Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Water and Soil Conservation

Print ISSN: 2322-2069
Online ISSN: 2322-2794

The effect of pure and mixed shrub cover of *Crataegus* on variability of soil characteristics and microbial respiration dynamic

Fatemeh Dolat Zarei[1], Yahya Kooch[*2]

1. M.Sc. Student of Range Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I.R. Iran. E-mail: fateme.dolatzareie@modares.ac.ir
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Range Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I.R. Iran. E-mail: yahya.kooch@modares.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 11.30.2022
Revised: 02.05.2023
Accepted: 02.10.2023

Keywords:
Microbial respiration,
Shrubland,
Soil microclimate,
Species diversity,
Topsoil

ABSTRACT

Background and Objectives: The canopy of woody species is one of the most important components of rangeland ecosystems. The genus *Crataegus* spp. is the dominant shrub covers of rangeland habitats in the north of the country. From the habitat point of view, the presence of this plant in rangeland can be seen as an almost pure canopy or mixed with other shrub species. In the current study, the effect of different land covers [i.e. *Crataegus melanocarpa* M. B., *Berberis integerrima* Bunge., *Ribes Uva – crispa* L. and *Prunus spinosa* L. (CM-BI-RU-PS); *Crataegus melanocarpa* M. B., *Berberis integerrima* Bunge and *Ribes Uva – crispa* L. (CM-BI-RU); *Crataegus melanocarpa* M. B. and *Berberis integerrima* Bunge (CM-BI), and pure *Crataegus melanocarpa* M. B. (CM)] on variability of soil characteristics and microbial respiration dynamic, in the Kinj region of Mazandaran Province, was considered.

Materials and Methods: In each of the land covers, 15 soil samples (0-10 cm depth) were collected and transferred to the laboratory. The amounts of soil organic matter, bulk and particle densities, texture, aggregate stability, coarse and fine root biomass were measured. In order to determine the changes in soil moisture, temperature and microbial respiration, sampling was carried out in the middle months of each season.

Results: The highest amount of soil organic matter was observed in CM-BI-RU-PS and CM-BI-RU habitats. Pure CM habitat had the highest value of bulk density, while the lowest value of this characteristic was assigned to CM-BI-RU-PS and CM-BI-RU habitats. CM-BI-RU-PS and CM-BI-RU habitats had the highest soil porosity. The CM-BI-RU-PS shrub cover has the most aggregate stability, and with the decrease in the diversity of shrub species, their stability decreased significantly. The highest amount of sand content was assigned to the pure CM habitat and the highest amount of clay was allocated to the CM-BI-RU-PS shrub cover. The highest coarse root biomass was observed in CM-BI-RU-PS and CM-BI-RU, while the fine root biomass was the highest in CM-BI-RU-PS. The characteristics of soil moisture, temperature and microbial respiration have shown statistically significant differences in different seasons of the year and also pure and mixed *Crataegus* covers. The highest soil moisture values were observed in the soil of CM-BI-RU-PS and CM-BI-RU habitats and winter season, while the highest soil temperature was assigned to the summer season and pure CM habitat. Soil microbial respiration was also higher in the summer season and CM-BI-RU-PS and CM-BI-RU habitats

than other seasons and land covers. According to principal component analysis (PCA), the amount of organic matter, moisture content, and soil porosity in CM-BI-RU-PS and CM-BI-RU habitats have an effective role in soil microbial respiration of this type of land cover compared to other habitats.

Conclusion: The results of this research confirm that the presence of species diversity in land cover can lead to the protection of soil quality indicators. In this regard, it is suggested to use other native shrub species in addition to *Crataegus* for the restoration of degraded rangeland in the study area as well as areas with similar ecological conditions.

Cite this article: Dolat Zarei, Fatemeh, Kooch, Yahya. 2023. The effect of pure and mixed shrub cover of *Crataegus* on variability of soil characteristics and microbial respiration dynamic. *Journal of Water and Soil Conservation*, 29 (4), 133-149.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jwsc.2023.20838.3601
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۶۹
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۹٤

اثر پوشش‌های درختچه‌ای خالص و آمیخته ولیک بر تغییرپذیری مشخصه‌ها و پویایی تنفس میکروبی خاک

فاطمه دولت زارعی[۱]، یحیی کوچ*[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران. رایانامه: fateme.dolatzareie@modares.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران. رایانامه: yahya.kooch@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۰۱/۰۹/۰۹
تاریخ ویرایش: ۰۱/۱۱/۱٦
تاریخ پذیرش: ۰۱/۱۱/۲۱

واژه‌های کلیدی:
تنفس میکروبی،
تنوع گونه‌ای،
خاک سطحی،
مرتع مشجر،
میکروکلیمای خاک

چکیده

سابقه و هدف: گونه‌های چوبی کی از مهم‌ترین اجزای اکوسیستم‌های مرتعی به شمار می‌آیند. جنس ولیک (*Crataegus* spp.) غالب پوشش‌های درختچه‌ای رویشگاه‌های مرتعی شمال کشور را شامل می‌شود. ازنظر رویشگاهی، حضور این جنس گیاهی در مراتع، به‌صورت تاج پوشش تقریباً خالص و یا آمیخته با سایر گونه‌های درختچه‌ای است. در پژوهش حاضر، اثر پوشش درختچه‌ای با غالبیت ولیک (CM)، پوشش درختچه‌ای آمیخته از ولیک و زرشک (CM-BI)، پوشش درختچه‌ای آمیخته از ولیک، زرشک و گالش‌انگور (CM-BI-RU) و پوشش درختچه‌ای آمیخته از ولیک، زرشک، گالش‌انگور و آلوچه‌وحشی (CM-BI-RU-PS) بر تغییرپذیری مشخصه‌ها و پویایی تنفس میکروبی خاک در منطقه کینج استان مازندران موردمطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: از پوشش‌های اراضی موردبررسی، تعداد ۱۵ نمونه خاک (عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری) جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. سپس مقادیر ماده آلی، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، بافت خاک، پایداری خاکدانه، زی‌توده درشت‌ریشه و ریزریشه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به‌منظور بررسی میزان تغییرات رطوبت، دما و تنفس میکروبی خاک، نمونه‌برداری در ماه‌های میانی هر فصل انجام و موردسنجش قرار گرفت.

یافته‌ها: بیش‌ترین مقدار ماده آلی خاک در رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU مشاهده شد. رویشگاه خالص CM دارای بالاترین مقدار جرم مخصوص ظاهری بوده، درحالی‌که کم‌ترین مقدار این مشخصه به رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU اختصاص داشت. رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU دارای بالاترین مقدار تخلخل خاک بودند. پوشش درختچه‌ای CM-BI-RU-PS دارای پایدارترین خاکدانه‌ها بود و

با کاهش تنوع گونه‌های درختچه‌ای از پایداری آن‌هابه‌طور معنی‌داری کاسته شد. بیش‌ترین مقدار محتوی شن به رویشگاه خالص CM و بالاترین مقدار رس به پوشش درختچه‌ای CM-BI-RU-PS اختصاص داشت. بالاترین مقدار زی‌توده درشت‌ریشه در CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU مشاهده شد درحالی‌که زی‌توده ریزریشه در CM-BI-RU-PS بالاترین مقدار بوده است. مشخصه‌های رطوبت، دما و تنفس میکروبی خاک تفاوت‌های آماری معنی‌داری را در فصول مختلف سال و پوشش‌های خالص و آمیخته ولیک نشان داد. بیش‌ترین مقادیر رطوبت خاک در رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU و فصل زمستان مشاهده شد، درحالی‌که بالاترین دمای خاک به فصل تابستان و رویشگاه خالص CM اختصاص داشت. تنفس میکروبی خاک نیز در فصل تابستان و رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU بیش‌تر از سایر فصول و دیگر پوشش‌های اراضی بود. مطابق با تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، مقدار ماده آلی، محتوی رطوبت و هم‌چنین میزان تخلخل خاک در رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU نقش مؤثری در افزایش تنفس میکروبی خاک این نوع از پوشش اراضی در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها داشت.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش بیانگر آن است که وجود تنوع گونه‌ای در پوشش‌های اراضی می‌تواند منجر به حفظ شاخص‌های کیفی خاک گردد. در همین راستا پیشنهاد می‌شود برای احیاء اراضی تخریب‌یافته مرتعی در منطقه موردمطالعه و هم‌چنین مناطقی با شرایط اکولوژیکی مشابه، در کنار ولیک از سایر گونه‌های درختچه‌ای بومی منطقه نیز استفاده شود.

