱/۰۰Ca	۰/۰±۸/۰۱Ca
	۲۰-۱۰	۰/۰±۳۰/۰۳Ab	۰/۰±۲۲/۰۱Bb	۰/۰±۱۹/۰۱BCb	۰/۰±۱۶/۰۱Cb	۰/۰±۱۴/۰۱Cb
	۳۰-۲۰	۰/۰±۲۸/۰۲Ab	۰/۰±۲۰/۰۱Bb	۰/۰±۱۸/۰۱BCb	۰/۰±۱۵/۰۰Cb	۰/۰±۱۱/۰۱Db
	میانگین	۰/۰±۳۴/۰۲A	۰/۰±۲۵/۰۱B	۰/۰±۲۱/۰۰C	۰/۰±۱۷/۰۰CD	۰/۰±۱۴/۰۱D

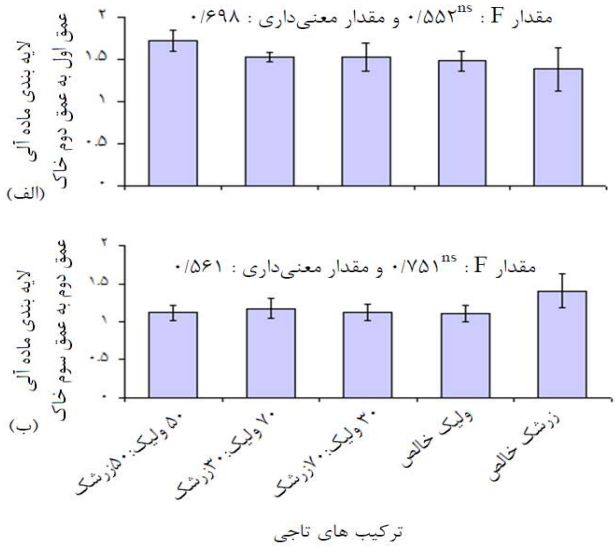
اعداد داخل جدول به ترتیب از چپ به راست، میانگین ± اشتباه از معیار می‌باشند. حروف‌های انگلیسی بزرگ (در هر سطر) و کوچک (در هر ستون) بترتیب بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار مشخصه‌ها بین ترکیب‌های تاجی و عمق‌های خاک می‌باشند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]



شکل ۲: مثلث بافت خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) تحت ترکیب‌های مختلف تاجی ولیک و زرشک



شکل ۳: میانگین لایه‌بندی ماده آلی خاک تحت ترکیب‌های مختلف تاجی ولیک و زرشک. میله‌های باریک بر روی هر ستون بیانگر ± اشتباه از معیار می‌باشند. ns نشان‌دهندهٔ عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشد.

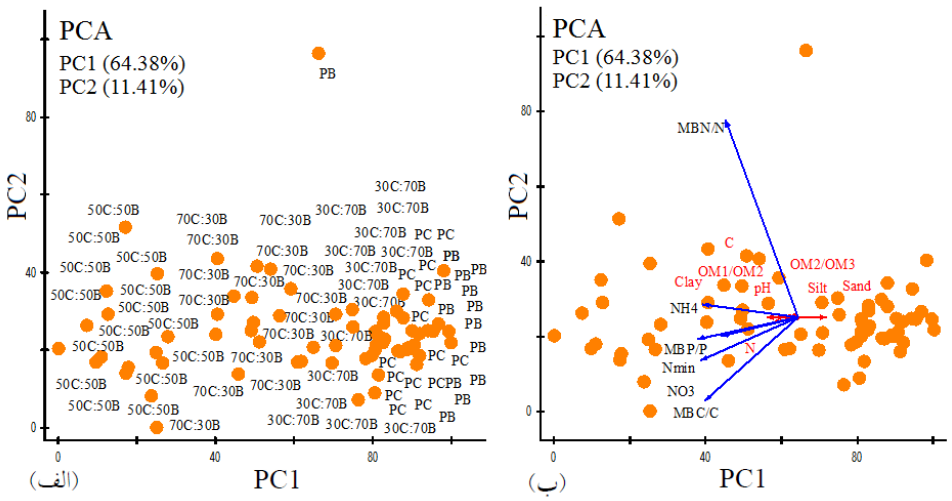
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]

جدول ۳: میانگین مشخصه‌های بیوشیمیایی و میکروبی خاک تحت ترکیب‌های مختلف تاجی ولیک و زرشک

