Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

The effect of changing forest vegetation to rangeland on soil flora and fauna activities of the mountainous part of Kinj-Nowshahr

Yahya Kooch [*1], Zakaria Parandosh[2], Mehrdad Zarafshar[3]

1. Corresponding author; Associate prof., Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Nour, Tarbiat Modares University, Iran. E-mail: yahya.kooch@modares.ac.ir
2. Nowshahr Municipality Expert, Nowshahr, Iran.
3. Assistant Prof., Department of Natural Resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 21.07.2021
Revised: 01.07.2022
Accepted: 07.07.2022

Keywords:
Summer habitat,
forest cover,
wooded rangeland,
non-wooded rangeland,
soil quality.

Abstract

Background and objectives: Soil flora and fauna play a significant role in the cycle of nutrients and ecosystem stability. Due to the importance of these soil organisms and their role in different ecosystems, and also considering that the diversity and density of these organisms is used as a suitable index to evaluate the habitat quality, their study is of great importance. Based on this, the current research is focused on the changes in the activity of soil organisms as a result of the change of vegetation from forest to rangeland in the mountainous areas of the north of the country.

Methodology: Forests habitats dominated by Carpinus orientalis, Crataegus microphylla- Berberis integerrima Bunge and rangelands dominated by Stachys byzantina and Rhamnus pallasii were chosen for the study. In order to investigate the effects of forest and rangeland on various soil characteristics, after preliminary investigations and field trip, parts of the above-mentioned lands were selected which are continuous and have a minimum height difference from the sea level. Minimum change in percentage and direction of slope were considered. From each of these habitats, 12 soil samples were transferred to the laboratory. For physical and chemical tests, parts of the soil samples were dried in the air and screened by a 2 mm sieve. The other part of the samples immediately after the sampling, in order to measure microbial characteristics, were kept inside a cold room with a temperature of 4˚C.

Results: The highest amounts of coarse root biomass were measured at Carpinus and Berberis-Crataegus plant type, while the highest fine root biomass values were found at Carpinus forest cover. The number and biomass of epigeic and anecic earthworms did not show statistically significant differences among vegetation types. The highest population of endogeic, the total population of earthworms, Acarina, Collembola, nematodes, protozoa, bacteria and fungi were observed in Carpinus forest cover. Carpinus forest cover and Berberis-Crataegus plant type have the highest amounts of basal respiration, carbon microbial biomass, phosphorus microbial biomass and aryl-sulfatase enzyme. The highest amounts of substrate induced respiration were observed in Berberis-Crataegus plant type and the highest amounts of nitrogen microbial biomass, urease, acid phosphatase and invertase enzymes were observed in Carpinus forest cover. In any case, the changes of flora and fauna populations are studied in connection with the changes of other physical and chemical characteristics of the soil under vegetation. In this regard,

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

Carpinus forest cover and Berberis-Crataegus plant type had the highest moisture values and aggregate stability, while the highest soil temperature values belonged to Rhamnus and Stachys plant types. The highest amount of bulk density and the lowest amount of soil porosity were observed in Rhamnus plant type. The highest and lowest values of soil pH and electrical conductivity were observed, respectively, in Carpinus forest cover and Berberis-Crataegus plant type. The highest values of soil nitrogen belong to Carpinus forest cover and Berberis-Crataegus plant type, and the highest soil C/N values belong to Stachys and Rhamnus vegetation. Carpinus forest cover had the highest amounts of available phosphorus, available potassium, available magnesium and particulate organic nitrogen, while the highest amounts of available calcium and particulate organic carbon were found in Carpinus forest cover and Berberis plant type. The principal component analysis (PCA) showed that the Carpinus forest cover provides favorable conditions for the activity of all kinds of soil organisms, soil fauna and flora.

Conclusion: While the forest degradation and its transformation into rangeland led to a decrease in flora and fauna activity, microbial and enzymatic activities of the soil. The results of this research support the protection of forest covers in mountain ecosystems (which are considered sensitive and fragile habitats) in order to increase soil quality indicators.

Cite this article: Kooch, Y., Z. Parandosh, M. Zarafshar, 2022. The effect of changing forest vegetation to rangeland on soil flora and fauna activities of the mountainous part of Kinj-Nowshahr. Journal of Rangeland, 16(2): 454-467.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

اثر تغییر پوشش‌های گیاهی جنگلی به مرتع بر فعالیت‌های فلور و فون خاک بخش کوهستانی کینج نوشهر

یحی کوچ*[۱]، ذکریا پرندوش[۲]، مهرداد زرافشان[۳]

۱. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. رایان‌نامه: yahya.kooch@modares.ac.ir

۲. کارشناس شهرداری نوشهر، نوشهر، ایران.

۳. استادیار بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۰۴/۳۰
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۶

واژه‌های کلیدی:
رویشگاه ییلاقی،
پوشش جنگلی،
مرتع مشجر،
مرتع غیرمشجر،
کیفیت خاک.

چکیده

سابقه و هدف: فلور و فون خاک نقش بسزایی در چرخه عناصر غذایی و پایداری اکوسیستم دارند. به‌دلیل اهمیت این موجودات خاکزی و نقش آن‌ها در اکوسیستم‌های مختلف و همچنین با توجه به این که تنوع و تراکم این موجودات به عنوان شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفیت رویشگاه کاربرد دارد مطالعه آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات فعالیت موجودات خاکزی در نتیجه تغییر پوشش‌های گیاهی از جنگل به مرتع در مناطق کوهستانی شمال کشور مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: بدین منظور، در منطقه کینج نوشهر یک رویشگاه جنگلی با غالبیت گونه لور (*Carpinus orientalis* Miller.)، رویشگاهی با غالبیت ولیک (*Crataegus microphylla* C. Koch.) - زرشک (*Berberis integerrima* Bunge.)، رویشگاه مرتعی با پوشش غالب *Stachys byzantina* و رویشگاه مرتعی با پوشش غالب *Rhamnus pallasii* مورد توجه قرار گرفت. به منظور بررسی اثرات پوشش‌های گیاهی جنگلی و مرتعی بر مشخصه‌های مختلف خاک، پس از بررسی‌های اولیه و بازدیدهای میدانی، بخش‌هایی از اراضی فوق‌الذکر انتخاب شد که به صورت پیوسته با هم بوده و حداقل اختلاف ارتفاع از سطح دریا، حداقل تغییر درصد و جهت شیب در آن‌ها مشاهده شد. از هر یک از این رویشگاهها تعداد ۱۲ نمونه خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد. بخشی از نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد (برای آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی) و بخش دیگر نمونه‌های خاک بلافاصله پس از نمونه‌برداری تا زمان انجام آزمایش (به منظور سنجش مشخصه‌های میکروبی) در داخل سردخانه‌ای با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

نتایج: بیشترین مقادیر زی‌توده درشت‌ریشه به پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Berberis - Crataegus* اختصاص داشت، در حالی که پوشش جنگلی *Carpinus* دارای بالاترین مقادیر زی‌توده ریزریشه بوده است. تعداد و زی‌توده اپی‌ژئیک‌ها و آنسئیک‌ها تفاوت آماری معنی‌داری را در بین پوشش‌های گیاهی نشان ندادند. بیشترین جمعیت اندوژئیک‌ها، جمعیت کل کرم‌های خاکی، کنه‌ها، پادمان‌ها، نماتدها، پروتوزوئرها، باکتری‌ها و قارچ‌ها در پوشش جنگلی *Carpinus* مشاهده شد. پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Berberis - Crataegus* دارای بیشترین مقادیر تنفس پایه، زی‌توده میکروبی کربن، زی‌توده میکروبی فسفر و

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

آنزیم آریل‌سولفاتاز بوده‌اند. بیشترین مقادیر تنفس برانگیخته خاک در تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* و بیشترین مقادیر زی‌توده میکروبی نیتروژن، آنزیم‌های اوره‌آز، اسیدفسفاتاز و اینورتاز در پوشش جنگلی *Carpinus* مشاهده شد. در هر حال، تغییرات جمعیت‌های فلور و فون در ارتباط با تغییرات سایر مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت پوشش‌های گیاهی مورد مطالعه می‌باشد. در همین راستا، پوشش جنگلی *Carpinus*و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* دارای بالاترین مقادیر رطوبت و پایداری خاکدانه‌های خاک بوده، در حالی که بالاترین مقادیر حرارت خاک به تیپ‌های گیاهی *Rhamnus* و *Stachys* اختصاص داشت. بیشترین مقدار جرم مخصوص ظاهری و کمترین مقدار تخلخل خاک در تیپ گیاهی *Rhamnus* مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقادیر pH و هدایت الکتریکی خاک، به ترتیب، در پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* مشاهده شد. بیشترین مقادیر نیتروژن خاک به پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* تعلق داشته و بالاترین مقادیر C/N خاک به پوشش‌های گیاهی *Stachys* و *Rhamnus* اختصاص داشت. پوشش جنگلی *Carpinus* دارای بالاترین مقادیر فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، منیزیم قابل جذب و نیتروژن آلی ذره‌ای بوده‌اند، در حالی که بالاترین مقادیر کلسیم قابل جذب و کربن آلی ذره‌ای به پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* تعلق داشت. تحلیل مؤلفه‌های اصلی حاکی از آنست که پوشش جنگلی *Carpinus* شرایط مساعدی را برای فعالیت انواع موجودات خاکزی، فون و فلور خاک فراهم می‌آورند.

