Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Wood and Forest Science and Technology

Print ISSN: 2322-2077
Online ISSN: 2322-2786

The effect of different types of landuse on the physical, chemical and carbon deposition characteristics of the soil along the Karkhe River

Fatemeh Alidadi[*1], Seyed Mohammad Hojjati[2], Mohammadreza Purmajidian[3], Yahya Kooch[4]

1. Corresponding Author, Ph.D. Student, Dept. of Forest Science and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: f.alidadi@yahoo.com
2. Professor, Dept. of Forest Science and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: s.hojati@sanru.ac.ir
3. Professor, Dept. of Forest Science and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: m.pourmajidian@sanru.ac.ir
4. Associate Prof., Dept. of Range Management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. E-mail: yahya.kooch@modares.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 07.14.2022
Revised: 11.06.2022
Accepted: 11.07.2022

Keywords:
Carbon sequestration,
Coastal forests,
Greenhouse gases,
Land use change

ABSTRACT

Background and Objectives: Although occupying a relatively small space and hosting biodiversity hotspots, riparian forests have the potential to sequester more and faster carbon and provide many valuable ecosystem services. They also affect plant biodiversity patterns, soil characteristics and habitat quality. Despite their high environmental and protection values, the riverine forests have received less attention and most of the studies have related to the distribution pattern of species and the characteristics of their soil fauna community. The aim of this study was to investigate the effect of landuse types on the physical, chemical and carbon deposition of the soil profiles along the Karkhe River.

Materials and Methods: The effect of various landuses including natural forest, afforestation, agriculture and barren lands on the physical, chemical characteristics and carbon deposition of soil profiles along the Karkhe river was studied. A number of 30 soil samples randomly were collected from each site at a depth of 0-20 cm in the center of each plot. Soil moisture content, texture, specific gravity, pH, electrical conductivity, organic carbon, total nitrogen, absorbable potassium and phosphorus, and calcium carbonate were determined in the laboratory and therefore the amount of carbon deposition was calculated. Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) and SNK test for comparing mean values. All statistical analyzes were performed in SAS 9 software.

Results: The results showed significant differences among agricultural use with 18.45% of clay content, natural forest use and agricultural use with 46.29 and 43.92% of silt content, afforestation use and barren use with 60.47 and 56.86% of sand content. Bulk density was increased in forest use. The highest value of electrical conductivity with 3.17 $ds.m^{-1}$ was observed in barren lands, which reached an increase of 71.35% compared to the natural forest use. In agricultural use, absorbable potassium decreased by 62.04% compared to the natural forest use. According to the results, landuse change has a significant and decreasing effect on the amount of carbon sequestration. The highest amount of carbon sequestration observed in the natural forest with the amount of 63.37 tons per ha, while the lowest carbon storage was related to agricultural use with 41.53 tons per ha.

Conclusion: In general, soil properties in riparian forests are of better quality with high carbon deposition, and landuse changes cause damage to these habitats. Studying carbon sequestration in the riparian forests can help determine baseline conditions and can be used to enhance restoration plans or address the impact of climate change on carbon stocks in these ecosystems.

Cite this article: Alidadi, Fatemeh, Hojjati, Seyed Mohammad, Purmajidian, Mohammadreza, Kooch, Yahya. 2023. The effect of different types of landuse on the physical, chemical and carbon deposition characteristics of the soil along the Karkhe River. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 29 (4), 1-21.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JWFST.2023.20411.1973
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۷۷
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۸۶

تأثیر انواع کاربری‌های زمین بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و ترسیب کربن خاک حاشیه رودخانه کرخه

فاطمه علیدادی*[۱]، سیّدمحمّد حجتی[۲]، محمدرضا پورمجیدیان[۳]، یحیی کوچ[٤]

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: f.alidadi@yahoo.com

۲. استاد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: s.hojati@sanru.ac.ir

۳. استاد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: m.pourmajidian@sanru.ac.ir

٤. دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. رایانامه: yahya.kooch@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰٤/۲۳
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰۸/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۸/۱٦

واژه‌های کلیدی:
ترسیب کربن،
تغییر کاربری،
جنگل‌های ساحلی،
گازهای گلخانه‌ای

چکیده

سابقه و هدف: جنگل‌های کران‌رودی با وجود اشغال فضای نسبتاً کوچک، پتانسیل ترسیب کربن بیش‌تر و سریع‌تر را داشته، کانون‌های تنوع زیستی بوده و خدمات ارزشمند اکوسیستمی متعددی را ارائه می‌دهند. جنگل‌های کران‌رودی بر الگوهای تنوع زیستی گیاهی، ویژگی‌های خاک و کیفیت زیستگاه نیز تأثیر می‌گذارند. جنگل‌های کران‌رودی با وجود دارا بودن ارزش‌های محیط‌زیستی و حفاظتی بالا تاکنون به‌عنوان پوشش‌های جنگلی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته‌اند و اغلب مطالعات مربوط به الگوی پراکنش گونه‌ها و ویژگی‌های جامعه جانوری خاک آن‌ها بود. هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر انواع کاربری‌های زمین بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و ترسیب کربن خاک حاشیه رودخانه کرخه بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، اثر کاربری‌های جنگل طبیعی، جنگلکاری، کشاورزی و اراضی بایر در حاشیه رودخانه کرخه بر برخی مشخصه‌های فیزیک و شیمیایی و ترسیب کربن خاک انجام شد. بدین‌ترتیب که با روش تصادفی، تعداد ۳۰ نقطه در هر کاربری انتخاب و نمونه‌های خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر در مرکز هر قطعه برداشت شدند. مشخصه‌های درصد رطوبت، بافت، جرم مخصوص ظاهری، pH، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم و فسفر قابل‌جذب و کربنات کلسیم در آزمایشگاه اندازه‌گیری و میزان ترسیب کربن محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون مقایسه میانگین SNK مورد تحلیل قرار گرفتند. همه تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9 انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کاربری زراعی با ۱۸/٤٥ درصد رس، جنگل طبیعی و کاربری کشاورزی به ترتیب با ٤٦/۲۹ و ٤۳/۹۲ درصد سیلت و کاربری جنگلکاری و اراضی بایر به‌ترتیب با ٦۰/٤۷ و ٥٦/۸٦ درصد شن اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. جرم مخصوص ظاهری طی تغییر کاربری جنگل افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار هدایت الکتریکی با ۳/۱۷ دسی‌زیمنس بر متر در اراضی بایر مشاهده شد که افزایش ۷۱/۳٥ درصدی نسبت به جنگل طبیعی داشت. در کاربری زراعی پتاسیم قابل‌جذب با کاهش ٦۲/۰٤ درصدی نسبت به جنگل طبیعی به کم‌ترین میزان رسید. با توجه به نتایج، تغییر کاربری دارای تأثیر معنی‌دار و کاهشی بر میزان ترسیب کربن بوده، به‌طوری‌که جنگل طبیعی با ٦۳/۳۷ تن در هکتار بیش‌ترین مقدار ترسیب کربن را داشته و کم‌ترین ذخیره کربن مربوط به کاربری کشاورزی با ٤۱/٥۳ تن در هکتار بود.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی جنگل‌های کران رودی از کیفیت و ترسیب کربن خاک بیش‌تری برخوردار بوده و تغییر کاربری موجب آسیب این رویشگاه‌ها می‌شود. بررسی ترسیب کربن در اکوسیستم‌های ساحلی ممکن است به تعیین شرایط پایه کمک کرده و می‌تواند برای تقویت طرح‌های احیا یا پرداختن به تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر ذخایر کربن در این نواحی مورد استفاده قرار بگیرد.

استناد: علیدادی، فاطمه، حجتی، سیّدمحمّد، پورمجیدیان، محمدرضا، کوچ، یحیی (۱۴۰۱). تأثیر انواع کاربری‌های زمین بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و ترسیب کربن خاک حاشیه رودخانه کرخه. *نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۲۹ (۴)، ۲۱-۱.
DOI: 10.22069/JWFST.2023.20411.1973