ویژگی خاک	عمق	۵۰ ولیک:۵۰زرشک	۷۰ ولیک:۳۰زرشک	۳۰ ولیک:۷۰زرشک	ولیک خالص	زرشک خالص
معدنی شدن نیتروژن	۱۰-۰	۴۸/۴±۸۹/۸۰Aa	۳۷/۰±۵۲/۹۲Ba	۲۴/۲±۲۷/۲۲Ca	۲۰/۱±۴۱/۱۹Ca	۱۹/۱±۱۱/۳۳Ca
(میلی‌گرم بر کیلوگرم در	۲۰-۱۰	۴۰/۲±۴۶/۹۳Aab	۲۰/۲±۸۸/۰۷Bb	۱۱/۱±۳۶/۰۹Cb	۱۱/۰±۲۱/۵۳Cb	۱۰/۰±۴۴/۹۵Cb
روز)	۳۰-۲۰	۳۰/۳±۳۰/۵۹Ab	۱۳/۱±۰۵/۱۲Bc	۹/۰±۳۰/۲۲BCb	۸/۰±۶۲/۳۶BCc	۷/۰±۶۹/۷۱Cb
	میانگین	۳۹/۲±۸۸/۴۵A	۲۳/۱±۸۲/۷۴B	۱۴/۱±۹۸/۲۸C	۱۳/۰±۴۱/۸۸C	۱۲/۰±۴۱/۹۳C
آمونیوم	۱۰-۰	۲۴/۲±۳۸/۸۲Aa	۱۷/۰±۸۰/۸۰Ba	۱۲/۱±۶۰/۱۰Ca	۱۲/۰±۲۹/۹۰Ca	۹/۰±۱۷/۶۱Ca
(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۰-۱۰	۱۳/۱±۴۸/۰۲Ab	۱۲/۰±۰۰/۵۶Ab	۸/۰±۵۲/۴۲Bb	۸/۰±۳۶/۳۸Bb	۶/۰±۸۷/۶۶Bb
	۳۰-۲۰	۹/۰±۲۶/۳۱Ab	۹/۰±۱۹/۲۱Ac	۶/۰±۸۱/۵۸Bb	۶/۰±۵۵/۵۳Bb	۵/۰±۶۷/۷۷Bb
	میانگین	۱۵/۱±۷۱/۳۷A	۱۳/۰±۰۰/۶۳B	۹/۰±۳۱/۵۶C	۹/۰±۰۷/۵۱C	۷/۰±۲۴/۴۴C
نیترات	۱۰-۰	۱۸/۰±۶۵/۶۲Aa	۱۴/۱±۵۱/۱۱Ba	۱۱/۰±۰۰/۷۲Ca	۹/۰±۲۸/۳۰CDa	۸/۰±۳۱/۶۲Da
(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۰-۱۰	۱۰/۰±۱۱/۳۳Ab	۸/۰±۵۸/۲۰ABb	۷/۰±۲۷/۷۴Bb	۷/۰±۰۱/۸۰BCb	۵/۰±۳۴/۶۲Cb
	۳۰-۲۰	۸/۰±۳۲/۶۹Ac	۵/۰±۶۴/۶۱Bc	۵/۰±۰۳/۴۶Bc	۴/۰±۴۴/۳۲Bc	۴/۰±۹۴/۵۷Bb
