



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 Parandosh², Mehrdad Zarafshar³

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,

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).

Publisher: Iranian Society for Range Management

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2

مرتع

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۰۸۹۱
شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۵۰۳۹

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

یحیی 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 | چکیده |
|---|---|
| نوع مقاله: مقاله کامل - پژوهشی | سابقه و هدف: فلور و فون خاک نقش بسزایی در چرخه عناصر غذایی و پایداری اکوسیستم دارد. به دلیل اهمیت این موجودات خاکری 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 خاکری در نتیجه تغییر پوشش‌های گیاهی از جنگل به مرتع در مناطق کوهستانی شمال کشور مورد توجه قرار گرفته است. |
| تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۳۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۶ | مواد و روش‌ها: بدین منظور، در منطقه کینج نوشهر یک رویشگاه جنگلی با غالبیت گونه لور (<i>Carpinus</i>)، رویشگاهی با غالبیت ولیک (<i>Berberis orientalis</i> Miller)، رویشگاهی با غالبیت ویلک (<i>Crataegus microphylla</i> C. Koch.) - رزشک (<i>Crataegus microphylla</i> C. Koch.) و رویشگاه مرتعی با پوشش غالب (<i>Stachys byzantina</i> Bunge)، رویشگاه مرتعی با پوشش غالب (<i>Rhamnus pallasii</i>) 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 بلافصله پس از نمونه‌برداری تا زمان انجام آزمایش (به منظور سنجش مشخصه‌های میکروبی) در داخل سرخانه‌ای با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. |
| واژه‌های کلیدی: رویشگاه بیلاتقی، پوشش جنگلی، مرتع مشجر، مرتع غیرمشجر، کیفیت خاک. | نتایج: بیشترین مقادیر زی توده درشت‌ریشه به پوشش جنگلی <i>Carpinus</i> و تیپ گیاهی <i>Berberis</i> - <i>Crataegus</i> اختصاص داشت، در حالی که پوشش جنگلی <i>Carpinus</i> دارای بالاترین مقادیر زی توده ریز‌ریشه بوده است. تعداد و زی توده اپیزئیک‌ها و آسئیک‌ها تفاوت آماری معنی‌داری را در بین پوشش‌های گیاهی نشان ندادند. بیشترین جمعیت اندوژئیک‌ها، جمعیت کل کرم‌های خاکی، کنه‌ها، پادمان‌ها، پروتوزئرها، باکتری‌ها و قارچ‌ها در پوشش جنگلی <i>Carpinus</i> مشاهده شد. پوشش جنگلی <i>Carpinus</i> و تیپ گیاهی <i>Crataegus</i> - <i>Berberis</i> دارای بیشترین مقادیر میکروبی کربن، زی توده میکروبی فسفر و |

آنژیم آریل سولفاتاز بوده‌اند. بیشترین مقدار تنفس برانگیخته خاک در تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* و بیشترین مقدار زیستوده میکروبی نیتروژن، آنژیم‌های 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 مقدار رطوبت و پایداری خاکدانه‌های خاک بوده، در حالی که بالاترین مقدار 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 مقدار pH و هدایت الکتریکی خاک، به ترتیب، در پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* مشاهده شد. بیشترین مقدار نیتروژن خاک به پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* تعلق داشته و بالاترین مقدار N/C خاک به پوشش‌های گیاهی *Stachys* و *Rhamnus* اختصاص داشت. پوشش جنگلی *Carpinus* دارای بالاترین مقدار فسفر قابل جذب، پتانسیم قابل جذب، منیزیم قابل جذب و نیتروژن آلی ذره‌ای بوده‌اند، در حالی که بالاترین مقدار 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 منجر به کاهش فعالیت فلور و فون، فعالیت‌های میکروبی و آنژیمی 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 مرتע بر فعالیت‌های فلور و فون خاک پخش کوهستانی کینج نوشهر. مرتع، ۱۶(۳): ۴۵۳-۴۶۷.



DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.6.2

© نویسنده‌گان

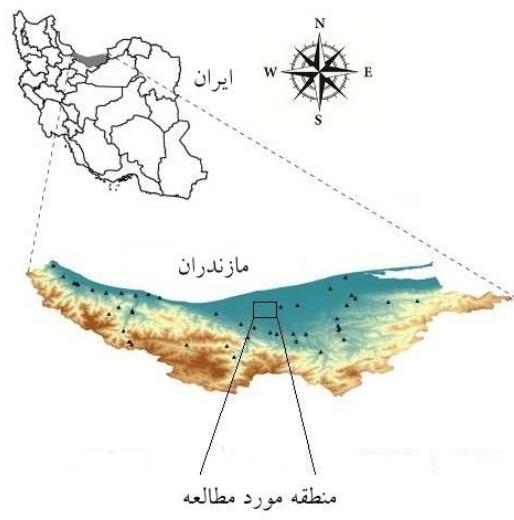
ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

مقدمه

لاشبُرگ‌ها 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 تجزیه کنندگان مناسب‌تر باشد. پس از خرد شدن لاشبرگ‌ها، سطح بیشتری برای رشد و فعالیت تجزیه کنندگان به وجود می‌آید (۳۳).
فعالیت ریزخواران و تجزیه کنندگان مکمل یکدیگر بوده و اغلب بین آنها ارتباط نزدیکی وجود دارد، به طوری که مطابق با گزارش‌های ارائه شده اگر چنانچه میزان فعالیت ریزخواران در یک اکوسیستم زیاد باشد انتظار می‌رود جمعیت زیادی از تجزیه کنندگان 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. باستی توجه داشت که سایه‌های حیات‌بخش رویشگاه‌های طبیعی شرایط مساعدی را به وجود 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 خواهد شد (۱۶). امروزه برآورده توان اکولوژیک رویشگاه‌ها با روش‌های مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌گیرد. در روش مستقیم ویژگی‌های

یکی از اثرات بر جسته 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، 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، زیستگی موجود در خاک، 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 تجزیه کنندگان (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 تجزیه کنندگان مناسب‌تر می‌شود. تجزیه کنندگان 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 مهمن ترین محصول چرخه لاشبرگ‌خواری می‌باشد. در صورتی که ریزخواران حضور نداشته تا لاشبرگ‌ها را به قطعه‌های کوچک‌تر تبدیل کنند، تجزیه کنندگان نمی‌توانند روی

پژوهش پیش رو چهار نوع تیپ گیاهی با غالیت (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 (*Rhamnus* و پوشش گیاهی مرتعی *Stachys byzantina 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 فوق الذکر 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 سانتی‌متر) 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

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 به طور جامع بررسی نشده‌اند، لذا تعیین توان اکولوژیک رویشگاه‌ها با دشواری زیادی همراه است. موجودات خاکزی جزو عواملی هستند که در تعیین توان اکولوژیک به کار می‌روند و جمعیت و میزان فعالیت آنها با تغییر کیفیت خاک و چرخه عناصر غذایی بر حاصل خیزی خاک اثر گذارند (۲۸)، بنابراین بررسی جمعیت خاکزیان و شناخت رابطه آنها با پوشش گیاهی و خاک از پیش‌نیازهای تعیین توان اکولوژیک رویشگاه‌ها می‌باشد (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 جانداران 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 به طور متوسط حدود ۱۰ درصد است. سطوح گستره‌های از منطقه مورد مطالعه توسط رویشگاه جنگلی با غالب 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

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 به کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری مورد نظر در برنامه نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۰ انجام پذیرفت. به منظور بررسی ارتباط بین مشخصه‌های فلور و فون و ویژگی‌های فیزیکو‌شیمیایی خاک Principal component (اصلی) از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (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 ($p > 0.05$). 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 *Stachys* مشاهده شد، در حالی که جرم مخصوص حقیقی خاک تفاوت آماری معنی‌داری در پوشش‌های گیاهی مورد مطالعه نشان نداد ($p > 0.05$). تیپ‌های گیاهی *Rhamnus* و *Stachys* دارای بالاترین مقادیر شن بوده، در حالی که بیشترین مقادیر رس خاک به پوشش جنگلی *Carpinus* و *Crataegus - Berberis* اختصاص داشت. تیپ گیاهی *Rhamnus* محتوی سیلت خاک تفاوت آماری معنی‌داری را در بین پوشش‌های گیاهی مورد مطالعه نشان نداد ($p > 0.05$). 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 ($p > 0.05$ ، در حالی که بیشترین مقادیر نیتروژن خاک به پوشش جنگلی *Carpinus* و تیپ گیاهی

شیمیایی) و بخش دیگر نمونه‌های خاک بلافصله 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 ۰-۱۰ سانتی‌متری از عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متری نیز انجام شد. مقادیر ماده آلی هر عمق پس از اندازه‌گیری مقادیر کربن آلی آن عمق‌ها به روش والکی بلک محاسبه گردید و لایه‌بندی ماده آلی خاک از تقسیم مقدار ماده آلی عمق اول به عمق دوم خاک به دست 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 زی توده ریشه‌ها (درشت‌ریشه‌ها و ریز‌ریشه‌ها)، تعداد و زی توده گروههای اکولوژیک کرم‌های خاکی (ابی‌ژئیک‌ها؛ معمولاً دارای طول بدن ۱-۵ سانتی‌متر بوده و به رنگ سیاه و یا قرمز قابل مشاهده هستند، آنسیک‌ها؛ دارای طول بدن ۲۰-۱ سانتی‌متر بوده و به رنگ روشن یا صورتی تا خاکستری روشن قابل مشاهده می‌باشند، اندوژئیک‌ها؛ دارای طول بدن ۱۱۰-۱۰ 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، زی توده‌های 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