نتیجه‌گیری: در حالی که تخریب جنگل و تبدیل آن به پوشش‌های گیاهی مرتعی منجربه کاهش فعالیت فلور و فون، فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی خاک گردید. نتایج این پژوهش مؤید حفاظت از پوشش‌های جنگلی در اکوسیستم‌های کوهستانی (که رویشگاه‌هایی حساس و شکننده محسوب می‌شوند) جهت افزایش شاخص‌های کیفیت خاک می‌باشد.

استناد: کوچ، ی.، ذ. پرندوش، م. زرافشان، ۱۴۰۱. اثر تغییر پوشش‌های گیاهی جنگلی به مرتع بر فعالیت‌های فلور و فون خاک بخش کوهستانی کینج نوشهر. مرتع، ۱۶(۳): ۴۶۷-۴۵۳.

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

مقدمه

یکی از اثرات برجسته تخریب جنگل و تغییر پوشش اراضی، تغییرات میزان ماده آلی ورودی به داخل خاک است (۳۱). بقایای گیاهی (به عنوان منبع اصلی مواد آلی خاک) طیف گسترده‌ای از اجزاء زنده و غیرزنده و یکی از پیچیده‌ترین و ناهمگن‌ترین اجزای خاک است که نقش مهمی در خواص، عملکرد، نرخ بازگشت، تنظیم چرخه فسفر، گوگرد، ترکیب با یون‌های چند بنیانی، فراهم کردن زیستگاه جانوران و موجودات میکروبی، ثبات خاکدانه، گردش مواد، نگهداری و حفظ آب دارد، به همین خاطر به عنوان یک ویژگی مهم کیفیت خاک شناخته شده است (۲۲). مقدار بقایای گیاهی ورودی و کیفیت آنها در خاک، مشخصه ضروری برای ارزیابی تغییرات در مورد پوشش‌های مختلف اراضی است (۲۴). تغییر در مقدار و کیفیت بقایای گیاهی منجر به تغییرات اساسی در جرم مخصوص ظاهری، پایداری خاکدانه، تخلخل، سرعت نفوذ، زی‌توده میکروبی و میزان فعالیت آن در خاک و در نهایت چرخه مواد غذایی می‌شود. بسته به نوع و مقدار بقایای گیاهی موجود در خاک، پاسخ و واکنش به تغییرات پوشش اراضی متفاوت است، اما در هر حال مستندات بیانگر حساسیت بیشتر مشخصه‌های زیستی خاک به این تغییرات می‌باشد (۵). در نتیجه فعالیت‌های رویشی گیاهان، مقدار زیادی لاشبرگ در بستر رویشگاه تجمع می‌یابد. وزن لاشبرگ‌های بستر با شدت فعالیت‌های زیستی خاکزیان همبستگی زیادی دارد. لاشبرگ‌خواران (Litter-feeders) به دو گروه اکولوژیک شامل ریزخواران (Detritivors) و تجزیه‌کنندگان (Decomposers) طبقه‌بندی می‌شوند (۴۲). ریزخواران خاکزی، بی‌مهرگانی هستند که هنگام تغذیه، لاشبرگ‌ها را به قطعه‌های کوچکتر تقسیم می‌کنند، در نتیجه سطح آنها افزایش می‌یابد و شرایط برای افزایش فعالیت تجزیه‌کنندگان مناسب‌تر می‌شود. تجزیه‌کنندگان خاکزی، عبارتند از لاشبرگ‌خوارانی که در نتیجه فعالیتهای تغذیه‌ای آنها، لاشبرگ‌های بستر به ترکیبات ساده‌تری مانند آب، گاز کربنیک و عناصر معدنی تبدیل می‌شوند. هوموس مهم‌ترین محصول چرخه لاشبرگ‌خواری می‌باشد. در صورتی که ریزخواران حضور نداشته تا لاشبرگ‌ها را به قطعه‌های کوچکتر تبدیل کنند، تجزیه‌کنندگان نمی‌توانند روی لاشبرگ‌ها فعالیت نمایند، در نتیجه فرآیند تجزیه به کندی پیش می‌رود و سرعت تجزیه لاشبرگ‌ها تا حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین نقش اصلی ریزخواران فراهم کردن ماده‌ای است که از نظر کمی و کیفی برای تجزیه‌کنندگان مناسب‌تر باشد. پس از خرد شدن لاشبرگ‌ها، سطح بیشتری برای رشد و فعالیت تجزیه‌کنندگان به‌وجود می‌آید (۳۳).

فعالیت ریزخواران و تجزیه‌کنندگان مکمل یکدیگر بوده و اغلب بین آنها ارتباط نزدیکی وجود دارد، به‌طوری که مطابق با گزارش‌های ارائه شده اگر چنانچه میزان فعالیت ریزخواران در یک اکوسیستم زیاد باشد انتظار می‌رود جمعیت زیادی از تجزیه‌کنندگان در خاک رویشگاه فعالیت داشته باشند (۱۰). با توجه به اهمیت زیادی که لاشبرگ‌خواران در فرآیندهای تجزیه مواد آلی، چرخه عناصر غذایی و کمک به افزایش تولید نخستین دارند در نقاط مختلف جهان پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است (۱۸، ۳۳، ۳۷)، در حالی که در داخل کشور پژوهش‌های اندک شماری به این موضوع پرداخته‌اند. به دلیل اهمیت ریزخواران و نقش آن‌ها در اکوسیستم‌های مختلف و همچنین با توجه به این که تنوع و تراکم این موجودات به عنوان شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفیت رویشگاه کاربرد دارد مطالعه آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. هر گونه دخالت انسان که موجب بر هم خوردن تعادل اکوسیستم شود بر روی جمعیت‌های مختلف خاکزیان مؤثر خواهد بود. بنابراین ویژگی‌های جمعیت موجودات خاکزی شاخصی است که می‌تواند در مناطق بهره‌برداری شده نشانگر وضعیت تخریب و در اجزای طرح‌های بازسازی و احیا نشانگر روند بازگشت تعادل به اکوسیستم باشد. به همین دلیل بین ساختار جمعیت جانداران خاک در مرحله توالی نیز ارتباط وجود دارد. بایستی توجه داشت که سایه‌های حیات‌بخش رویشگاه‌های طبیعی شرایط مساعدی را به‌وجود می‌آورند که موجودات خاکزی به شدت به آن وابسته می‌باشند. در صورتی که سهل‌انگاری انسان تعادل این محیط حیات‌بخش را بر هم زند بسیاری از این موجودات که حضور آنها موجب پایداری و افزایش تنوع زیستی اکوسیستم خواهد بود حذف خواهند شد (۱۶). امروزه برآورد توان اکولوژیک رویشگاه‌ها با روش‌های مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌گیرد. در روش مستقیم ویژگی‌های

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

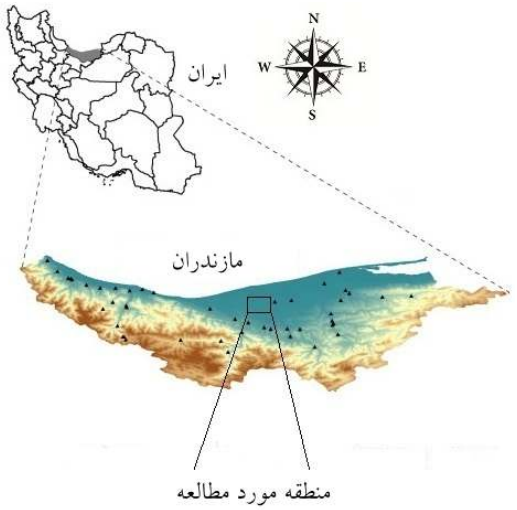
[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