	میانگین	۱۲/۰±۳۶/۷۵A	۹/۰±۵۸/۶۹B	۷/۰±۷۶/۵۲C	۶/۰±۹۱/۴۲C	۶/۰±۲۰/۴۱C
سهم میکروبی کربن	۱۰-۰	۱۲۷/۹±۶۹/۶۴A	۱۲۳/۱۱±۶۲/۵۲AB	۷۵/۸±۱۶/۰۰C	۷۹/۹±۸۱/۷۲Ca	۹۴/۱۴±۳۶/۲۲BCa
	۲۰-۱۰	۱۵۱/۱۹±۹۲/۷۷A	۹۲/۱۱±۵۱/۸۳B	۶۲/۸±۳۷/۷۳BC	۵۰/۵±۸۶/۰۹Cb	۳۷/۷±۵۵/۷۶Cb
	۳۰-۲۰	۱۳۱/۱۸±۵۵/۸۵A	۸۷/۱۵±۹۶/۸۹B	۶۵/۹±۳۸/۶۱BC	۴۲/۳±۳۷/۸۲Cb	۳۳/۸±۹۲/۳۷Cb
	میانگین	۱۳۷/۹±۰۵/۵۷A	۱۰۱/۷±۱۳/۸۳B	۶۷/۵±۶۳/۰۳C	۵۷/۴±۶۸/۴۹C	۵۵/۷±۲۸/۲۵C
سهم میکروبی نیتروژن	۱۰-۰	۱۴۷/۱۵±۸۵/۷۹A	۱۵۱/۱۷±۹۳/۹۸A	۸۴/۱۱±۲۸/۸۵B	۸۳/۹±۰۰/۴۱Ba	۹۳/۱۴±۲۶/۰۶B
	۲۰-۱۰	۱۶۷/۱۸±۳۳/۹۶A	۱۲۶/۱۶±۹۰/۰۴AB	۸۲/۱۰±۳۴/۲۸B	۵۴/۳±۰۳/۳۷Bb	۹۲/۴±۸۴/۶۸B
	۳۰-۲۰	۱۴۷/۱۵±۱۰/۷۲A	۱۰۷/۱۲±۲۸/۸۷B	۶۹/۵±۵۰/۳۳C	۴۹/۳±۴۴/۰۶Cb	۶۵/۱۲±۰۰/۴۳C
	میانگین	۱۵۴/۹±۱۰/۶۳A	۱۲۸/۹±۷۰/۳۱A	۷۸/۵±۷۱/۴۸B	۶۲/۴±۱۶/۰۷B	۸۳/۱۶±۷۰/۸۰B
سهم میکروبی فسفر	۱۰-۰	۲/۰±۱۶/۱۲Aa	۱/۰±۷۴/۱۹AB	۱/۰±۳۴/۳۴BC	۱/۰±۰۲/۱۷Ca	۱/۰±۱۵/۱۳BCa
	۲۰-۱۰	۱/۰±۶۱/۲۷Aab	۱/۰±۳۷/۲۳AB	۰/۰±۹۹/۱۵BC	۰/۰±۷۹/۰۸Cab	۰/۰±۷۶/۰۸Cb
	۳۰-۲۰	۱/۰±۳۶/۲۱Ab	۱/۰±۱۸/۳۱AB	۰/۰±۸۶/۰۷AB	۰/۰±۶۵/۰۵Bb	۰/۰±۷۲/۰۹Bb
	میانگین	۱/۰±۷۱/۱۳A	۱/۰±۴۳/۱۴A	۱/۰±۰۶/۱۲B	۰/۰±۸۲/۰۶B	۰/۰±۸۸/۰۶B