بیشترین جمعیت اندوئیک‌ها، جمعیت کل کرم‌های خاکی، کندها، پادمان‌ها، نماتدها، پروتوزوئرها، باکتری‌ها و قارچ‌ها در پوشش جنگلی *Carpinus* مشاهده شد. پوشش جنگلی در پوشش گیاهی *Crataegus - Berberis* و تیپ گیاهی *Carpinus* بیشترین مقدار تنفس پایه، زی توده میکروبی کربن، زی توده میکروبی فسفر و آنزیم آریل سولفاتاز بوده‌اند. بیشترین مقدار تنفس برانگیخته خاک در تیپ گیاهی *Crataegus - Berberis* و بیشترین مقدار میکروبی نیتروژن، آنزیم‌های اوره‌آز، اسیدفسفاتاز و اینورتاز میکروبی نیتروژن، آنزیم‌های اوره‌آز، اسیدفسفاتاز و اینورتاز در پوشش جنگلی *Carpinus* مشاهده شد (جدول ۲). تحلیل مؤلفه‌های اصلی خاکی 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).

بیشترین مقدار زی توده درشت‌ریشه به پوشش جنگلی *Crataegus - Berberis* و تیپ گیاهی *Carpinus* اختصاص داشت، در حالی که پوشش جنگلی *Carpinus* فسفر قابل جذب، پتانسیم قابل جذب، منیزیم قابل جذب و نیتروژن آلی ذرهای بوده‌اند، در حالی که بالاترین مقدار کلسیم قابل جذب و کربن آلی ذرهای به پوشش جنگلی *Crataegus - Berberis* و تیپ گیاهی *Carpinus* تعلق داشت (جدول ۱).

مشخصه‌های فلور و فون خاک

بیشترین مقدار زی توده درشت‌ریشه به پوشش جنگلی *Crataegus - Berberis* و تیپ گیاهی *Carpinus* اختصاص داشت، در حالی که پوشش جنگلی *Carpinus* دارای بالاترین مقدار زی توده ریزرسیله بوده است. تعداد و زی توده اپی‌ژئیک‌ها و آنسئیک‌ها تفاوت آماری معنی‌داری را در بین پوشش‌های گیاهی نشان ندادند ($p > 0.05$).