رویشی گیاهان و در روش‌های غیرمستقیم عوامل محیطی مؤثر بر رویش گیاهان اندازه‌گیری می‌شوند. با توجه به اینکه در کشور ایران، ویژگی‌های رویشی گیاهان و عوامل مؤثر بر آنها به‌طور جامع بررسی نشده‌اند، لذا تعیین توان اکولوژیک رویشگاه‌ها با دشواری زیادی همراه است. موجودات خاکزی جزو عواملی هستند که در تعیین توان اکولوژیک به‌کار می‌روند و جمعیت و میزان فعالیت آنها با تغییر کیفیت خاک و چرخه عناصر غذایی بر حاصل‌خیزی خاک اثر گذارند (۲۸)، بنابراین بررسی جمعیت خاکزیان و شناخت رابطه آنها با پوشش گیاهی و خاک از پیش‌نیازهای تعیین توان اکولوژیک رویشگاه‌ها می‌باشند (۱۸ و ۳۷). با توجه به پژوهش‌های انجام شده و همین‌طور اهمیت شناخت کیفیت بقایای گیاهی ورودی به خاک، فعالیت‌های جانداران خاکزی در رویشگاهها، در این پژوهش علاوه بر اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی پایه‌ای خاک، فعالیت‌های فلور و فون خاک نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت تا در نهایت رابطه منطقی بین فعالیت‌های جاندران خاکزی و نوع پوشش‌های اراضی مورد بررسی حاصل گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

به منظور اجرای این پژوهش بخش کوهستانی کینج، واقع در منطقه کجور شهرستان نوشهر، مورد توجه قرار گرفت (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه در طول شرقی ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه و عرض شمالی ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه قرار دارد. متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۵۰۰ متر بوده، میزان بارندگی متوسط سالیانه آن ۳۶۵ میلی‌متر و پتانسیل تبخیر سالیانه آن برابر با ۱۳۰۰ میلی‌متر است. حداقل دما ۶ درجه سانتی‌گراد در بهمن‌ماه و حداکثر دما ۲۱ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه می‌باشد. شیب عمومی منطقه شرقی- غربی بوده و به‌طور متوسط حدود ۱۰ درصد است. سطوح گسترده‌ای از منطقه مورد مطالعه توسط رویشگاه جنگلی با غالبیت گونه درختی لور (*Carpinus orientalis* Miller.) اشغال شده است. در هر حال به دلیل تخریب‌هایی که در گذشته (تقریباً سی سال پیش) در این رویشگاه‌های جنگلی رخ داده، امروزه بخشی از این سطوح توسط پوشش‌های درختچه‌ای و مرتعی جایگزین شده‌اند (۴۷). در پژوهش پیش رو چهار نوع تیپ گیاهی با غالبیت (بیش از ۸۵ درصد سطح) پوشش‌های درختچه‌ای و علفی شامل رویشگاه جنگلی با پوشش درختی لور، پوشش درختچه‌ای ولیک (*Crataegus microphylla* C. Koch.) – زرشک (*Berberis integerrima* Bunge.)، پوشش گیاهی مرتعی *Stachys byzantina* و پوشش گیاهی مرتعی *Rhamnus pallasii* مورد توجه قرار گرفت.



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

روش نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی خاک

به منظور بررسی اثرات پوشش‌های گیاهی جنگلی و مرتعی بر مشخصه‌های مختلف خاک، پس از بررسی‌های اولیه و بازدیدهای میدانی، بخش‌هایی از اراضی فوق‌الذکر انتخاب شد که به صورت پیوسته با هم بوده و حداقل اختلاف ارتفاع از سطح دریا، حداقل تغییر درصد و جهت شیب در آن‌ها مشاهده شد. بدین منظور در هر یک از رویشگاه‌های مورد مطالعه سه قطعه یک هکتاری با فواصل حداقل ۶۰۰ متر انتخاب شدند. در هر یک از قطعات یک هکتاری، تعداد ۴ نمونه خاک (سطح ۳۰ سانتی‌متر × ۳۰ سانتی‌متر تا عمق ۱۰ سانتی‌متری) برداشت و در مجموع از هر یک از رویشگاه‌های مورد مطالعه تعداد ۱۲ نمونه خاک جهت تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه منتقل شد. بخشی از نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد (برای آزمایش‌های فیزیکی و

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

شیمیایی) و بخش دیگر نمونه‌های خاک بلافاصله پس از نمونه‌برداری تا زمان انجام آزمایش (به منظور سنجش مشخصه‌های میکروبی) در داخل سردخانه‌ای با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. به منظور محاسبه لایه‌بندی ماده آلی، نمونه‌برداری خاک علاوه بر عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری از عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری نیز انجام شد. مقادیر ماده آلی هر عمق پس از اندازه‌گیری مقادیر کربن آلی آن عمق‌ها به روش والکی‌بلک محاسبه گردید و لایه‌بندی ماده آلی خاک از تقسیم مقدار ماده آلی عمق اول به عمق دوم خاک به‌دست آمد. مشخصه‌های فیزیکی (محتوی رطوبت، حرارت، جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، تخلخل، پایداری خاکدانه، شن، سیلت، رس)، و شیمیایی (pH، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، کلسیم قابل جذب، منیزیم قابل جذب، کربن آلی ذره‌ای و نیتروژن آلی ذره‌ای) خاک با استفاده از روش‌های متداول و استاندارد آزمایشگاهی (۱۹) اندازه‌گیری شد. همچنین زی‌توده ریشه‌ها (درشت‌ریشه‌ها و ریزریشه‌ها)، تعداد و زی‌توده گروه‌های اکولوژیک کرم‌های خاکی (اپی‌ژئیک‌ها: معمولاً دارای طول بدن ۵-۱ سانتی‌متر بوده و به رنگ سیاه و یا قرمز قابل مشاهده هستند، آنسئیک‌ها: دارای طول بدن ۲۰-۱ سانتی‌متر بوده و به رنگ روشن یا صورتی تا خاکستری روشن قابل مشاهده می‌باشند، اندوژئیک‌ها: دارای طول بدن ۱۰-۱۱۰ سانتی‌متر بوده و به رنگ‌های قرمز، خاکستری تیره یا قهوه‌ای قابل مشاهده می‌باشند)، جمعیت کنه‌ها، پادمان‌ها، نماتدها، پروتوزوئرها، باکتری‌ها و قارچ‌ها، تنفس‌های پایه و میکروبی، زی‌توده‌های میکروبی (کربن، نیتروژن و فسفر) و آنزیمی (اوره‌آز، اسید فسفاتاز، آریل‌سولفاتاز و اینورتاز) خاک نیز مطابق با دستورالعمل‌های آزمایشگاهی (۱) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

تجزیه آماری داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار اکسل به عنوان بانک اطلاعات ذخیره شد. سپس به منظور تجزیه و تحلیل و همچنین مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمالیته آن‌ها با آزمون شاپیرو ویلک و همگنی واریانس با آزمون لون مورد آزمون قرار گرفت. در مواردی که داده‌ها نرمال نبود از روش تبدیل جذر جهت نرمال‌سازی استفاده شد. به منظور بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر ویژگی‌های مختلف خاک در رویشگاه‌های جنگلی و مرتعی مورد مطالعه، از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. آزمون دانکن نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین به‌کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری مورد نظر در برنامه نرم‌افزاری SPSS نسخهٔ ۲۰ انجام پذیرفت. به منظور بررسی ارتباط بین مشخصه‌های فلور و فون و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principal component analysis)، در قالب نرم‌افزار PC-Ordination نسخه ۵، استفاده شد.

نتایج

مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

مقدار ماده آلی در عمق‌های اول و دوم خاک و همچنین نسبت لایه‌بندی ماده آلی تفاوت‌های آماری معنی‌داری را در پوشش‌های گیاهی مورد مطالعه نشان نداده‌اند ($p >$ ۰/۰۵). پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* دارای بالاترین مقادیر رطوبت و پایداری خاکدانه‌های خاک بوده، در حالی که بالاترین مقادیر حرارت خاک به تیپ‌های گیاهی *Rhamnus* و *Stachys* اختصاص داشت. بیشترین مقدار جرم مخصوص ظاهری و کمترین مقدار تخلخل خاک در تیپ گیاهی *Rhamnus* مشاهده شد، در حالی که جرم مخصوص حقیقی خاک تفاوت آماری معنی‌داری در پوشش‌های گیاهی مورد مطالعه نشان نداد ($p >$ ۰/۰۵). تیپ‌های گیاهی *Rhamnus* و *Stachys* دارای بالاترین مقادیر شن بوده، در حالی که بیشترین مقادیر رس خاک به پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* اختصاص داشت. محتوی سیلت خاک تفاوت آماری معنی‌داری را در بین پوشش‌های گیاهی مورد مطالعه نشان نداد ($p >$ ۰/۰۵). بیشترین و کمترین مقادیر pH و هدایت الکتریکی خاک، به ترتیب، در پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* مشاهده شد. کربن آلی خاک تفاوت آماری معنی‌داری را در بین پوشش‌های گیاهی مورد مطالعه نشان نداد ($p >$ ۰/۰۵)، در حالی که بیشترین مقادیر نیتروژن خاک به پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

Crataegus - Berberis تعلق داشته و بالاترین مقادیر C/N خاک به پوشش‌های گیاهی *Stachys* و *Rhamnus* اختصاص داشت. پوشش جنگلی *Carpinus* دارای بالاترین مقادیر فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، منیزیم قابل جذب و نیتروژن آلی ذره‌ای بوده‌اند، در حالی که بالاترین مقادیر کلسیم قابل جذب و کربن آلی ذره‌ای به پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* تعلق داشت (جدول ۱).

