Original Article, Vol. 10, No. 2, Summer, 2022, pp 87-100

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

The Effect of Different Types of Land Uses on Carbon Sequestration and Soil Erosion in Jazinak Region of Sistan

F. Taherkhani[1], E. Rouhi-Moghaddam[2*], A. Salehi[3]

1. Graduated MSc Student in desertification, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.
3. Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Gilan, Gilan, Iran.

* Corresponding Author: erouhimm@uoz.ac.ir

Received date: 08/05/2022 **Accepted date: 18/06/2022**

10.22034/JDMAL.2022.553384.1385

Abstract

The aim of the present study is to investigation the effect of different land uses (forest, rangeland, cane brake and bare land) on carbon sequestration and soil erosion in Jazink region located in Zahak city, Sistan and Baluchestan province. For this purpose, following the field evaluation of various land uses, soil samples were taken from at depths of 0-30 cm and 30-60 cm for each land use. Some soil properties including organic carbon, texture, bulk density, sequestered carbon and soil stability index (MWD) were measured according to standard methods. Data analysis was performed using one-way ANOVA analysis in a completely randomized block design, and the averages were compared by Tukey test at 95% confidence level using SPSS software. The results showed that the amount of bulk density at various soil depths in cane brake land use had the lowest of 0.992 and 0.956 gr/cm^3, respectively, and in the bare land had the highest value about 1.59 and 1.61 gr/ cm^3, respectively. Carbon sequestration in land use by cane brake was 3234.02 and 2455.32 kg/ha, respectively, and in bare land, it was the lowest around 1967.37 and 987.65 kg/ha. Soil stability in the bare land was the lowest at 0.342 mm and the highest in the canebrake land use at 1.67 mm. Higher amount of carbon and organic matter in the soil and the lower bulk density indicates that the soil is more stable and resistant to erosion. In this region, cane brake and forest land uses have the highest degree of stability and carbon sequestration among land uses. These results can be very useful for decision-making and for choosing suitable management practices and desertification programs in arid areas such as this region.

Keywords: Soil organic carbon stock; Ecosystem stability; Soil gradation; Drylands

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

مقاله پژوهشی، سال دهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۱، صفحات ۸۷ تا ۱۰۰

نشریه مدیریت بیابان

www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی بر ترسیب کربن و فرسایش خاک در منطقه جزینک سیستان

فرزاد طاهرخانی[۱]، عین‌اله روحی‌مقدم[۲*]، علی صالحی[۳]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته بیابان زدایی، دانشکدهٔ آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲. دانشیار دانشکدهٔ آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳. دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی. دانشگاه گیلان، گیلان، ایران.

* نویسندهٔ مسئول: erouhimm@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸

10.22034/JDMAL.2022.553384.1385

چکیده

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر کاربری‌های مختلف جنگل، مرتع، نی‌زار و بایر بر میزان ترسیب کربن و فرسایش‌پذیری خاک در منطقهٔ جزینک واقع در شهرستان زهک، استان سیستان و بلوچستان است. برای این منظور پس از ارزیابی میدانی انواع کاربری‌ها، نمونه‌هایی از عمق‌های ۳۰- ۰ و ۳۰-۶۰ سانتیمتری خاک در هر کاربری برداشت شد. برخی ویژگی‌ها شامل کربن آلی خاک، بافت، جرم مخصوص ظاهری، کربن ترسیب شده و شاخص پایداری خاک‌دانه‌ها (MWD) طبق روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق آنالیز یک طرفه ANOVA در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح اعتماد ۹۵٪ با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. نتایج نشان داد که مقدار جرم مخصوص ظاهری درکاربری نی‌زار در عمق‌های مختلف به‌ترتیب ۰/۹۹۲ gr/cm^3 و ۰/۹۵۶ gr/cm^3 کمترین، و در بایر به‌ترتیب ۱/۵۹ gr/cm^3 و ۱/۶۱ gr/cm^3 بیشترین مقدار بوده است. ترسیب کربن در کاربری نی‌زار به‌ترتیب در عمق‌های اول و دوم خاک ۳۲۳۴/۰۲ kg/ha و ۲۴۵۵/۳۲ kg/ha بیشترین مقدار به‌دست آمد. کمترین مقدار آن مربوط به اراضی بایر به ترتیب در عمق‌های اول و دوم خاک ۱۹۶۷/۳۷ kg/ha و ۹۸۷/۶۵ kg/ha می‌باشد. پایداری خاک در بایر ۰/۳۴۲ mm کمترین مقدار و در نی‌زار ۱/۶۷ mm بیشترین مقدار را داشت. در پژوهش حاضر مشخص شد که هر چه مقدار کربن و ماده آلی خاک بیشتر و جرم مخصوص کمتر باشد، خاک دارای پایداری و مقاومت بیشتری نسبت به فرسایش است. در این منطقه کاربری‌های نی‌زار و جنگل بیشترین سطح پایداری و ترسیب کربن را در بین کاربری‌ها دارد. این یافته‌ها می‌تواند برای تصمیم‌گیری و به کارگیری شیوه‌های صحیح مدیریتی و برنامه‌های بیابان‌زدایی در مناطق خشک مشابه این منطقه، مفید باشد.

واژگان کلیدی: ذخیرهٔ کربن آلی خاک؛ پایداری بوم‌نظام؛ دانه‌بندی خاک؛ مناطق خشک

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

■ مقدمه

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی به همراه کمبود آب شیرین و بیابان‌زایی به عنوان مهمترین چالش جهانی برای زیست‌کره محسوب می‌شود و برای بقا بشر تهدیدی جدی به شمار می‌رود (۴). این پدیده یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه پایدار بوده که تأثیر منفی بر زیست بوم‌های خشکی و آبی دارد (۲۰). مطالعات نشان می‌دهد که افزایش غلظت گاز CO_2 در اتمسفر سبب افزایش دمای جهانی شده که این افزایش دما پیامدهای فراوانی به دنبال خواهد داشت. گرم شدن و تغییر اقلیم کرۀ زمین ممکن است به طور معنی‌داری موجب تخریب اراضی و کاهش محصولات کشاورزی، کاهش ذخایر آب، به خطر افتادن سلامتی انسان و بوم‌نظام‌های آبی و زمینی، افزایش خشکسالی، افزایش تبخیر و تعرق، تغییر در الگوی بارش، افزایش فرسایش بادی، افزایش شور شدن خاک‌ها و کاهش معدنی شدن کربن شود (۷، ۵۴).

ترسیب کربن که همان ذخیره کربن در دراز مدت در اکوسیستم‌های طبیعی نظیر جنگل، مرتع، خاک و بیوماس اقیانوس‌ها یا به وسیله روش‌ها و وسیله‌های مصنوعی است، از راه حل‌های پیشنهادی مهم جهت کاهش کربن تولید شده در اتمسفر مطرح می‌باشد. به نظر می‌رسد بهبود فرآیند ذخیره کربن در خاک و گیاه اکوسیستم‌های خشکی مطرح‌ترین گزینه باشد که با افزایش قابلیت تولیدی زمین، دی اکسید کربن اتمسفر در مخزن‌های خاک و گیاه را به‌صورت بلند مدت ذخیره خواهد کرد (۳۷).