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

| مشخصه آماری معنی‌داری | F | Mقدار | پوشش‌های گیاهی | | | مشخصه |
|--------------------------|--------|--------------|----------------|---------------|-------------------------------|---|
| | | | Rhamnus | Stachys | -Berberis <i>Crataegus</i> | |
| ۰/۰۹۳ | ۲/۲۷۶ | ۵/۳۹±۰/۳۷a | ۶/۶۰±۰/۵۵a | ۷/۳۷±۰/۷۱a | ۶/۷۹±۰/۵۰a | ماده آلی عمق اول (درصد) |
| ۰/۴۳۷ | ۰/۹۲۵ | ۳/۳۰±۰/۱۹a | ۴/۲۵±۰/۵۶a | ۳/۹۵±۰/۵۰a | ۳/۷۵±۰/۳۰a | ماده آلی عمق دوم (درصد) |
| ۰/۳۳۷ | ۱/۱۵۸ | ۱/۶۴±۰/۰۷a | ۱/۷۹±۰/۱۹a | ۱/۹۹±۰/۱۲a | ۱/۸۸±۰/۱۳a | نسبت لایه‌بندی ماده آلی |
| ۰/۰۰۰ | ۵۹/۲۸۲ | ۱۰/۹۹±۰/۸۳c | ۱۵/۱۵±۰/۴۵b | ۲۱/۲۷±۰/۸۴a | ۲۱/۵۸±۰/۶۶a | رطوبت (درصد) |
| ۰/۰۰۰ | ۲۰/۰۵۷ | ۲۷/۰۴±۰/۸۳a | ۲۲/۴۵±۰/۱۱a | ۱۶/۱۱±۰/۰b | ۱۵/۶۸±۰/۱۲b | حرارت (درجه سانتی‌گراد) |
| ۰/۰۰۰ | ۱۱/۷۸۴ | ۱/۴۷±۰/۰۲a | ۱/۳۸±۰/۰۳b | ۱/۲۲±۰/۰۲c | ۱/۲۸±۰/۰۳c | جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب) |
| ۰/۴۹۱ | ۰/۸۱۸ | ۲/۲۹±۰/۱a | ۲/۴۳±۰/۰۶a | ۲/۴۲±۰/۰۴a | ۲/۳۹±۰/۰۴a | جرم مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی متر مکعب) |
| ۰/۰۰۱ | ۶/۱۰۶ | ۰/۳۳±۰/۰۴b | ۰/۴۲±۰/۰۲a | ۰/۴۹±۰/۰۱a | ۰/۴۶±۰/۰۱a | تخاخل (درصد) |
| ۰/۰۰۰ | ۱۳/۴۷۲ | ۴۵/۷۴±۳/۰۷b | ۵۰/۳۷±۳/۴۲b | ۶۳/۹۳±۳/۰۳a | ۶۹/۷۶±۲/۵۹a | پایداری خاکانه (درصد) |
| ۰/۰۰۰ | ۳۸/۳۸۲ | ۳۷/۵۸±۱/۸۲a | ۳۴/۵۸±۱/۷۷a | ۲۱/۶۶±۰/۹۵b | ۲۰/۵۰±۰/۷۷b | شن (درصد) |
| ۰/۸۶۰ | ۰/۲۵۱ | ۳۹/۳۳±۱/۹۳a | ۴۰/۲۵±۲/۵۵a | ۴۱/۶۶±۱/۴۹a | ۴۰/۳۲±۱/۴۷a | سیلت (درصد) |
| ۰/۰۰۰ | ۵۲/۰۶۲ | ۲۳/۰۸±۰/۸۵b | ۲۵/۱۶±۱/۱۶b | ۳۶/۶۶±۱/۱۱a | ۳۹/۱۶±۱/۱۹a | رس (درصد) |
| ۰/۰۰۳ | ۵/۳۳۹ | ۶/۶۴±۰/۱۴ab | ۶/۶۲±۰/۱۵b | ۶/۳۰±۰/۱۱b | ۷/۰/۰±۰/۰۵a | pH |
| ۰/۰۰۰ | ۹/۶۳۶ | ۰/۳۲±۰/۰۱a | ۰/۳۱±۰/۰۱a | ۰/۲۴±۰/۰۰b | ۰/۳۲±۰/۰۰a | هدایت الکتریکی (دیزیمنس بر متر) |
| ۰/۰۹۲ | ۲/۲۸۴ | ۳/۱۲±۰/۲۱a | ۳/۸۲±۰/۲۲a | ۴/۲۷±۰/۴۱a | ۳/۹۴±۰/۲۹a | کربن آلی (درصد) |
| ۰/۰۰۰ | ۱۷/۲۲۴ | ۰/۲۱±۰/۰۱b | ۰/۲۵±۰/۰۲b | ۰/۳۷±۰/۰۲a | ۰/۴۰±۰/۰۲a | نیتروژن کل (درصد) |
| ۰/۰۰۰ | ۳۲/۳۷۹ | ۱۴/۵۳±۰/۴۶a | ۱۵/۲۶±۰/۳۸a | ۱۱/۳۱±۰/۰۵b | ۹/۷۹±۰/۳۸c | نسبت کربن به نیتروژن |
| ۰/۰۰۰ | ۲۷/۴۵۱ | ۱۴/۴۴±۰/۸۵c | ۱۵/۰۰±۰/۷۶c | ۲۶/۴۳±۰/۵۷b | ۳۱/۱۰±۲/۵۰a | فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) |
| ۰/۰۰۰ | ۳۹/۲۲۱ | ۱۸۸/۹۱±۱۳/۸b | ۱۷۶/۹۱±۱۷/۹۵b | ۳۰/۶۱۶±۶/۴۵ab | ۳۲۶/۶۶±۷/۸۰a | پتانسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) |
| ۰/۰۰۰ | ۹/۶۷۹ | ۱۳۶/۰۰±۰/۵۷b | ۱۴۶/۱۰±۱۲/۹b | ۲۰/۶۰/۰۱۳/۹-a | ۲۱۵/۶۶±۱۶/۷۶a | کلسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) |
| ۰/۰۰۰ | ۴۷/۴۲۶ | ۲۶/۱۶±۰/۸۶c | ۲۸/۶۶±۱/۰۰c | ۳۹/۵۸±۱/۷۴b | ۴۶/۰۰±۱/۵۲a | منیزیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) |
| ۰/۰۰۰ | ۲۰/۱۹۲ | ۰/۹۱±۰/۱b | ۱/۰۰±۰/۱۴b | ۲/۲۶±۰/۱۷a | ۲/۰۱±۰/۱۷a | کربن آلی ذرهای (گرم بر کیلوگرم) |
| ۰/۰۰۰ | ۲۴/۴۳۴ | ۰/۰۸±۰/۰۱c | ۰/۱۱±۰/۰۰c | ۰/۲۲±۰/۰۱b | ۰/۲۹±۰/۰۳a | نیتروژن آلی ذرهای (گرم بر کیلوگرم) |