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

جنگل‌های کران‌رودی یا جنگل‌های ساحلی[1] به پوشش‌های گیاهی درختی و درختچه‌ای گفته می‌شود که در کنار آب‌های دائمی و فصلی تحت‌تأثیر برهم‌کنش بوم‌سازگان‌های خشکی و آبی به وجود می‌آیند (۱، ۲). پژوهش‌گران روسی واژه Tugai forest را دقیقاً هم‌معنی با جنگل‌های حاشیه رودخانه به‌کار برده‌اند. این واژه به جنگل‌های بیابانی مستقر در دشت‌های سیلابی گفته شده که به‌طور مشخص در دره‌های رودخانه‌ای و دلتاهای مناطق خشک مشاهده می‌شوند (۳). جنگل‌های کران‌رودی می‌توانند مزایای زیادی مانند فیلتر کردن عناصر مغذی، دفع آفات، سموم و مواد زائد حیوانی از رواناب‌های شهری و زمین‌های کشاورزی را به همراه داشته باشند (٤، ٥، ٦). بر طبق نظر پژوهش‌گران، لکه‌های جنگلی حاشیه رودخانه علاوه بر تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب (۷، ۸، ۹)، بر الگوهای تنوع زیستی گیاهی، ویژگی‌های خاک و کیفیت زیستگاه نیز تأثیر می‌گذارند (۱۰، ۱۱). این در حالی است که این بوم‌سازگان‌های ارزشمند عمدتاً به‌واسطه فعالیت‌های انسانی از جمله توسعه فعالیت‌های صنعتی، گسترش شهرها، جنگل‌زادیی، توسعه زمین‌های کشاورزی، احداث سدها و چرای دام به‌طور چشمگیری در معرض تخریب قرار گرفتند (۸، ۱۲). با ارزیابی مشخصه‌های کیفی خاک می‌توان به اثرات کاربری‌های مختلف بر خاک پی برد. برخی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی شامل مجموعه‌ای از ویژگی‌های فیزیکی (بافت خاک، درصد رطوبت، جرم مخصوص ظاهری)، شیمیایی (عناصر تغذیه‌ای، اسیدیته، هدایت الکتریکی) و زیستی (تنفس میکروبی، کربن زیتوده میکروبی، تنفس پایه، کسر میکروبی و ضریب متابولیکی) هستند (۱۳، ١٤). از سویی، درک سازوکار اثر کاربری‌های مختلف روی مشخصه‌های خاک، می‌تواند راهکاری مناسب برای تصمیم‌گیری در مدیریت کاربری اراضی در مناطق مشابه باشد. تغییر کاربری اراضی ناشی از جنگل‌زدایی، چرای بی‌رویه، کشاورزی مفرط، تبدیل مراتع و آتش‌سوزی‌ها، با تأثیر بر عوامل زنده (پوشش گیاهی، تنوع زیستی و ریزجانداران زنده خاکزی) و غیرزنده (رطوبت، نور و دما)، موجب بروز تغییراتی در ویژگی‌های خاک شده و کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را کاهش می‌دهد (۱۵).

یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد گرمایش جهانی پدیده انتشار غیرمجاز گازهای گلخانه‌ای است (١٦). از آغاز انقلاب صنعتی و افزایش نیاز بشر و رشد تحولات، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای گلخانه‌ای به جو افزایش قابل‌توجهی یافت (۱۷). به‌طوری‌که تغییر غلظت دی‌اکسیدکربن از ۲۸۰ پی‌پی‌ام در سال ۱۷۵۰ میلادی به ۳٦۷ پی‌پی‌ام در سال ۱۹۹۹ و ٤۰۰ پی‌پی‌ام در سال ۲۰۱٤ فزونی یافت (۱۸). با توجه به حجم بیش‌تر تجمع دی‌اکسید کربن در اتمسفر، این گاز یکی از کلیدی‌ترین گازها در پدیده گرمایش جهانی کره زمین مطرح گردیده است که درنتیجه افزایش احتراق سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی مقدار آن در جو رو به افزایش است (۱۹). با توجه به نقش مهم جنگل‌ها در ترسیب کربن، تغییر کاربری و تخریب این بوم‌سازگان نقش بسیار مهمی در هدررفت کربن و تولید گازهای گلخانه‌ای دارد (۲۰). هم‌چنین نوع پوشش و کاربری زمین تأثیر معنی‌داری بر ترسیب کربن خاک می‌گذارد به‌طوری‌که تغییر در مقدار ترسیب کربن خاک به مقدار ورودی کربن به خاک از راه بقایای گیاهی و هدر رفت کربن از راه تجزیه بستگی دارد (۲۱). با توجه به نقش مهمی که کربن آلی خاک در تعیین خصوصیات فیزیکی،

1- Riparian forests

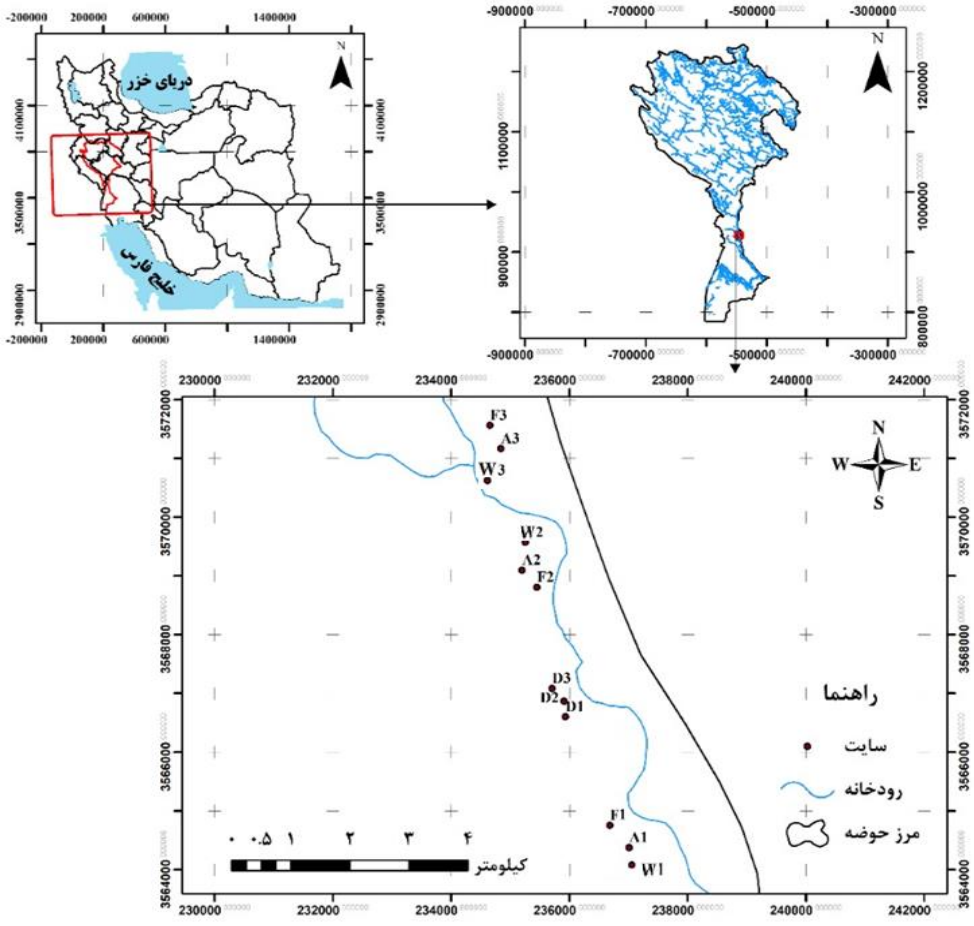
شیمیایی و زیستی مثل چرخه عناصر غذایی، رشد ریشه گیاه، شدت آزاد شدن گازها و حفظ خاک دارد، از ویژگی‌های تعیین‌کننده کیفیت خاک و عملکرد محصول به‌حساب می‌آید (۲۲). با تغییر مقدار ماده آلی در خاک، جرم مخصوص، پایداری خاکدانه، تخلخل، محتوای رطوبت، دما و فعالیت میکروبی به‌شدت تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد (۲۳). تخریب اراضی ناشی از هدررفت کربن آلی خاک ممکن است موجب آسیب ساختار و عملکرد بوم‌سازگان شده و به‌طور مستقیم بر چرخه‌های هیدرولوژیکی و بیژئوشیمیایی در سیستم زمین تأثیر بگذارد (۲٤، ۲۵، ۲٦)؛ زیرا نسبت بالایی (۷۰-٦۰ درصد) از تجمع کربن آلی و مواد مغذی در بوم‌سازگان‌های طبیعی در عمق ۳۰ سانتی‌متری بالای سطح خاک وجود دارد و عملیات خاک‌ورزی در خاک‌های دست‌نخورده باعث به هم خوردن تعادل بین ورود و شدت تجزیه لاشبرگ و درنتیجه مقدار و توزیع مواد آلی خاک می‌شود (۲۷). درک اثر کاربری اراضی بر تنوع پوشش گیاهی و درختی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و رابطه این متغیرها، برای مدیریت پایدار تنوع زیستی به‌ویژه در بوم‌سازگان جنگلی ضروری است (۲۸). براساس گزارش‌ها، تبدیل بوم‌سازگان‌های طبیعی مانند جنگل و مرتع به کشاورزی مدیریت‌شده منجر به کاهش ۱۰ تا ۵۹ درصدی ذخایر کربن خاک می‌شود، درحالی‌که محصولات زراعی با کشت گیاهان مرتعی و پوشش چوبی باعث افزایش کربن آلی خاک می‌شود (۲۹).