استناد: دولت زارعی، فاطمه، کوچ، یحیی (۱۴۰۱). اثر پوشش‌های درختچه‌ای خالص و آمیخته ولیک بر تغییرپذیری مشخصه‌ها و پویایی تنفس میکروبی خاک. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۹ (۴)، ۱۴۹-۱۳۳.

DOI: 10.22069/jwsc.2023.20838.3601

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

مراتع، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اشکال پوشش اراضی، سطح گسترده‌ای از جهان را در برگرفته است. در همین راستا، براساس آمار سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، مراتع با مساحت ۸٤/٦ میلیون هکتار بیش از ۵۰ درصد سطح اراضی ایران را تشکیل می‌دهند (۱). یکی از کارکردهای غیرعلوفه‌ای پوشش گیاهی مراتع، جلوگیری از فرسایش و حفظ حاصلخیزی خاک است (۲). رویشگاه‌های مرتعی با توجه به ساختار چشم‌انداز از گونه‌های گیاهی با فرم‌های رویشی علفی، درختچه‌ای و درختی (مراتع غیرمشجر و مشجر) تشکیل شده‌اند. بنابراین، تاج‌پوشش (به‌ویژه در خصوص گونه‌های چوبی) یکی از مهم‌ترین اجزای اکوسیستم‌های مرتعی بوده و اثرات آن بر برخی از فرآیندهای بیوشیمیایی در بستر رویشگاه و لایه‌های سطحی خاک شناخته شده است (۳، ٤)؛ بنابراین ترکیب و تنوع پوشش تاجی گیاهان اثر قابل‌توجهی بر عملکرد خاک رویشگاه دارد. در همین راستا، عملکرد خاک را می‌توان با ادغام مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک ارزیابی کرد (۵). حضور پوشش‌های گیاهی از گونه‌های مختلف در عرصه‌های مرتعی نقش بسیار مهمی در تغییرپذیری مشخصه‌های فیزیکی خاک دارند (٦). هم‌چنین، گونه‌های گیاهی در اکوسیستم‌های مرتعی از طریق تفاوت در کیفیت کربن آلی، نیتروژن کل، لیگنین، نسبت کربن به نیتروژن و نسبت لیگنین به نیتروژن لایه لاشبرگ خود، مقدار جذب مواد مغذی توسط سیستم ریشه گیاه و درجه باران‌ربایی از رسوبات اتمسفر بر مشخصه‌های شیمیایی و زیستی خاک تأثیر می‌گذارند (۷). محتوی ماده آلی خاک یکی از شاخص‌های اولیه کیفیت خاک بوده که از عواملی مانند تغییر مدیریت، کاربری و نوع پوشش گیاهی اراضی تأثیر می‌پذیرد. از سوی دیگر ماده آلی، بسیاری از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک شامل ظرفیت نگهداری آب، مواد غذایی، pH، ظرفیت تبادل کاتیونی، ساختمان خاک، پایداری خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری و نفوذپذیری را تحت‌تأثیر قرار داده و ازاین‌جهت، موجب افزایش کیفیت خاک نیز می‌شوند (۸).

هم‌چنین ویژگی‌های میکروبی، به‌عنوان یکی از شاخص‌های بسیار حساس عملکرد خاک است که پاسخ قطعی به تغییرات مدیریت و یا نوع پوشش اراضی در کوتاه‌مدت ارائه می‌دهند. جوامع میکروبی و عملکردشان می‌توانند فرآیندهای تجزیه را در خاک (مانند معدنی کردن مواد آلی)، به‌طور بنیادی و وابسته به عوامل محیطی مانند مقدار آب یا دمای خاک تغییر دهند (۳). تغییرات در ویژگی‌های میکروبی خاک ممکن است منجر به تغییرات مهم در کیفیت خاک شود و بر چرخه مواد غذایی و توسعه گیاه اثر بگذارد (۹). برخی شاخص‌های میکروبی خاک وجود دارند که به تغییرات ایجادشده در خاک (مانند تغییر پوشش اراضی) حساس‌تر می‌باشند، ازجمله این شاخص‌ها می‌توان به تنفس خاک (که بیانگر میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن از خاک است) اشاره کرد. تنفس خاک بیانگر فعالیت زیستی خاک و یکی از فرآیندهای اصلی در کنترل کربن اکوسیستم‌های خشکی است (٦). از سوی دیگر، پوشش تاجی گیاهان با تأثیر بر روی عوامل خرد اقلیمی (دما و رطوبت) قادر است تجزیه لایه بستر و معدنی شدنعناصر غذایی را تحت‌تأثیر قرار دهد (۱۰). نرخ تجزیه بقایای آلی و معدنی شدن عناصر غذایی به‌وسیله دما و رطوبت کنترل می‌شود که تاج پوشش گونه‌های گیاهی بر همه این عوامل اثرگذار است؛ بنابراین، تاج‌پوشش

رویشگاه اثر زیادی بر روی چرخه عناصر غذایی دارد. تغییر در ترکیب تاج پوشش و یا اختلاط گونه‌ها می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد خاک داشته باشد (۱۱، ۱۲). مراتع ییلاقی، با توجه به شرایط اقلیمی که دارند، جزء رویشگاه‌های بسیار حساس و شکننده محسوب می‌شوند و عموماً در مقایسه با ارتفاعات پایین‌دست از تنوع گیاهی کم‌تری برخوردار می‌باشند. جنس ولیک (*Crataegus* spp.) یکی از جنس‌های غالب پوشش‌های درختچه‌ای رویشگاه‌های مرتعی شمال کشور است. این جنس گیاهی از خانواده *Rosaceae* است که از ۲۸۰ گونه در جهان تشکیل شده است (۱۳). ازنظر رویشگاهی، حضور این جنس گیاهی در مراتع، به‌صورت تاج پوشش تقریباً خالص و یا آمیخته با سایر گونه‌های درختچه‌ای دیگر دیده می‌شود. علی‌رغم اهمیت بسیار بالای ولیک در رویشگاه‌های شمال کشور، اما تاکنون کیفیت خاک رویشگاه‌های این گیاه موردبررسی و تحلیل قرار نگرفته است.