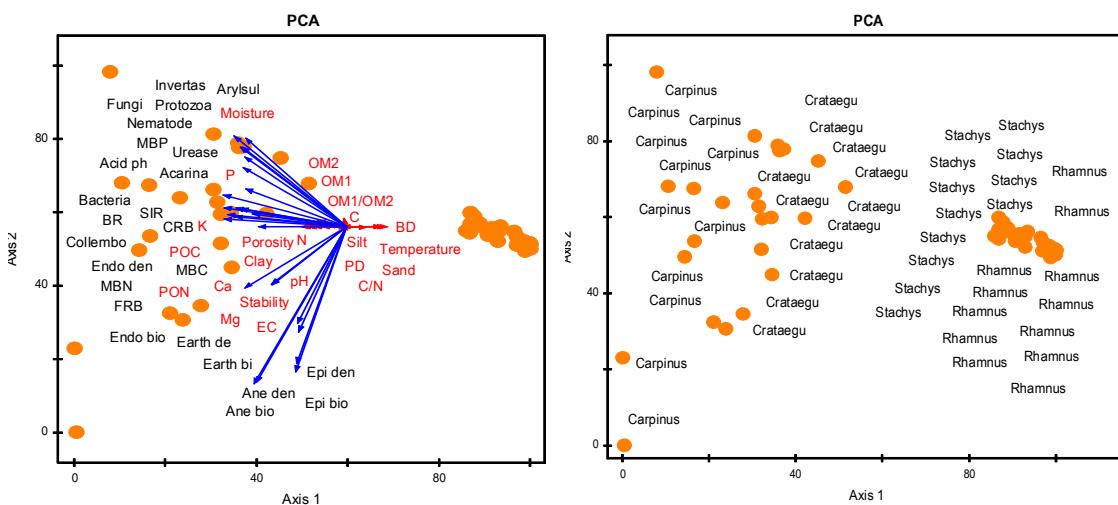
حروف انگلیسی متغیرت در هر سطر بیانگر وجود تفاوت آماری معنی‌دار در بین پوشش‌های گیاهی جنگلی و مرتعی مورد مطالعه می‌باشد.

اثر تغییر پوشش‌های گیاهی جنگلی به مرتضع بر فعالیت‌های فلور و فون خاک .../کوج و همکاران

جدول ۲: میانگین (\pm استباه معیار) مشخصه‌های فلور و فون خاک در پوشش‌های گیاهی جنگلی و مرتعی