اعداد داخل جدول به ترتیب از چپ به راست، میانگین ± اشتباه از معیار می‌باشند. حروف‌های انگلیسی بزرگ (در هر سطر) و کوچک (در هر ستون) بترتیب بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار مشخصه‌ها بین ترکیب‌های تاجی و عمق‌های خاک می‌باشند.



شکل ۴: ارتباط ترکیب‌های مختلف تاجی ولیک و زرشک با ویژگی‌های خاک در آنالیز مولفه‌های اصلی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]

بحث و نتیجه‌گیری

تیپ‌های گیاهی مختلف اثرات متفاوتی بر مشخصه‌های خاک دارند، در همین راستا، خالص و یا آمیخته بودن تاج پوشش نقش بسیار مهمی در فعالیت‌های بیوشیمیایی و استوکیومتری میکروبی به‌ویژه در لایه‌های بالایی خاک (بواسطه تجمع مواد آلی) دارند. پژوهش‌های پیشین اشاره داشته‌اند که مقادیر نیترات و آمونیوم خاک با تغییرات پوشش‌های گیاهی روزمینی تغییرات معنی‌داری را نشان می‌دهند (۲۲). مشابه با یافته‌های این تحقیق، استیوماری و پار (۱۹۹۹) بیان نمودند که تجمع نیترات در خاک تیپ‌های گیاهی آمیخته بسیار سریع‌تر و بیشتر از تیپ‌های گیاهی خالص رخ می‌دهد. مرور منابع (۱۵ و ۴۲) بیانگر آن است که مقادیر بالاتر نیتروژن خاک می‌تواند نقش بسزایی در تجمع و افزایش نیترات خاک داشته باشد. بر همین اساس تیپ پوششی۵۰ درصد ولیک و۵۰ درصد زرشک که دارای بیشترین مقادیر نیتروژن خاک بودند، از نظر نیترات خاک نیز بسیار غنی‌تر از سایر تیپ‌های گیاهی می‌باشد. همچنین نسبت کربن به نیتروژن خاک می‌تواند نقش مهمی در تغییرپذیری سطوح نیترات خاک داشته باشد (۲۹). افزایش این نسبت می‌تواند منجربه به شروع نیتریفیکاسیون خالص و آبشویی نیترات از خاک تحتانی تیپ‌های گیاهی مختلف گردد (۳۴). با توجه به تغییرپذیری مشخصه‌های کربن و نیتروژن و به تبع آن تغییرات حاصله در نسبت این دو مشخصه، تیپ‌های گیاهی خالص دارای بیشترین مقادیر نسبت کربن به نیتروژن خاک بودند و از نظر مقادیر نیترات خاک نیز در پایین‌ترین سطح می‌باشند. غلظت آمونیوم خاک نیز در تیپ‌های گیاهی خالص در مقایسه با پوشش‌های گیاهی آمیخته خیلی کمتر می‌باشد (۴۲). میزان آمونیوم خاک می‌تواند توسط فرایندهای مختلفی از جمله جذب سطحی، جذب گیاه و عمل تبخیر تحت پوشش‌های گیاهی مختلف کاهش یابد (۲۱). رابطه مثبت بین مقدار آمونیوم و محتوی نیتروژن خاک در رویشگاه باعث می‌گردد که یک منبع بزرگ نیتروژن برای میکرارگانیسم‌های هتروتروف در پوشش گیاهی آمیخته، بویژه تیپ پوششی۵۰ درصد ولیک و۵۰ درصد زرشک، در دسترس باشد (۳۰). تغییر کمیت و کیفیت لاشه‌ریزه گونه‌های چوبی مختلف، بر میزان معدنی‌شدن نیتروژن خاک اثر می‌گذارد (۲۹). به عنوان مثال، مرور منابع حاکی از آن است که میزان معدنی‌شدن نیتروژن در تیپ‌های گیاهی آمیخته به طور معنی‌داری بیشتر از تیپ‌های گیاهی خالص است (۳۸). در مطالعه حاضر با تغییر درصد حضور گونه‌های درختچه‌ای ولیک و زرشک در تیپ‌های گیاهی 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 (۱۶). تحلیل مولفه‌های اصلی نیز موید اثرگذاری مشخصه‌های مختلف فیزیکوشیمیایی بر میزان معدنی‌شدن نیتروژن خاک تحت پوشش‌های گیاهی مختلف می‌باشد. در همین راستا، میزان معدنی‌شدن نیتروژن خاک با محتوی نیتروژن کل همبستگی مثبت نشان می‌دهد (۴۶). در پژوهشی، ژانگ و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند که میزان معدنی‌شدن نیتروژن در پوشش‌های گیاهی آمیخته بیشتر از پوشش‌های گیاهی خالص است. از طرف دیگر، شرایط خاک پوشش‌های آمیخته برای نرخ معدنی‌شدن نیتروژن بالاتر، مناسب است. همچنین نتایج حاکی از آنست که معدنی‌شدن نیتروژن با محتوی رس و میزان pH خاک همبستگی مثبت دارد، به طوری که با افزایش مقادیر رس و pH خاک معدنی‌شدن نیتروژن نیز افزایش می‌یابد (۳۲). ترکیب پوشش‌های گیاهی به واسطه ساختار تاجی می‌توانند در میزان آبشویی و جابجایی اجزای ریز خاک، به‌ویژه رس، بسیار موثر باشند. به نظر می‌رسد تیپ پوششی۵۰ درصد ولیک و۵۰ درصد زرشک توانسته است شرایط بهتری را برای تجمع ذرات رس فراهم آورد ضمن اینکه ترکیب آمیخته ولیک و زرشک با افزایش pH خاک و بهبود چرخه مواد غذایی باعث بهبود مشخصه‌های خاک می‌شوند، در حالی‌که پوشش‌های خالص این گونه‌ها موجب تضعیف مشخصه‌های خاک می‌گردند (۴). بعلاوه، یافته‌های هوگمود و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که میزان افزایش نسبت کربن به نیتروژن خاک با معدنی‌شدن نیتروژن رابطه منفی دارد که این می‌تواند در کاهش معدنی‌شدن نیتروژن در تیپ‌های گیاهی خالص ولیک و زرشک اثرگذار باشد.

سهم فعالیت‌های میکروبی خاک در بیشتر رویشگاهها بسیار برجسته بوده و تغییرات کوچک در زی‌توده‌های

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]