مشخصه‌های فلور و فون خاک

بیشترین مقادیر زی‌توده درشت‌ریشه به پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* اختصاص داشت، در حالی که پوشش جنگلی *Carpinus* دارای بالاترین مقادیر زی‌توده ریزریشه بوده است. تعداد و زی‌توده اپی‌ژئیک‌ها و آنسئیک‌ها تفاوت آماری معنی‌داری را در بین پوشش‌های گیاهی نشان ندادند ($p > ۰/۰۵$).

بیشترین جمعیت اندوژئیک‌ها، جمعیت کل کرم‌های خاکی، کنه‌ها، پادمان‌ها، نماتدها، پروتوزوئرها، باکتری‌ها و قارچ‌ها در پوشش جنگلی *Carpinus* مشاهده شد. پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* دارای بیشترین مقادیر تنفس پایه، زی‌توده میکروبی کربن، زی‌توده میکروبی فسفر و آنزیم آریل سولفاتاز بوده‌اند. بیشترین مقادیر تنفس برانگیخته خاک در تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* و بیشترین مقادیر زی‌توده میکروبی نیتروژن، آنزیم‌های اوره‌آز، اسیدفسفاتاز و اینورتاز در پوشش جنگلی *Carpinus* مشاهده شد (جدول ۲). تحلیل مؤلفه‌های اصلی حاکی از آنست که پوشش جنگلی *Carpinus* (شکل ۲ الف) شرایط مساعدی را برای فعالیت انواع موجودات خاکزی، فون و فلور خاک فراهم می‌آورند (شکل ۲ ب).

جدول ۱: میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در پوشش‌های گیاهی جنگلی و مرتعی

مشخصه	پوشش‌های گیاهی				مشخصه آماری	
	Carpinus	*Berberis- Crataegus*	*Stachys*	*Rhamnus*	مقدار F	معنی‌داری
ماده آلی عمق اول (درصد)	۶/۷۹±۰/۵۰a	۷/۳۶±۰/۷۱a	۶/۶۰±۰/۵۵a	۵/۳۹±۰/۳۷a	۲/۲۷۶	۰/۰۹۳
ماده آلی عمق دوم (درصد)	۳/۷۵±۰/۳۰a	۳/۹۵±۰/۵۰a	۴/۲۵±۰/۵۶a	۳/۳۰±۰/۱۹a	۰/۹۲۵	۰/۴۳۷
نسبت لایه‌بندی ماده آلی	۱/۸۸±۰/۱۳a	۱/۹۹±۰/۱۳a	۱/۷۹±۰/۱۹a	۱/۶۴±۰/۰۷a	۱/۱۵۸	۰/۳۳۷
رطوبت (درصد)	۲۱/۵۸±۰/۶۶a	۲۱/۲۷±۰/۸۴a	۱۵/۱۵±۰/۴۵b	۱۰/۹۹±۰/۶۳c	۵۹/۲۸۲	۰/۰۰۰
حرارت (درجه سانتی‌گراد)	۱۵/۹۶±۱/۰۲b	۱۶/۸۱±۰/۵۰b	۲۲/۴۵±۰/۸۱a	۲۳/۰۴±۰/۸۳a	۲۰/۵۶۷	۰/۰۰۰
جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	۱/۲۸±۰/۰۳c	۱/۲۳±۰/۰۲c	۱/۳۸±۰/۰۳b	۱/۴۷±۰/۰۲a	۱۱/۷۸۴	۰/۰۰۰
جرم مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی متر مکعب)	۲/۳۹±۰/۰۴a	۲/۴۳±۰/۰۴a	۲/۴۳±۰/۰۶a	۲/۲۹±۰/۱۰a	۰/۸۱۸	۰/۴۹۱
تخلخل (درصد)	۰/۴۶±۰/۰۱a	۰/۴۹±۰/۰۱a	۰/۴۲±۰/۰۲a	۰/۳۳±۰/۰۴b	۶/۱۰۶	۰/۰۰۱
پایداری خاکدانه (درصد)	۶۹/۷۶±۲/۶۹a	۶۳/۹۳±۳/۰۳a	۵۰/۳۷±۳/۴۲b	۴۵/۷۴±۳/۰۷b	۱۳/۴۷۲	۰/۰۰۰
شن (درصد)	۲۰/۵۰±۰/۷۷b	۲۱/۶۶±۰/۹۵b	۳۴/۵۸±۱/۷۷a	۳۷/۵۸±۱/۸۲a	۳۸/۳۸۲	۰/۰۰۰
سیلت (درصد)	۴۰/۳۳±۱/۴۷a	۴۱/۶۶±۱/۴۹a	۴۰/۲۵±۲/۵۵a	۳۹/۳۳±۱/۹۳a	۰/۲۵۱	۰/۸۶۰
رس (درصد)	۳۹/۱۶±۱/۲۹a	۳۶/۶۶±۱/۱۱a	۲۵/۱۶±۱/۱۶b	۲۳/۰۸±۰/۸۵b	۵۲/۰۶۲	۰/۰۰۰
pH	۷/۰۰±۰/۰۵a	۶/۳۰±۰/۱۱b	۶/۶۲±۰/۱۵b	۶/۶۴±۰/۱۴ab	۵/۳۳۹	۰/۰۰۳
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۳۲±۰/۰۰a	۰/۲۴±۰/۰۰b	۰/۳۱±۰/۰۱a	۰/۳۲±۰/۰۱a	۹/۶۳۶	۰/۰۰۰
کربن آلی (درصد)	۳/۹۴±۰/۲۹a	۴/۲۷±۰/۴۱a	۳/۸۲±۰/۳۲a	۳/۱۲±۰/۲۱a	۲/۲۸۴	۰/۰۹۲
نیتروژن کل (درصد)	۰/۴۰±۰/۰۲a	۰/۳۷±۰/۰۲a	۰/۲۵±۰/۰۲b	۰/۲۱±۰/۰۱b	۱۷/۲۳۴	۰/۰۰۰
نسبت کربن به نیتروژن	۹/۷۹±۰/۳۸c	۱۱/۳۱±۰/۵۶b	۱۵/۲۶±۰/۳۸a	۱۴/۵۳±۰/۴۶a	۳۲/۳۷۹	۰/۰۰۰
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳۱/۱۰±۲/۵۰a	۲۶/۴۳±۱/۵۷b	۱۵/۰۰±۰/۷۶c	۱۴/۴۴±۰/۸۵c	۲۷/۴۵۱	۰/۰۰۰
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳۲۶/۶۶±۷/۸۰a	۳۰۶/۱۶±۶/۴۵ab	۱۷۶/۹۱±۱۷/۹۵b	۱۸۸/۹۱±۱۳/۸۰b	۳۹/۲۲۱	۰/۰۰۰
کلسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۱۵/۶۶±۱۶/۷۶a	۲۰۶/۰۰±۱۳/۹۰a	۱۴۶/۱۶±۱۳/۲۹b	۱۳۶/۰۰±۵/۷۰b	۹/۶۷۹	۰/۰۰۰
منیزیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۶/۰۰±۱/۵۲a	۳۹/۵۸±۱/۷۴b	۲۸/۶۶±۱/۰۹c	۲۶/۱۶±۰/۸۶c	۴۷/۴۲۶	۰/۰۰۰
کربن آلی ذره‌ای (گرم بر کیلوگرم)	۲/۰۱±۰/۱۷a	۲/۲۶±۰/۱۷a	۱/۰۰±۰/۱۴b	۰/۹۱±۰/۱۰b	۲۰/۱۹۲	۰/۰۰۰
نیتروژن آلی ذره‌ای (گرم بر کیلوگرم)	۰/۲۹±۰/۰۳a	۰/۲۳±۰/۰۱b	۰/۱۱±۰/۰۰c	۰/۰۸±۰/۰۱c	۲۴/۴۳۴	۰/۰۰۰

حروف انگلیسی متفاوت در هر سطر بیانگر وجود تفاوت آماری معنی‌دار در بین پوشش‌های گیاهی جنگلی و مرتعی مورد مطالعه می‌باشد.