| مشخصه آماری معنی- داری | F مقدار | پوشش‌های گیاهی | | | | مشخصه |
|------------------------------|------------|----------------|--------------|------------------------|---------------|---|
| | | Rhamnus | Stachys | -Berberis Crataegus | Carpinus | |
| +/... | ۴۳۸/۰۴۸ | ۱۶۶±۰/۵۱b | ۱۸±۴/۶۶b | ۱۳۳±۰/۵۲/۲۰a | ۱۴۱۷±۰/۵۳/۰۶a | زی توده درشت ریشه (گرم بر متر مربع) |
| +/... | ۲۱/۶۳۴ | ۲۵/۱۵±۱/۱۴c | ۲۵/۱۰±۱/۹۶c | ۴۹/۹۰±۰/۶/۲۲b | ۶۲/۲۵±۰/۴/۲۰a | زی توده ریز ریشه (گرم بر متر مربع) |
| -/۱۸۲ | ۱/۶۹۲ | ... | ... | ... | ... | تراکم ایزوتیک (تعداد در متر مربع) |
| -/۱۸۷ | ۱/۶۷۱ | ... | ... | ... | ... | زی توده ایزوتیک (میلی گرم در متر مربع) |
| -/۱۳۲ | ۱/۹۷۰ | ... | ... | ... | ... | تراکم آنسیتیک (تعداد در متر مربع) |
| -/۰۷۳ | ۲/۴۹۰ | ... | ... | ... | ... | زی توده آنسیتیک (میلی گرم در متر مربع) |
| -/۰۰۲ | ۵/۹۲۹ | ... | ... | ... | ... | تراکم اندوئیتیک (تعداد در متر مربع) |
| -/۰۰۱ | ۶/۶۱۲ | ... | ... | ... | ... | زی توده اندوئیتیک (میلی گرم در متر مربع) |
| -/... | ۹/۳۳۸ | ... | ... | ... | ... | تراکم کرم‌های خاکی (تعداد در متر مربع) |
| -/... | ۱۱/۱۱۲ | ... | ... | ... | ... | زی توده کل کرم‌های خاکی (میلی گرم در متر مربع) |
| -/... | ۴۸۶/۳۰۵ | ۸۱۷±۷۷۲d | ۳۸۰±۲۸۹c | ۱۴۷۱۸±۸۷۸b | ۲۰۴۳۶±۴۶۰a | تراکم کهه‌های خاکزی (تعداد در متر مربع) |
| -/... | ۴۰۴/۳۹۳ | ۱۸±۲c | ۱۵۷±۱۶c | ۷۹۸۵±۴۱۱b | ۸۸۲۱±۲۴۴a | تراکم پادمان‌های خاکزی (تعداد در متر مربع) |
| -/... | ۲۸/۷۷۰ | ۱۳±۲c | ۳۳±۸c | ۱۲۷±۱۱b | ۱۶۸±۲۲a | تراکم نمانده‌های خاکزی (تعداد در ۱۰۰ گرم خاک) |
| -/... | ۸۶۳/۱۹ | ۴±۱c | ۱۱±۲c | ۱۰±۳b | ۱۶۹±۱۴a | تراکم پروتوزوئرهاخاکزی (تعداد در ۱۰۰ گرم خاک) |
| -/... | ۹۶/۵۰۱ | ... | ... | ... | ... | باکتری‌ها (10^7 در گرم خاک) |
| -/... | ۲۳/۶۲۴ | ... | ... | ... | ... | قارچ‌ها (10^6 در گرم خاک) |
| -/... | ۴۵/۳۰۸ | ... | ... | ... | ... | تنفس پایه (میلی گرم کربن دی‌اکسید در یک گرم خاک) |
| -/... | ۶۰/۸۷۵ | ... | ... | ... | ... | تنفس برانگیخته (میلی گرم کربن دی‌اکسید در یک گرم خاک) |
| -/... | ۱۵/۱۹۱ | ۱۰/۱۷۶±۶/۸۷b | ۱۳۰/۴۴±۱/۷۶b | ۲۸۲/۲۲±۲۳/۹۴a | ۲۴۱/۹۹±۲/۹۲a | زی توده میکروبی کربن (میلی گرم بر کیلوگرم) |
| -/... | ۵۹/۲۳۵ | ۹/۶۰±۰/۴۱c | ۱۲۷/۲۲±۱/۱۰c | ۳۰/۲۲±۰/۳۸b | ۳۵/۳۳±۳/۰۵a | زی توده میکروبی بیتروزن (میلی گرم بر کیلوگرم) |
| -/... | ۴۹/۹۰۵ | ۶/۴۱±۰/۵۱c | ۱۸/۸±۲/۰۶b | ۵۰/۲۵±۲/۵۰a | ۵۷/۲۵±۵/۶۲a | زی توده میکروبی فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) |
| -/... | ۲۴/۶۴۴ | ۶/۱۵±۰/۴۹c | ۷/۰۰±۰/۲۶c | ۱۳/۴۷±۱/۰۸b | ۱۷/۰۱±۱/۲۸a | اوره‌آز ($\mu\text{g NH}^{4+}\text{N g}^{-1} 2 \text{ h}^{-1}$) |
| -/... | ۵۰/۴۸۷ | ۷۴/۱۶۴±۴/۷۶c | ۸۹/۱۶۸±۸/۴۸c | ۱۸۸/۰۸±۱/۰۵b | ۳۳۳/۰۵±۲/۲۷a | اسید فسفاتاز ($\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$) |
| -/... | ۲۴/۳۳۴ | ۳۷/۰۰±۴/۱۶b | ۴۶/۱۶۴±۴/۱۴b | ۷۹/۷۵±۳/۵۲a | ۹۴/۸۳±۸/۶۲a | آربل سولفاتاز ($\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$) |
| -/... | ۳۲/۰۷۹ | ۲۹/۶۶±۳/۹۱c | ۴۵/۴۱±۴/۳۵c | ۸۱/۹۱±۴/۳۹b | ۱۰/۰۵±۰/۸۵a | انیوتاز ($\mu\text{g Glucose g}^{-1} 3 \text{ h}^{-1}$) |