میکروبی می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر چرخه‌های بیوژئوشیمیایی عناصر غذایی داشته باشد (۴۷). زی‌توده میکروبی کربن بخش مهمی از کربن آلی خاک است زیرا نشان‌دهنده بخش زنده و فعال متابولیسم ماده آلی خاک است (۱۱). اندازه‌گیری زی‌توده میکروبی کربن برای تخمین محدویت‌های مهم جهت عملکرد متعادل خاک استفاده می‌شود. این مشخصه با حاصل‌خیزی و سلامت خاک ارتباط نزدیک دارد و به عنوان یک شاخص اکولوژیکی مفید برای ارزیابی استرس ناشی از دخالت در رویشگاه توصیه می‌شود (۵۳). نسبت زی‌توده میکروبی کربن به کربن خاک (سهم میکروبی کربن)، نشان‌دهنده تعادل در اکوسیستم خاک است. همچنین شاخص معدنی‌شدن مواد آلی به وسیله میکروب‌های خاک می‌باشد. مقادیر بالای این نسبت نشان دهنده نرخ بالای معدنی‌شدن است و می‌تواند نرخ مصرف مواد غذایی خاک را تحریک کند. علاوه بر این، میزان بالای این نسبت بیانگر این است که نگهداری همان مقدار از میکروارگانیسم‌ها به انرژی کمتری نیاز دارد که حاکی از کیفیت بالای خاک برای رشد میکروارگانیسم‌های خاک است (۴۳). اثرات منفی میزان شن بر روی سهم میکروبی کربن در خاک‌های مختلف گزارش شده است (۲۸). واکنش خاک مسئول تمایز جامعه میکروبی خاک پوشش‌های گیاهی مختلف می‌باشد (۱۳). همچنین، موسکاتلی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که در خاک رویشگاههای مختلف بین pH و سهم میکروبی کربن همبستگی مثبت وجود دارد. نتایج ما تایید می‌کند که pH خاک از عوامل اصلی تعیین‌کننده اندازه و فعالیت‌های میکروبی درگیر با چرخه کربن است که با توجه به مشخصه‌های شیمیایی پیچیده لاشه‌ریزه رویشگاه، منعکس‌کننده دسترسی کم ماده آلی خاک است. سهم میکروبی خاک برای اندازه‌گیری تجمع کربن در فرایندهای تخریب اکولوژیکی استفاده می‌شود و با میزان کربن آلی خاک رابطه منفی دارد (۸). بنابراین مقادیر بالای کربن آلی باعث کاهش سهم میکروبی کربن در تیپ‌های گیاهی خالص می‌شود (۲۴)، در حالی که مقادیر بالای pH خاک باعث بهبود این نسبت در تیپ‌های آمیخته می‌گردد (۴۸). در همین راستا، بلاگوداسکایا و آندرسون (۱۹۹۸) در پژوهش خود دریافتند که کاهش pH خاک موجب کاهش زی‌توده میکروبی و سهم میکروبی کربن می‌شود. میزان سهم میکروبی کربن کمتر در تیپ‌های گیاهی خالص نشان می‌دهد سوبسترای در دسترس در خاک رویشگاه کم بوده و میزان C/N آن بالا می‌باشد. نتایج بررسی لیو و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که میزان سهم میکروبی کربن خاک تحت پوشش آمیخته بیشتر از تیپ‌های گیاهی 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 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 تیپ‌های آمیخته گیاهی می‌باشد (۴۵). سهم‌های میکروبی بالاتر نیتروژن و فسفر در تیپ‌های آمیخته بویژه تیپ‌های پوششی ۵۰ درصد ولیک و۵۰ درصد زرشک و همچنین ۷۰ درصد ولیک و۳۰ درصد زرشک در مقایسه با سایر تیپ‌های گیاهی، بیانگر آنست که ترکیب‌های تاجی گیاهان بر روی جامعه میکروبی خاک اثر می‌گذارند (۳۵). این به دلیل مقدار بیشتر و متنوع‌تر منابع آلی از طریق تولید لاشه‌ریزه و محصولات زیرزمینی در تیپ‌های گیاهی آمیخته است (۴۳). همچنین، وانگ و وانگ (۲۰۱۱) در مطالعه خود بیان کردند که سهم‌های میکروبی خاک و فعالیت آن در بین انواع مختلف تیپ‌های گیاهی متفاوت است، به طوری‌که میزان سهم‌های میکروبی نیتروژن و فسفر در تیپ‌های آمیخته بسیار بیشتر از تیپ‌های خالص است. علاوه بر این، محتوی رس و مقادیر pH خاک نقش مهمی در تعیین سهم‌های میکروبی نیتروژن و فسفر خاک دارند و همچنین بر روی ترکیب جامعه میکروبی خاک موثر می‌باشند، به طوری‌که خاک‌هایی با محتوی رس و pH بالاتر تحت تیپ‌های گیاهی آمیخته منجر به تثبیت بیشتر نیتروژن و فسفر در زی‌توده میکروبی می‌گردد (۴۳). مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر، آلن و شلسینگر (۲۰۰۴) در مطالعه خود دریافتند که اضافه شدن نیتروژن، بواسطه مواد آلی ورودی به خاک، باعث افزایش زی‌توده‌های میکروبی خاک می‌شود. این نشان می‌دهد که تغییرات سهم‌های میکروبی نیتروژن و همچنین فسفر خاک در این مطالعه می‌تواند به وسیله میزان نیتروژن خاک کنترل شود. وجود