مرور منابع بیانگر آن است که نوع پوشش گیاهی رویشگاه‌ها نقش مهمی در تغییرپذیری مشخصه‌های خاک دارند. هم‌چنین شواهد بیانگر آن است که اکثر بررسی‌های انجام‌شده عموماً اثر پوشش‌های خالص گیاهی رویشگاه‌ها را بر ویژگی‌های خاک مدنظر قرار داده و کم‌تر به نقش ترکیب گونه‌های گیاهی در کیفیت خاک اشاره داشته‌اند. در پژوهش پیش‌رو سعی بر آن است تا با رویکرد جدیدی این نقش بر روی گیاه ولیک به شکل توده‌های خالص و آمیخته که تاکنون هیچ نوع گزارشی در این زمینه مشاهده نگردید، بررسی شود. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، مطالعه اثر پوشش درختچه‌ای با غالبیت ولیک، پوشش درختچه‌ای آمیخته از ولیک و زرشک، پوشش درختچه‌ای آمیخته از ولیک، زرشک و گالش‌انگور و پوشش درختچه‌ای آمیخته از ولیک، زرشک، گالش انگور و آلوچه‌وحشی بر تغییرپذیری مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و پویایی تنفس میکروبی خاک می‌باشد. نتایج این پژوهش می‌تواند در خصوص ارزیابی کیفیت خاک در رویشگاه‌های کوهستانی شمال ایران اطلاعات ارزشمندی در اختیار مدیران منابع طبیعی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور اجرای این پژوهش بخش کوهستانی کینج، واقع در منطقه کجور شهرستان نوشهر، موردمطالعه قرار گرفت. منطقه مورد مطالعه در طول جغرافیایی شرقی °۳۵ و ´۳۰ و عرض جغرافیایی شمالی °۵۱ و ´۳۸ قرار دارد. متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۸۰۰ متر، میزان بارندگی متوسط سالیانه آن ۳٦۵ میلی‌متر، پتانسیل تبخیر سالیانه آن برابر با ۱۳۰۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۰/۹ درجه سانتی‌گراد است. شیب عمومی منطقه شرقی – غربی بوده و به‌طور متوسط حدود ۱۰ درصد می‌باشد. خاک منطقه در رده آلفی‌سول قرار دارد و بافت کلی خاک منطقه رسی‌لومی می‌باشد. سطوح گسترده‌ای از منطقه مورد مطالعه توسط پوشش‌های درختچه‌ای خالص و آمیخته از گونه‌های مختلف اشغال شده است (جدول ۱).

جدول ۱- پوشش‌های اراضی مورد مطالعه در این پژوهش.

Table 1. Studied vegetation types in this research.

مخفف Abbreviation	گونه‌های غالب (درصد پوشش) Dominant plants (coverage percent)	گونه‌های همراه (درصد پوشش) Co-dominant plants (coverage percent)
CM	پوشش درختچه‌ای با غالبیت ولیک (۸۰ درصد) *Crataegus melanocarpa* M. B. (80%)	*Crataegus melanocarpa* M. B. (< 5%) *Crataegus microphylla* C. Koch. (< 5%) *Berberis integerrima* Bunge. (< 5%) *Stachys laxa* Boiss. & Buhse. (< 1%)
CM-BI	پوشش درختچه‌ای آمیخته از ولیک (۷۰ درصد) و زرشک (۲۰ درصد) *Crataegus melanocarpa* M. B. (70%) and *Berberis integerrima* Bunge. (20%)	*Crataegus melanocarpa* M. B. (< 5%) *Crataegus microphylla* C. Koch. (< 5%) *Artemisia aucheri* Boiss. (< 1%) *Phlomis olivieri* Benth. (< 1%)
CM-BI-RU	پوشش درختچه‌ای آمیخته از ولیک (٦٠ درصد)، زرشک (۱۵ درصد) و گالش‌انگور (۱۵ درصد) *Crataegus melanocarpa* M. B. (60%), *Berberis integerrima* Bunge (15%) and *Ribes Uva – crispa* L. (15%)	*Crataegus melanocarpa* M. B. (< 5%) *Crataegus microphylla* C. Koch. (< 5%) *Festuca ovina* L. (< 1%) *Dactylis glomerata* L. (< 1%) *Taraxacum montanum* (C. A. Mey.) (< 1%)
CM-BI-RU-PS	پوشش درختچه‌ای آمیخته از ولیک (۵۰ درصد)، زرشک (۲۰ درصد)، گالش‌انگور (۱۰ درصد) و آلوچه‌وحشی (۱۰ درصد) *Crataegus melanocarpa* M. B. (50%), *Berberis integerrima* Bunge. (20%), *Ribes Uva – crispa* L. (10%) and *Prunus spinosa* L. (10%)	*Crataegus microphylla* C. Koch. (< 5%) *Artemisia aucheri* Boiss. (< 5%) *Agropyron longyaristatum* Boiss. (< 5%) *Cousinia commutate* Bunge. (< 1%) *Festuca ovina* L. (< 1%) *Medicago sativa* L. (< 1%) *Dactylis glomerata* L. (< 1%) *Coronilla varia* (L.) Lassen (< 1%)

برای تعیین روش نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی در این مطالعه، بخش‌هایی از این رویشگاه‌ها انتخاب شد که به‌صورت پیوسته با هم بوده و حداقل اختلاف ارتفاع از سطح دریا (۱۵۱۵-۱۵۱۰ متر)، حداقل تغییر درصد (۱۰-۸ درصد) و جهت شیب (شرقی- غربی)، در آن‌ها مشاهده می‌شود. رویشگاه‌های مورد مطالعه از نظر شرایط اقلیمی، سنگ بستر و نوع مدیریت دارای شرایط یکسانی می‌باشند. در هر یک از پوشش‌های اراضی مورد مطالعه، تعداد ۵ قطعه نمونه بزرگ ۲۰ متر × ۲۰ متر برای ثبت نام گونه‌های چوبی و درصد پوشش تاجی آن‌ها پیاده شد. هم‌چنین، جهت تفسیر و گزارش ویژگی پوشش گیاهی بستر رویشگاه‌های مورد مطالعه، در داخل هر یک از قطعه نمونه‌های بزرگ، تعداد ۵ قطعه نمونه کوچک ۲ متر × ۲ متر (در گوشه‌ها و مرکز قطعه نمونه‌های بزرگ) برای ثبت پوشش‌های علفی کف مورد توجه قرار گرفت (۵). بر همین اساس، درصد پوشش گونه‌های گیاهی غالب و گونه‌های همراه در هر یک از پوشش‌های اراضی مورد مطالعه ثبت شد (جدول ۱). در داخل هر یک از قطعه مونه‌های بزرگ، تعداد ۳ نمونه خاک از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری و در یک سطح ۳۰ سانتی‌متر × ۳۰ سانتی‌متر برداشت گردید. در مجموع تعداد ۱۵ نمونه خاک از هر رویشگاه جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌های خاک جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. اندازه‌گیری کربن آلی به روش والکلی‌بلاک (۱٤) و سپس محاسبه ماده آلی با ضرب مقدار کربن

آلی در عدد ۱/۷۲٤ (۱۵)، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه (۱٦)، جرم مخصوص حقیقی به روش پیکنومتر (۱۷)، بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتر (۱۸) و پایداری خاکدانه بر اساس روش الک تر پیشنهادی پوجاسوک و کای (۱۹۹۰) (٦) انجام شد (۱۹). هم‌زمان با انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، درشت‌ریشه‌ها و ریزریشه‌ها به روش دستی از نمونه‌ها جداسازی و شستشو داده شدند. ریشه‌های جداسازی شده ابتدا به مدت یک هفته در فضای آزاد هواخشک شده (۲۰)، سپس این نمونه‌ها در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان ۲٤ ساعت خشک گردیدند (۲۱، ۲۲). در نهات پس از توزن نمونه‌های خشک شده، مقدار زی‌توده آن‌ها در هر رویشگاه محاسبه شد (۲۳). به‌منظور بررسی میزان تغییرات رطوبت، دما و تنفس میکروبی خاک، نمونه‌برداری در ماه‌های میانی هر فصل انجام شد. رطوبت خاک به روش توزین و دمای خاک با استفاده از دماسنج دیجیتال مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