تغییر کاربری اراضی پویاترین عامل انسانی مؤثر در وقوع یا تشدید بیابان‌زایی و در عین حال قابل کنترل و مدیریت پذیرترین عامل بیابان‌زایی به شمار می‌رود (۱۹). نظارت بر تغییرات محیطی ناشی از تغییرات در کاربری اراضی، یک جزء اصلی برای مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های طبیعی است (۳۸). تغییر کاربری اراضی را پس از سوخت‌های فسیلی مهم‌ترین منبع انتشار کربن از طریق انسان به اتمسفر می‌دانند. بنابراین با یقین می‌توان از تغییر کاربری اراضی با مدیریت غیر اصولی، به عنوان یکی از دلایل اصلی پدید آمدن اثر گلخانه‌ای و گرم شدن هوای کره زمین طی دهه‌های اخیر نام برد. الگوی کلی تغییر کاربری به طور وسیع می‌تواند در دو گروه اصلی جای گیرد: گروه اول شامل افزایش اراضی کشاورزی در پی تخریب اکوسیستم‌های طبیعی و به ویژه جنگل به دلیل رشد جمعیت و افزایش نیاز جهانی غذا، و گروه دوم بهبود بوم‌نظام‌هایی که تحت تأثیر اراضی کشاورزی حاشیه قرار دارند. تغییر در کاربری اراضی اغلب به کاهش سریع در اجزاء بوم‌نظام وابسته است (۱۰)، مانند کاهش در کربن ذخیره شده در بیوماس و خاک. مقدار کربن ذخیره شده در مادۀ آلی خاک یکی از بزرگترین و مهم‌ترین ذخایر پویای کربن در چرخه جهانی است (۵۱). خاک مخزن اصلی ذخیره طولانی مدت کربن آلی خاک است (۳۰). کاهش در سطوح مواد آلی خاک به علت تغییر کاربری اراضی، کیفیت خاک را کاهش می‌دهد و علاوه بر افزایش فرسایش‌پذیری و ناپایدار شدن توان اکولوژیک بوم‌نظام، منجر به انتشار زیاد گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر می‌شود، که در نتیجه باعث افزایش تغییرات اقلیمی خواهد شد.

تغییر در کاربری اراضی اغلب به تغییر پوشش زمین و ذخیره کربن وابسته است (۵، ۹، ۴۰). میزان ترسیب کربن در مناطق مختلف با توجه به نوع گونه‌های گیاهی، روش احیاء و شرایط محیطی به ویژه مقدار بارندگی متفاوت است. میزان ترسیب کربن در واحد زمان به خصوصیات رشد گونه‌های گیاهی و شیوه‌های مدیریتی، تغییر کاربری اراضی، نوع عملیات احیایی، شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک و ذخیره قبلی کربن در خاک بستگی دارد (۲۹، ۳۵). فرسایش خاک پدیده‌ای اجتناب ناپذیر است. نوع و شدت فرسایش خاک در یک منطقه تابع عوامل مختلفی ازجمله شرایط اقلیمی، توپوگرافی، خاک و کاربری اراضی می‌باشد. در این میان اهمیت کاربری اراضی به دلیل نقش مؤثر انسان در آن نسبت به دیگر عوامل زیادتر می‌باشد. در صورتی که فعالیت‌های انسانی در بهره‌برداری از منابع خاک بر اساس استعداد و قدرت تولیدی آن باشد، فرسایش از حالت طبیعی خارج نخواهد شد (۱، ۴۲).

سیستان با داشتن آب و هوای خشک، خاک شور و قلیایی و املاح زیاد در اراضی آن متأثر از کاربری‌های مختلف گردیده است. جزینک به عنوان یکی از مناطق جنگلی سیستان با اهداف چند منظوره از جمله احیاء

بیولوژیکی برای مهار بیابان‌زایی، ایجاد پارک جنگلی، تقویت پناهگاه حیات وحش، و بادشکن و اهداف حفاظتی و زیست‌محیطی مطرح می‌باشد. این منطقه که در شهرستان زهک واقع شده است، در طی سالیان گذشته با افزایش نیازهای غذایی، مساحت زیادی از اراضی آن بدون توجه به قابلیت آنها، تحت مدیریت‌های متفاوتی قرار گرفته است (۶).

انجام پژوهش حاضر از دو جنبه حائز اهمّیت بوده است، یکی مکان مورد بررسی و دیگری نوع مطالعه. بستر مورد مطالعه منطقه‌ای کم‌نظیر در مناطق خشک ایران است که در آن تنوعی از بوم‌نظام‌های طبیعی شامل جنگل، مرتع، بیابان و نی‌زار به‌جای مانده از تالاب خشکیده، در مجاورت یکدیگر و تحت شرایط اقلیمی و احیاناً زمین‌شناسی یکسان وجود دارد. مطالعات زیادی در سراسر دنیا صورت گرفته است که در آنها ترسیب کربن و میزان ذخیرهٔ کربن آلی خاک و همچنین فرسایش‌پذیری و پایداری خاکدانه‌ها به‌طور جداگانه در کاربری‌های مختلف طبیعی و انسان‌ساخت مورد مقایسه قرار گرفته است. اما شواهد اندکی در مورد بررسی توأم این دو پدیده در کاربری‌های مختلف و بیان ارتباط بین این دو موجود است. پژوهش حاضر سعی دارد با هدف پیدا کردن مناسب‌ترین نوع کاربری طبیعی موجود از نظر افزایش مقدار ترسیب کربن خاک و کاهش فرسایش‌پذیری، بهترین و مؤثرترین نوع کاربری را از نظر پایداری بوم‌نظام‌ها و افزایش توان اکولوژیک آنها معرفی نماید. یافته‌های بدست آمده می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مدیران به‌خصوص در زمینه کنترل و مدیریت بیابان سودمند باشد.

■ مواد و روش

ویژگی‌های منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی با مساحت ۴۹/۲ ha در قسمت جنوب و جنوب غربی شهرستان زهک در استان سیستان و بلوچستان قرار دارد و دارای مختصات جغرافیایی بین "۴۲ °۶۱ تا "۱۲ °۶۱ طول‌شرقی و "۲۲ °۳۰ تا "۲۱ °۳۱ عرض‌شمالی بوده (شکل ۱) که از مرز بین کشور افغانستان با ایران در جنوب شرقی تا مرز سیاسی بین شهرستان زابل و نهبندان در استان خراسان جنوبی به صورت یک قطاع شمال غربی – جنوب شرقی در نظر گرفته شده است (۵۲). معروف‌ترین باد سیستان، باد ۱۲۰ روزه معروف به لوار می‌باشد که این باد معمولا از اوایل خرداد ماه شروع و تا پایان شهریور ماه ادامه می‌یابد و همواره با فرسایش بادی و ایجاد گرد و غبار همراه است. بر اساس طبقه‌بندی دومارتن شهرستان زابل و منطقه جزینک با بارندگی متوسط ۵۹/۶ mm و متوسط سالانه دما معادل ۲۲ °c، دارای شاخص خشکی ۱/۹ بوده و جزء مناطق فرا خشک طبقه‌بندی می‌شود. این منطقه به روش گوسن منطقه بیابانی، روش کوپن منطقه خشک بسیار گرم با تابستان خشک محسوب می‌شود. از عمده‌ترین خصوصیات خاکهای منطقه می‌توان به بافت آنها اشاره کرد، بطوری‌که بسیاری از خاکهای منطقه بویژه در افق‌های سطحی خود دارای بافت شنی، شنی - سیلتی می‌باشند که موجبات فرسایش بادی در آنها به سهولت فراهم می‌شود (۶۲).

در این منطقه کاربری‌های جنگل خالص از گونه پده *Populus euphratica* Olivier، مرتع با گیاه غالب کرته *Desmostachya bipinnata* (L.) Stapf، نی‌زار از گونه *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud در مجاورت یکدیگر مشاهده می‌شوند که در اقلیم بیابانی واقع هستند.

روش جمع آوری داده‌ها

در آغاز موقعیت کاربری‌های مورد مطالعه از منابع طبیعی شهرستان زهک به‌صورت نقشه تهیه گردید و پس از بازدید میدانی موقعیت چهار منطقه جنگلی، مرتعی، نی‌زار و بایر مشخص گردید. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بیشترین تأثیر مواد آلی و کربن در عمق ۳۰cm-صفر و ۶۰-۳۰cm و فرسایش در لایه ۳۰cm-صفر اتفاق می‌افتد (۳۴) که در پژوهش حاضر نیز نمونه‌برداری‌ها از این دو عمق خاک صورت گرفت. به‌طوری که در اواخر اردیبهشت ماه در هر کاربری تعداد ۴۰ نمونه خاک در قالب طرح بلوک کاملا تصادفی از هر دو عمق برداشت شد. نمونه‌های خاک بعد از خشک کردن در هوای آزاد و عبور دادن از الک به مقدار یک کیلوگرم به آزمایشگاه منتقل داده شد. درصد OC به روش والکی و بلک مشخص شد (۵۶). جرم مخصوص ظاهری نیز با استفاده از روش پارافین محاسبه شد (۶). ترسیب کربن از رابطه۱ به دست آمد (۵۶):

$$Cs = 1000 \times OC\ \% \times Bd \times e \quad (۱)$$

که در آن Bd : جرم مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)، C_s : مقدار ترسیب کربن آلی (kg/ha)، OC: کربن آلی و e: عمق نمونه برداری (cm) می‌باشد.