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

بحث و نتیجه‌گیری

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 آندورژئیک‌ها دارای قدرت حفاری بالایی می‌باشند (۶). بر همین اساس از بین گروه‌های مختلف اکولوژیک کرم‌های خاکی، جمعیت اپی‌ژئیک‌ها و آنسئیک‌ها در پوشش‌های مختلف اراضی متفاوت‌های آماری معنی‌داری را نشان نداده، در حالی که پوشش‌های گیاهی چوبی با تاج پوشش بسته‌تر شرایط مساعدتری (سایه‌اندازی بیشتر، محتوى بیشتر رطوبت و حرارت کمتر خاک) را برای حضور آندورژئیک‌ها 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 ساختن حاصل خیزی خاک مورد توجه قرار گیرند و در عموماً در خاک‌هایی فعالیت بیشتری می‌باشند که محتوى 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 قabilیت 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 محتوى رطوبت و حاصل خیزی 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

فعالیت‌های فلور و فون خاک اثرگذار باشد. در همین راستا، بیشترین مقادیر زی توده ریشه‌ها (درشت‌ریشه و ریزریشه - *Berberis* و *Carpinus* و تیپ گیاهی *Carpinus* Crataegus مشاهده شد. مطابق با بررسی کیو و همکاران (۲۰۱۵)، مشخصه‌های حاصل خیزی خاک اثر مثبتی بر رشد ریشه‌های گونه‌های گیاهی دارند و بر همین اساس خاکهای حاصل خیز دارای زی توده‌های بیشتری از ریشه‌های گیاهان می‌باشند (۳۸). در منطقه مورد مطالعه، پوشش *Carpinus* دارای عناصر حاصل خیزی بیشتری بوده است که همین موضوع می‌تواند در افزایش زی توده ریشه‌های موجود در خاک هم اثرگذار باشد (۲۷). بنابراین با توجه به مسن‌تر بودن پوشش جنگلی *Carpinus* مستقر در منطقه مورد مطالعه، افزایش زی توده 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 محتوى 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، حاصل خیزی بیشتر، نسبت پایین‌تر کربن به نیتروژن (N)، حاصل خیزی بیشتر، نسبت پایین‌تر کربن به نیتروژن می‌توانند اثرات مثبتی بر فعالیت انواع کرم‌های خاکی در پوشش اراضی مختلف داشته باشند که همراستا با نتایج *Carpinus* پژوهش حاضر در بخش تحتانی پوشش جنگلی

زی توده‌های میکروبی می‌باشد. از سوی دیگر، تاردي و همکاران (۲۰۱۴) اذعان داشتند که محتوى عناصر غذائي خاک عامل اصلی کنترل تغييرات جمعيت میکروبی خاک است (۴۳). تنفس و زی توده‌های میکروبی زياد در پوشش جنگلی *Carpinus* می‌تواند به واسطه افزایش محتوى مواد مغذي خاک باشد. علاوه بر اين، فعالیت‌های میکروبی خاک ارتباط نزديکي با زی توده‌های میکروبی خاک در دیگر در افزایش تنفس و زی توده‌های میکروبی خاک در جنگل *Carpinus* می‌تواند مقادير بالاتر زی توده ريزريشه باشد. فعالیت‌های آزيمى خاک به عنوان شاخص‌های بولوژيکي خاک به دليل نقش برجسته آن‌ها در چرخه غذائي و حساسيت آن‌ها نسبت به تغييرات پوشش اراضي پيشنهاد شده است (۱۷). گزارش شده است که هر گونه تغيير در پوشش اراضي در فعالیت‌های آزيمى خاک اثرگذار می‌باشد و می‌توان از آن‌ها برای پيش‌بیني تغييرات كيفيت خاک قبل از تشخيص توسط دیگر تحليل‌های خاک استفاده کرد (۲۱). فعالیت آزيمى خاک می‌تواند عملکردن اکوسيسitem‌های خاک را نشان دهد و ارتباط نزديکي با خواص خاک و حاصل خيزي دارد که توسط پوشش‌های مختلف زمين اعمال شده‌اند (۴۶). نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که پوشش‌های چوبی در رویشگاه‌های مورد بررسی بر فعالیت آزيمهم‌های 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 آزيمهم‌های خاک فراهم نماید. محتوى بيستر ذرات رس در خاک در رویشگاه جنگلی ممکن است در تجمع آزيمهم‌های خاک از طريق ثبيت و حفاظت از آزيمهم‌ها مؤثر باشد (۴۶). همچنان، مقادير بالاي pH خاک، هدایت الكترىکي (۱۲)، نيتروژن كل، مواد مغذي موجود (۳۵) و مقادير کم کربن الى و نسبت کربن به نيتروژن (۳) فعالیت آزيمهم‌های خاک را تحت پوشش جنگلی *Carpinus* نسبت به ساير پوشش‌های اراضي بهبود بخشیده است. تغيير نوع پوشش گیاهی اراضي از جنگل به مرتع در منطقه مورد مطالعه باعث ايجاد تغييراتی در مشخصه‌های كيفي و افت شديد و معنى دار مشخصه‌های فلور و فون خاک شد. كليمات مناسب (محتمي) رطوبت بيشتر و حرارت كمتر)، تجمع رس، تخلخل و حاصل خيزي