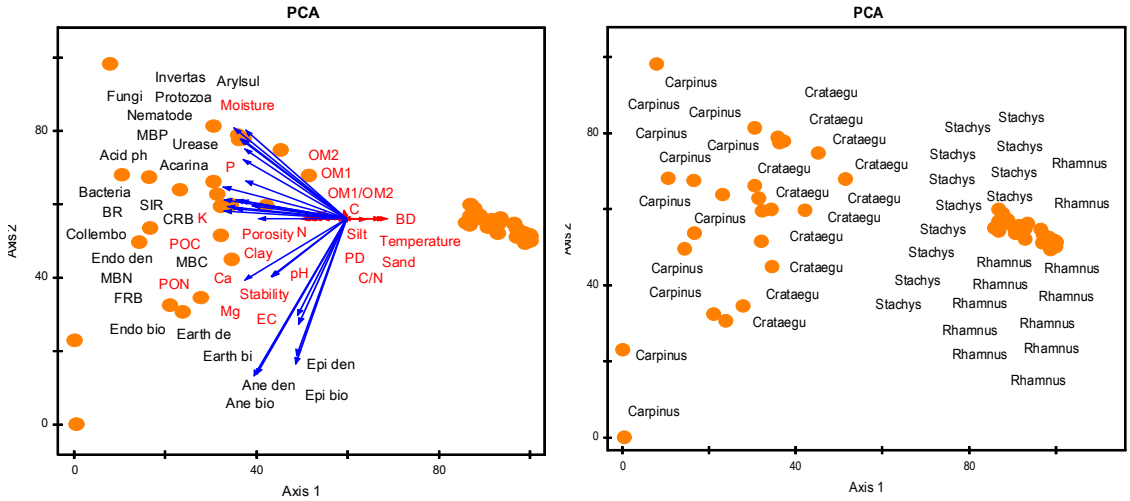
[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

جدول ۲: میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های فلور و فون خاک در پوشش‌های گیاهی جنگلی و مرتعی

مشخصه	پوشش‌های گیاهی				مشخصه آماری	
	Carpinus	*Berberis*- *Crataegus*	*Stachys*	*Rhamnus*	مقدار F	معنی‌داری
زی‌توده درشت‌ریشه (گرم برمترمربع)	۱۴۱۷±۵۳/۰۶a	۱۳۳۰±۵۳/۳۰a	۱۸±۴/۶۶b	۱/۶۶±۰/۵۱b	۴۳۸/۰۴۸	۰/۰۰۰
زی‌توده ریزریشه (گرم برمترمربع)	۶۲/۲۵±۴/۲۰a	۴۹/۹۰±۶/۲۲b	۲۵/۱۰±۱/۹۶c	۲۵/۱۵±۱/۸۴c	۲۱/۶۳۴	۰/۰۰۰
تراکم اپی‌ژئیک (تعداد در متر مربع)	۰/۲۵±۰/۰۷a	۰/۲۵±۰/۰۳a	۰/۰۰±۰/۰۰a	۰/۰۰±۰/۰۰a	۱/۶۹۲	۰/۱۸۲
زی‌توده اپی‌ژئیک (میلی‌گرم در متر مربع)	۴/۳۶±۰/۳۲a	۲/۷۸±۰/۴۶a	۰/۰۰±۰/۰۰a	۰/۰۰±۰/۰۰a	۱/۶۷۱	۰/۱۸۷
تراکم آنسئیک (تعداد در متر مربع)	۰/۴۱±۰/۰۳a	۰/۲۵±۰/۰۷a	۰/۰۰±۰/۰۰a	۰/۰۰±۰/۰۰a	۱/۹۷۰	۰/۱۳۲
زی‌توده آنسئیک (میلی‌گرم در متر مربع)	۶/۴۴±۰/۴۲a	۲/۴۷±۰/۷۶a	۰/۰۰±۰/۰۰a	۰/۰۰±۰/۰۰a	۲/۴۹۰	۰/۰۷۳
تراکم اندوژئیک (تعداد در متر مربع)	۰/۵۸±۰/۰۹a	۰/۴۱±۰/۰۴a	۰/۰۰±۰/۰۰b	۰/۰۰±۰/۰۰b	۵/۹۲۹	۰/۰۰۲
زی‌توده اندوژئیک (میلی‌گرم در متر مربع)	۷/۲۱±۱/۳۰a	۳/۹۲±۰/۴۱ab	۰/۰۰±۰/۰۰b	۰/۰۰±۰/۰۰b	۶/۶۱۲	۰/۰۰۱
تراکم کل کرم‌های خاکی (تعداد در متر مربع)	۱/۲۵±۰/۳۵a	۰/۹۱±۰/۰۹a	۰/۰۰±۰/۰۰b	۰/۰۰±۰/۰۰b	۹/۳۳۸	۰/۰۰۰
زی‌توده کل کرم‌های خاکی (میلی‌گرم در متر مربع)	۱۸/۰۲±۴/۴۴a	۹/۱۸±۲/۵۸b	۰/۰۰±۰/۰۰c	۰/۰۰±۰/۰۰c	۱۱/۳۱۲	۰/۰۰۰
تراکم کنه‌های خاک‌زی (تعداد در متر مربع)	۲۰۴۳۶±۴۶۰a	۱۴۷۱۸±۶۲۸b	۳۸۰۰±۲۸۹c	۸۱۷±۷۲d	۴۸۶/۳۰۵	۰/۰۰۰
تراکم پادمان‌های خاک‌زی (تعداد در متر مربع)	۸۸۲۱±۲۴۴a	۷۹۸۵±۴۱۱b	۱۵۷±۱۶c	۱۸±۲c	۴۰۴/۳۹۳	۰/۰۰۰
تراکم نماتدهای خاک‌زی (تعداد در ۱۰۰ گرم خاک)	۱۶۸±۲۳a	۱۲۷±۱۱b	۳۳±۸c	۱۳±۳c	۲۸/۷۷۰	۰/۰۰۰
تراکم پروتوزوئرهای خاک‌زی (تعداد در ۱۰۰ گرم خاک)	۱۶۹±۱۴a	۱۰۵±۸b	۱۱±۲c	۴±۱c	۸۶/۳۱۹	۰/۰۰۰
باکتری‌ها ($\times 10^{7}$ در گرم خاک)	۲/۶۶±۰/۲۰a	۱/۸۳±۰/۱۲b	۰/۴۴±۰/۰۶c	۰/۰۴±۰/۰۰c	۹۶/۵۰۱	۰/۰۰۰
قارچ‌ها ($\times 10^{7}$ در گرم خاک)	۱/۱۹±۰/۱۷a	۰/۹۴±۰/۰۷a	۰/۳۵±۰/۰۳b	۰/۲۱±۰/۰۱b	۲۳/۶۲۴	۰/۰۰۰
تنفس پایه (میلی‌گرم کربن دی‌اکسید در یک گرم خاک)	۰/۲۷±۰/۰۲a	۰/۲۷±۰/۰۲a	۰/۰۶±۰/۰۱b	۰/۰۵±۰/۰۱b	۴۵/۳۰۸	۰/۰۰۰
تنفس برانگیخته (میلی‌گرم کربن دی‌اکسید در یک گرم خاک)	۰/۹۵±۰/۰۳b	۱/۲۴±۰/۰۷a	۰/۷۲±۰/۰۴c	۰/۲۸±۰/۰۴d	۶۰/۸۷۵	۰/۰۰۰
زی‌توده میکروبی کربن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۴۱/۹۹±۲/۹۲a	۲۸۲/۳۲±۳۰/۹۴a	۱۳۰/۴۴±۱/۷۶b	۱۰۱/۷۶±۶/۸۷b	۱۵/۱۹۱	۰/۰۰۰
زی‌توده میکروبی نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳۵/۳۳±۳/۰۵a	۳۰/۳۲±۰/۳۸b	۱۳/۳۲±۱/۰۱c	۹/۶۰±۰/۴۱c	۵۹/۲۳۵	۰/۰۰۰
زی‌توده میکروبی فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۵۷/۲۵±۵/۶۲a	۵۰/۲۵±۳/۵۰a	۱۸/۰۸±۲/۰۶b	۶/۴۱±۰/۵۱c	۴۹/۹۰۵	۰/۰۰۰
اوره‌آز ($\mu g\ NH^{4+}\text{–}N\ g^{-1}\ 2\ h^{-1}$)	۱۷/۰۱±۱/۲۸a	۱۳/۴۷±۱/۰۸b	۷/۰۰±۰/۲۶c	۶/۱۵±۰/۴۹c	۳۴/۶۴۴	۰/۰۰۰
اسید فسفاتاز ($\mu g\ PNP\ g^{-1}\ h^{-1}$)	۳۳۳/۵۰±۲/۲۷a	۱۸۸/۰۸±۱۷/۰۵b	۸۹/۱۶±۸/۴۸c	۷۴/۱۶±۴/۷۶c	۵۰/۴۸۷	۰/۰۰۰
آریل سولفاتاز ($\mu g\ PNP\ g^{-1}\ h^{-1}$)	۹۴/۸۳±۸/۶۳a	۷۹/۷۵±۳/۵۲a	۴۶/۱۶±۴/۱۴b	۳۷/۵۰±۴/۱۶b	۲۴/۳۳۴	۰/۰۰۰
اینورتاز ($\mu g\ Glucose\ g^{-1}\ 3\ h^{-1}$)	۱۰۰/۵۰±۸/۸۵a	۸۱/۹۱±۴/۳۹b	۴۵/۴۱±۴/۳۵c	۲۹/۶۶±۳/۹۱c	۳۲/۰۷۹	۰/۰۰۰