مقدار فرسایش‌پذیری خاک در چهار کاربری با استفاده از ویژگی‌های بافت خاک، دانه‌بندی و پایداری خاکدانه‌ها با استفاده از شاخص میانگین وزن - قطر بررسی و محاسبه شد. پایداری و ثبات خاکدانه که از مهمترین خواص فیزیکی خاک است، مقدار مقاومت خاک یا حساسیت آن را نسبت به فرسایش آبی و بادی را نشان می‌دهد (۲۸). برای تعیین میانگین وزن - قطر خاکدانه‌ها، در ابتدا ۲۵۰ g از خاکدانه‌ها به صورت دست‌نخورده توزین شدند. به روش الک خشک و توسط شیکر با سرعت ۲۰ دور در دقیقه از سری الک‌های به اندازه‌های مختلف حرکت داده شد. سپس مقدار ذرات باقی مانده روی هر الک را وزن کرده و دوباره این کار برای هر الک جداگانه تکرار گردید. میانگین وزن - قطر از رابطه ۲ به دست آمد (۲۱) .

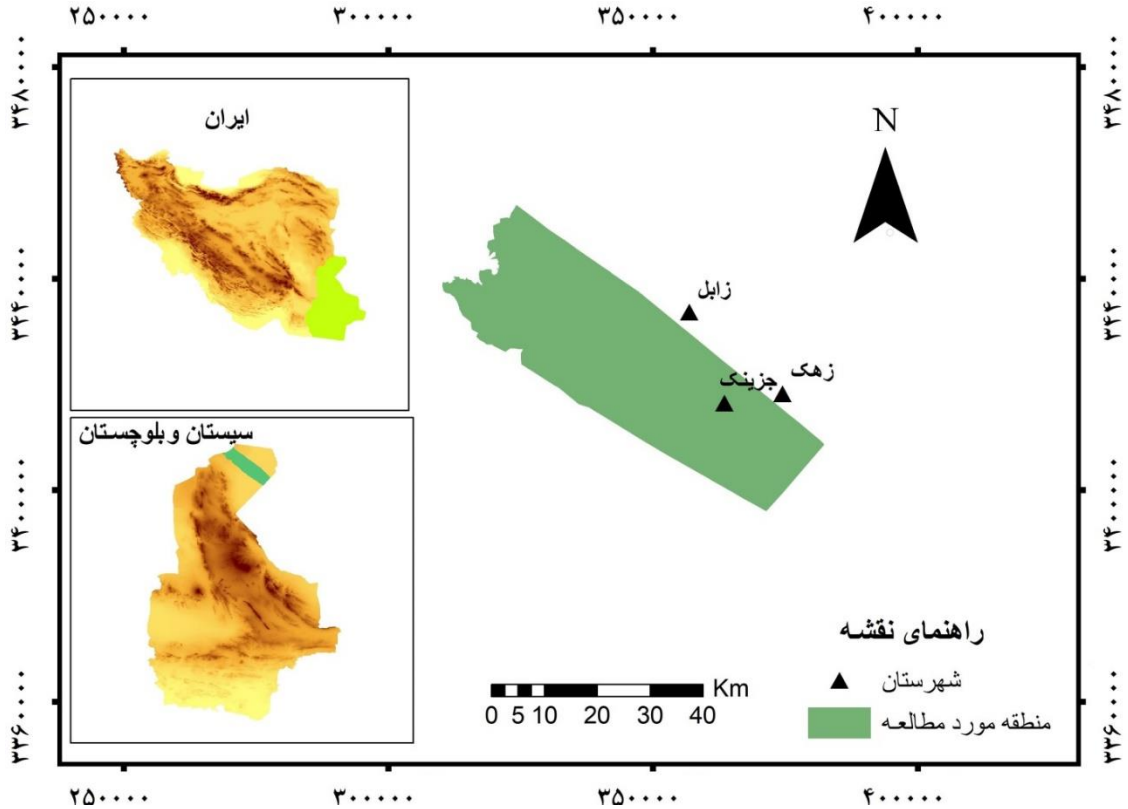
$$MWD = \sum_{i=1}^{n} \bar{X}\, Wi \quad (۲)$$

که در آن

MWD: میانگین وزن - قطر خاکدانه، $\bar{X}$: میانگین قطر خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک

W_i: نسبت وزن خاکدانه‌ها در هر الک به وزن کل، n: تعداد الک‌ها

سطوح بحرانی پایداری خاک بر اساس میانگین وزن- قطر به این صورت تقسیم‌بندی می‌شود.



شکل ۱. نقشه مشخصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. سطوح بحرانی پایداری خاک بر اساس میانگین وزن – قطر (۲۸)

محدودیت	بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم	ناچیز
MWD(mm)	۰/۵ >	۰/۵ – ۱	۲-۱	۲-۲/۵	۲/۵<

پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها، برای آنالیز آماری از نرم‌افزار SPSS 21 استفاده گردید. نرمال بودن داده‌ها با بهره‌گیری از آزمون کولموگروف – اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت. تحلیل واریانس، با استفاده از ANOVA و مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی با احتمال ۹۵٪ استفاده گردید (۴۴). کلیهٔ مراحل انجام پژوهش در شکل ۲ نشان‌داده شده است.

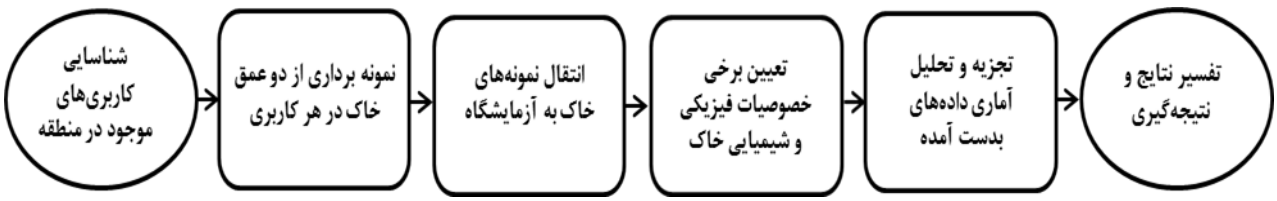
■ نتایج و بحث

نتایج نشان داد به لحاظ جرم مخصوص بین کاربری‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به طوری که در هر دو عمق خاک کاربری‌های جنگل و نی‌زار جرم مخصوص ظاهری کمتری نسبت به کاربری‌های مرتع و بایر دارند (جدول ۲). نتایج به دست آمده با نتایج تعدادی از محققان (۲۳) مطابقت دارد که مؤیّد کاهش جرم مخصوص ظاهری به دلیل وجود مواد آلی است. در پژوهش حاضر بیشتر بودن جرم مخصوص ظاهری در بایر با سایر کاربری‌ها با نتایج برخی از مطالعات دیگر مطابقت دارد (۱۵, ۳۶، ۴۹). در عین حال در نتایج برخی مطالعات اظهار شده که میانگین جرم مخصوص خاک در کاربری جنگل‌ها نسبت به کاربری‌های دیگر مثل زمین زراعی مشابه بوده است (۵). تحقیقات نشان داده است که بافت و عمق خاک حساسیت کمی نسبت به تغییر کاربری دارند و در مقابل جرم مخصوص ظاهری شاخص خوبی به منظور برآورد وضعیت فیزیکی خاک است (۲۶).