جنگل‌های کران‌رودی با وجود فضای نسبتاً کوچکی که اشغال می‌کنند، پتانسیل ترسیب کربن بیش‌تر و سریع‌تر را داشته، کانون‌های تنوع زیستی بوده و خدمات ارزشمند اکوسیستمی متعددی را ارائه می‌دهند (۳۰، ۳۱). ذخیره کربن آلی و درجه دانه‌بندی خاکدانه در نواحی کران‌رودی به‌طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر گیاهان حاضر در این مناطق قرار می‌گیرد (۳۲). انتظار این است که یافته‌های این پژوهش بتواند اطلاعات مناسب را در خصوص مشخصه‌های خاک به‌منظور تصمیم‌گیری بهتر در امر احیای جنگل‌های ساحلی در اختیار مدیران منطقه قرار دهد. جنگل‌های کران‌رودی با وجود دارا بودن ارزش‌های محیط‌زیستی و حفاظتی بالا تاکنون به‌عنوان پوشش‌های جنگلی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته‌اند و اغلب مطالعات مربوط به الگوی پراکنش گونه‌ها و ویژگی‌های جامعه جانوری خاک آن‌ها بود؛ بنابراین بررسی ترسیب کربن در اکوسیستم‌های ساحلی ممکن است به تعیین شرایط پایه کمک کرده و می‌تواند برای تقویت طرح‌های احیا یا پرداختن به تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر ذخایر کربن در این نواحی مورد استفاده قرار بگیرد (۳۳).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه اطراف رودخانه کرخه واقع در شهر شوش در استان خوزستان قرار دارد. به‌طورکلی حوزه آبخیز رودخانه کرخه در غرب کشور و رشته کوه‌های زاگرس واقع شده است. این حوضه دارای مختصات جغرافیایی بین ´٦ °٤٦ و ´۱۰ °٤۹ طول شرقی و بین ´۵۸ °۳۰ و ´۵٦ °۳٤ عرض شمالی است. میانگین بارندگی در حوزه کرخه از حدود ۱۵۰ میلی‌متر در سال در مناطق جنوبی تا بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر در سال در ارتفاعات شمالی و مناطق شرق تغییر می‌کند و دارای رژیم بارش مدیترانه‌ای است. میانگین بارندگی سالیانه آن حدود ۳۲۵/۸ میلی‌متر و متوسط دمای هوا ۲٤ درجه

سانتی‌گراد است. پوشش گیاهی غالب جنگل این منطقه شامل پده (*Populus euphratica*)، گز (*Tamarix* sp.) و سریم (*Lycium shawii*) است (۳٤). در این پژوهش خاک چهار کاربری جنگل طبیعی، جنگلکاری، کشاورزی و زمین بایر مورد مقایسه قرار گرفتند. بخش‌هایی از این کاربری‌ها به‌صورت پیوسته با هم در ارتباط هستند و اختلاف ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت جغرافیایی تقریباً یکسان بودند. نمای کلی از منطقه مورد مطالعه و مناطق نمونه‌برداری شده در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- نمای کلی از منطقه مورد مطالعه و مناطق نمونه‌برداری شده.

Figure 1. Overview of the study area and sampled areas.

جمع‌آوری اطلاعات: پس از بازدید و شناسایی دقیق منطقه، با استفاده از روش تصادفی، تعداد ۱۰ نقطه به‌صورت تصادفی در هر یک از کاربری‌های مورد مطالعه انتخاب شد و نمونه‌برداری خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر در مرکز هر قطعه‌نمونه تهیه شد. به‌منظور بررسی مشخصات شیمیایی خاک در هر قطعه‌نمونه ابتدا از چهار جهت اصلی از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر نمونه تهیه شد و نمونه‌ها با هم آمیخته شده و یک نمونه از هر قطعه‌نمونه استخراج شد. نمونه‌ها درون پلاستیک قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شد.

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از روش توزین و خشک کردن، جرم مخصوص ظاهری به‌روش کلوخه برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، بافت خاک به‌روش هیدرومتری، بررسی واکنش خاک از روش KCl به کمک دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه سنجش هدایت الکتریکی استفاده شد. هم‌چنین کربن آلی خاک با استفاده از روش والکلی- بلاک، درصد نیتروژن کل و نیترات خاک نیز با استفاده از کجلدال، فسفر خاک با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر و پتاسیم با استفاده از فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد.

میزان ترسیب کربن خاک نیز بعد از اندازه‌گیری مشخصه‌هایی چون کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری و عمق نمونه‌برداری با استفاده از رابطه ۱ محاسبه خواهد شد (۳۵).

$$Cs= 100\times OC \times BD \times E \qquad (1)$$

که در آن، CS کربن آلی برحسب کیلوگرم در هکتار، OC کربن آلی خاک، BD جرم مخصوص و E عمق نمونه‌برداری است.

روش: نمونه‌برداری در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار (کاربری‌های مختلف) انجام شد. نرمال بودن داده‌ها (آزمون کولوموگروف-اسمیرونوف) و همگنی واریانس (آزمون لون) با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و برای مقایسه میانگین از آزمون SNK استفاده شد. همه تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9 انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در کاربری‌های مورد مطالعه ارائه شده است (جدول‌های ۱ و ۲). نتایج نشان داد مشخصه‌های درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، هدایت الکتریکی، درصد کربن آلی و میزان پتاسیم با احتمال ۹۹ درصد ($P<۰/۰۱$) و مشخصه‌های جرم مخصوص ظاهری و واکنش خاک با احتمال ۹۵ درصد ($P<۰/۰۵$) در کاربری‌های مورد مطالعه دارای تفاوت معنی‌دار هستند. هم‌چنین تفاوت معنی‌داری در مشخصه‌های درصد رطوبت، میزان کربنات‌کلسیم، فسفر و درصد نیتروژن بین کاربری‌های مورد مطالعه مشاهده نشد.

بررسی دانه‌بندی خاک نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین درصد رس به‌ترتیب در کاربری‌های کشاورزی (۱۸/٤٥ درصد) و جنگلکاری (۸/٥٦ درصد) بوده است (شکل ۲). هم‌چنین میانگین درصد رس در جنگل طبیعی و زمین بایر به ترتیب برابر با ۱۳/۸۹ درصد و ۱۱/٦٦ درصد بود.

نتایج آزمون مقایسه میانگین در ارتباط با مشخصه درصد شن در کاربری‌های مورد مطالعه نشان داد که بیش‌ترین میزان درصد شن در کاربری‌های جنگلکاری و زمین بایر به ترتیب به میزان ٦۰/٤۷ و ٥٦/۸٦ درصد مشاهده شد (شکل ۳). هم‌چنین میانگین درصد شن در کاربری‌های جنگل طبیعی و کشاورزی به ترتیب برابر با ۳۹/۸۲ و ۳۷/٦٥ درصد بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی خاک در کاربری‌های مورد مطالعه.

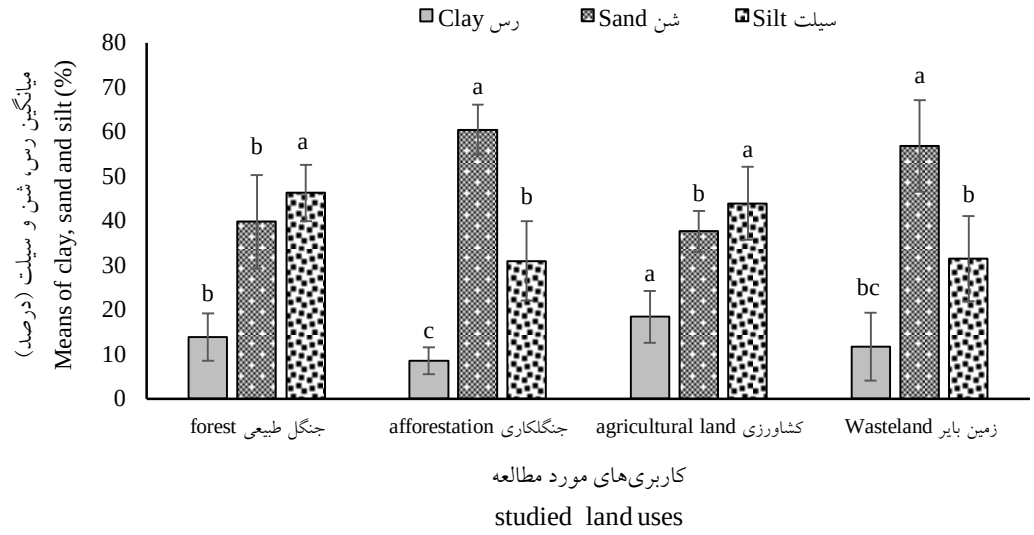
Table 1. Analysis of variance of soil physical characteristics in the studied land uses.

منبع تغییرات S.O. V	درجه آزادی df	رطوبت (درصد) Moisture (%)		رس (درصد) Clay (%)		سیلت (درصد) Silt (%)		شن (درصد) Sand (%)		جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density ($gr.cm^3$)		واکنش خاک pH		هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity ($ds.m^{-1}$)	
		میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value	میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value	میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value	میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value	میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value	میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value	میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value
مدل (کاربری) Model (land use)	3	32.3	1.83^{ns}	507.1	8.7^{**}	1919.8	7.6^{**}	3984.6	9.2^{**}	0.31	4.78^{*}	0.31	2.6^{ns}	31.9	6.53^{*}
خطا Error	115	17.6		57.9		51.6		433		0.10		0.12		3.83	

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های شیمیایی خاک در کاربری‌های مورد مطالعه.

Table 2. Analysis of variance of soil chemical characteristics in the studied land uses.