تنفس میکربی خاک با استفاده از روش بطری بسته بر حسب میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن در روز اندازه‌گیری شد (۲٤). به این منظور ۵۰ گرم از نمونه‌های تازه خاک در داخل بطری قرار گرفت. یک لوله آزمایش محتوی ۱۰ سی‌سی سود یک نرمال NaOH در داخل بطری محتوی خاک قرار داده شد و سپس دهانه ظرف بطری به‌وسیله ورقه‌های نایلونی بسته شد تا از تبخیر رطوبت از نمونه‌ها در طول مدت انکوباسیون (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤-۳ روز) جلوگیری شود. بعد از پایان مدت انکوباسیون یک ارلن مایر کوچک را گرفته و محتوی سود یک نرمال موجود در لوله آزمایش را در داخل آن ریخته و بعد ۱۰ سی‌سی کلرید باریوم ۱۰ درصد به آن اضافه شد (در داخل ارلن). سپس ۳ قطره معرف فنل قتالئین به داخل آن اضافه شده و بعد با اسید سولفوریک ۰/۲۵ نرمال تیتر شد. ابتدا رنگ آن قرمز یا ارغوانی و در پایان تیتراسیون شیری رنگ و یا سفید گردید. در کنار نمونه‌های خاک یک نمونه شاهد نیز در نظر گرفته شد. مقادیر تنفس میکروبی هر یک از نمونه‌های خاک با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید:

$$sr = \frac{Na\left(Va_{1} - Va_{2}\right) \times \frac{12}{2}}{w} \times 1000 \qquad (1)$$

که در آن، Sr مقدار تنفس میکروبی، Na نرمالته اسید (۰/۲۵ نرمال)، Va_1 و Va_2 حجم اسید مصرفی برای نمونه شاهد و نمونه خاک، W وزن خاک (۵۰ گرم) می‌باشد.

در اولین مرحله، نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون کولموگروف‌اسمیرنوف و همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون[1] مورد بررسی قرار گرفت. به‌دنبال حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، به‌منظور مطالعه تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف خاک در ارتباط با نوع پوشش‌های خالص و آمیخته ولیک از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای مشخصه‌های رطوبت، دما و تنفس میکروبی خاک در ارتباط با نوع پوشش‌های اراضی و فصول سال از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)[2] نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین‌ها به‌کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری همه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت پذیرفت. هم‌چنین به‌منظور انجام آنالیز چندمتغیره و تعیین ارتباط بین مشخصه‌های مختلف خاک در پوشش‌های خالص و آمیخته ولیک، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) با ایجاد ماتریس حاصله در برنامه PC - ORD تحت Windows مورد بررسی قرار گرفت.

1- Levene's test
2- Least significant difference

نتایج و بحث

نتایج بیانگر اثرات معنی‌دار نوع پوشش گیاهی خالص و آمیخته ولیک بر بسیاری از مشخصه‌های مورد مطالعه خاک می‌باشد. بیش‌ترین مقدار ماده آلی خاک در رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU مشاهده شد (جدول ۲). ترکیب‌های مختلف تاجی و تغییر پوشش اراضی می‌تواند اثرات متفاوتی بر میزان مواد آلی ورودی به داخل خاک داشته باشد. در همین راستا، رویشگاه‌هایی که دارای تنوع گونه‌ای هستند غالباً دارای تنوع بقایای لاشه‌ریزه بوده و همین موضوع منجر می‌شود تا شرایط مناسبی برای زیست انواع موجودات خاکزی فراهم شود. به‌دنبال فعالیت انواع موجودات خاک در این رویشگاه‌ها تجزیه بقایای گیاهی سریع‌تر انجام شده و باعث می‌شود که مواد آلی بیش‌تری در خاک تجمع یابد (۲۵). در پژوهش حاضر نیز وجود تنوع گونه‌ای بیش‌تر در رویشگاه‌های آمیخته ولیک منجر به افزایش مقدار ماده آلی خاک شده است، در حالی‌که در رویشگاه خالص ولیک به نظر می‌رسد شدت تجزیه بقایای گیاهی کندتر بوده و مقدار کم‌تری از مواد آلی در خاک مشاهده شد. رویشگاه خالص CM دارای بالاترین مقدار جرم مخصوص ظاهری بوده، در حالی‌که کم‌ترین مقدار این مشخصه به رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU اختصاص داشت. هر چند تغییرات جرم مخصوص حقیقی خاک در بین پوشش‌های مختلف خالص و آمیخته ولیک معنی‌دار نبوده، اما رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU دارای بالاترین مقدار تخلخل خاک بوده‌اند (جدول ۲). تغییر میزان ماده آلی ورودی به خاک می‌تواند بسیاری از ویژگی‌های دیگر خاک را نیز تحت‌تأثیر قرار دهد. در همین راستا، تجمع بیش‌تر مواد آلی منجر به کاهش جرم مخصوص ظاهری (۲۶) و هم‌چنین افزایش تخلخل خاک (۹) می‌شود. مطابق نتایج پژوهش حاضر رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU با دارا بودن بیش‌ترین مقدار ماده آلی، دارای کم‌ترین مقدار جرم مخصوص ظاهری و بیش‌ترین تخلخل خاک بوده‌اند.

در منطقه مورد مطالعه، پوشش درختچه‌ای CM-BI-RU-PS دارای پایدارترین خاکدانه‌ها بود و با کاهش تنوع گونه‌های درختچه‌ای از پایداری آن‌ها به‌طور معنی‌داری کاسته شد (جدول ۲). پایداری خاکدانه‌ها غالباً متأثر از میزان رس و مواد آلی خاک می‌باشد (۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش به دلیل کاهش مواد آلی و رس در پوشش اراضی ولیک خالص میزان پایداری خاکدانه‌ها نیز کاهش معنی‌داری داشته است. بیش‌ترین مقدار محتوی شن به رویشگاه خالص CM و بالاترین مقدار رس به پوشش درختچه‌ای CM-BI-RU-PS اختصاص داشته، در حالی‌که محتوی سیلت خاک تفاوت آماری معنی‌داری در بین پوشش‌های خالص و آمیخته ولیک نشان نداد (جدول ۲). بافت خاک یکی از مشخصه‌های ثابت خاک بوده و تغییر آن در اثر نوع پوشش‌های گیاهی و در کوتاه‌مدت امکان‌پذیر نمی‌باشد، در هر حال تغییر نوع ترکیب و تنوع پوشش گیاهی می‌توانند در یک دوره بلندمدت بر تغییرات اجزای بافت خاک مؤثر واقع گردند (۲۷). در پژوهش حاضر نیز با توجه به متفاوت بودن ترکیب و تنوع پوشش گیاهی در رویشگاه‌های ولیک تفاوت‌های آماری معنی‌داری در بین اجزای شن و رس خاک مشاهده شد (جدول ۲). تجمع بیش‌تر رس در پوشش‌های آمیخته ولیک احتمالاً به خاطر وجود تاج پوشش بسته‌تر رویشگاه می‌باشد (در واقع به خاطر ساختار تاجی متفاوت گونه‌های درختچه‌ای موجود در رویشگاه تاج پوشش آن‌ها در هم تنیده شده و بسته‌تر می‌باشند)، در حالی‌که در رویشگاه‌های خالص ولیک به دلیل باز بودن قسمت‌های فوقانی، بیش‌تر تحت‌تأثیر بارش‌های

سالیانه قرار گرفته و منجربه آبشویی ذرات رس از لایه‌های بالایی خاک و تجمع آن‌ها در لایه‌های پایینی (Lessivage) می‌شوند (۱۱). مواد آلی موجود در خاک به واسطه ساختار اسفنجی شکلی که دارند اجزای مناسبی برای تجمع محتوی رطوبت خاک می‌باشند (۱۸). همین موضوع منجر به انباشت محتوی رطوبت در لایه‌های سطحی خاک رویشگاه‌های آمیخته ولیک (به‌ویژه در فصول بارشی سال) شده در حالی‌که در رویشگاه‌های خالص ولیک به دلیل کمبود مواد آلی سطحی خاک، آب از لایه‌های بالایی شسته شده و به سمت لایه‌های پایین‌تر خاک حرکت می‌کند.