مشاهده می‌شود جرم مخصوص ظاهری با افزایش عمق افزایش یافته است. معمولاً با کاهش درصد ماده آلی، سبک شدن بافت و تخریب ساختمان، مقدار این ویژگی افزایش می‌یابد. جرم مخصوص ظاهری در اثر عملیات مدیریت اراضی که بر نوع پوشش گیاهی و ماده آلی، ساختمان و تخلخل خاک اثر می‌گذارد، تغییر می‌نماید. در کاربری‌هایی که بدون پوشش گیاهی هستند، معمولاً ماده آلی خاک کم است و پایداری طبیعی خاکدانه‌ها به واسطه مستعد بودن‌شان به خسارات ناشی از آب و باد ضعیف می‌باشد (۱۱). زمانی که ذرات خاک فرسایش یافته، خلل و فرج خاک را پر می‌کنند، تخلخل کاهش یافته و جرم مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد. بالا بودن جرم مخصوص خاک کاربری بایر می‌تواند باعث محدودیت‌هایی در رشد ریشه گیاهان و رشد ضعیف آنها گردیده و بر روی راندمان محصولات تاثیر گذاشته و پوشش گیاهی موجود جهت محافظت خاک از فرسایش را کاهش دهد (۳۶). فروپاشی خاکدانه‌ها و افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک نشانگر اتلاف فزاینده مواد چسبنده خاک، کاهش فعالیت بیولوژیک خاک، به خصوص کرم‌های خاکی و ریشه گیاهان می‌باشد (۲۲).

جدول تحلیل واریانس تغییرات کربن آلی را در عمق سطحی ۳۰cm - صفر و ۶۰cm -۳۰ کاربری‌های مورد بررسی نشان داد که تغییرات کربن آلی در کاربری‌ها، تفاوت آماری معنی‌داری با استفاده از آزمون توکی در سطح اعتماد ۹۵٪ داشتند، به طوری که بیشترین مقدار آن در کاربری نی‌زار و کمترین آن در کاربری‌های بایر و مرتع برای هر دو عمق خاک بدست آمد (جدول ۲). نتایج به دست آمده با یافته‌های برخی مطالعات دیگر مطابقت دارد (۳۶).

در کاربری‌های مورد مطالعه مقدار کربن آلی با افزایش عمق خاک، کاهش می‌یابد. در تبدیل اراضی نی‌زار و جنگلی به علفی و بایر به درستی ثابت شده است که در این تغییرکاربری‌ها خصوصیات خاک تخریب و به‌ویژه باعث کاهش کربن آلی خاک گردیده و هم‌چنین موجب تغییر در توزیع و پایداری بافت خاک شده است، که در پایان موجب مستعد شدن خاک به فرسایش می‌شود (۱۷، ۴۷). تحقیقات متعددی (۱۲، ۶۰) افزایش قابل توجه ترسیب کربن خاک در اثر جنگل‌کاری را ثابت کرده‌اند.



شکل ۲. مراحل انجام پژوهش

پوشش گیاهی هم در جذب co_2 اتمسفری تأثیر دارد و هم با فراهم کردن نهاده‌های کربن به شکل بقایای گیاهی، بر مقدار ذخیره کربن خاک تاثیر می‌گذارد (۱۴). کربن آلی در کاربری نی‌زار و جنگلی در هر دو عمق، بیشتر از کاربری بایر و مرتعی است که با نتایج تحقیقات متعددی (۳۱، ۳۳، ۳۹) مطابقت دارد. مقدار کربن نیز در عمق سطحی بیشتر از عمق زیرین می‌باشد. مقدار کربن با افزایش عمق کاهش می‌یابد این دو رابطه عکس و معنی‌داری با هم دارند (۱۳، ۵۵).

تغییر کاربری اراضی باعث تغییر پوشش گیاهی شده، بر کمیت وکیفیت ماده آلی خاک مؤثر است و تنوع حداکثری گونه‌های گیاهی، ضامن خودپایداری چرخه عناصر می‌باشد. جایگزینی پوشش گیاهی جنگلی و نی‌زار با پوشش علفی و بایر، این خود تنظیمی را افزایش می‌دهد. یک منبع عمده طولانی مدت برای افزایش ترسیب کربن در خاک، ذخیره کربن در مواد آلی است که نقش اصلی را در چرخه کربن ایفا می‌کند (۳۰). همچنین مقدار مواد آلی خاک و به تبع آن مقدار کربن ترسیب شده در خاک، در واحد سطح به عوامل چندی از جمله جرم مخصوص ظاهری بستگی دارد (۴۶). معمولا در نی‌زار و جنگل به دلیل وجود لاشبرگ فراوان، بین تجزیه سریع ماده آلی خاک و تجمع سریع لاشبرگ توازن وجود دارد، اما در اراضی بایر این توازن به چشم نمی‌خورد. حساسیت بیشتر اراضی بایر و کشاورزی در برابر فرسایش، عاملی برای کاهش ماده آلی کل خاک به شمار می‌آید، به طوری که بخش عمده ای از کربن آلی از طریق فرآیند فرسایش و به صورت محلول همراه با رواناب از دسترس خارج خواهد شد (۵۳). کاهش مقدار مواد آلی در خاک مرتع نسبت به نی‌زار و جنگل می‌تواند ناشی از پوشش گیاهی ضعیف و برداشت گیاهان توسط دام‌ها و در نتیجه کاهش میزان لاشبرگ اضافه شونده به خاک و در اراضی بایر به دلیل تسریع تجزیه مواد آلی و نیز تشدید فرسایش باشد (۲، ۲۷). در پژوهشی اندک بودن مقدار کربن ذخیره شده در خاک در کاربری مرتع نسبت به کاربری‌های زراعی و باغی در منطقه علا سمنان به دلایلی چون اقلیم خشک، فقر پوشش گیاهی و شرایط خاکی نامناسب نسبت داده شد (۳۴).

جدول ۲. مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی خاک در کاربری‌های مورد مطالعه در دو عمق مورد مطالعه. خطای استاندارد در داخل پرانتز آمده است.

خصوصیات خاک	کاربری	عمق ۳۰ cm- صفر	عمق ۶۰-۳۰ cm	ANOVA
جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	نی‌زار	۰/۹۹۲ b (۰/۱۷)	۰/۹۵۶ b (۰/۱۲)	*
	جنگل	۱/۰۴ b (۰/۲۱)	۱/۲۰ b (۰/۲۴)	*
	مرتع	۱/۴۶ a (۰/۲۳)	۱/۴۷ a (۰/۲۴)	*
	بایر	۱/۵۹ a (۰/۲۷)	۱/۶۱ a (۰/۳۲)	*
کربن آلی (درصد)	نی‌زار	۲/۰۲a (۰/۲۷)	۱/۳۲a (۰/۰۸)	*
	جنگل	۱/۶۲b (۰/۱۹)	۱/۰۵b (۰/۰۴)	*
	مرتع	۱/۳۷C (۰/۱۲)	۰/۷۸C (۰/۰۵)	*
	بایر	۱/۲۴c (۰/۱)	۰/۶۸c (۰/۰۳)	*

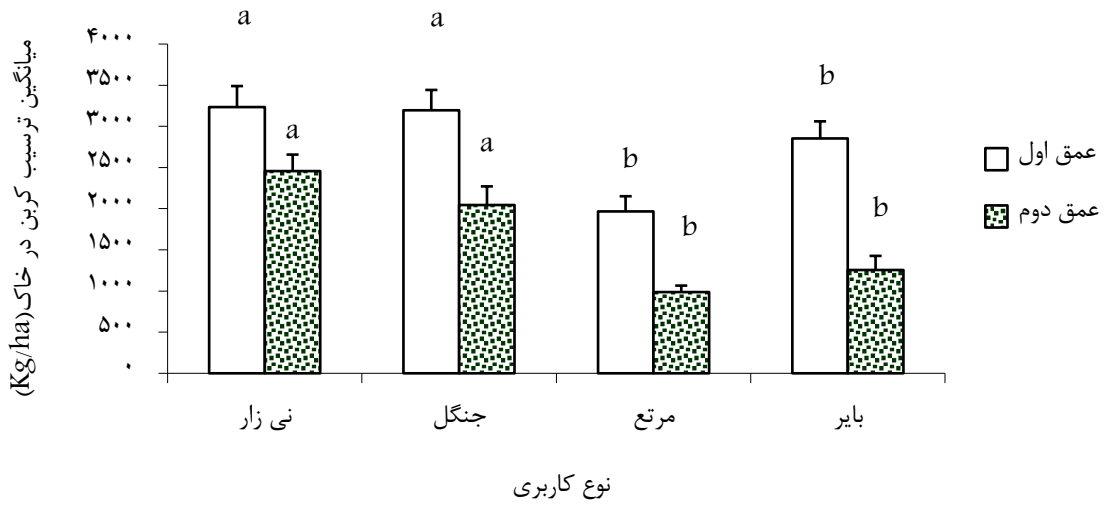
*، ۰/۰۵ > p توکی؛ معنی دار بودن میانگین ها در کاربری های مختلف. حروف لاتین مشابه مبین عدم وجود تفاوت آماری معنی دار در میان تیمارها می باشد.

