



تأثیر کاربری اراضی و ویژگی‌های خاک بر تغییرپذیری کربن آلی خاک (منطقه مورد مطالعه: علا سمنان)

اکبر مرادی^۱، احمد صادقی پور^۲، شیما نیکو^{۳*}، یحیی پرویزی^۴

۱. کارشناسی ارشد بیابان زدایی، دانشکده کویرشناسی، گروه بیابان زدایی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
 ۲. استادیار، دانشکده کویرشناسی، گروه مدیریت مناطق خشک، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
 ۳. استادیار، دانشکده کویرشناسی، گروه بیابانزدایی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
 ۴. دانشیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
- * نویسنده مسئول: shimanikoo@semnan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸

چکیده

افزایش دی‌اکسید کربن جو یکی از علت‌های اصلی گرمایش جهانی و پیامدهای مخرب محیطی بر کره زمین است. خاک‌ها سومین ذخیره‌گاه اصلی کربن هستند و کمیت ذخیره کربن به شدت متأثر از نوع مدیریت کاربری است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرپذیری مقدار ذخیره کربن در کاربری‌های باغ انار (*Punica granatum L.*)، مزرعه یونجه (*Medicago sativa L.*)، مرتع، مزرعه جو (*Hordeum vulgare L.*) و آیش با در نظر گرفتن تأثیر مؤلفه‌های مربوط به خاک (مقدار ماسه، رس، سیلت، N، P، K، OC، EC و pH) در منطقه علا شهرستان سمنان انجام شد. در هر کاربری از دو طبقه عمقی صفر تا ۵ cm و ۵-۳۰ cm خاک در سه تکرار نمونه‌گیری شد و ویژگی‌های مذکور در ۳۰ نمونه برداشتی، اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی اثر نوع کاربری در دو عمق خاک مورد مطالعه بر مقدار کربن خاک از تجزیه واریانس و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن و برای بررسی ارتباط بین ویژگی‌های خاک و کربن آلی از همبستگی پیرسون استفاده شد. برای تعیین نوع رابطه بین متغیرها، رگرسیون چندگانه گام‌به‌گام انجام شد. بر اساس نتایج، نوع کاربری در دو عمق خاک اثر معنی‌داری بر روی ذخیره کربن خاک دارد. بیشترین میانگین ذخیره کربن خاک در عمق‌های صفر تا ۵ cm و ۵-۳۰ cm در کاربری‌های مزرعه *M. sativa L.* و باغ *P. granatum* به ترتیب ۱۶/۱۴ Ton/ha و ۶۸/۱۱ Ton/ha است. کم‌ترین مقدار ذخیره کربن در عمق‌های صفر تا ۵ cm و ۵-۳۰ cm خاک مربوط به کاربری مرتع به ترتیب ۶/۲۳ t/ha و ۱۶/۵۸ t/ha است. ضریب همبستگی پیرسون بین کربن آلی و N و P به ترتیب با r برابر ۰/۸ و ۰/۵۹ (معنی‌دار در سطح ۵ درصد) به‌دست آمد. از آن جایی که همبستگی OC و P کم است، بنابراین، در بررسی رگرسیون حذف شد و در رابطه نهایی، OC خاک فقط بر اساس N خاک به‌دست آمد. در مجموع به دلایلی چون اقلیم خشک، فقر پوشش گیاهی و شرایط خاکی نامناسب در کاربری مرتع نسبت به کاربری زراعت و باغ انار مقدار کربن کمتری ذخیره می‌شود. همچنین ویژگی‌های خاک به جز ازت اثر معنی‌داری بر روی ذخیره کربن آلی خاک ندارند. بنابراین برای افزایش OC می‌توان از کشت گیاهان خانواده بقولات متناسب با شرایط این مناطق استفاده کرد.