تاج پوشش بسته‌تر و هم‌چنین محتوی مواد آلی بیش‌تر خاک رویشگاه‌ها می‌تواند خاک را از تشعشات و نور مستقیم آفتاب (به‌ویژه در فصل تابستان) حفاظت نمایند. بر همین اساس، در پژوهش حاضر رویشگاه‌های آمیخته ولیک با توجه به تاج بسته‌تر و محتوی مواد آلی بیش‌تر، دمای خاک کم‌تری نسبت به رویشگاه خالص داشته‌اند. بالاترین مقدار زیتوده درشت‌ریشه در CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU مشاهده شد در حالی‌که زیتوده ریزریشه در CM-BI-RU-PS بالاترین مقدار بود (جدول ۲). زیتوده ریشه‌ها نیز متأثر از نوع ترکیب و تنوع گونه‌های درختچه‌ای بوده و در رویشگاه‌های آمیخته ولیک مقادیر بالاتری را نسبت به رویشگاه‌های خالص ولیک نشان داده است. ساختار ریشه گونه‌های درختچه‌ای نیز مانند ساختار تاجی گونه‌ها با هم متفاوت بوده و در رویشگاه‌هایی که تنوع گونه‌ای بیش‌تری دارند به دلیل این‌که نیازمندی‌های اکولوژیکی گونه‌ها متفاوت است بنابراین رقابت ریشه‌ای کم‌تری بین گونه‌های مختلف می‌باشد و همین موضوع می‌تواند منجربه افزایش زیتوده ریشه‌ها (درشت‌ریشه و ریزریشه) در داخل خاک گردد (۵). هم‌چنین، زیتوده ریشه‌ها ارتباط مثبتی با رطوبت و حاصل‌خیزی خاک دارد، چرا که وجود آب موجب جذب بهتر عناصر غذایی توسط زیتوده زیرزمینی می‌شود (۲).

مشخصه‌های رطوبت، دما و تنفس میکروبی خاک تفاوت‌های آماری معنی‌داری را در فصول مختلف سال تحت پوشش‌های خالص و آمیخته ولیک نشان داده‌اند. بیش‌ترین مقادیر رطوبت خاک در رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU و فصل زمستان مشاهده شد (شکل ۱ الف)، در حالی‌که بالاترین دمای خاک به فصل تابستان و رویشگاه خالص CM اختصاص داشت (شکل ۱ ب). تنفس میکروبی خاک نیز در فصل تابستان و رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU بیش‌تر از سایر فصول و پوشش‌های اراضی بوده است (شکل ۱ ج). مطابق با تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، مقدار ماده آلی، محتوی رطوبت و هم‌چنین میزان تخلخل خاک در رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU نقش مؤثری در افزایش تنفس میکروبی خاک این نوع از پوشش اراضی در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها داشته است (شکل ۲ و جدول ۳). پاسخ تنفس میکروبی خاک به پوشش‌های مختلف گیاهی و فصول مختلف سال در اکوسیستم‌های مختلف ثابت نیست و نتایج متفاوت به‌دست آمده نشان می‌دهد که اثر این دو پارامتر بر روی تنفس میکروبی خاک پیچیده می‌باشد (٤). میزان تنفس میکروبی خاک در رویشگاه‌های مرتعی توسط عوامل متعددی از جمله میزان رطوبت، دما، محتوی ماده آلی و شیوه‌های مدیریت آن تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد (۹). مقادیر متفاوت تنفس میکروبی خاک در این مطالعه نشان می‌دهد که کیفیت سوبسترا و مواد هومیکی تحت پوشش‌های مختلف، متفاوت می‌باشد (۸). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، تنفس میکروبی خاک نیز در فصل تابستان و رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU بیش‌تر از سایر فصول و پوشش‌های اراضی بوده است. اما در هر حال به نظر می‌رسد در طول سال،

عامل رطوبت نقش مؤثرتری بر تغییرات تنفس میکروبی خاک داشته به‌طوری‌که مطابق با تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مقدار ماده آلی، محتوی رطوبت (در فصل تابستان) و هم‌چنین میزان تخلخل خاک در رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU نقش مؤثری در افزایش تنفس میکروبی خاک این نوع از پوشش اراضی در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها داشته است. در همین راستا، ژانگ و همکاران (۲۰۲۲) بیان نمودند که میزان تنفس میکروبی خاک به واسطه رطوبت خاک تغییر می‌کند (۱۰). بالاترین میزان تنفس میکروبی خاک زمانی اتفاق می‌افتد که میزان آب خاک در محدوده ایده‌آل باشد. پایین بودن دما و هم‌چنین مقادیر بالای رطوبت در نمونه‌های خاک فصول زمستان و هم‌چنین پاییز می‌تواند منجر به کاهش تنفس میکروبی خاک تحت پوشش‌های اراضی مختلف شده باشد (۲۸). هم‌چنین گو و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود به نقش منفی افزایش رطوبت خاک در فصول بارشی بر تنفس میکروبی خاک اشاره کرده‌اند (۱۲). پژوهش بودجابی و چنچونی (۲۰۲۲) نشان داد که همبستگی مثبتی بین میزان تنفس میکروبی خاک و محتوی رس وجود دارد (۲). این رابطه می‌تواند بیانگر افزایش تنفس میکروبی خاک در رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU به واسطه تجمع بیش‌تر ذرات رس باشد.

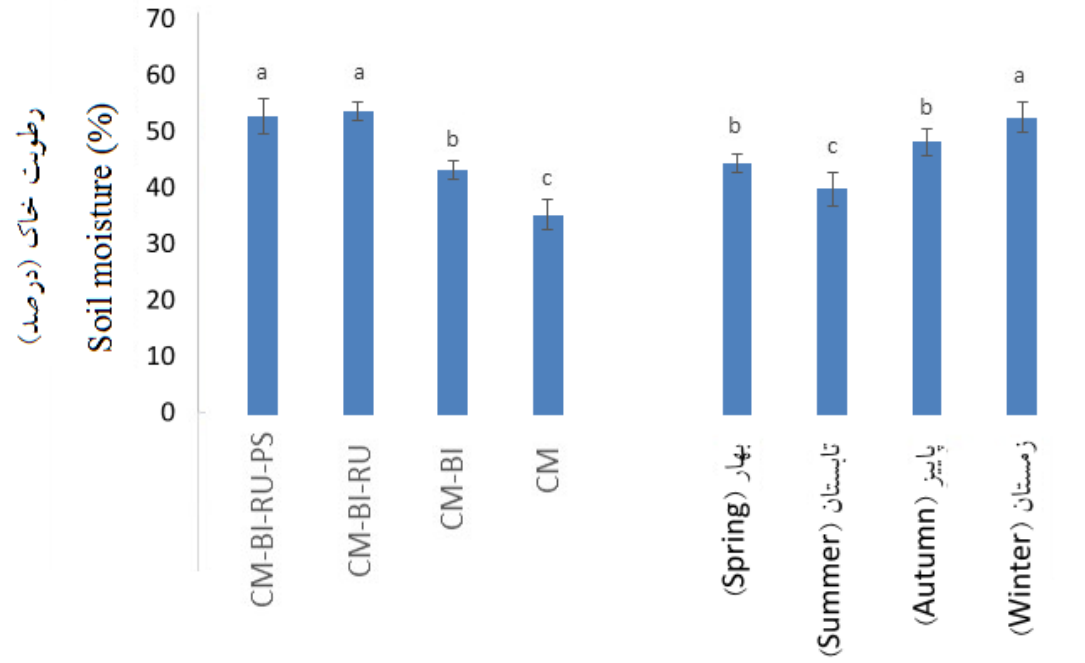
جدول ۲- میانگین (± خطای استاندارد) مشخصه‌های خاک در ارتباط با پوشش‌های خالص و آمیخته ولیک.