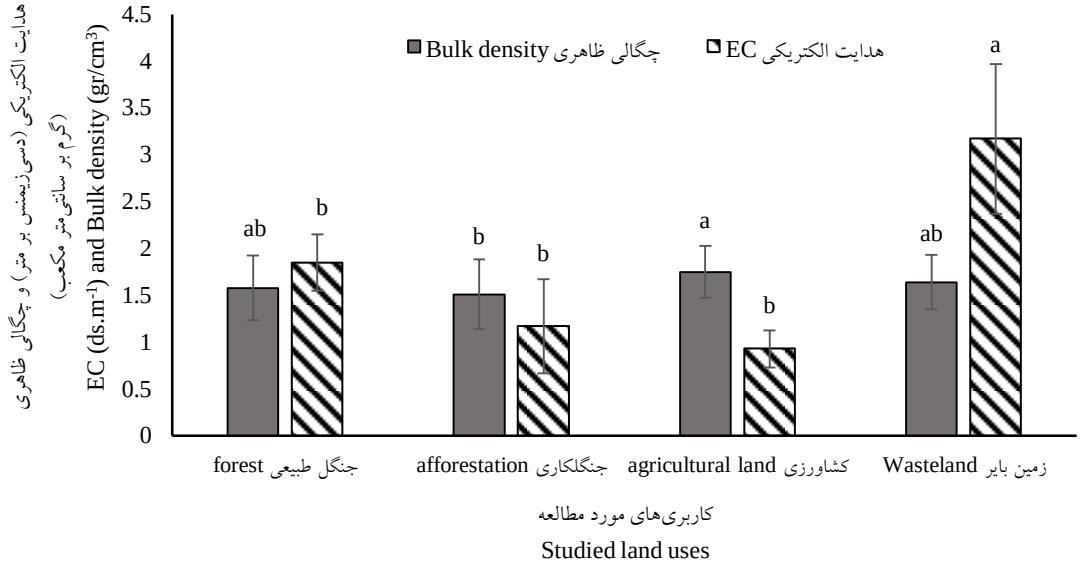
منبع تغییرات S.O. V	درجه آزادی df	کربنات کلسیم (درصد)		کربن آلی (درصد) OM (%)		نیتروژن (درصد) N (%)		فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) P ($mg.kg^{-1}$)		پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) K ($mg.kg^{-1}$)	
		میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value	میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value	میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value	میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value	میانگین مربعات MS	آماره F و معنی‌داری F and P value
مدل (کاربری) Model (land use)	3	65.82	0.77^{ns}	1.99	3.52^{**}	0.007	0.11^{ns}	167.69	1.07^{ns}	5.3448.9	17.3^{**}
خطا Error	115	85.51		0.56		0.003		156.08		29102.6	

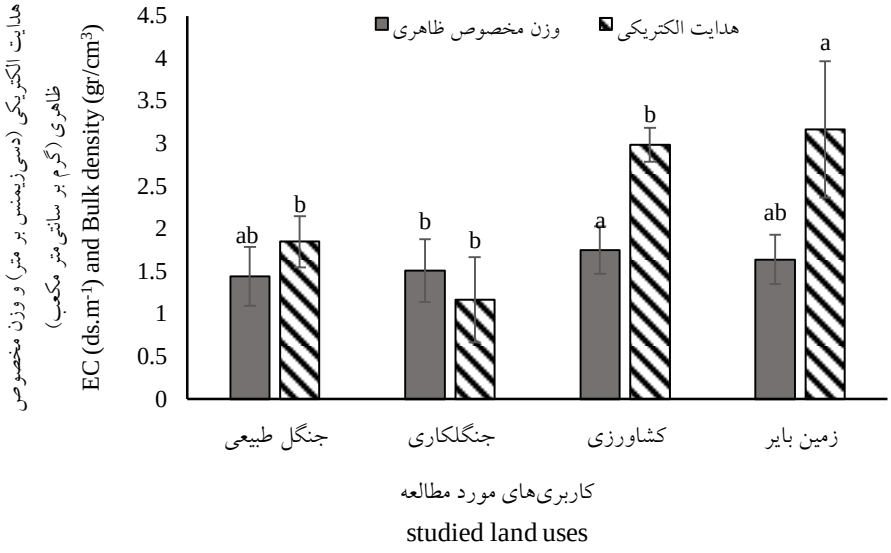


شکل ۲- میانگین ± اشتباه معیار محتوی رس، سیلت و شن در کاربری‌های مورد مطالعه.

Figure 2. Mean ± standard error of clay, silt and sand content in the studied land uses.

نتایج نشان داد که جرم مخصوص ظاهری خاک در اراضی با کاربری کشاورزی با میانگین ۱/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیش‌تر از دیگر کاربرها بوده است. میانگین جرم مخصوص ظاهری در کاربری‌های زمین بایر، جنگل طبیعی و جنگلکاری به‌ترتیب برابر با ۱/٦٤، ۱/۵۸ و ۱/۵۱ میلی‌گرم بر سانتی‌متر مکعب بود.

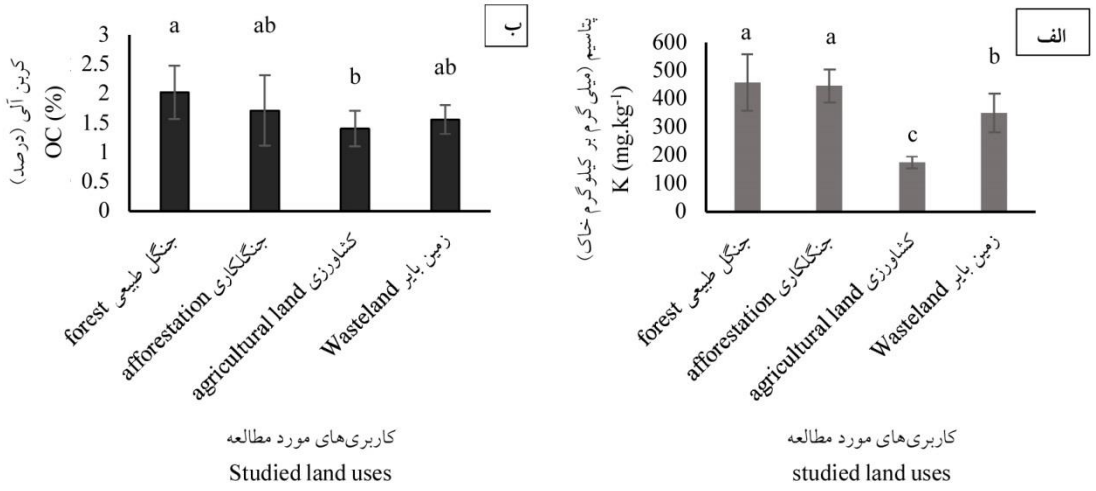




شکل ۳- میانگین ± اشتباه معیار مشخصه‌های هدایت الکتریکی و جرم مخصوص ظاهری در کاربری‌های مورد مطالعه.

Figure 3. Mean ± standard error of electrical conductivity characteristics and apparent specific mass in the studied land uses.

در ارتباط با هدایت الکتریکی نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین این مشخصه به‌ترتیب در کاربری‌های زمین بایر (۳/۱۷ دسی‌زیمنس بر متر) و جنگلکاری (۱/۱۷ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد (شکل ٤). میانگین هدایت الکتریکی در کاربری‌های جنگل طبیعی و کشاورزی به ترتیب ۱/۸۵ و ۲/۹۹ دسی‌زیمنس بر متر به ثبت رسید (شکل ٤).



شکل ٤- میانگین ± اشتباه معیار مشخصه‌های کربن آلی (الف) و میزان پتاسیم برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (ب) در کاربری‌های مورد مطالعه.

Figure 4. Mean ± standard error of organic crane characteristics (a) and potassium content in mg/kg of soil (b) in the studied land uses.

در ارتباط با مشخصه‌های شیمیایی خاک تنها دو مشخصه درصد کربن آلی و میزان پتاسیم در کاربری‌های مورد مطالعه دارای تفاوت معنی‌دار بودند که نتایج آزمون مقایسه میانگین آن‌ها در شکل ٤- الف و ب ارائه شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین درصد کربن آلی در اراضی با کاربری جنگل طبیعی با میانگین ۲/۰۲ درصد وجود داشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان درصد کربن آلی در اراضی با کاربری کشاورزی با میانگین ۱/٤ درصد مشاهده شد.

نتایج میانگین پتاسیم خاک در کاربری‌های مورد مطالعه نشان داد خاک جنگل طبیعی و جنگلکاری به‌ترتیب با میانگین ٤٥٧/٥٥ و ٤٤٥/٤٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم غنی از این عنصر نسبت به دیگر کاربری‌ها بوده است. هم‌چنین کم‌ترین میزان پتاسیم در اراضی با کاربری کشاورزی (۱۷۳/٦۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) مشاهده شد.

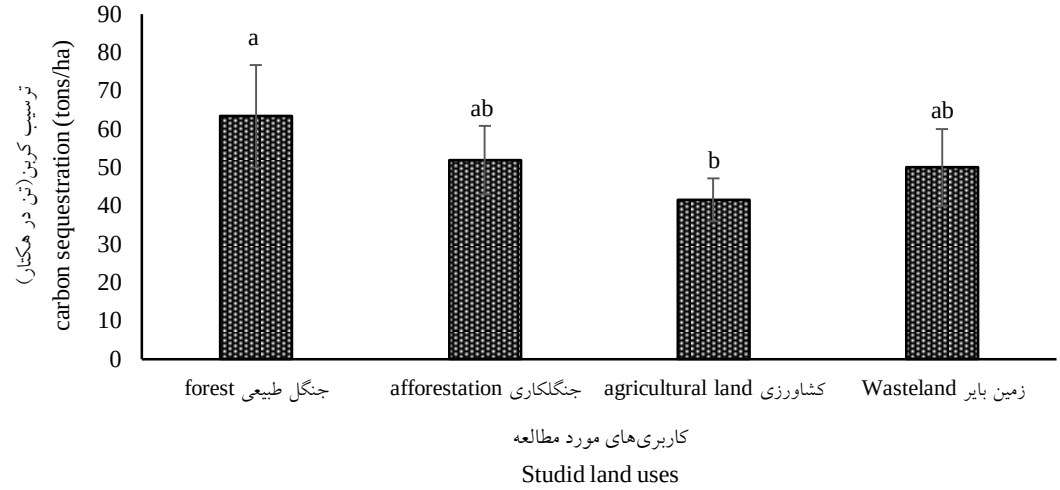
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ترسیب کربن خاک در کاربری‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌دار است (P<۰/۰٥) (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس ترسیب کربن خاک کاربری‌های مورد مطالعه.