واژگان کلیدی: ازت؛ انار؛ کربن آلی؛ مرتع؛ یونجه؛ اقلیم خشک

■ مقدمه

در طول چند دهه اخیر، تغییرات اقلیمی به عنوان یکی از مهم ترین مسائل محیط زیستی، اثرهای زیادی بر سامانه های زیستی و اجتماعی کره زمین داشته است (۸). این پدیده ناشی از گرمایش جهانی است که معلول افزایش غلظت گازهای گلخانه ای و به ویژه CO₂ در جو زمین می باشد. یک روش پیشنهادی برای کاهش مقدار CO₂ و افزایش ذخیره جهانی کربن، ترسیب دوباره آن در خاکها است (۱۷). خاکهای جهان سومین ذخیرگه اصلی کربن اند و مقدار کربن آن حدود ۴ برابر کربن موجود در زی توده (بیوماس) و ۳/۳ برابر کربن جوی است (۱۳). به عنوان مثال بیش از ۹۷٪ میزان کربن ترسیب شده در مراتع نیمه خشک استان خراسان شمالی را کربن آلی خاک تشکیل داده است (۱۵). ساده ترین و ارزان ترین راهکار برای کاهش دی اکسید کربن اتمسفری، ترسیب کربن در خاکها است (۲۷). سامانه های مدیریتی در تعیین میزان ترسیب کربن در کاربری های گوناگون و به خصوص اراضی مرتعی نقش اساسی دارد. تیپ های پوشش گیاهی رابطه همبستگی زیادی با مقدار ذخیره کربن خاک در مراتع دارند (۲۹). هر چند میزان ترسیب کربن مراتع در واحد سطح ناچیز است، مجموع کربن موجود در خاک و پوشش گیاهی سه برابر مقدار آن در اتمسفر است (۲۴). لذا هر تغییری در ذخیره کربن آنها به شدت بر مقدار CO₂ اتمسفر اثر می گذارد. برخی محققان در پژوهش های خود نشان دادند که اثر کاربری اراضی بر کربن آلی خاک تنها در لایه سطحی خاک یعنی عمق صفر تا ۵ cm آن معنی دار است و مراتع طبیعی بیشترین مقدار ذخیره کربن خاک و N را در لایه سطحی و لایه عمقی نسبت به سایر کاربری ها دارند (۵ و ۲۶). بررسی نقش کاربری های مختلف در میزان ترسیب کربن خاک در حوزه آبخیز نومه رود نشان داد که کاربری های مختلف اثرات متفاوتی در مقدار ترسیب کربن دارند. به طوری که در واحد سطح، جنگل های انبوه و مراتع به ترتیب بیشترین و کمترین ترسیب کربن را به خود اختصاص دادند (۹). اثرات تغییر کاربری اراضی بر میزان کربن آلی

و سایر ویژگی های خاک های ورتی سول^۱ را در دشت بيله وار کرمانشاه نشان داد که میزان ترسیب کربن آلی خاک در کاربری مرتع بسیار بیشتر از اراضی زراعی است (۱۸). تغییر کاربری از جنگل پهن برگ به جنگل سوزنی برگ و مرتع نقش مهمی در کاهش Cs در منطقه کلاردشت داشته است (۱۴). تحقیقی جنوب چین نشان داد که از میان کاربری های جنگل دست کاشت، زراعت، مرتع طبیعی و اراضی باغی در جنوب چین، مرتع طبیعی بیشترین نقش را در ترسیب کربن خاک دارد (۱۳). استفاده از سامانه های داده کاوی پتانسیل ترسیب کربن در کاربری های مختلف اراضی استان کرمانشاه نشان داد که با اصلاح سامانه خاک ورزی و مدیریت بقایا در اراضی زراعی، کنترل چرا در مرتع و نیز جلوگیری از جنگل تراشی در اراضی جنگلی به ترتیب می توان ۳۰، ۸/۲ و ۷/۱ میلیون تن کربن اتمسفری را ترسیب نمود (۱۹). بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر برخی از اجزای کربن توده خاک و خاک دانه منطقه صفا شهر استان فارس نشان داد که کاربری باغ قدیمی در هر دو عمق صفر تا ۲۰ cm و ۲۰ تا ۵۰ cm با اختلاف معنی داری ذخیره کربن بیشتری نسبت به سایر کاربری ها داشته است (۱۱). در منطقه ایوانکی سمنان تبدیل اراضی مرتعی به کشت گیاهان مختلف موجب کاهش ذخایر کربن خاک در تیمار اراضی مسکونی و افزایش آن در اراضی با پوشش تاغ با نام علمی *Haloxylon aphyllum* شده است و در تیمار زیتون با نام علمی *Olea europaea* تفاوت معناداری با اراضی مرتعی مشاهده نمی شود (۱۰). مقایسه کارایی کاربری های مرتع حفاظت شده، مرتع با چرای شدید و مرتع تغییر کاربری داده شده به باغات دیم در ترسیب کربن در مراتع بیلاقی استان کرمانشاه نشان داد که بیشترین مقدار ترسیب خاک برابر ۱۱۴/۵ ton/ha مربوط به مدیریت قرق و کمترین ۵۳/۴ ton/ha مربوط به چرای شدید است (۷). همچنین تحقیقات مختلفی به بررسی ارتباط میان کربن آلی خاک و سایر ویژگی های پرداخته اند که همبستگی ضعیف تا متوسط کربن^۲ SOC با بافت، pH، تخلخل، درصد سیلت و P و همبستگی