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]

رابطه منفی بین سهم‌های میکروبی نیتروژن و فسفر با محتوی شن در این مطالعه بیانگر آنست که خاک تیپ‌های خالص گیاهی که دارای مقادیر بیشتری از شن می‌باشند دارای سهم‌های میکروبی کمتری از نیتروژن و فسفر می‌باشند (۵۳). مرور منابع (۳ و ۴۰) بیانگر اثرگذاری مشخصه‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک بر تغییرات سهم‌های میکروبی خاک در رویشگاهها با تیپ‌های گیاهی متفاوت می‌باشد. سهم‌های میکروبی خاک شاخص‌های مفیدی برای ارزیابی تغییرات حاصل‌خیزی خاک به شمار می‌روند (۴۰)، که می‌توانند در ارزیابی وضعیت رویشگاهها مورد توجه قرار گیرند.

References

1. Aliasgharzade, N., 2010. Laboratory methods in soil biology. Tabriz Univ. Press, 522 p. (In Persian)
2. Allen, A. S. & W. H. Schlesinger, 2004. Nutrient limitations to soil microbial biomass and activity in Loblolly Pine forests. Soil Biology and Biochemistry, 36(4): 581-589.
3. Allen, K., M. D. Corre, A. Tjoa & E. Veldkamp, 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.
4. Arslan, H., G. Güleryüz & S. Kirmizi, 2010. Nitrogen mineralization in the soil of indigenous Oak and Pine Plantation forests in a Mediterranean environment. European Journal of Soil Biology, 46(1):11-17.
5. Balota, E. L., I. F. Yada, H. Amaral, A. S. Nakatani, R. P. Dick & M. S. Coyne, 2013. Long- term land use influences soil microbial biomass P and S, phosphatase and arylsulfatase activities, and S mineralization in a Brazilian Oxisol. Land Degradation and Development, 25(4): 397-406.
6. Balser, T. C. & M. K. Firestone, 2005. Linking microbial community composition and soil processes in a California annual grassland and mixed-conifer forest. Biogeochemistry, 73(2): 395–415.
7. Blagodatskaya, E.V. & T. H. Anderson, 1998. Interactive effects of pH and substrate quality on the fungal-to-bacteria ratio and qCO_2 of microbial communities in forest soils. Soil Biology and Biochemistry, 30(10): 1269–1274.
8. Cheng, F., X. Peng, P. Zhao, J. Yuan, C. Zhong, Y. Cheng & S. Zhang, 2013. Soil microbial biomass, basal respiration and enzyme activity of main forest types in the Qinling Mountains. PloS one, 8(6): 1-12.
9. Eivazi Ney, M., A. A. Soltani Toularoud, H. Shahab, A. Ghavidel & S. Ghasemi, 2019. Determination of the most important microbial indicators as soil health index in cadmium and lead contaminated soils. Environmental Sciences Studies, 4(1): 1142-1150. (In Persian)
10. Giardina, C. P., M. G. Ryan, R. M. Hubbard & D. Binkley, 2001. Tree species and soil textural controls on carbon and nitrogen mineralization rates. Soil Science Society of America Journal, 65(4): 1272-1279.
11. Gorobtsova, O. N., F. V. Gedgafova, T. S. Uligova & R. K. Tembotov, 2016. Eco physiological indicators of microbial biomass status in chernozem soils of the Central Caucasus (In the Territory of Kabardino-Balkaria with the Terek Variant of Altitudinal Zonation). Russian Journal of Ecology, 47(1): 19-25.
12. Guo, Y., X. Liu, B. Tsolmon, J. Chen, W. Wei, S. Lei & Y. Bao, 2020. The influence of transplanted trees on soil microbial diversity in coal mine subsidence areas in the Loess Plateau of China. Global Ecology and Conservation, 21(4): 32-47.
13. Hackl, E., M. Pfeffer, C. Donat, G. Bachmann & S. Zechmeister-Boltenstern, 2005. Composition of the microbial communities in the mineral soil under different types of natural forest. Soil Biology and Biochemistry, 37(4): 661–671.
14. Hoogmoed, M., S. C. Cunningham, P. J. Baker, J. Beringer & T. R. Cavagnaro, 2014. Is there more soil carbon under nitrogen-fixing trees than under non-nitrogen-fixing trees in mixed-species restoration plantings? Agriculture, Ecosystems & Environment, 188: 80-84.
15. Hu, C., B. Fu, G. Liu, T. Jin & L. Guo, 2010. Vegetation patterns influence on soil microbial biomass and functional diversity in a Hilly area of the Loess Plateau, China. Journal of Soils and Sediments, 10(6): 1082-1091.
16. Huang, J., X. Wang & E. Yan, 2007. Leaf nutrient concentration, nutrient resorption and litter decomposition in an evergreen broad-leaved forest in Eastern China. Forest Ecology and Management, 239(1): 150-158.
17. Jafari Haghighi, M., 2003. Soil analysis methods (sampling and important physical and chemical analysis). Nedaye Zohi Publications, 236 p. (In Persian)
18. Kooch, Y. & N. Noghre, 2020. The effect of shrubland and grassland vegetation types on soil fauna and flora activities in a mountainous semi-arid landscape of Iran. Science of the Total Environment, 703(7): 1-9.
19. Kooch, Y., B. Samadzadeh & S. M. Hosseini, 2017. The effects of broad-leaved tree species on litter quality and soil properties in a plain forest stand. Catena, 150: 223-229.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]