تحلیل واریانس تغییر ترسیب کربن در خاک نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین کاربری‌های مورد بررسی وجود دارد، به‌طوریکه طبق آزمون توکی کاربری‌های نی‌زار و جنگل ترسیب کربن بیشتری در هر دو عمق خاک نسبت به کاربری‌های مرتع و بایر داشته‌اند ($p<5$) (شکل ۳).

در منطقه مورد بررسی مقدار ترسیب کربن با افزایش عمق خاک کاهش داشته است که با پژوهش‌های متعدد دیگر مطابقت دارد (۱۳، ۵۶) و نیز زیاد بودن ترسیب کربن در عمق اول نسبت به عمق دوم، به دلیل وجود لاشبرگ یا مقدار بیشتر مواد آلی در این عمق است. بین مقدار ترسیب کربن در نواحی خشک، نیمه خشک و عمق خاک رابطه غیر مستقیمی وجود دارد (۴۵) و دلیل آن را می‌توان روند تدریجی تجزیه لاشبرگ و تبدیل آن به هوموس که از لایه‌های سطحی خاک آغاز می‌شود، دانست. در پژوهش حاضر، بیشتر بودن ترسیب کربن در نی‌زار نسبت به سایر کاربری‌ها با برخی مطالعات (۴۹) مطابقت دارد و همچنین بیشتر بودن ترسیب کربن در کاربری جنگلی نسبت به مرتعی و بایر با برخی یافته‌ها (۴۰، ۵۵، ۶۰) همخوانی دارد.

بافت خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر در فرسایش‌پذیری خاک می‌باشد. خاک‌های با بافت ریز دارای چسبندگی زیادتر و جدا شدن آنها مشکل است، اما رسوبات آنها به راحتی انتقال می‌یابد، در مقابل خاک‌های درشت بافت سریع‌تر و راحت‌تر جدا می‌شوند، اما رسوبات درشت در انتقال مشکل داشته و رسوبات کمتری نسبت به خاک‌های ریز بافت ایجاد می‌کنند (۴۲). برخی بررسی‌ها (۵۹) نشان داده‌است که تغییر کم درصد سیلت خاک غالباً با تغییر قابل توجهی در مقدار فرسایش‌پذیری خاک همراه است و خاک‌هایی که دارای ۴۰٪ تا ۶۰٪ سیلت می‌باشند، فرسایش‌پذیرترین نوع خاک‌ها به شمار می‌آیند. پژوهش دیگری نیز نشان می‌دهد که مقدار هدررفت خاک به طور زیاد با مقدار شن خیلی‌ریز و همچنین مقدار شن خیلی ریز به‌علاوه سیلت همبستگی دارد (۱۶). همچنین برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بین میزان رس در خاک‌های لوسی و میزان هدر رفت خاک، همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد. خاکدانه خاک‌هایی که دارای شن و سیلت کمتری هستند (۶۱)، معمولاً ساختمان نسبتاً ناپایداری دارد و به سهولت در اثر ضربه باران خرد می‌شود (۴۲). در نتایج ویژگی بافت، در این مطالعه مشخص شد تغییر بافت در بین جنگلی و نی‌زار با مرتعی و بایر بیشترین اختلاف را دارند که این امر به دلیل داشتن فاصلهٔ منطقه نی‌زار و جنگلی با مرتعی و بایر در منطقه مورد مطالعه و همچنین وجود رطوبت بیشتر این نواحی با مرتعی و بایر که در طول زمان باعث تجمع رس در این نواحی گردیده است.

زیاد بودن میزان رس در کاربری نی‌زار نسبت به جنگلی و نیز اختلاف معنی‌دار آن با کاربری مرتعی و بایر، باعث گردید پایداری بیشتری را در نی‌زار ایجاد نماید، و می‌توان به این نتیجه رسید که سطح بالای درصد کربن و رس در کاربری نی‌زار و جنگلی، سطح پایداری خاکدانه‌ها را در این کاربری افزایش داده است.



شکل ۳. مقایسه میانگین تغییرات ترسیب کربن (kg/ha) در عمق ۳۰cm - صفر و ۶۰cm – ۳۰ سانتی‌متر در کاربری‌های مورد مطالعه

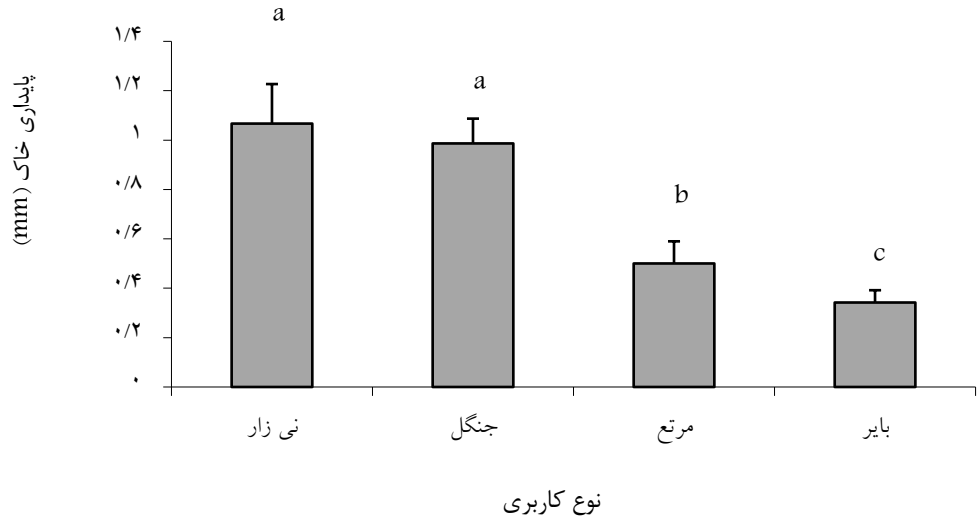
نتایج این مطالعه نیز با برخی از یافته‌های دیگر پژوهش‌ها (۵۶، ۶۱) مبنی بر تأثیر مثبت کربن آلی و رس خاک بر پایداری خاکدانه‌ها منطبق می‌باشد به طوری که در نهایت می‌توان گفت تیمار نی‌زار دارای بافت سیلتی رسی و تیمار جنگلی دارای بافت رسی و تیمار مرتعی دارای شنی لومی و تیمار بایر دارای بافت شنی است.

بررسی ANOVA نشان داد بین کاربری‌های متفاوت از نظر پارامتر میانگین وزن-قطر خاکدانه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد (شکل ۴).

کاربری بایر کمترین و کاربری نی‌زار و جنگل بیشترین میانگین تغییرات را به خود اختصاص داده است (شکل ۴). فرسایش خاک به میزان زیادی تحت تأثیر پایداری ساختمان و پایداری خاکدانه است (۲۵). گزارش شده است که هر چه شاخص میانگین وزن – قطر خاک بالاتر باشد، قابلیت نفوذپذیری بیشتر و قابلیت فرسایش کمتر است (۵۰). کاهش پایداری خاکدانه‌ها بیانگر کاربری ناپایدار اراضی است. فقیر بودن خاک از ماده آلی را از دلایل عدم پایداری خاکدانه‌ها دانسته‌اند (۳۲).