حروف انگلیسی متفاوت در هر سطر بیانگر وجود تفاوت آماری معنی‌دار در بین پوشش‌های گیاهی جنگلی و مرتعی مورد مطالعه می‌باشد.



شکل ۲: ارتباط پوشش‌های گیاهی جنگلی و مرتعی (سمت راست) با ویژگی‌های خاک (سمت چپ) در آنالیز مؤلفه‌های اصلی

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

بحث و نتیجه‌گیری

تغییر پوشش‌های گیاهی به‌طور معنی‌داری می‌تواند بر فعالیت‌های فلور و فون خاک اثرگذار باشد. در همین راستا، بیشترین مقادیر زی‌توده ریشه‌ها (درشت‌ریشه و ریزریشه) در پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Berberis - Crataegus* مشاهده شد. مطابق با بررسی کیو و همکاران (۲۰۱۵)، مشخصه‌های حاصل‌خیزی خاک اثر مثبتی بر رشد ریشه‌های گونه‌های گیاهی دارند و بر همین اساس خاک‌های حاصل‌خیز دارای زی‌توده‌های بیشتری از ریشه‌های گیاهان می‌باشند (۳۸). در منطقه مورد مطالعه، پوشش جنگلی *Carpinus* دارای عناصر حاصل‌خیزی بیشتری بوده است که همین موضوع می‌تواند در افزایش زی‌توده ریشه‌های مؤثر بوده باشد. همچنین آشکارا پیداست که افزایش سن گیاهان می‌تواند در افزایش زی‌توده ریشه‌های موجود در خاک هم اثرگذار باشد (۲۷). بنابراین با توجه به مسن‌تر بودن پوشش جنگلی *Carpinus* مستقر در منطقه مورد مطالعه، افزایش زی‌توده درشت‌ریشه و ریزریشه‌ها نیز قابل پیش‌بینی بوده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تغییر پوشش اراضی از فرم چوبی به فرم علفی به میزان قابل توجهی باعث تغییر در فعالیت موجودات خاکزی شده است. به دنبال تغییر پوشش اراضی و همچنین تغییرپذیری مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، تنوع و جمعیت موجودات خاکزی نیز دچار تغییراتی می‌شود. در همین راستا، به دنبال تخریب پوشش‌های جنگلی و تبدیل آنها به مراتع، میکروکلیمای خاک نیز دچار تغییرات معنی‌داری شده است. مرور منابع حاکی از آنست که محتوی رطوبت بیشتر و دمای کمتر خاک شرایط مناسبی را برای زیست انواع کرم‌های خاکی فراهم می‌آورد (۲۹ و ۳۰). بر همین اساس، پوشش جنگلی *Carpinus* دارای بالاترین مقادیر رطوبت و کمترین مقادیر درجه حرارت خاک بوده، لذا بیشترین تنوع و جمعیت انواع مختلف کرم‌های خاکی نیز در بخش تحتانی این نوع پوشش اراضی مشاهده گردید. پژوهش‌های پیشین (۳۴ و ۴۱) نشان داده که مقادیر بالاتر pH، حاصل‌خیزی بیشتر، نسبت پایین‌تر کربن به نیتروژن می‌توانند اثرات مثبتی بر فعالیت انواع کرم‌های خاکی در پوشش اراضی مختلف داشته باشند که همراستا با نتایج پژوهش حاضر در بخش تحتانی پوشش جنگلی *Carpinus* می‌باشد. گروه‌های اکولوژیک مختلف کرم‌های خاکی دارای قابلیت‌های متفاوتی در قدرت حفاری در داخل خاک می‌باشند و در فصول مختلف سال در لایه‌های خاک جابجا می‌شوند (۱۱). اپی‌ژئیک‌ها و آنسئیک‌ها قدرت حفاری چندانی در داخل خاک ندارند و عموماً در لایه‌های سطحی خاک زیست می‌کنند در حالی که آندوژئیک‌ها دارای قدرت حفاری بالایی می‌باشند (۶). بر همین اساس از بین گروه‌های مختلف اکولوژیک کرم‌های خاکی، جمعیت اپی‌ژئیک‌ها و آنسئیک‌ها در پوشش‌های مختلف اراضی تفاوت‌های آماری معنی‌داری را نشان نداده، در حالی که پوشش‌های گیاهی چوبی با تاج پوشش بسته‌تر شرایط مساعدتری (سایه‌اندازی بیشتر، محتوی بیشتر رطوبت و حرارت کمتر خاک) را برای حضور اندوژئیک‌ها فراهم آورده است (۹).

مقدار و کیفیت بقایای گیاهی ورودی به خاک و همچنین تغییرپذیری ویژگی‌های مختلف خاک تحت پوشش‌های گیاهی مختلف می‌تواند سایر موجودات خاکزی را نیز تحت تأثیر قرار دهد (۲۹). کنه‌ها بهترین نماینده بندپایان در خاک محسوب می‌شوند (۲۵). علاوه بر کنه‌ها، پادمان‌ها نیز می‌توانند به عنوان شاخص حاصل‌خیزی خاک مورد توجه قرار گیرند و در عموماً در خاک‌هایی فعالیت بیشتری می‌باشند که محتوی عناصر غذایی بیشتری باشند (۲۶). پادمان‌ها حشرات کوچکی هستند که زندگی پنهانی دارند و به عنوان تجزیه‌کننده و پاک کننده‌های محیط زیست در خاک، برگ‌ها، چوب‌های پوسیده و قارچ‌ها شناخته می‌شوند (۳۶). نماتدها و پروتوزوئرها نیز نقش مهمی بر چرخه میکروبی خاک و قابلیت دسترسی مواد غذایی گیاهی دارند، به همین جهت به عنوان فاکتور مهم برای انتقال دادن کربن به سطوح غذایی بالاتر شناخته شده‌اند (۴۰). گزارش‌ها (۱۳ و ۱۸) حاکی از آنست که محتوی رطوبت و حاصل‌خیزی بیشتر، حرارت و نسبت کربن به نیتروژن پایین‌تر خاک می‌توانند شرایط مناسبی را برای فعالیت انواع کنه‌ها، پادمان‌ها، نماتدها و پروتوزوئرهای خاک فراهم آورند. در همین راستا، با توجه به اینکه پوشش‌های جنگلی شرایط ایده‌آل‌تری را برای زیست این موجودات خاکزی فراهم آورده است لذا دارای جمعیت‌های بیشتری از این موجودات نیز بوده است. تغییر در مشخصه‌های مختلف

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

خاک، در اثر تغییر پوشش گیاهی، می‌تواند همچنین جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌های خاک را تحت تأثیر قرار دهد (۴). در همین راستا، روسک و همکاران (۲۰۱۰) اشاره داشته‌اند که باکتری‌های خاک و جامعه قارچی به شدت به حاصل‌خیزی خاک وابسته می‌باشند (۳۹). مطابق با نتایج، میزان بالای نیتروژن کل و مواد مغذی (فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) موجود در خاک در پوشش جنگلی *Carpinus* باعث افزایش فعالیت باکتری‌ها و قارچ‌های خاک شده است. بطور کلی، اکوسیستم‌های خاک حاوی مقادیر بیشتری از باکتری‌ها نسبت به قارچ‌ها می‌باشد (۲۳) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. همچنین مرور منابع حاکی از جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌ها وابستگی کاملی به رطوبت خاک دارند (۷ و ۱۳). بر همین اساس پوشش‌های جنگلی با حفظ و نگهداشت بیشتر رطوبت در خاک اثر مثبتی بر فعالیت این موجودات خاکزی داشته است.