20. Kooch, Y., S. Ehsani & M. Akbarinia, 2019. Stoichiometry of microbial indicators shows clearly more soil responses to land cover changes than absolute microbial activities. Ecological Engineering, 131: 99–106.
21. Kooch, Y., S. Ehsani & M. Akbarinia, 2020. Stratification of soil organic matter and biota dynamics in natural and anthropogenic ecosystems. Soil and Tillage Research, 200(7): 1-11.
22. Li, M., X. Zhou, Q. Zhang & X. Cheng, 2014. Consequences of afforestation for soil nitrogen dynamics in Central China. Agriculture, Ecosystems and Environment, 183(4): 40–46.
23. Liu, D., Y. Huang, S. An, H. Sun, P. Bhople & Z. Chen, 2018. Soil physicochemical and microbial characteristics of contrasting land-use types along soil depth gradients. Catena, 162(6): 345-353.
24. Liu, Y., X. Wei, X. Guo, D. Niu, J. Zhang, X. Gong & Y. Jiang, 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.
25. Mohammadi, Z., M. Barani Motlagh, M. A. Asadi, S. A. Movahedi Naeiniand & S. Sefidgar Shahkolaie, 2017. Effect of different tillage managements on soil organic phosphorus forms. Applied Soil Research, 6 (4): 45-57. (In Persian)
26. Moscatelli, M. C., A. D. Tizio, S. Marinari & S. Grego 2007. Microbial indicators related to soil carbon in Mediterranean land use systems. Soil and Tillage Research, 97(1): 51-59.
27. Mozaffarian, V. 2004. Trees and shrubs of Iran. Farhang-e Moaser Publications, Tehran, 1003p. (In Persian)
28. Muhammad, S., T. Müller & R. G. Joergensen, 2008. Relationships between soil biological and other soil properties in saline and alkaline arable soils from the Pakistani Punjab. Journal of Arid Environments, 72(4): 448-457.
29. Ollinger, S. V., M. L. Smith, M. E. Martin, R. A. Hallett, C. L. Goodale & J. D. Aber, 2002. Regional variation in foliar chemistry and N cycling among forests of diverse history and composition. Ecology, 83(2): 339-355.
30. Persson, H., 2000. Adaptive tactics and characteristics of tree fine roots. In: Stokes, A. (Ed.), the Supporting Roots of Trees and Woody Plants: Form, Function and Physiology. Springer, pp. 337–346.
31. Pichand, M., 2017. The effect of grassland conversion to the other agricultural uses on some soil physicochemical properties (Case Study: Watershed Basin of Amameh). Natural Ecosystems of Iran, 8(1): 99-122. (In Persian)
32. Qi, G., Q. Wang, W. Zhou, H. Ding, X. Wang, L. Qi & L. Dai, 2011. Moisture effect on carbon and nitrogen mineralization in topsoil of Shanghai Mountain, Northeast China. Journal of Forest Science, 57(8): 340-348.
33. Sadeghi, M., M. Ajorlo & A. Shahryari, 2019. Comparison of plant litter quality in three range plant species and its relationship with soil characteristics. Journal of Water and Soil Conservation, 26(1): 205-218. (In Persian)
34. Satti, P., M. J. Mazzarino, M. Gobbi, F. Funes, L. Roselli & H. Fernandez, 2003. Soil N dynamics in relation to leaf litter quality and soil fertility in north-western Patagonian forests. Journal of Ecology, 91(2): 173-181.
35. Sinha, S., R. E. Masto, L. C. Ram, V. A. Selvi, N. K. Srivastava, R. C. Tripathi & J. George, 2009. Rhizosphere soil microbial index of tree species in a Coal mining ecosystem. Soil Biology and Biochemistry, 41(9): 1824-1832.
36. Ste-Marie, C. & D. Pare, 1999. Soil, pH and N availability effects on net nitrification in the forest floors of a range of Boreal forest stands. Soil Biology and Biochemistry, 31(11): 1579-1589.
37. Te-Marie, C. & D. Houle, 2006. Forest floor gross and net nitrogen mineralization in three forest types in Quebec, Canada. Soil Biology and Biochemistry, 38(8): 2135–2143.
38. Thomas, K. D. & C. E. Prescott, 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(11): 1698-1706.
39. Vance, E. D. & F. S. Chapin, 2001. Substrate limitations to microbial activity in Taiga forest floors. Soil Biology and Biochemistry, 33(2): 173-188.
40. Wang, B., G. B. Liu, S. Xue & B. Zhu, 2011. Changes in soil physico-chemical and microbiological properties during natural succession on abandoned farmland in the Loess Plateau. Environmental Earth Sciences, 62(5): 915–925.
41. Wang, Q. & S. Wang, 2011. Response of labile soil organic matter to changes in forest vegetation in subtropical regions. Applied Soil Ecology, 47(3): 210-216.
42. Wang, Q. K. & S. L. Wang, 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.
43. Wen, L., P. Lei, W. Xiang, W. Yan & S. Liu, 2014. Soil microbial biomass carbon and nitrogen in pure and mixed stands of Pinus massoniana and Cinnamomum camphora differing in stand age. Forest Ecology and Management, 328(2): 150-158.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]