اگر مقادیر مربوط به شاخص پایداری خاکدانه‌ها در هر کاربری را درجدول سطوح بحرانی پایداری خاک (جدول ۱) که توسط لال در سال ۲۰۰۴ ارائه شده است (۲۱) قرار دهیم، شدت فرسایش‌پذیری در هر کاربری مشخص می‌شود و می‌توان در مدیریت و برنامه‌ریزی و استفاده مناسب از اراضی در منطقه از آن استفاده کرد. عملیات زراعی، خاکدانه‌های درشت را شکسته و ماده آلی خاک را در معرض اتلاف قرار می‌دهد (۳). پراکندگی خاکدانه‌ها منجر به سله در سطح خاک گشته و این امر موجب کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب می‌شود (۲۴)، که در پایان موجب بیشتر شدن قابلیت فرسایش خاک می‌شود. با افزایش درصد خاکدانه‌های پایدار فرسایش‌پذیری خاک کاهش می‌یابد و در عوض مقاومت خاک نسبت به فرسایش افزایش پیدا می‌کند (۴۳).

مقایسهٔ شدت فرسایش‌پذیری در چهار کاربری در این منطقه نشان داد که کاربری‌های نی‌زار و جنگل دارای سطح فرسایش متوسط می‌باشند (جدول ۳)، اما شدت فرسایش در کاربری‌های بایر و مرتعی نسبت به دو کاربری نی‌زار و جنگل زیاد شده است که در این دو کاربری هم با توجه به مقدار میانگین وزن-قطر مشاهده می‌شود که میزان فرسایش در کاربری بایر از شدت بیشتری نسبت به مرتعی برخوردار است که لزوم اجرای برنامه‌های مدیریتی را می‌طلبد. در واقع تبدیل اراضی بایر به مرتعی به سرعت موجب افزایش قدرت نگهداری آب، کاهش میزان رسوب مواد غذایی که توسط فرایند آبشویی و فرسایش حمل می‌شوند، خواهد شد (۵۸). در برخی بررسی‌های دیگر نیز گزارش شده‌است که مناطق با بیشترین خطر فرسایش در کاربری‌های اراضی مرتعی و زراعت دیم نسبت به سایر کاربری‌ها نظیر زراعت آبی و باغات قرار گرفته‌اند (۱).



شکل ۴. مقایسه میانگین تغییرات میانگین وزن- قطر درکاربری‌های مورد مطالعه در عمق ۳۰ cm - صفر

جدول ۳. سطوح بحرانی پایداری خاکدانه‌ها در کاربری‌های مورد مطالعه

نوع کاربری	MWD (mm)	سطوح بحرانی پایداری خاک
نی‌زار	۱.۰۶۷	متوسط
جنگل	۰/۹۸۷	متوسط
مرتع	۰/۵۰	شدید
بایر	۰/۳۴۲	شدید

مواد آلی خاک هم در تشکیل و هم در پایداری خاکدانه‌ها تأثیر مثبت دارند، به طوری که با افزایش ماده آلی خاک، پایداری مرطوب خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد. با افزایش درصد خاکدانه‌های پایدار فرسایش‌پذیری خاک کاهش می‌یابد (۲۴). همچنین پایداری خاکدانه‌ها با افزایش مقدار رس خاک افزایش می‌یابد. رس به عنوان عامل مهمی در پیوند دادن ذرات اولیه خاک به همدیگر و تشکیل خاکدانه‌ها عمل می‌کند (۴۱). پوشش گیاهی توأم با پوشش درختی خاک را مقاوم‌تر و مواد مغذی و آلی خاک را بیشتر از حالت تک کاشتی افزایش می‌دهد (۱۱). بسیاری از پژوهش‌ها نقش مثبت مواد آلی را در تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها نشان دادند (۳۲). علاوه بر عوامل فوق، عوامل مدیریتی و الگوی کاربری زمین بر پایداری خاکدانه‌ها مؤثر می‌باشند. همچنین تغییر کاربری زمین بر میزان کربن آلی و پایداری خاکدانه‌های خاک تأثیرگذار است (۱۸). خاک‌ها موقعی بیشتر مستعد به فرسایش می‌شوند که خاکدانه‌های درشت تخریب شوند. با مطالعه طیف وسیعی از خاک‌ها، مشخص گردید که پایداری خاکدانه‌ها در بافت‌های متفاوت به ترتیب در انواع رسی، لوم رسی، لوم و لوم شنی کاهش می‌یابد (۴۷).

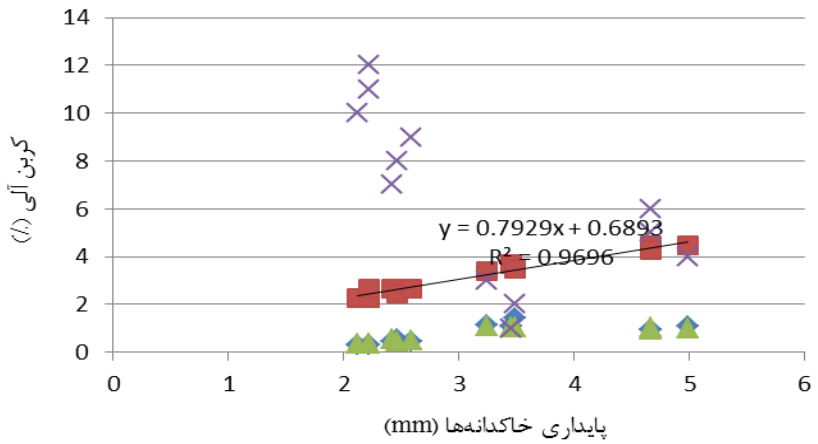
ترسیب کربن، تجزیه مواد آلی و هدر رفت کربن آلی توسط فرسایش را کاهش می‌دهد (۴۸). رابطه بین دو پارامتر کربن آلی (معرف ترسیب کربن) و پایداری خاکدانه (معرف فرسایش‌پذیری) با استفاده از رگرسیون چندمتغیره مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۴ و شکل ۵).

معادله خطی به‌دست آمده نشان می‌دهد که دو ویژگی مذکور با ضریب همبستگی ۰/۹۶٪ رابطه مستقیمی با هم دارند، به طوری که به ازای افزایش هر ۱ واحد پایداری خاکدانه، مقدار کربن آلی ۰/۱۰۳ واحد افزایش می‌یابد.

جدول ۴. رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام کربن آلی خاک با پایداری خاکدانه‌ها در کاربری‌های مورد مطالعه