خاک، در اثر تغيير پوشش گیاهی، می‌تواند همچنان جمعيت باكتري‌ها و قارچ‌های خاک را تحت تأثير قرار دهد (۴). در همین راستا، روسک و همکاران (۲۰۱۰) اشاره داشته‌اند که باكتري‌های خاک و جامعه قارچي به شدت به حاصل خيزي خاک وابسته می‌باشند (۳۹). مطابق با نتائج، ميزان بالاي نيتروژن كل و مواد مغذي (فسفر، پتاسيوم، كلسيم و منيزيم) موجود در خاک در پوشش جنگلی *Carpinus* باعث افزایش فعالیت باكتري‌ها و قارچ‌های خاک شده است. بطور کلي، اکوسيسitem‌های خاک حاوي مقادير بيشتری از باكتري‌ها نسبت به قارچ‌ها می‌باشد (۲۳) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. همچنان مرور منابع حاکي از جمعيت باكتري‌ها و قارچ‌ها وابستگي كاملی به رطوبت خاک دارند (۷ و ۱۳). بر همین اساس پوشش‌های جنگلی با حفظ و نگهداری بيشتر رطوبت در خاک اثر مثبتی بر فعالیت اين موجودات خاکزكي داشته است.

تخريب رویشگاه‌های جنگلی و تبدیل آنها به ساير کاريри‌ها موجب تغيير جمعيت جامعه میکروبی خاک می‌شود. از آنجا که توانايي يك اکوسيسitem تا حدودي به فعالیت‌های میکروبی آن بستگي دارد، مشخص کردن سطح شاخص‌های میکروبی و بيوشيميايی ممکن است به درك بهتر و دستکاري توابع و خدمات اکوسيسitem کمک کند (۳۲). در راستاي گزارش‌های پيشين (۲ و ۱۲) نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تغيير پوشش گیاهی اراضي می‌تواند اثرات قابل توجهی بر روی ويژگي‌های مختلف خاک داشته باشد که همین موضوع منجر به تغيير سطوح خواص میکروبی در خاک سطحي می‌شود. مقادير مختلف تنفس (پايه و برانگيخته) و زی توده‌های میکروبی (کربن، نيتروژن و فسفر) در اين مطالعه نشان می‌دهد که تأثير پوشش اراضي بر جمعيت‌های میکروبی خاک پيچيده است و به ساير ويژگي‌های خاک وابستگي دارد (۲۰). پژوهش حاضر نشان‌دهنده افزایش قابل توجهی در تنفس و زی توده‌های میکروبی خاک در پوشش‌های جنگلی در مقایسه با ساير پوشش‌های اراضي می‌باشد. در پژوهشی، کوك و اورکارد (۲۰۰۸) اشاره داشته‌اند که رطوبت خاک يك عامل تعيني کننده تغييرات در جمعيت میکروبی خاک است (۱۴). بر اين اساس، خاک پوشش جنگلی *Carpinus* به دليل دارا بودن رطوبت بيشتر حاوي مقادير بالاتر از تنفس و

در حالی که تخریب جنگل و تبدیل آن به پوشش‌های گیاهی مرتعی منجر به 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.

بالاتر، محتوی کربن و نسبت کربن به نیتروژن کمتر منجر به ایجاد شرایط مساعدی برای افزایش زیستوده ریشه‌های گیاهان و همچنین فعالیت انواع موجودات خاکزی (گروه‌های اکولوژیک کرم خاکی، کنه‌ها، پادمان‌ها، نماتدها، پروتوzoئرها، باکتری‌ها و قارچ‌ها) و همچنین شاخص‌های میکروبی (تنفس و زیستوده‌های میکروبی) و بیوشیمی (فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، اسید فسفاتاز، آریل‌سولفاتاز و اینورتاز) خاک تحت پوشش جنگلی *Carpinus* شده است.

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. Bayravand, 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, 111(3): 1-9.

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. Muhamram & M. A. Alias, 2021. Evaluating the impacts of land use/land cover changes a cross topography against land surface temperature in Cameron Highlands. *PLoS ONE*, 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. Stazio, 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.

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. Lévéque, 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 Reports*, 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.