Table 2. Mean (± standard error) of soil characteristics in relation to pure and mixed Crataegus.

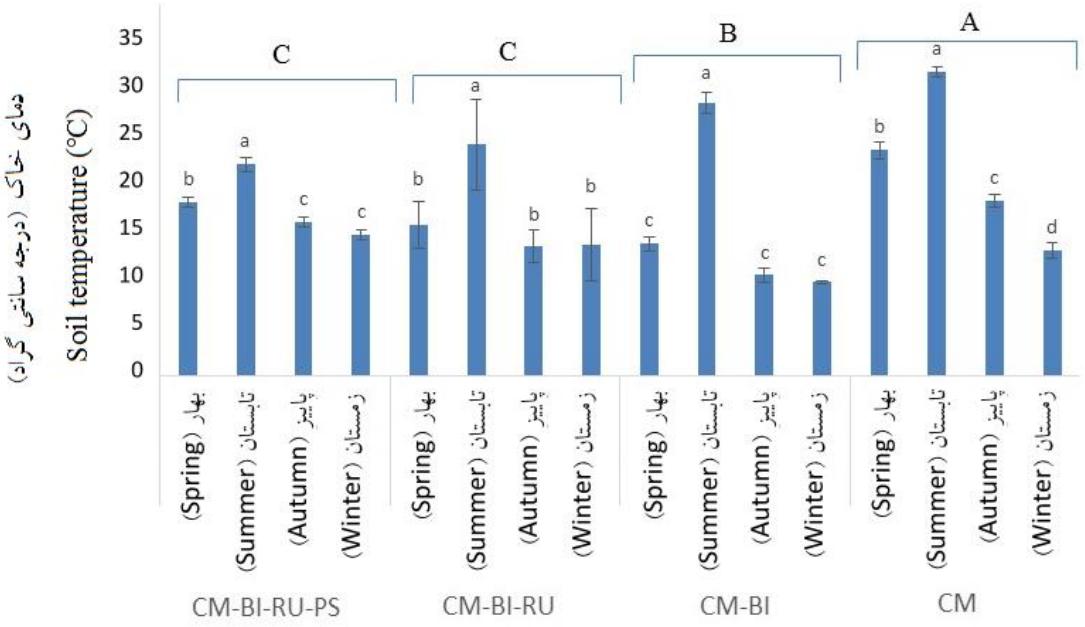
مشخصه / رویشگاه Character/Site	CM		CM-BI		CM-BI-RU		CM-BI-RU-PS		مقدار F F-value	معنی‌داری Sig.
	میانگین Mean	خطای استاندارد Standard error	میانگین Mean	خطای استاندارد Standard error	میانگین Mean	خطای استاندارد Standard error	میانگین Mean	خطای استاندارد Standard error		
ماده آلی Organic matter (%)	7.51^{a}	0.34	7.51^{a}	0.31	5.94^{b}	0.27	4.94^{c}	0.38	13.906	0.000
جرم مخصوص ظاهری Bulk density (g/cm^3)	1.14^{c}	0.02	1.18^{c}	0.02	1.34^{b}	0.03	1.58^{a}	0.03	42.414	0.000
جرم مخصوص حقیقی Particle density (g/cm^3)	2.32	0.05	2.36	0.09	2.33	0.11	2.38	0.13	0.071	0.975
تخلخل Porosity (%)	50.00^{a}	0.01	49.20^{a}	0.01	36.60^{b}	0.01	28.28^{b}	0.07	6.723	0.001
پایداری خاکدانه Aggregate stability (%)	74.05^{a}	1.88	59.36^{b}	2.46	45.47^{c}	1.61	36.51^{d}	1.46	75.183	0.000
شن Sand (%)	23.80^{c}	1.91	30.13^{bc}	1.91	32.40^{b}	2.69	39.20^{a}	1.16	8.914	0.001
سیلت Silt (%)	35.33	2.54	37.26	2.26	38.93	1.91	38.00	1.40	0.543	0.655
رس Clay (%)	39.86^{a}	1.64	32.60^{b}	0.82	28.66^{c}	1.65	22.80^{d}	0.57	31.840	0.000
زیتوده درشت‌ریشه Coarse root biomass (Kg/ha)	948.66^{a}	53.04	857.13^{a}	29.76	648.00^{b}	47.09	421.00^{c}	53.85	25.051	0.000 زی‌توده
زیتوده ریزریشه Fine root biomass (g/cm^2)	59.98^{a}	3.93	43.02^{b}	3.82	32.08^{c}	2.36	21.92^{d}	0.87	29.110	0.000

حروف انگلیسی متفاوت بیانگر وجود تفاوت آماری معنی‌دار در پوشش‌های خالص و آمیخته ولیک می‌باشد

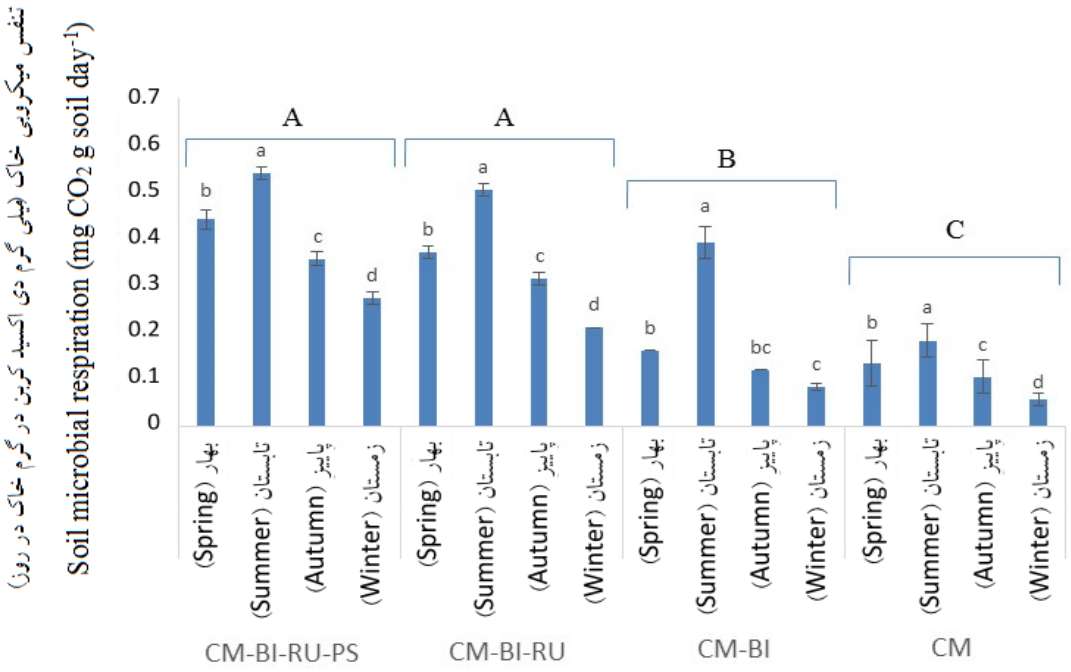
Different English letters indicate the presence of statistically significant differences among of pure and mixed Crataegus


رطوبت خاک (درصد)
Soil moisture (%)
70
60
50
40
30
20
10
0
a
a
b
c
b
c
b
a
CM-BI-RU-PS
CM-BI-RU
CM-BI
CM
(Spring) بهار
(Summer) تابستان
(Autumn) پاییز
(Winter) زمستان

(الف)