Table 3. Analysis of variance of soil carbon sequestration of studied land uses.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of square	میانگین مربعات Mean of square	آماره F F value	سطح معنی‌داری P value
مدل Model	3	7006.3	2335.344	3.70	0.0139
خطا Error	115	72643.689	631.684		
کل Total	118	79649.722			

نتایج مقایسه میانگین ترسیب کربن در کاربری‌های مورد مطالعه نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار ترسیب کربن خاک به ترتیب در جنگل طبیعی ٦۳/۳۷ تن در هکتار و کاربری کشاورزی ٤۱/٥۳ تن در هکتار مشاهده شد (شکل ٥). هم‌چنین میانگین ترسیب کربن خاک در کاربری‌های جنگلکاری و زمین بایر به‌ترتیب ٥۱/۹۳ و ٥۰/۰۳ تن در هکتار به‌دست آمد.



شکل ٥- میانگین ± اشتباه معیار میانگین ترسیب کربن خاک در کاربری‌های مورد مطالعه.

Figure 5. Mean ± standard error of average soil carbon deposition in the studied uses.

بحث

تغییر کاربری اراضی (به‌ویژه تخریب جنگل) مستقیماً موجب تغییر مخزن کربن، ساختار و عملکرد اکوسیستم و تغییر آب‌وهوای جهانی می‌شود (۳۶). نتایج این پژوهش افزایش جرم مخصوص ظاهری را با تغییر کاربری جنگل به‌ویژه در کاربری زراعی نشان داد که با یافته‌های پژوهش‌های دیگر (۲۸، ۳۷) مطابقت دارد. جرم مخصوص ظاهری درنتیجه تأثیری که کاربری اراضی بر نوع پوشش گیاهی، ماده آلی، ساختمان و تخلخل خاک دارد، تغییر می‌کند. تغییر کاربری اراضی جنگلی با تخریب ماده آلی خاک و تضعیف پایداری خاکدانه همراه بوده و خاک را تحت‌تأثیر فرسایش آبی و بادی قرار می‌دهد (۳۸). با فرسایش ذرات خاک، خلل و فرج خاک پر شده، درنتیجه تخلخل کاهش یافته و جرم مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد (۳۸). با تغییر کاربری از جنگل به کشاورزی جرم مخصوص ظاهری افزایش یافت (۳۹، ٤٠)، زیرا پوشش گیاهی جنگل با سیستم ریشه‌ای خود ساختمان خاک را حفظ کرده و مانع از تخریب آن می‌شود. خرد و ریز شدن ذرات خاک درنتیجه فعالیت‌های مکانیکی در اراضی زراعی نیز می‌تواند موجب افزایش جرم مخصوص ظاهری شود (٤١). میرکریمی و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که با افزایش عمق، جرم مخصوص ظاهری افزایش یافته و بیش‌ترین مقدار جرم مخصوص ظاهری را در سطح خاک زراعی و کم‌ترین آن را در کاربری جنگل و مرتع گزارش کردند (٤٢).

کریمی و همکاران (۲۰۰۸) فقر خاک از ماده آلی را از دلایل عدم پایداری خاکدانه عنوان کردند (٤٣). کاهش پایداری خاکدانه‌ها خود نشان‌دهنده کاربری ناپایدار اراضی است (٤٤)؛ بنابراین با توجه به نتایج و مطالب فوق، عملیات کشت و زرع، موجب شکست خاکدانه‌های درشت و درنتیجه اتلاف و از دست رفتن ماده آلی خاک می‌شود (٤٥). کاربری زراعی دارای کم‌ترین میزان کربن آلی بوده که نسبت به خاک جنگل طبیعی با بیش‌ترین محتوای کربن اختلاف قابل‌توجهی داشت. کاهش مواد آلی در اثر عملیات خاک‌ورزی به دلیل به هم خوردن خاک سطحی، تسریع تجزیه زیستی مواد آلی و به دنبال آن معدنی شدن کربن و آزادسازی دی‌اکسید کربن، تشدید فرسایش خاک و درنهایت هدررفت مواد آلی همراه با رواناب همراه است (٤٥، ٤٦). کاهش حفاظت فیزیکی ماده آلی در اثر خرد شدن خاکدانه‌های درشت طی عملیات شخم و افزایش دمای خاک ناشی از کاهش پوشش گیاهی سایه‌انداز از دیگر علل کمبود ماده آلی در خاک می‌باشد (٤٤، ٤٧). در اراضی کشاورزی افزایش سرعت ورود اکسیژن به خاک و در اراضی بایر افزایش دمای خاک ناشی از دمای بالای هوا از علل افزایش اکسیداسیون ماده آلی و کاهش مقادیر آن‌ها می‌باشند (٤٨). در پژوهشی میزان بالای تجزیه مواد آلی ناشی از فرآیند زراعت در طول عملیات شخم و از بین رفتن پوشش خاک از دلایل عمده کمبود ماده آلی در کاربری زراعی و بایر برشمرده شد (٤٩). کاهش کربن آلی در کاربری کشاورزی می‌تواند در رابطه با حذف بقایای گیاهی پس از برداشت محصول و میزان زی‌توده کم‌تر از سایر باشد (۵۰). برخلاف اراضی جنگلی در کاربری زراعی بین تجزیه ماده آلی و تجمع لاشبرگ تعادل وجود ندارد. در اثر عملیات خاک‌ورزی لایه‌های زیرین خاک که حاوی کربن آلی کم‌تری بوده با خاک سطحی دارای کربن آلی بیش‌تر مخلوط شده و درنتیجه خاک سطحی از مقادیر کربن کم‌تری برخوردار می‌شود (۵۱). در کاربری جنگل طبیعی و جنگلکاری با توجه به پوشش درختی، حفظ رطوبت بیش‌تر و پویایی بوم‌سازگان، ساختمان خاک از شرایط بهتری برخوردار بوده و به دلیل فرسایش‌پذیری کم‌تر

این اراضی، نسبت ورودی کربن به خروجی آن بیش‌تر است (۵۲). از طرفی بقایای چوبی و پوست درختان خود عاملی در جهت افزایش کربن ورودی به خاک است (۵۳). در رویشگاه‌های جنگلی ورود بقایای گیاهی و درختی به سطح خاک و مانده‌های گیاهان علفی زیرآشکوب با سیستم ریشه‌ای سطحی و افشان موجب شده تا تجمع کربن آلی خاک در مقایسه با کاربری‌های دیگر افزایش قابل‌توجهی داشته باشد (٥٤).

نتایج نشان داد که بیش‌ترین هدایت الکتریکی مربوط به اراضی بایر و سپس کاربری کشاورزی بوده که همسو با نتایج جهان‌تیغ و جهان‌تیغ (۲۰۲۰) (۵۵) است. افزایش هدایت الکتریکی در اراضی بایر ممکن است به دلیل کاهش بقایای آلی در خاک و در کاربری کشاورزی می‌تواند به دلیل اعمال کوددهی، سموم و ورود املاح قلیایی ناشی از آب آبیاری باشد (٥٦، ٥٧). هدایت الکتریکی از عوامل محدودیت رشد گیاهان به‌حساب می‌آید. به دلیل از بین رفتن گیاهان در اراضی بایر و پوشش گیاهی موقتی در اراضی کشاورزی، دمای خاک افزایش و رطوبت آن کاهش می‌یابد و با توجه به حرکت املاح به سطح بالایی خاک به‌واسطه سطح آب زیرزمینی، موجب افزایش غلظت نمک و هدایت الکتریکی می‌شود (۵۵). از دیگر علل افزایش هدایت الکتریکی به‌ویژه در اراضی بایر انتشار گردوغبارهای حاوی مقادیر بالای ذرات معلق و نمک می‌باشد (۵۸).

در اثر تغییر کاربری از جنگل به کشاورزی اگرچه اختلاف معنی‌داری از نظر درصد شن مشاهده نشد و کاربری جنگلکاری و زمین بایر دارای شن بیش‌تری بوده‌اند، اما بافت خاک به سمت خاک‌هایی با بافت ریزتر تغییر یافته که با نتایج پژوهش‌های دیگر (٤۹، ۵۹) مطابقت دارد. علت مقادیر بالاتر شن می‌تواند با توجه به شستشوی بیش‌تر خاک ناشی از آب و فرسایش ذرات ریزدانه و بر جای ماند ذرات درشت‌دانه باشد. بر اساس نتایج، کاربری جنگل بیش‌ترین میزان سیلت را داشته که با نتیجه برومند و همکاران (۲۰۱٤) (٦۰) مطابقت دارد. در پژوهشی نیز به اختلاف معنی‌داری بین کاربری‌های مختلف از نظر درصد سیلت اشاره شد. بر اساس یافته‌های این پژوهش بالاترین درصد رس متعلق به کاربری زراعی بوده که مبنی بر مقادیر بیش‌تر رس در اراضی کشاورزی نسبت به جنگل است (٦۱). فقدان پوشش گیاهی در اراضی بایر یکی از عوامل تأثیرگذار در انتقال ذرات رس و سیلت است (۵۲). به‌طورکلی با افزایش ذرات شن در بافت خاک، درصد سیلت و رس کاهش می‌یابد که این موضوع به‌وضوح در بین کاربری جنگلکاری و اراضی بایر مشخص است. در پژوهشی گزارش شده است که خاک کاربری‌های زراعی تحت‌تأثیر عملیات آبیاری به‌صورت متناوب در شرایط خشک و مرطوب قرار گرفته که این فرآیند موجب افزایش هوازدگی کانی‌های اولیه و درنتیجه کاهش اندازه ذرات خاک یعنی افزایش میزان رس و سیلت و کاهش مقادیر شن شده است (٦۲) که در این پژوهش نیز نتایج فوق مشاهده شد.