ضریب تبیین (R^2)	معادله
۰/۹۶	Y=/۷۹۲X+/۶۸۹

معنی‌داری در سطح ۵٪ Y :کربن آلی X: پایداری خاکدانه‌ها



شکل ۵. رابطه بین کربن آلی و پایداری خاکدانه

■ نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر مقدار ترسیب کربن، مواد آلی و کربن آلی به ترتیب در کاربری‌های نی‌زار و جنگل دارای بیشترین مقدار و در کاربری مرتع و بایر، کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند و مقدار ویژگی‌های مورد بررسی در هر کاربری با افزایش عمق، کاهش یافت. نی‌زار به دلیل مرطوب بودن خاک و پوشش گیاهی متراکم و انتقال مواد از طریق ریزش برگ‌ها به صورت لاشبرگ باعث غنی شدن خاک سطحی از موادآلی و کربن می‌شود. در منطقه جنگلی به دلیل وجود درختان پده و پوشش‌های بوته‌ای، حجم لاشبرگ در سطح خاک افزایش یافته و مقدار کربن درسیستم گیاخاک افزایش می‌یابد. علت کمتر بودن میزان ترسیب کربن در منطقه جنگلی نسبت به نی‌زار، این است که درختان جنگلی در منطقه مذکور از تراکم قابل توجهی برخوردار نبوده و بالا بودن آب زیر زمینی با املاح زیاد ممکن است از محدویت‌های این منطقه جنگلی به شمار رود. وجود شرایط چرایی در منطقه مرتعی باعث شده سطح خاک لخت به دلیل کاهش ورودی‌های کربن و مواد آلی افزایش یابد. تنزل شدید ترسیب کربن و ویژگی‌های مربوطه در کاربری بایر در اثر بر هم‌خوردن خاک سطحی و تسریع تجزیه مواد آلی و به دنبال آن شدت یافتن فرسایش و هدر رفت مواد آلی بوده است. کاهش جرم مخصوص ظاهری در کاربرهای مذکور احتمالاً به دلیل افزایش مواد آلی است که با افزایش میزان مواد آلی، و به دنبال آن افزایش پایداری خاکدانه‌ها، خلل و فرج خاک در واحد سطح کاهش یافته و جرم مخصوص نیز کاهش می‌یابد. بنابراین نی‌زار با بیشترین موادآلی، کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری کمتر و بایر با کمترین میزان مواد آلی، بیشترین جرم مخصوص را به خود اختصاص دادند. بیشتر بودن میزان پایداری خاکدانه‌ها در نی‌زار، به احتمال مربوط به کم بودن مواد آلی و کربن آن است و از طرف دیگر پوشش گیاهی متراکم و رطوبت بالا خاک را مقاوم‌تر و مواد مغذی و مواد آلی خاک را بیشتر از حالت جنگلی افزایش می‌دهد، به طوری که با افزایش ماده آلی، پایداری خاکدانه-ها افزایش می‌یابد. کاربری بایر به علت بر هم خوردن خاکدانه‌های آن به علت عدم پوشش گیاهی، سرعت تجزیه مواد آلی بیشتر و هدر رفت آن، از شدت فرسایش بیشتری برخوردار بوده است. سطح بالای درصد کربن و رس در کاربری نی‌زار، سطح پایداری خاکدانه‌ها را در این کاربری افزایش داده است. نتایج رگرسیون نشان داد که بین میزان ترسیب کربن و شدت فرسایش‌پذیری خاک رابطه منفی وجود دارد.

امید است نتایج این پژوهش به‌تواند با آگاهی از عوامل مؤثر بر کاهش حاصلخیزی، پیشرفت فرسایش و تخریب خاک در نواحی خشک اطلاعات لازم را برای برنامه‌ریزی، اقدامات پیش‌گیرانه و یا برنامه بیابان‌زدایی در قالب طرح‌های اجرایی در منطقه برای اتخاذ شیوه‌های صحیح مدیریتی و تغییر کاربری فراهم نماید. در واقع یافته‌های پژوهش حاضر بار دیگر اهمّیت وجود تعامل میان بوم‌شناسان، سیاستمداران، مدیران اجرایی و جوامع محلی را در تدوین و اجرای سند آمایش سرزمین در راستای نیل به توسعه پایدار نشان می‌دهد. پیگیری حقّابه هیرمند برای احیای تالاب هامون و نی‌زارها که زیستگاه آبزیان و محل تأمین غذای گاوهای سیستانی در گذشته‌ای نه چندان دور بوده است و نیز حفظ، احیاء و توسعهٔ جنگل‌ها با گونه‌های بومی از جمله پده که سالیان سال با ویژگی‌های ادافیکی و اقلیمی منطقه خو گرفته‌اند، گام مهمّی در جهت تعدیل و تلطیف طبیعت خشن، اصلاح و پایداری این زیست‌بوم آسیب‌پذیر و شکننده و در نهایت توسعه اقتصادی- اجتماعی سیستان محسوب می‌شود.

■ References

1. Abiyat, M., Abiyat, M., & Abiyat, M. (2021). Investigation of land-use changes and their impacts on soil erosion in Baghmalek basin using artificial neural network and RUSLE model. *Environmental Studies, 47*(1), 89-110. (in Farsi)
2. Ahmadi Iikhchi, A., Hajabbassi, M. A., & Jalalian, A. (2003). Effects of converting range to dry-farming land on runoff and soil loss and quality in Dorahan, Chaharmahal & Bakhtiari province. *Water and Soil Science, 6*(4), 103-115. (in Farsi)

3. Ajami, M., Khormali, F., & Ayoubi, Sh. A. (2006). *The effect of land use change and different geomorphic positions on different soil quality parameters, micromorphology and clay mineralogy in loess lands east of Golestan province, Aqsoo watershed*. Master Thesis. University of Agricultural and Natural Resources Sciences, Faculty of Soil, Gorgan. (in Farsi)

4. Amiraslani, F. (2003). Carbon sequestration in desert lands. *Forest and Range, 62*, 71-76. (in Farsi)

5. Anindita, S., Sleutel, S., Vandenberghe, D., Grave, J. D., Vandenhende, V., & Finke, P. (2022). Land use impacts on weathering, soil properties, and carbon storage in wet Andosols, Indonesia. *Geoderma, 423*(10), 963-977.

6. Asgari, A. (2012). *The effect of different land uses on carbon sequestration and some soil erodibility indices in the Incheh Boron Region*. Master Thesis. University of Zabol, Faculty of Natural Resources, Zabol. (in Farsi)

7. Batjes, N. H. (2006). Soil carbon stocks of Jordan and projected changes upon improved management of croplands. *Geoderma, 132*(3-4), 361–371.

8. Black, C. A. (1986). *Methods of soil analysis*. Part 1.ASA.Madison, WI. 9, 545 – 566.

9. Bolin, B., & Sukumar, R. (2000). Global perspective. In: Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J., & Dokken, D.J. (Eds), *Land use change, and forestry*. Cambridge University Press, Cambridge, UK PP, 23 – 51.

10. Brannstrom, C., Jepson, W., Filippi, A.M., Redo, D., Xu, Z., & Ganesh, S. (2008). Land change in the Brazilian Savann (Cerrado), 1986 – 2002: comparative analysis and implications for Land use policy. *Land Use Policy, 25*(4), 579 – 595.

11. 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, 83*(2), 270-277.

12. Cheng, C. M., Wang, R. S., & Jiang, J. S. (2007). Variation of soil fertility and carbon sequestration by planting *Hevea brasiliensis* in Hainan Island, China. *Environmental Sciences, 19*(3), 348 – 352.

13. Chibsa, T., & Taa, A. (2009). Assessment of soil organic matter under four land use system: forestland, grassland, fallow land and cultivated land. *World Applied Sciences, 6*(9), 1231 – 1246.

14. De – Neergaard, A., Porter, J. R., & Gorissen, A. (2002). Distribution of assimilated carbon in plants and rhizosphere soil of basket willow (Salix *viminalis L.*). *Plant soil, 245*(2), 307 – 314.

15. Domzal, H., Horara,J., Slowinska-Jarkiewicz, A., & Turski, R. (1993). The effect of agricultural use on the structure and physical properties of three soil types. *Soil & Tillage Research, 27*(4), 365-382.

16. Duiker, S.W., Flangman, D. C., & Lal, R. (2001). Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of South-West Spain. *Catena, 45*(2), 103-121.

17. Elliott, E. T. (1986). Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of America Journal, 50*(3), 627 – 633.

18. Elmholt, S., Schjonning. P., Mmunkholm, L. J., & Debosz, K. (2008). Soil management effects on aggregate stability and biological binding. *Geoderma, 144*(3), 455 – 467.

19. Fitzsimmons, M. J., Pennock, D. J., & Thorpe, J. (2004). Effects of deforestation on ecosystem carbon densities in central Saskatchewan, Canada. *Forest Ecology and Management, 188*(3), 349- 361

20. Forouzandeh, M., Heshmati, G.A., Ghanbarian, G., & Mesbah, S.H. (2008). Comparing carbon sequestration potential of three shrub species *Heliantemum lippii*, *Dendrostellera lessertii* and *Artemisia sieberi* (case study: Gareh Bygone, Fasa). *Environmental Studies, 34*(2), 65-72. (in Farsi)

21. Haj Abbasi, M.A. (2008). *Methods and guidelines for Assessing sustainable use of soil water resources in the Treopics*. Ferdowsi University of Mashhad Publications. 103 pp. (in Farsi)

22. Jaiyeoba, I. A. (2003). Changes in soil properties due to continuous cultivation in a Nigerian semiarid savannah. *Soil and Tillage Research, 70*(1), 91 – 98.