تخریب رویشگاه‌های جنگلی و تبدیل آنها به سایر کاربری‌ها موجب تغییر جمعیت جامعه میکروبی خاک می‌شود. از آنجا که توانایی یک اکوسیستم تا حدودی به فعالیت‌های میکروبی آن بستگی دارد، مشخص کردن سطح شاخص‌های میکروبی و بیوشیمیایی ممکن است به درک بهتر و دستکاری توابع و خدمات اکوسیستم کمک کند (۳۲). در راستای گزارش‌های پیشین (۲ و ۱۲) نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تغییر پوشش گیاهی اراضی می‌تواند اثرات قابل توجهی بر روی ویژگی‌های مختلف خاک داشته باشد که همین موضوع منجربه تغییر سطوح خواص میکروبی در خاک سطحی می‌شود. مقادیر مختلف تنفس (پایه و برانگیخته) و زی‌توده‌های میکروبی (کربن، نیتروژن و فسفر) در این مطالعه نشان می‌دهد که تأثیر پوشش اراضی بر جمعیت‌های میکروبی خاک پیچیده است و به سایر ویژگی‌های خاک وابستگی دارد (۲۰). پژوهش حاضر نشان‌دهنده افزایش قابل توجهی در تنفس و زی‌توده‌های میکروبی خاک در پوشش‌های جنگلی در مقایسه با سایر پوشش‌های اراضی می‌باشد. در پژوهشی، کوک و اورکارد (۲۰۰۸) اشاره داشته‌اند که رطوبت خاک یک عامل تعیین کننده تغییرات در جمعیت میکروبی خاک است (۱۴). بر این اساس، خاک پوشش جنگلی *Carpinus* به دلیل دارا بودن رطوبت بیشتر حاوی مقادیر بالاتری از تنفس و زی‌توده‌های میکروبی می‌باشد. از سوی دیگر، تاردی و همکاران (۲۰۱۴) اذعان داشتند که محتوی عناصر غذایی خاک عامل اصلی کنترل تغییرات جمعیت میکروبی خاک است (۴۳). تنفس و زی‌توده‌های میکروبی زیاد در پوشش جنگلی *Carpinus* می‌تواند به واسطه افزایش محتوی مواد مغذی خاک باشد. علاوه بر این، فعالیت‌های میکروبی خاک ارتباط نزدیکی با زی‌توده ریشه دارد (۱۵)، بنابراین عامل دیگر در افزایش تنفس و زی‌توده‌های میکروبی خاک در جنگل *Carpinus* می‌تواند مقادیر بالاتر زی‌توده ریزریشه باشد. فعالیت‌های آنزیمی خاک به عنوان شاخص‌های بیولوژیکی خاک به دلیل نقش برجسته آن‌ها در چرخه غذایی و حساسیت آن‌ها نسبت به تغییرات پوشش اراضی پیشنهاد شده است (۱۷). گزارش شده است که هر گونه تغییر در پوشش اراضی در فعالیت‌های آنزیمی خاک اثرگذار می‌باشد و می‌توان از آن‌ها برای پیش‌بینی تغییرات کیفیت خاک قبل از تشخیص توسط دیگر تحلیل‌های خاک استفاده کرد (۲۱). فعالیت آنزیمی خاک می‌تواند عملکرد اکوسیستم‌های خاک را نشان دهد و ارتباط نزدیکی با خواص خاک و حاصل‌خیزی دارد که توسط پوشش‌های مختلف زمین اعمال شده‌اند (۴۶). نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که پوشش‌های چوبی در رویشگاه‌های مورد بررسی بر فعالیت آنزیم‌های مختلف خاک اثرات مثبتی داشته است که با نتایج گزارش شده توسط ونگ و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد (۴۵). در واقع، پوشش جنگلی می‌تواند شرایط بهتری را برای فعالیت انواع آنزیم‌های خاک فراهم نماید. محتوی بیشتر ذرات رس در خاک در رویشگاه جنگلی ممکن است در تجمع آنزیم‌های خاک از طریق تثبیت و حفاظت از آنزیم‌ها مؤثر باشد (۴۶). همچنین، مقادیر بالای pH خاک، هدایت الکتریکی (۱۲)، نیتروژن کل، مواد مغذی موجود (۳۵) و مقادیر کم کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن (۳) فعالیت آنزیم‌های خاک را تحت پوشش جنگلی *Carpinus* نسبت به سایر پوشش‌های اراضی بهبود بخشیده است. تغییر نوع پوشش گیاهی اراضی از جنگل به مرتع در منطقه مورد مطالعه باعث ایجاد تغییراتی در مشخصه‌های کیفی و افت شدید و معنی‌دار مشخصه‌های فلور و فون خاک شد. کلیمای مناسب (محتوی رطوبت بیشتر و حرارت کمتر)، تجمع رس، تخلخل و حاصل‌خیزی

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

بالاتر، محتوی کربن و نسبت کربن به نیتروژن کمتر منجر به ایجاد شرایط مساعدی برای افزایش زی‌توده ریشه‌های گیاهان و همچنین فعالیت انواع موجودات خاکزی (گروه‌های اکولوژیک کرم خاکی، کنه‌ها، پادمان‌ها، نماتدها، پروتوزوئرها، باکتری‌ها و قارچ‌ها) و همچنین شاخص‌های میکروبی (تنفس و زی‌توده‌های میکروبی) و بیوشیمی (فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، اسید فسفاتاز، آریل‌سولفاتاز و اینورتاز) خاک تحت پوشش جنگلی *Carpinus* شده است. در حالی که تخریب جنگل و تبدیل آن به پوشش‌های گیاهی مرتعی منجربه کاهش فعالیت فلور و فون، فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی خاک گردید. نتایج این پژوهش مؤید حفاظت از پوشش‌های جنگلی در اکوسیستم‌های کوهستانی (که رویشگاه‌هایی حساس و شکننده محسوب می‌شوند) جهت افزایش شاخص‌های کیفیت خاک می‌باشد.

References

1. Aliasgharzade, N., 2010. Laboratory methods in soil biology. Tabriz University. Press, 522 p. (In Persian)
2. 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): p.e0133325.
3. Aon, M. A. & A. C. Colaneri, 2001. Temporal and spatial evolution of enzymatic activities and physico-chemical properties in an agricultural soil. Applied Soil Ecology, 18(3): 255-270.
4. Asadu, C. L. A. & G. U. Chibuike, 2015. Contributions of organic matter, clay and silt to the effective CEC of soils of different land use history. Advances in Natural and Applied Sciences, 9(8): 110-115.
5. Ashagrie, Y., W. Zech & G. Guggenberger, 2005. Transformation of a Podocarpus falcatus dominated natural forest into a monoculture Eucalyptus globulus plantation at Munesa, Ethiopia: soil organic C, N and S dynamics in primary particle and aggregate-size fractions. Agriculture, Ecosystems and Environment, 106 (7): 89–98.
6. Asshoff, R., S. Scheu & N. Eisenhauer, 2010. Different earthworm ecological groups interactively impact seedling establishment. European Journal of Soil Biology, 46(5): 330-334.
7. Baldrian, P., M. Kolařík, M. Štursová, J. Kopecký, V. Valášková, T. Větrovský, L. Žifčáková, J. Šnajdr, J., Rídl, C. Vlček, Č. & J. Voříšková, 2012. Active and total microbial communities in forest soil are largely different and highly stratified during decomposition. The ISME Journal, 6 (2): 248–258.
8. Bárcena, T. G., L. P. Kiær, L. Vesterdal, H. M. Stefánsdóttir, P. Gundersen & B. D. Sigurdsson, 2014. Soil carbon stock change following afforestation in Northern Europe: a meta-analysis. Global Change Biology, 20 (8): 2393-2405.
9. Bayranvand, M., Y. Kooch & A. Rey, 2017. Earthworm population and microbial activity temporal dynamics in a Caspian Hyrcanian mixed forest. European Journal of Forest Research, 136 (8): 447–456.
10. Binkley, D. & R. Fisher, 2012. Ecology and management of forest soils: John Wiley and Sons, 368 p.
11. Buch, A.C., G. G. Brown, M. E. Correia, L. F. Lourençato & E. V. Silva-Filho, 2017. Ecotoxicology of mercury in tropical forest soils: Impact on earthworms. Science of the Total Environment, 589(8): 222–231.
12. Cheng, X., Y. Yang, M. Li, X. Dou & Q. Zhang, 2013. The impact of agricultural land use changes on soil organic carbon dynamics in the Danjiangkou Reservoir area of China. Plant and soil, 366 (1-2): 415-424.
13. Choi, H.J., I. Y. Jeon, C. H. Shin & Q. Mun, 2006. Soil properties of Quercus variabilis forest on Youngha valley in Mt. Worak National Park. Journal of Ecology and Field Biology, 29(3): 439-443.
14. Cook, F. J. & V. A. Orchard, 2008. Relationships between soil respiration and soil moisture. Soil Biology and Biochemistry, 40 (9): 1013–1018.
15. Davidson, E. A., K. Savage, P. Bolstad, D. A. Clark, P. S. Curtis, D. S. Ellsworth, P. J. Hanson, B. E. Law, Y. Luo, K. S. Pregitzer & J. C. Randolph, 2002. Belowground carbon allocation in forests estimated from litter fall and IRGA-based soil respiration measurements. Agricultural and Forest Meteorology, 113(4): 39-51.
16. Derakhshan-Babaei, F., K. Nosrati, F. Ahmadi Mirghaed & M. Egli, 2021. The interrelation between landform, land-use, erosion and soil quality in the Kan catchment of the Tehran province, central Iran. Catena, 11(3): 1-9.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