در اثر تغییر کاربری، محتوای پتاسیم قابل‌جذب تغییرات معنی‌داری را نشان داد. کاهش قابل‌توجه پتاسیم قابل‌جذب در کاربری کشاورزی نسبت به سایر کاربری‌ها می‌تواند به دلیل جذب این عنصر توسط گیاهان زراعی و هم‌چنین تخلیه پتاسیم خاک درنتیجه آبشویی باشد (٦۳). کاهش پتاسیم در اثر تغییر کاربری به دلیل سبک بودن بافت خاک، عدم حضور دائم پوشش گیاهی و آبشویی ناشی از فرسایش می‌باشد (٦۱). از دیگر دلایل کاهش پتاسیم قابل‌جذب، تولید اسیدهای آلی در اثر تجزیه مواد آلی بوده که روند آزادسازی پتاسیم از کانی‌ها را افزایش می‌دهند. ازآنجایی‌که تجمع پتاسیم غالباً در سطح خاک بوده،

بنابراین با تغییر کاربری به‌راحتی از دسترس خارج می‌شود (٦٤). مقادیر قابل‌توجه پتاسیم در سطح خاک اراضی جنگلی با توجه به توان زیاد جذب پتاسیم از اعماق خاک به کمک ریشه است (٦٥).

مطابق با نتایج این پژوهش، عدم اختلاف معنی‌دار در مقادیر pH را بین کاربری‌های جنگل، مرتع و کشاورزی گزارش شده است (٦٦). هم‌چنین در پژوهشی بیان شد که کاربری‌های جنگل، زراعی و اراضی بایر از نظر مقادیر pH تفاوت معنی‌داری نداشتند (٦٧). به دلیل پتانسیل بافری نسبتاً زیاد خاک‌های جنوب کشور که ناشی از میزان بالای کربنات کلسیم، بافت متوسط تا نسبتاً سنگین و رس‌های با ظرفیت بالا بوده، از تغییرات زیاد pH تحت‌تأثیر تغییر کاربری اراضی تا حدی جلوگیری می‌شود (٦٨). از دیگر دلایل عدم اختلاف معنی‌دار در کاربری‌ها می‌تواند با توجه به میزان بارندگی، خاک و سازند یکسان باشد و ازآن‌جایی‌که pH خاک بسته به مواد مادری و تغییرات ایجاد شده در مراحل تشکیل متفاوت بوده، بنابراین همبستگی قوی با بارندگی داشته و تغییر خاصی در آن مشاهده نمی‌شود (٥٢).

با توجه به نتایج، بین مقادیر فسفر خاک در کاربری‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که با یافته‌های کیانی و همکاران (٢٠٠٧) (٦٩) مطابقت دارد. در همین رابطه گزارش شده است که باوجوداین‌که بخش مهمی از فسفر از منابع معدنی خاک تأمین شده و تغییر کاربری عمدتاً بخش آلی خاک را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (٦٨)، این انتظار وجود دارد که تغییر مقادیر فسفر قابل‌جذب خاک آن‌چنان اثرپذیری از تغییر کاربری نداشته باشد. هرچند ارائه نتیجه قطعی مستلزم ارزیابی مجزای بخش معدنی و آلی با روش عصاره‌گیری جزءبه‌جزء می‌باشد. البته نتایج متفاوتی هم از نظر کاهش میزان فسفر قابل‌جذب درنتیجه تغییر کاربری جنگل در برخی پژوهش‌ها گزارش شده است (٧٠، ٧١).

نتایج نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین کربن ترسیب شده متعلق به جنگل طبیعی و کاربری کشاورزی بود. تغییر کاربری به کشاورزی از علل مهم هدررفت کربن محسوب می‌شود (١٧). کربن آلی بیش‌تر خاک در رویشگاه جنگلی مشابه با یافته‌های سایر پژوهش‌گران است (٣٧، ٧٢). کاهش ١٥ تا ٣٢ درصدی کربن آلی را پس از جنگل‌زدایی در حاشیه رودخانه در یک دوره سه تا شش‌ساله در پژوهش گزارش شده است (٧٣). روند کاهشی کربن آلی خاک می‌تواند به دلیل اختلالات مکرر خاک پس از تبدیل اراضی جنگلی به کاربری‌های دیگر باشد (٧٤). نقش پوشش تاجی درختان، نوع گونه گیاهی، خصوصیات رویشی و نوع تغییر کاربری بر میزان ذخایر کربن دارای اهمیت بوده و اختلاف قابل‌توجهی را بین رویشگاه‌های جنگلی و دیگر کاربری‌ها سبب شد (٧٥). مشابه با یافته‌های این پژوهش، کرمی و همکاران (٢٠١٩) توانایی پوشش جنگلی را در افزایش پتانسیل خاک برای نگهداشت کربن آلی گزارش کردند (٧٦). برخی مطالعات میزان دو درصد کربن آلی را به‌عنوان غلظت بحرانی در پایداری ساختار خاک (٧٧)، ظرفیت تبادل کاتیونی (٢)، ظرفیت نگهداری آب (٧٨) و ثبات خاکدانه خاک (٧٩) گزارش کردند. میزان ذخیره کربن آلی در جنگل‌های کران‌رودی به نوع درخت، پوشش زیرآشکوب، لاشبرگ و خاک بستگی دارد. تغییرات کاربری و پوشش زمین ممکن است تغییراتی را در انتقال رسوبات و مواد غذایی ایجاد کرده و باعث تغییر شار کربن آلی در امتداد جنگل‌های کران رودی شود؛ بنابراین مقادیر بالاتر ذخایر کربن را می‌توان در سیستم‌های کران رودی طبیعی مشاهده کرد (٨٠). در جنگل‌های کران‌رودی ذخایر کربن به‌شدت تحت‌تأثیر تغییرات فصلی، بارندگی و جریان‌های سیلابی قرار دارند که بر حاصلخیزی، انتقال و توزیع مجدد ماده آلی تأثیر می‌گذارد (٨٠). نتایج ما نشان داد که

جنگل‌های ساحلی دارای پتانسیل قوی برای کمک به ترسیب کربن هستند که همسو با نتایج دیگر پژوهش‌ها بود (۸۱).

نتیجه‌گیری

همان‌طور که نتایج نشان داد، تغییر کاربری اراضی از جنگل طبیعی به اراضی جنگلکاری شده، کاربری زراعی و اراضی بایر موجب بروز تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و ترسیب کربن خاک شد که در جهت تأیید فرض این پژوهش می‌باشد. در بین خصوصیات مورد بررسی، بیش‌ترین میزان کربن آلی، پتاسیم قابل‌جذب و هم‌چنین توانایی ترسیب کربن در رویشگاه‌های جنگلی و به‌ویژه جنگل طبیعی مشاهده شد. بالاترین هدایت الکتریکی مربوط به اراضی بایر و بیش‌ترین جرم مخصوص ظاهری در کاربری کشاورزی به‌دست آمد. از نظر بافت خاک، جنگل طبیعی و کاربری زراعی با دانه‌بندی ریزتر و کاربری جنگلکاری و اراضی بایر با بافت درشت‌دانه مشخص شدند. اثرات گازهای گلخانه‌ای و تغییر آب‌وهوای جهانی مسأله مهمی بوده که کشورها را بر آن داشته تا در راستای محدودیت انتشار آن تلاش و فعالیت نمایند. یکی از بهترین راهکارهای ارائه‌شده موضوع جذب کربن اتمسفری و ترسیب کربن می‌باشد. ازآن‌جایی‌که گیاهان مختلف از نظر ترسیب کربن با هم فرق دارند، بنابراین تشخیص گیاهانی با قابلیت ترسیب بیش‌تر کربن ضرورت دارد. مهم‌ترین ضعف در مورد ذخایر کربن در جنگل‌های کران رودی فقدان دانش در زمینه تنوع اقلیمی و انواع پوشش گیاهی مرتبط با آن است. از طرفی، احیا و حفاظت از جنگل‌های طبیعی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مخازن کربن آلی اهمیت ویژه‌ای داشته که می‌توانند به‌طور گسترده‌ای حجم بالای کربن را ترسیب کنند. این موضوع علاوه‌بر تأثیری که در حفظ شرایط و ساختمان خاک دارد، می‌تواند عاملی در جهت مقابله با بحران تغییر اقلیم باشد. در این راستا، احیای جنگل‌های ساحلی با توجه به این‌که اهمیت بالایی در حفظ تنوع زیستی و توانایی بالایی در ترسیب سریع کربن دارند و خدمات بی‌شماری از ارزش زیست‌بوم را ارائه می‌دهند، یک راهکار بسیار ارزشمند است (۸۱).