23. Jordahl, J. L., & Karlen, D.L. (1993). Comparison of alternative farming system. III. Soil aggregate stability. *American Journal of Alternative Agriculture*, *8*(1), 27 – 33.

24. Karami, P., Heshmati, G., Soltani A., & Golchin, A. (2010). Effects of different managements (grazing, exclosure, harvesting) on production and plant composition of rangeland ecosystems in the western part of Iran (Case Study: Saral of Kurdistan). *Rangeland*, *4*(2), 250-261. (in Farsi)

25. Kay, B. D. 2000. Soil Structure, in: Sumner, E. M. (Ed), *Handbook of soil science.* CRC Press, Boca Raton London. New York, Washington, D. C., PP, 229-264.

26. Kiani, F., Jalalian, A., Pashaei, A., & Khademi H. (2007). Effect Of deforestation, grazing exclusion and rangeland degradation on soil quality indices in loess-derived landforms of Golestan Province. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, *41*(2), 453-463. (in Farsi)

27. Klik, A. (2008). Institute for hydraulic and landeskulturelle wasserwitschaft, University for Bodenkulture, Veienna (Australia). *Soil Conservation and soil prptection*, PP, 321 – 815.

28. Ketcheson, J. (1980). Long-range effects of intensive cultivation and monoculture on the quality of southern Ontario soils. *Canadian journal of soil Science*, *60*(3), 403-410.

29. Kumar, R., Pandey, Sh., & Pandy, A. (2006). Plant roots and carbon sequestration. *General Science*, *91*(7), 885-890.

30. Lal R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, *123*(1), 1 – 22.

31. Lemenih, M., & Itanna, F. (2003). Soil carbon stock and turnovers in various vegetation types and arable lands along an elevation gradient in southern Ethiopia. *Geoderma*, *123*(1-2), 177-188.

32. Marques, M.J., Garcia–Munoz, S., Munoz- Organero, G., & Bienes, R. (2010). Soil conservation beneath grass cover in hillside vineyards under Mediterranean climatic conditions (Madrid, Spain). *Land Degradation and Development*, *21*(2), 122-131.

33. Martinez- Mena, M., Lopez, J., Almagro, M., Boix– Fayos, V., & 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.

34. Moradi, A., Sadeghipour, A., Nikoo, Sh., & Parvizi, Y. (2021). Effects of land use and soil characteristics on changes in soil Organic carbon (Case Study: Ala area, Semnan). *Desert Management*, *16*(2), 125-136. (in Farsi)

35. NASEM. (2019). *negative emissions technologies and reliable sequestration: a research agenda national academy of science, engineering and medicine*. Washington, DC: The National Academies Press.

36. Niknahad Gharmakher, H., & Maramaei, M. (2011). Effects Of land use changes on soil properties (case study: The Kechik Catchment). *Soil Management and Sustainable Production*, *1*(2), 81-95. (in Farsi)

37. Olsson, L., & Ardo, J. (2002). Soil carbon sequestration in degraded semiarid agro – ecosystems - prils and potential. *Ambio*, *31*(6), 471 – 477.

38. Petrosians, H., Nazari Samani, A. A., Daneh Kar, A., & Mashhadi, N. (2021). Predicting land use and land cover changes on sand dunes expansion using CA-Markov model (Case Study: Southeastern coastal desert of Iran). *Desert Management*, *9*(1), 51-66. (in Farsi)

39. Puget, P., & Lal, R. (2005). Soil organic carbon and nitrogen in a mollisol in Central Ohio as affected by tillage and land use. *Soil and Tillage Research*, *80*(2), 201– 213.

40. Qin, Z., Dunn, J.B., Kwon, H., Muller, S., &Wander, M. M. (2016). Soil carbon sequestration and land use change associated with biofuel production: empirical evidence. *GCB Bioenergy*, *8*(1), 66-80.

41. Rasiah, V., & Kay, B. D. (1994). Characterizing changes in aggregate stability subsequent to introduction of forages. *Soil Science Society of America Journal*, *58*(3), 935 – 942.

42. Refahi, H.Gh. (2017). *Water erosion and its control*. University of Tehran Press, 672 pp.

43. Rouhipour, H., Farzaneh, H., & Asadi H. (2019). The Effect Of aggregate stability indices on soil erodibility factors using rainfall simulator. *Range and Desert Research*, *11*(3), 235-254. (in Farsi)

44. Scheffe, H. (1959). *The analysis of variance*. Wiley, New York.

45. Schuman, G. E., Ingram, L. J., Stahl, R., D. & Vance, G. F. (2005). Dynamics of long – term carbon sequestration on rangelanda in the western USA in: XX International Grassland Congres, eds. OMara, F.P., Wilkins, R.J., t Mannetje, L., Lovett, D.K., Rogers, P.A.M., & Boland, T.M. 590. Biodiversity - global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science, 287*, 1770-1774.

46. Singh, G., Bala, N., Chaudhuri, K.K., & Meena, R.L. (2003). Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India. *Indian Forester, 129*(7), 859- 864.

47. Six, J., Elliott, E. T., & Paustian, K. (2000). Soil structure and soil organic matter: II. A Normalized stability index and the effect of mineralogy. *Soil Science Society of America*, *64*(3), 1042-1049.

48. Smith, P, (2004). Soils as carbon sinks, the global context. *Soil Use and Management*, *20* (2), 212 – 218.

49. Spohn, M., & Giani, L. (2011). Impacts of land use change on soil aggregation and aggregate stabilizing compounds as dependent on time. *Soil Biology & Biochemistry*, *43*(5), 1081-1088.

50. Stavi, I., Ungar, E.D., Laveec, H., & Sarah, P. (2011). Soil aggregate fraction 1–5 mm: An indicator for soil quality in rangelands. *Arid Environments*, *75*(11), 1050 – 1055.

51. Surya Prabha, A. C., Senthivelu, M., & Paramasivam, A. (2019). Carbon sequestration potential in different land uses: A review. *Environmental Research and Development, 15*(9), 727-736.

52. Tavakoli, M. (2015). Analysis the tourism situation of sample villages in the direction of sustainable development (Case study of Jazink village in Sistan region. *Proceeding of International Conference on Geography and Sustainable Development*, 74-75. (in Farsi)

53. Tejada, M., & 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.

54. Thomas R.J., (2008). Opportunities to reduce the vulnerability of dryland farmers in central and west Asia and north Africa to climate change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *126*(1), 36–45.

55. Toru, T., & Kibret, K. (2019). Carbon stock under major land use/land cover types of Hades sub-watershed, eastern Ethiopia. *Carbon Balance and Management*, *14*(7), 1-14.

56. Varamesh S., Hosseini S.M., Abdi, N.A., & Akbarinia, M. (2010). Increment Of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil. *Forest, 2* (1), 25-35. (in Farsi)

57. Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science, 37*(1), 29-370.

58. Whalen, J.K. Walter, D, Dormar, W., & Dormar, J. F. (2003) Soil carbon, nitrogen and phosphorus in modified rangeland communities. *Range Management, 56*(6), 665-672.

59. Wischmeier, W.H., & Mannering, J.V. (1965). Effect of organic matter content of the soil infiltration. *Soil and Water Conservation*, *20*(4), 150-152.

60. Xun, L., Feng - Min, L., D - Qian, L., & Guo-Jun, S. (2010). Soil organic carbon, carbon fractions and nutrients as affected by land use in semi-arid region of loess plateau of China. *Pedosphere, 20*(2), 146-152.

61. Zhang, k., Li, S., Peng, W., & Yu, B. (2004). Erodibility of agricultural soils on the Loess Plateau of China. *Soil & Tillage Research, 76*(2), 157-165.

62. Zolfaghari, F., Shahriari. A., Fakhireh, A., Rashki, A., Noori, S., & Khosravi, H. (2011). Assessment of desertification potential using IMDPA model in Sistan plain. *Watershed Management Research*, *91*(3), 97 – 107. (in Farsi)