دمای خاک (درجه سانتی گراد)
Soil temperature (°C)
35
30
25
20
15
10
5
0
C
C
B
A
CM-BI-RU-PS
CM-BI-RU
CM-BI
CM
(Spring) بهار
(Summer) تابستان
(Autumn) پاییز
(Winter) زمستان

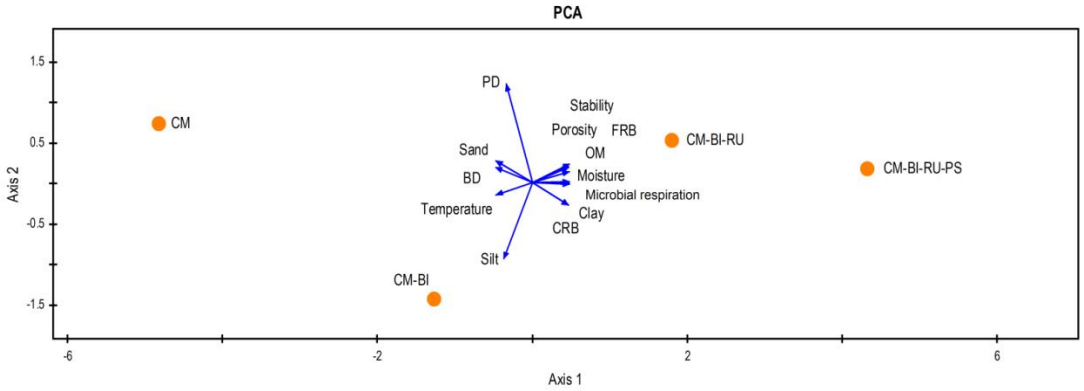
(ب)



(ج)

شکل ۱- میانگین (±خطای استاندارد) مشخصه‌های رطوبت (الف)، دما (ب) و تنفس میکروبی (ج) خاک در فصول مختلف سال تحت پوشش‌های خالص و آمیخته ولیک. برای رطوبت [اثر پوشش اراضی (مقدار F = ۲۲/۳٤٦ و مقدار معنی‌داری = ۰/۰۰۰)، اثر فصل (مقدار F = ۳۰٦٥/۰۲٦ و مقدار معنی‌داری = ۰/۰۰۰)، اثر متقابل نوع پوشش اراضی × فصل (مقدار F = ۰/٥۳۷ و مقدار معنی‌داری = ۰/۸٤۷)]، برای دما [اثر پوشش اراضی (مقدار F = ۲٦۲/۰۳۹ و مقدار معنی‌داری = ۰/۰۰۰)، اثر فصل (مقدار F = ٤٤۰/۰۱٤ و مقدار معنی‌داری = ۰/۰۰۰)، اثر متقابل نوع پوشش اراضی × فصل (مقدار F = ۱٤/٥٦۲ و مقدار معنی‌داری = ۰/۰۰۰)]، برای تنفس میکروبی [اثر پوشش اراضی (مقدار F = ۲٦۹/۸٤٥ و مقدار معنی‌داری = ۰/۰۰۰)، اثر فصل (مقدار F = ۱/۳٥۷ و مقدار معنی‌داری = ۰/۰۰۰)، اثر متقابل نوع پوشش اراضی × فصل (مقدار F = ۷/۸۲۹ و مقدار معنی‌داری = ۰/۰۰۰)].

Figure 1. Mean (± standard error) of soil moisture (a), temperature (b) and microbial respiration (c) in different seasons of the year under pure and mixed Crataegus. For moisture, [land cover (F value = 22.346 and Sig. = 0.000), season (F value = 3065.026 and Sig.= 0.000), land cover × season (F value = 0.537 and Sig.= 0.847)], for temperature [land cover (F value = 262.039 and Sig.= 0.000), season (F value = 440.014 and Sig.= 0.000), land cover type × season (F value = 14.562 and Sig. = 0.000) and microbial respiration [land cover (F value = 269.845 and Sig.= 0.000), season (F value = 1.357 and Sig.= 0.000), land cover × season (F value = 7.829 and Sig.= 0.000).



شکل ۲- ارتباط پوشش‌های خالص و آمیخته ولیک و مشخصه‌های خاک در آنالیز PCA (فاکتور اول: مقدار ویژه = ۱۱/۷۰، درصد واریانس = ۹۰/۰۵، درصد واریانس تجمعی = ۹۰/۰۵ و فاکتور دوم: مقدار ویژه = ۰/۷۱، درصد واریانس = ۵/۵۲، درصد واریانس تجمعی = ۹۵/۵۷).

Figure 2. The relationship between pure and mixed Crataegus covers and soil characteristics in PCA analysis (first factor: eigenvalue = 11.70, variance percentage = 90.05, cumulative variance percentage = 90.05 and second factor: eigenvalue = 0.71, variance percentage = 5.52, cumulative variance percentage = 95.57).

جدول ۳- نتایج تجزه PCA برای مشخصه‌های خاک در پوشش‌های اراضی مورد مطالعه.

Table 3. The results of PCA for the soil characteristics of the studied land covers.

محور دوم Axis 2	محور اول Axis 1	مشخصه Character
0.11	0.28	ماده آلی Organic matter
0.11	-0.28	جرم مخصوص ظاهری Bulk density
0.73	-0.20	جرم مخصوص حقیقی Particle density
0.11	0.28	تخلخل Porosity
0.14	0.28	پایداری خاکدانه Aggregate stability
0.16	-0.28	شن Sand
-0.57	-0.22	سیلت Silt
-0.01	0.28	رس Clay
-0.01	0.29	زی‌توده درشت‌ریشه Coarse root biomass
0.07	0.28	زی‌توده ریزریشه Fine root biomass
0.01	0.29	رطوبت خاک Soil moisture
-0.09	-0.29	دمای خاک Soil temperature
-0.17	0.28	تنفس میکروبی Microbial respiration

نتیجه‌گیری کلی

تغییر ترکیب و تنوع پوشش گیاهی در رویشگاه ولیک در منطقه موردمطالعه باعث ایجاد تغییراتی در مشخصه‌های کیفی خاک شد. تنوع پوشش گیاهی در رویشگاه ولیک باعث حفظ مشخصه‌های پایداری خاکدانه و محتوی رس و هم‌چنین افزایش زی‌توده ریزریشه خاک شد. بیش‌ترین مقادیر ماده آلی، درشت‌ریشه و رطوبت خاک به رویشگاه‌های CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU و بالاترین مقدار دمای خاک (به‌ویژه در فصل تابستان) به رویشگاه ولیک خالص اختصاص داشت. مطابق با نتایج، تجمع بالای ماده آلی، محتوی رطوبت و هم‌چنین میزان تخلخل زیاد خاک در رویشگاه‌ها CM-BI-RU-PS و CM-BI-RU نقش مؤثری در افزایش تنفس میکروبی خاک این نوع از پوشش اراضی در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها داشته است. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که وجود تنوع گونه‌ای در پوشش اراضی می‌تواند منجر به حفظ شاخص‌های کیفی خاک گردد. در همین راستا پیشنهاد می‌شود برای احیاء اراضی تخریب‌یافته مرتعی در منطقه موردمطالعه و همچنین مناطقی با شرایط اکولوژیکی مشابه، در کنار ولیک از سایر گونه‌های درختچه‌ای بومی منطقه نیز بهره برده شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از دانشگاه تربیت‌مدرس که موجبات تسهیل انجام این پژوهش را فراهم نموده‌اند تشکر می‌نمایند. هم‌چنین نویسندگان از داوران این مقاله که با نظرات خود موجب بهبود متن حاضر شده‌اند تشکر می‌نمایند. این پژوهش در قالب پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در دانشگاه تربیت مدرس صورت گرفته است.

داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

داده‌های این پژوهش مربوط به پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول است که با مکاتبه با نویسنده مسئول قابل‌دسترسی می‌باشند.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در این متن به شکل ارائه‌شده است: نویسنده اول: نمونه‌برداری، انجام کارهای آزمایشگاهی، تهیه نسخه اولیه مقاله، نویسنده دوم: کمک در نمونه‌برداری، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، نهایی و اصلاح مقاله.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید آن‌ها است.

حمایت مالی

حمایت مالی از این پژوهش توسط دانشگاه تربیت‌مدرس در قالب پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشجویی نویسنده اول این پژوهش بوده است.

منابع

1.Masadaghi, M., Farabi, N., and Bagheri, 2011. Comparison of diversity and species richness in three levels of exploitation of pastures in Khabar National Park and neighboring areas. Iranian Journal of Rangeland. 8: 3. 171-180. (In Persian)

2.Boudjabi, S., and Chenchouni, H. 2022. Soil fertility indicators and soil stoichiometry in semi-arid steppe rangelands. Catena. 210: 5. 1-9.

3.Jinsheng, L.I., Xinqing, S.H., Kesi, L.I., and Xiaomeng, Y.A. 2022. Short-term biochar effect on soil physicochemical and microbiological properties of a degraded alpine grassland. Pedosphere. 32: 3. 426-437.

4.Schwendenmann, L., Veldkamp, E., Brenes, T., O'Brien, J.J., and Mackensen, J. 2003. Spatial and temporal variation in soil CO_2 effluxinanold-growth Neotropical rain forest, La Selva, Costa Rica. Biogeochemistry. 64: 5. 111-128.

5.Kooch, Y., and Noghre, N. 2020. The effect of shrubland and grassland vegetation types on soil fauna and flora activities in a mountainous semi-arid landscape of Iran. Science of the Total Environment. 703: 7. 1-9.

6.Li, Y., Zhou, W., Jing, M., Wang, S., Huang, Y., Geng, B., and Cao, Y. 2022. Changes in reconstructed soil physicochemical properties in an Opencast Mine Dump in the Loess Plateau area of China. International Journal of Environmental Research and Public Health. 19: 2. 1-13.

7.Medina-Sauza, R.M., Álvarez-Jiménez, M., Ortíz-Huerta, Y., Ruiz-Sayago, E., Blouin, M., Villain, L., and Barois, I. 2022. Bulk and rhizosphere soil properties under two Coffee species influenced by the earthworm Pontoscolex corethrurus. Rhizosphere. 21: 2. 1-13.

8.Sotta, E.D., Veldkamp, B.R., Guimaraes, R.K., Paixao, M., Ruivo, L., and Almeida, S.S. 2006. Landscape and climatic controls on spatial and temporal variation in soil CO_2 efflux in an Eastern Amazonian Rainforest, Caxiuanã, Brazil. Forest Ecology and Management. 237: 1. 57-64.

9.Balota, E.L., Yada, I.F., Amaral, H., Nakatani, A.S., Dick, R.P., and Coyne, M.S. 2013. Long- term land use influences soil microbial biomass P and S, phosphatase and arylsulfatase activities, and S mineralization in a Brazilian Oxazole. Land Degradation and Development. 25: 4. 397-406.

10.Zhang, L., Sun, Q., Zhang, K., Cao, Z., Zhao, H., Zhao, H., and Li, P. 2022. Composition characteristics of dissolved organic matter at the vegetation-soil interface under the influence of mining disturbances. Polish Journal of Environmental Studies. 23: 3. 439-449.

11.Beuschel, R., Piepho, H.P., Joergensen, R.G., and Wachendorf, C. 2020. Impact of willow-based grassland alley cropping in relation to its plant species diversity on soil ecology of former arable land. Applied Soil Ecology. 147: 5. 1-14.

12.Guo, Y., Liu, X., Tsolmon, B., Chen, J., Wei, W., Lei, S., and Bao, Y. 2020. The influence of transplanted trees on soil microbial diversity in coal mine subsidence areas in the Loess Plateau of China. Global Ecology and Conservation. 21: 4. 32-47.

13.Alirezalu, A., Ahmadi, N., Salehi, P., Sanbali, A., Ayari, M., and Hatami-Malki, H. 2014. Antioxidant properties of different organs of different species of Velik medicinal plant. Iranian Journal of Food Industry Research. 52: 4. 325-338. (In Persian)

14.Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil science. 37: 1. 29-38.

15.Ezeigbo, O.R., Ukpabi, C.F., Abel-Anyebe, O., Okike-Osisiogu, F.U., Ike-Amadi, C.A., and Agomoh, N.G. 2013. Physico-chemical properties of soil contaminated with refined petroleum oil in Eluama Community, Abia State, Nigeria. International Journal of Scientific Research and Management. 8: 1. 405-413.

16.Plaster, E.J. 1985. Soil science and management. Delmar Publishers Inc., Albany, 124p.
17.Blake, G.R., and Hartge, K.H. 1986 Particle density. In: Klute, A. (Ed.), Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods, 2nd ed. SSSA Book Ser. 5. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 377-382.
18.Chen, Y., Wei, T., Sha, G., Zhu, Q., Liu, Z., Ren, K., and Yang, C. 2022. Soil enzyme activities of typical plant communities after vegetation restoration on the Loess Plateau, China. Applied Soil Ecology. 170: 3. 1-11.
19.Pojasok, T., and Kay, B.D. 1990. Assessment of a combination of wet sieving and turbidimetry to characterize the structural stability of moist aggregates. Canadian Journal of Soil Science. 70: 3. 33-42.
20.Doi, B.T., and Do, T.V. 2020. Vertical distribution and production of fine roots in an old-growth forest, Japan. Journal of Forest Science. 66: 2. 89-96.
21.Asadian, M., Hojjati, S.M., and Izadi, M. 2015. Investigation on soil fine root and properties in plantation of maple, oak and pine in experimental forest station of Darabkola. Iranian Journal of Wood and Forest Researches. 21: 3. 167-181. (In Persian)
22.Lima, T.T., Miranda, I.S., and Vasconcelos, S.S. 2010. Effects of water and nutrient availability on fine root growth in eastern Amazonian forest regrowth, Brazil. New Phytologist. 187: 3. 622-630.
23.Neatrour, M.A., Jones, R.H., and Golladay, S.W. 2005. Correlations between soil nutrients availability and fine- root biomass at two spatial scales in forested wetlands with contrasting hydrological regimes, NRC Research Press. 35: 2. 2934-2941.
24.Alef, K. 1995. Estimating of soil respiration. In: Methods in soil microbiology and biochemistry (eds. K Alef, P Nannipieri) pp. 464-470. (Academic Press: New York).
25.Xu, M., and Qi, Y. 2001. Soil - surface CO_2 efflux and its spatial and temporal variations in a young ponderosa pine plantation in northern California. Global Change Biology. 7: 2. 667-677.
26.Tian, J., McCormack, L., Wang, J., Guo, D., Wang, Q., Zhang, X., and Kuzyakov, Y. 2015. Linkages between the soil organic matter fractions and the microbial metabolic functional diversity within a broad-leaved Korean pine forest. European Journal of Soil Biology. 66: 4. 57-64.
27.Woloszczyk, P., Fiencke, C., Elsner, D. C., Cordsen, E., and Pfeiffer, E.M. 2020. Spatial and temporal patterns in soil organic carbon, microbial biomass and activity under different land-use types in a long-term soil-monitoring network. Pedobiologia. 6: 3. 39-47.
28.Samuelson, L., Mathew, R., Stokes, T., Feng, Y., Aubrey, D., and Coleman, M. 2009. Soil and microbial respiration in a loblolly pine plantation in response to seven years of irrigation and fertilization. Forest Ecology and Management. 258: 11. 2431-2438.