منابع

1. Guo, E., Chen L., Sun, R., and Wang, Z. 2015. Effects of riparian vegetation patterns on the distribution and potential loss of soil nutrients: a case study of the Wenyu River in Beijing. Frontiers of Environmental Science and Engineering. 9: 2. 279-287.
2. Tan, K.H., and Dowling, P.S. 1984. Effect of organic matter on CEC due to permanent and variable charges in selected temperate region soils. Geoderma. 32: 2. 89-101.
3. Treshkin, S.Y., Kamalov, S.K., Bachiev, A., Mamutov, N., Gladishev, A.I., and Aimbetov, I. 1998. Present status of the tugai forests in the Lower Amu-Darya Basin and problems of their protection and restoration. Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas–A basis for restoration, UNESCO Aral Sea Project. BioScience. 40: 540-551.
4. Luke, S.H., Slade, E.M., Gray, C.L., Annammala, K.V., Drewer, J., Williamson, J., Agama, A.L., Ationg, M., Mitchell, S.L., Vairappan, C.S., and Struebig, M.J. 2019. Riparian buffers in tropical agriculture: Scientific support, effectiveness and directions for policy. J. of Applied Ecology. 56: 1. 85-92.
5. Moriasi, D.N., Steiner, J.L., and Arnold, J.G. 2011. Sediment measurement and transport modeling: Impact of riparian and filter strip buffers. J. of Environmental Quality. 40: 3. 807-814.

6.De Mello, K., Valente, R.A., Randhir, T.O., dos Santos, A.C.A., and Vettorazzi, C.A. 2018. Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: Watershed versus riparian zone. Catena. 167: 130-138.
7.De Souza, A.L., Fonseca, D.G., Liborio, R.A., and Tanaka, M.O. 2013. Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil. Forest Ecology and Management. 298: 12-18.
8.Celentano, D., Rousseau, G.X., Engel, V.L., Zelarayan, M., Oliveira, E.C., Araujo, A.C.M., and de Moura, E.G. 2017. Degradation of riparian forest affects soil properties and ecosystem services provision in eastern Amazon of Brazil. Land Degradation and Development. 28: 2. 482-493.
9.Newbold, J.D., Herbert, S., Sweeney, B.W., Kiry, P., and Alberts, S.J. 2010. Water quality functions of a 15-year-old riparian forest buffer system 1. J. of the American Water Resources Association. 46: 2. 299-310.
10.Strasser, T., Lang, S., Riedler, B., Pernkop, F.L., and Paccagnel, K. 2013. Multiscale object feature library for habitat quality monitoring in riparian forests. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. 11: 2. 559-563.
11.Riis, T., Kelly-Quinn, M., Aguiar, F.C., Manolaki, P., Bruno, D., Bejarano, M.D., Clerici, N., Fernandes, M.R., Franco, J.C., Pettit, N., and Portela, A.P. 2020. Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. BioScience. 70: 6. 501-514.
12.Jiang, P., Li, M., Cheng. Zhao, R., and Duan, Y. 2015. Impacts of LUCC on soil properties in the riparian zones of desert oasis with remote sensing data: a case study of the middle Heihe River basin, China. Science of the Total Environment. 506: 259-271.
13.Arshad, M.A., and Martin, S. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment. 88: 2. 153-160.
14.Raiesi, F. 2007. The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in Central Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment. 121: 4. 309-318.
15.Beheshti, A., Raiesi, F., and Golchin, A. 2012. Soil properties, C fractions and their dynamics in land use conversion from native forests to croplands in northern Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment. 148: 121-133.
16.Osabohien, R., Matthew, O., Aderounmu, B., and olawande, T.I. 2019. Greenhouse gas emissions and crop production in West Africa: Examining the mitigating potential of social protection. International J. of Energy Economics and Policy. 9: 1. 57-66.
17.Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma. 123: 1-2. 1-22.
18.United States Geological Survey (USGS). 2003. Carbon sequestration, http//www. USGS.gov.
19.Srivastava, S., Jain, K., Singh, V.N., Singh, S., Vijayan, N., Dilawar, N., Gupta, G., and Senguttuvan, T.D. 2012. Faster response of NO_2 sensing in graphene–WO3 nanocomposites. Nanotechnology. 23: 20. 1-7.
20.Guillaume, T., Damris, M., and Kuzyakov, Y. 2015. Losses of soil carbon by converting tropical forest to plantations: erosion and decomposition estimated by δ13C. Global Change Biology. 21: 9. 3548-3560.
21.Lorenz, K., and Lal, R. 2005. The depth distribution of soil organic carbon in relation to land use and management and the potential of carbon sequestration in subsoil horizons. Advances in Agronomy. 88: 35-66.
22.Whalen, J.K., and Chang, C. 2002. Macroaggregate characteristics in cultivated soils after 25 annual manure applications. Soil Science Society of America J. 66: 5. 1637-1647.
23.Ashagrie, Y., Zech, W., and Guggenberger, G. 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: 1. 89-98.

24. García-Díaz, A., Allas, R.B., Gristina, L., Cerda, A., Pereira, P., and Novara, A. 2016. Carbon input threshold for soil carbon budget optimization in eroding vineyards. Geoderma. 271: 144-149.
25. Sonneveld, B.G.J.S., Keyzer, M.A., and Ndiaye, D. 2016. Quantifying the impact of land degradation on crop production: the case of Senegal. Solid Earth. 7: 1. 93-103.
26. Costantini, E.A., Branquinho, C., Nunes, A., Schwilch, G., Stavi, I., Valdecantos, A., and Zucca, C. 2016. Soil indicators to assess the effectiveness of restoration strategies in dryland ecosystems. Solid Earth. 7: 2. 397-414.
27. Zandi, L., Erfanzadeh, R., and Joneidi Jafari, H. 2017. Rangeland use change to agriculture has different effects on soil organic matter fractions depending on the type of cultivation. Land Degradation and Development. 28: 175-180.
28. Appiah-Badu, K., Anning, A.K., Eshun, B., and Mensah, G. 2022. Land use effects on tree species diversity and soil properties of the Awudua Forest, Ghana. Global Ecology and Conservation. 34, p.e02051.
29. Guo, L.B., and Gifford, R.M. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis. Global Change Biology. 8: 4. 345-360.
30. Daigneault, A.J., Eppink, F.V., and Lee, W.G. 2017. A national riparian restoration programme in New Zealand: is it value for money? J. of Environmental Management. 187: 166-177.
31. O'Brien, J.M., Warburton, H.J., Graham, S.E., Franklin, H.M., Febria, C.M., Hogsden, K.L., Harding, J.S., and McIntosh, A.R. 2017. Leaf litter additions enhance stream metabolism, denitrification, and restoration prospects for agricultural catchments. Ecosphere. 8: 11. 1-17.
32. Kimura, A., Baptista, M.B., and Scotti, M.R. 2017. Soil humic acid and aggregation as restoration indicators of a seasonally flooded riparian forest under buffer zone system. Ecological Engineering. 98: 146-156.
33. Giese, L.A., Aust, W.M., Kolka, R.K., and Trettin, C.C. 2003. Biomass and carbon pools of disturbed riparian forests. Forest Ecology and Management. 180: (1-3). 493-508.
34. Darvishsefat, A.A., and Tajvidi, M. 2006. Atlas of protected areas of Iran. Publications of Environmental Protection Organization. 170p. (In Persian)
35. Badehiyan, Z., Mansour, M., Foshat, M., and Fakhari, M.A. 2016. Investigation on the soil carbon sequestration in natural forest and different plantation types (case study: Chamestan forest, Mazandaran). J. of Forest and Wood Products. 69: 3. 523-534.
36. Mukhopadhyay, S., Masto, R.E., Cerda, A., and Ram, L.C. 2016. Rhizosphere soil indicators for carbon sequestration in a reclaimed coal mine spoil. Catena. 141: 100-108.
37. Toru, T., and Kibret, K. 2019. Carbon stock under major land use/land cover types of Hades sub-watershed, eastern Ethiopia. Carbon Balance and Management. 14: 1. 1-14.
38. Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. Soil and Tillage Research. 8: 2. 270-277.
39. Gholami, L., Davari, M., Nabiollahi, K., and Joneidi Jafari, H. 2016. Effect of land use changes on some soil physical and chemical properties (case study: Baneh). J. of Soil and Water Resources Conservation. 5: 4. 14-25. (In Persian)
40. Vahabzadeh Kebria, G., Reiahi, M.R., and Roshun, S.H. 2016. Investigation of Land Use Change on Physicochemical Characteristics and Soil Erosion in Kaftargar Basin of Behshahr. Environmental Erosion Researches. 6: 2. 75-88. (In Persian)