17. Fang, H., S. Cheng, Y. Wang, G. Yu, M. Xu, X. Dang, L. Li & L. Wang, 2014. Changes in soil heterotrophic respiration, carbon availability, and microbial function in seven forests along a climate gradient. Ecological research, 29(6): 1077-1086.
18. Franco, A. L. C., M. A. Knox, W. S. Andriuzzi, C. M. de Tomasel, O. E. Sala & D. H. Wall, 2017. Nematode exclusion and recovery in experimental soil microcosms. Soil Biology and Biochemistry, 108(5): 78-83.
19. Ghazanshahi, J., 2007. Soil and plant analysis, Homa Publication, 312 p. (In Persian)
20. 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.
21. Guo, Y. J. & J. G. Han, 2008. Soil biochemical properties and arbuscular mycorrhizal fungi as affected by afforestation of rangelands in northern China. Journal of Arid Environments, 72(8): 1690–1697.
22. How Jin Aik, D., M. H. Ismail, F. M. Muharam & M. A. Alias, 2021. Evaluating the impacts of land use/land cover changes a cross topography against land surface temperature in Cameron Highlands. PLoSONE, 16(5):e0252111.https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252111.
23. Jin, L., Y. Lu, Y. Shao, G. Zhang, P. Xiao, S. Shen, H. Corke & J. Bao, 2010. Molecular marker assisted selection for improvement of the eating, cooking and sensory quality of rice (Oryza sativa L.). Journal Cereal Science, 51(4): 159-164.
24. Jost, E., M. Schonhart, R. Skalský & J. Balkovi, 2021. Dynamic soil functions assessment employing land use and climate scenarios at regional scale. Journal of Environmental Management, 287(9): 1-14.
25. Kamali, P. & R. Erfanzadeh, 2000. The effect of livestock grazing on diversity, species richness and some soil physical and chemical characteristics. Iranian Journal of Natural Ecosystems, 4(2): 1-18. (In Persian)
26. Kazemi, Sh., K. Kamali & Y. Fathipor, 2004. Diversity of soil Acari in Tehran region. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 36(4): 885-894. (In Persian)
27. Kooch, Y., S. Ehsani & M. Akbarinia, 2020. Stratification of soil organic matter and biota dynamics in natural and anthropogenic ecosystems. Soil & Tillage Research. 200, 104621. https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104621.
28. Lizaga, I., L. Quijano, L. Gaspar, M. C. Ramos & A. Navas, 2019. Linking land use changes to variation in soil properties in a Mediterranean mountain agro ecosystem. Catena, 172(5): 516-527.
29. Lubbers, I. M., K. J. Van Groenigen, L. Brussaard & J. W. Van Groenigen, 2015. Reduced greenhouse gas mitigation potential of no-tillage soils through earthworm activity. Scientific reports, 5, p.13787.
30. Mariappan, V., K. Karthikairaj & L. Isaiarasu, 2013. Relationship between earthworm abundance and soil quality of different cultivated lands in Rajapalayam, Tamilnadu. World Applied Sciences Journal, 27(10): 1278-1281.
31. Mirzashahi, K. & K. Bazargan, 2017. Organic Matter Management, Soil and Water Research Institute, Technical Journal No. 535. (In Persian)
32. Moscatellia, M. C., L. Secondia, R. Marabottinia, E. Pappa, R. Stazia, S. R. Maniab, S. Marinaria, 2018. Assessment of soil microbial functional diversity: land use and soil properties affect CLPP-Micro Resp and enzymes responses. Pedobiologia – Journal Soil Ecology, 66(8): 36–42.
33. Nan, J., L. Chao, X. Ma, D. Xu, L. Mo, X. Zhang, X. Zhao & Y. Bao, 2020. Microbial diversity in the rhizosphere soils of three Stipa species from the eastern Inner Mongolian grasslands. Global Ecology and Conservation, 22(1): 62-77.
34. Neirynck, J., S. Mirtcheva, G. Sioen & N. Lust, 2000. Impact of Tilia platyphyllos Scop., Fraxinus excelsior L., Acer pseudoplatanus L., Quercus robur L. and Fagus sylvatica L. on earthworm biomass and physico-chemical properties of a loamy topsoil. Forest Ecology and Management, 133(3): 275-286.
35. Pang, X., W. Ning, L. Qing & W. Bao, 2009. The relation among soil microorganism, enzyme activity and soil nutrients under subalpine coniferous forest in Western Sichuan. Acta Ecologica Sinica, 29(5): 286-292.
36. Peck, S.B. & J. Jacquemart, 2012. CDF Checklist of Galapagos Springtails.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]

37. Pompermaier, V. T., T. B. Kisaka, J. F. Ribeiro & G. B. Nardoto, 2020. Impact of exotic pastures on epigeic arthropod diversity and contribution of native and exotic plant sources to their diet in the central Brazilian savanna. Pedobiologia-Journal of Soil Ecology, 78(2): 38-57.
38. Qiu, Q., J. Y. Li, J. H. Wang, Q. He, Y. Su & J. W. Ma, 2015. Interactions between soil water and fertilizer application on fine root biomass yield and morphology of Catalpa bungei seedlings. In Applied Mechanics and Materials, 700: 323-333. Trans Tech Publications.
39. Rousk, J., E. Bååth, P. C. Brookes, C. L. Lauber, C. Lozupone, J. G. Caporaso, R. Knigh & N. Fierer, 2010. Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. The ISME journal, 4(10): 1340-1351.
40. Sileshi, G. & P. L. Mafongoya, 2007. Quantity and quality of organic inputs from coppicing leguminous trees influence abundance of soil macrofauna in maize crops in eastern Zambia. Biology and Fertility of Soils, 43(3): 333-340.
41. Singh, K., B. Singh & R. R. Singh, 2012. Changes in physico-chemical, microbial and enzymatic activities during restoration of degraded sodic land: ecological suitability of mixed forest over monoculture plantation. Catena, 96(4): 57-67.
42. Song, M., X. Li, S. Jing, L. Lei, J. Wang & S. Wan, 2016. Responses of soil nematodes to water and nitrogen additions in old-field grassland. Applied Soil Ecology, 102(3): 53-60.
43. Tardy, V., O. Mathieu, J. Lévêque, S. Terrat, A. Chabbi, P. Lemanceau, L. Ranjard & P. A. Maron, 2014. Stability of soil microbial structure and activity depends on microbial diversity. Environmental Microbiology Rreports, 6(2): 173-183.
44. Voříšková, J., V. Brabcová, T. Cajthaml & P. Baldrian, 2014. Seasonal dynamics of fungal communities in a temperate oak forest soil. New Phytologist, 201(8): 269-278.
45. Wang, W., X. Wei, W. Liao, J. A. Blanco, Y. Liu, S. Liu, G. Liu, L. Zhang, X. Guo & S. Guo, 2013. Evaluation of the effects of forest management strategies on carbon sequestration in evergreen broad-leaved (Phoebe bournei) plantation forests using FORECAST ecosystem model. Forest Ecology and Management, 300(4): 21-32.
46. Yang, L. L., F. S. Zhang, R. Z. Mao, X. T. Ju, X. B. Cai & Y. H. Lu, 2008. Conversion of natural ecosystems to cropland increases the soil net nitrogen mineralization and nitrification in Tibet. Pedosphere, 18(6): 699–706.
47. Zandi, R. 2020. Relationship between vegetation covers and site physiographic conditions, Kojur region. M. Sc. Thesis of Forestry, Islamic Azad University, 95 pp.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2]