44. Xiong, Y., H. Zeng, H. Xia & D. Guo, 2014. Interactions between leaf litter and soil organic matter on carbon and nitrogen mineralization in six forest litter-soil systems. Plant and Soil, 379(1-2): 217–229.
45. Xu, X., L. Han, Y. Wang & K. Inubushi, 2007. Influence of vegetation types and soil properties on microbial biomass carbon and metabolic quotients in temperate volcanic and tropical forest soils. Soil Science and Plant Nutrition, 53(4): 430-440.
46. 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.
47. Yang, K., J. J. Zhu, M. Zhang, Q. L. Yan & O. J. Sun, 2010. Soil microbial biomass carbon and nitrogen in forest ecosystems of Northeast China: A Comparison between natural secondary forest and Larch Plantation. Journal of Plant Ecology, 3(3): 175-182.
48. Zeng, Y., X. Fang, W. Xiang, X. Deng & C. Peng, 2017. Stoichiometric and nutrient resorption characteristics of dominant tree species in subtropical Chinese forests. Ecology and Evolution, 7(2):11033–11043.
49. Zhang, D., C. Wang, X. Li, X. Yanga, L. Zhao, L. Liua, C. Zhua & R. Lia, 2018. Linking plant ecological stoichiometry with soil nutrient and bacterial communities in apple orchards. Applied Soil Ecology, 126(2): 1–10.
50. Zhang, K., H. Zheng, F. L. Chen, Z. Y. Ouyang, Y. Wang, Y. F. Wu, J., Lan, M. Fu & X. W. Xiang, 2015. Changes in soil quality after converting Pinus to Eucalyptus plantations in Southern China. Solid Earth, 6(1): 115–123.
51. Zhang, N., S. Wan, L. Li, J. Bi, M. Zhao & K. Ma, 2008. Impacts of urea N addition on soil microbial community in a semi-arid temperate steppe in Northern China. Plant and Soil, 311(1-2): 19–28.
52. Zhan-Yuan, Y. U., C. H. E. N. Fu-Sheng, Z. E. N. G. De-Hui, Z. H. A. O. Qiong & C. H. E. N. Guang-Sheng, 2008. Soil inorganic nitrogen and microbial biomass carbon and nitrogen under pine plantations in Zhanggutai sandy Soil. Pedosphere, 18(6): 775-784.
53. Zheng, H., Z. Y. Ouyang, X. K. Wang, Z. G. Fang, T. Q. Zhao & H. Miao, 2005. Effects of regenerating forest cover on soil microbial communities: a case study in Hilly red soil region, Southern China. Forest Ecology and Management, 217(2): 244-254.
54. Zhou, J. B., X. L. Chen, Y. L. Zhang & J. L. Liu, 2010. Nitrogen released from different plant residues of the loess plateau and their additions on contents of microbial biomass carbon, nitrogen in soil. Acta Ecologica Sinica, 30(3): 123-128.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.3.2]