41. Yao, M.K., Angui, P.K., Konate, S., Tondoh, J.E., Tano, Y., Abbadie, L., and Benest, D. 2010. Effects of land use types on soil organic carbon and nitrogen dynamics in Mid-West Cote d'Ivoire. European J. of Scientific Research. 40: 2. 211-222.
42. Mirkarimi, M., and Khormali, F. 2011. Comparison of micromorphological properties of mollisols under different crop rotations. Soil Management and Sustainable. 1: 1. 115-129. (In Persian)
43. Karimi, H., Soufi, M., Haghnia, G.H., and Khorasani, R. 2008. Investigation of aggregate stability and soil erosion potential in some loamy and sandy clay loam soils: case study in Lamerd watershed (south of Fars province). J. of Agriculture Science Natural Resources. 14: 4. 11-19. (In Persian)
44. Carter, M.R., Gregorich, E.G., Angers, D.A., Donald, R.G., and Bolinder, M.A. 1998. Organic C and N storage, and organic C fractions, in adjacent cultivated and forested soils of eastern Canada. Soil and Tillage Research. 47: 3-4. 253-261.
45. Martinez-Mena, M., Lopez, J., Almagro, M., Boix-Fayos, C., and Albaladejo, J. 2008. Effect of water erosion and cultivation on the soil carbon stock in a semiarid area of South-East Spain. Soil and Tillage Research. 99: 1. 119-129.
46. Tejada, M., and Gonzalez, J.L. 2008. Influence of two organic amendments on the soil physical properties, soil losses, sediments and runoff water quality. Geoderma. 145: 3-4. 325-334.
47. Nardi, S., Cocheri, G., and Dell Agnola, G. 1996. Biological activity of humus. In: Humic Substances in Terrestrial Ecosystems (ed.) Piccolo, A. Elsevier, Amsterdam. pp. 361-406.
48. Chibsa, T., and Ta'a, A. 2009. Assessment of soil organic matter under four land use systems in Bale Highlands, Southeast Ethiopia A. Soil organic matter contents in four land use systems: forestland, grassland, fallow land and cultivated land. World Applied Sciences J. 6: 9. 1231-1246.
49. Sadeghi Mianrodi, M., Moezi, A., Gholami, A., Babaei-nejad, T., and Panahpur, E. 2022. Effects of land-use change on soil physical characteristics and nutrients in northern Khuzestan. J. of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific J. of Agriculture). 44: 4. 381-397. (In Persian)
50. Eynard, A., Schumacher, T.E., Lindstrom, M.J., and Malo, D.D. 2004. Aggregate sizes and stability in cultivated South Dakota prairie Ustolls and Usterts. Soil Science Society of America J. 68: 4. 1360-1365.
51. Yousefifard, M., Jalalian, A., and Khademi, H. 2007. Estimating Nutrient and Soil Loss from Pasture Land Use Change Using Rainfall Simulator. Agricultural sciences and techniques and natural resources, 11: 40. 93-107. (In Persian)
52. Peachand, M. 2017. Studying the effect of conversion of pasture to other agricultural uses on some physical and chemical properties of soil (case study: Imamah watershed). Natural ecosystems of Iran. 8: 1. 99-122. (In Persian)
53. Lorenz, K., Lal, R., and Shipitalo, M.J. 2006. Stabilization of organic carbon in chemically separated pools in no-till and meadow soils in Northern Appalachia. Geoderma. 137: 1-2. 205-211.
54. Ehsani, S., Kooch, Y., and Akbarinia, M. 2019. The Effect of Forest Land Use Change on Soil Quality Characteristics and Carbon Dioxide Emission. Iranian J. of Soil and Water Research, 50: 5. 1063-1072.
55. Jahantigh, M., and Jahantigh, M. 2020. Investigating of land use change effect on some soil physical-chemistry characteristics and Erosion in arid areas (case study: Hirmand of sistan). Environmental Erosion Researches. 9: 4. 92-118. (In Persian)
56. Adugna, A., and Abegaz, A. 2016. Effects of land use changes on the dynamics of selected soil properties in northeast Wellega, Ethiopia. Soil. 2: 1. 63-70.

57. Rasouli-Sadaghiani, M.H., and Sheikhlou, F., 2016. Effects of Agronomic, Orchard and Forest Land Uses on Soil Quality Index (SQI) in West Azerbaijan Province. J. of Water and soil, 26: 2. 141-153. (In Persian)
58. Geissen, V., Sánchez-Hernández, R., Kampichler, C., Ramos-Reyes, R., Sepulveda-Lozada, A., Ochoa-Goana, S., De Jong, B.H.J., Huerta-Lwanga, E., and Hernandez-Daumas, S. 2009. Effects of land-use change on some properties of tropical soils-an example from Southeast Mexico. Geoderma, 151: 3-4. 87-97.
59. Landi, A., Chorom, M., Hojati, S., and Jafari, S. 2018. Study of the effects of land use change and construction of sugarcane fields on physicochemical, mineralogical and micromorphological characteristics of soil in southern Khuzestan province. J. of Soil Management and Sustainable, 8: 2. 43-61. (In Persian)
60. Boroumand, M., Qajar Sepanloo, M., and Bahmaniar, M.A. 2014. The Effect of Land Use Change on Some Physical and Chemical Properties of Soils (Case Study: Samskandeh Sari). J. of Watershed Management. 5: 94-94.
61. Ajmi, M., Khormali, F., and Ayobi, S. 2010. Application of neural network for prediction of earthen Dam Peak Breach outflow, and Breach Time. Iranian J. of Soil and Water Research. 39: 1. 15-30. (In Persian)
62. Presley, D.R., Ransom, M.D., Kluitenberg, G.J., and Finnell, P.R. 2004. Effects of thirty years of irrigation on the genesis and morphology of two semiarid soils in Kansas. Soil Science Society of America J. 68: 6. 1916-1926.
63. Jafari, S., Baghernezhad, M., and Chorom, M. 2005. Evaluation of changes in some physicochemical characteristics of agricultural lands (under sugarcane and intermittent cultivation) and virgin lands of Haft Tepe region, Khuzestan. Agriculture. 28: 1. 165-182. (In Persian)
64. Ramezanpour, H., and Rasooli, N. 2017. Investigating the effects of changing land use and parent materials on some soil properties. Soil research (soil science and Iran). 29: 2. 221-231. (In Persian)
65. Tellen, V.A., and Yerima, B.P. 2018. Effects of land use change on soil physicochemical properties in selected areas in the North West region of Cameroon. Environmental Systems Research. 7: 1. 1-29.
66. Abdoalmohamdi, S., Ildoromi, A., and Heshmati, M. 2021. The effect of land use change on some physical and chemical properties of soil in the Halshi Watershed, Kermanshah. Geography and Planning. 25: 75. 171-180. (In Persian)
67. McDonald, I.R., Lifer, I., Sassen, R., Mitchell, R., and Gui Nasso, N. 2002. Transfer of hyalvocarbons from natural see to the water column and Atmosphere. Geofluids. 2: 95-107.
68. Mehmandoost, F., Owliaie, H.R., Adhami, E., and Naghiha, R. 2018. Effect of land use change on some physicochemical and biological properties of the soils of Servak plain, Yasouj region. J. of Water and Soil. 32: 3. 587-599. (In Persian)
69. Kiani, F., Jalalian, A., Pashaee, A., and Khademi, H. 2007. Effect of Deforestation, Grazing exclusion and Rangeland Degradation on Soil Quality Indices in Loess-Derived Landforms of Golestan Province. JCPP. 11: 41. 453-464. (In Persian)
70. Meng, Q., Fu, B., Tang, X., and Ren, H. 2008. Effects of land use on phosphorus loss in the hilly area of the Loess Plateau, China. Environmental Monitoring and Assessment. 139: 195-204.
71. Niknahad, G.H., and Maramaei, M. 2011. Effects of land use changes on soil properties (Case Study: the Kechik catchment). J. of Soil Management and Sustainable, 1: 2. 81-96. (In Persian)
72. Schmitt-Harsh, M., Evans, T.P., Castellanos, E., and Randolph, J.C. 2012. Carbon stocks in coffee agroforests and mixed dry tropical forests in the western highlands of Guatemala. Agroforestry Systems. 86: 2. 141-157.

73. Rasiah, V., and Florentine, S.K. 2018. Characterizing selected soil attributes of different land-use management to assess reforestation benefits of deforested riparian buffers. Ecological Processes. 7: 1. 1-12.
74. Shrestha, R.K., Ladha, J.K., and Gami, S.K. 2006. Total and organic soil carbon in cropping systems of Nepal. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 75: 1. 257-269.
75. Noellemeyer, E., Frank, F., Alvarez, C., Morazzo, G., and Quiroga, A. 2008. Carbon contents and aggregation related to soil physical and biological properties under a land-use sequence in the semiarid region of central Argentina. Soil and Tillage Research. 99: 2. 179-190.
76. Karami, M., Rostami, A., and Heydari, M. 2019. Carbon Sequestration and its relation with some Physical and Chemical Characteristics in Soil of Natural Oak Forest and Afforestations in Ilam County. J. of Environmental Science and Technology. 21: 10. 185-199. (In Persian)
77. Carter, M.R., and Stewart, B.A. 1995. Structure and organic matter storage in agricultural soils. Vol. 8. CRC press. 496p.
78. Thomasson, A.J., and Carter, A.D. 1989. Current and future uses of the UK soil water retention dataset. In: Proceedings of the International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils. Riverside. California. pp. 355-358.
79. Tisdall, J.M., and Oades, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. of Soil Science. 33: 2. 141-163.
80. Fernandes, M.R., Aguiar, F.C., Martins, M.J., Rico, N., Ferreira, M.T., and Correia, A.C. 2020. Carbon stock estimations in a mediterranean riparian forest: A case study combining field data and UAV imagery. Forests, 11: 4. 357-376.
81. Dybala, K.E., Matzek, V., Gardali, T., and Seavy, N.E. 2019. Carbon sequestration in riparian forests: A global synthesis and meta-analysis. Global Change Biology. 25: 1. 57-67.