1. Vertisol

2. Soil Organic Carbon

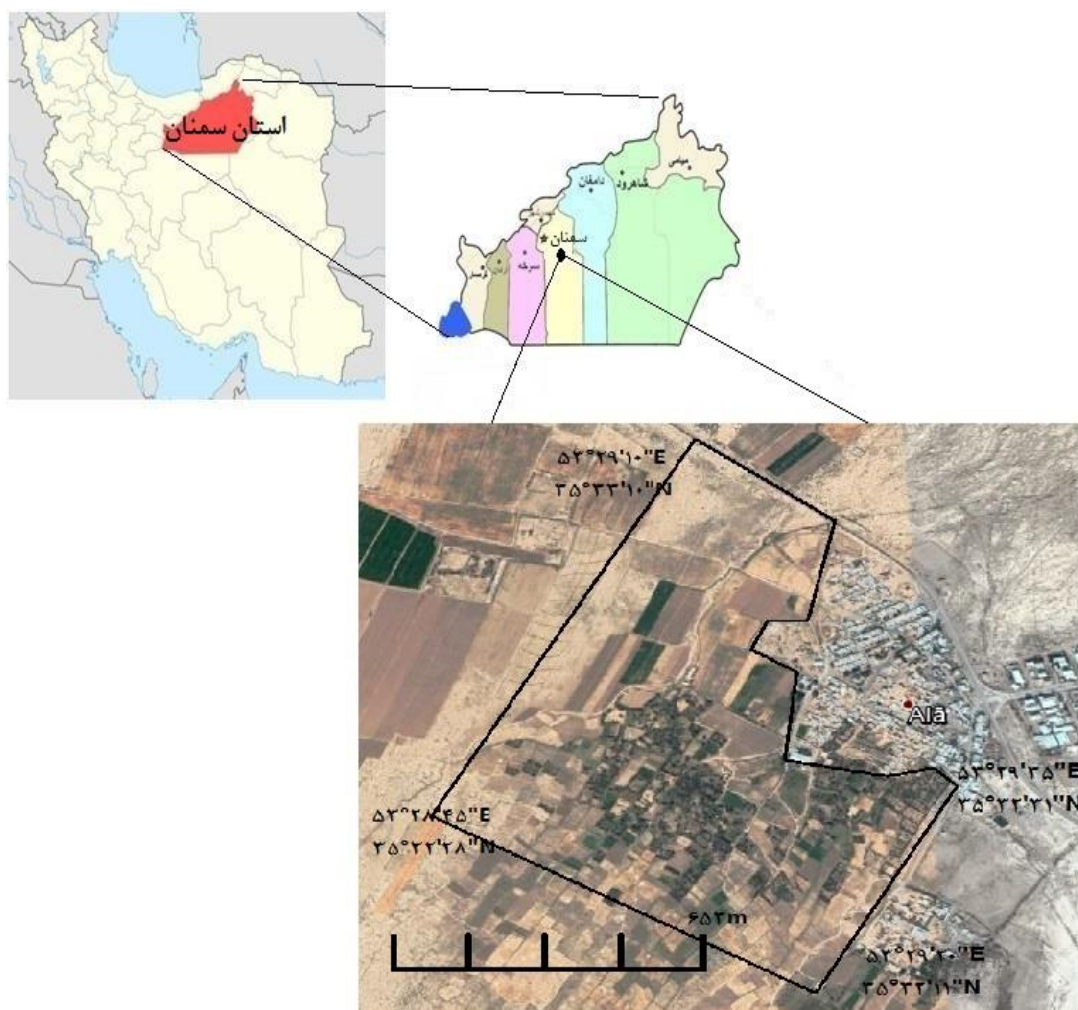
خاک و پوشش گیاهی ناچیزی داشته‌است. از سویی دیگر این منطقه در مجاورت منطقه شهری و شهرک صنعتی قرار گرفته و تولید گازهای گلخانه‌ای این مناطق بالاست. بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر انواع کاربری اراضی و ویژگی‌های خاک آنها بر ترسیب و ذخیره کربن آلی خاک در جنوب شهر سمنان می‌باشد.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

پژوهش حاضر در اراضی کشاورزی و مراتع مجاور روستای علا در ۹ km جنوب شرقی شهر سمنان، انجام شد. منطقه مورد بررسی در حد فاصل طول‌های جغرافیایی $28^{\circ} 53'$ تا $29^{\circ} 53'$ و عرض‌های جغرافیایی $32^{\circ} 35'$ تا $33^{\circ} 35'$ قرار دارد (شکل ۱).

بالای آن را با N خاک گزارش کرده اند (۴،۵،۶ و ۲۱). در مجموع مرور نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که اثر کاربری‌های مختلف بر میزان کربن خاک در مناطق مختلف کاملاً با توجه به شرایط محیطی مانند خاک، پوشش گیاهی، توپوگرافی و اقلیم و نحوه مدیریت، کاملاً متفاوت است، به‌گونه‌ای که در برخی مناطق کاربری مرتع و در برخی دیگر کاربری باغ یا *Haloxylon aphyllum* بیشترین میزان کربن آلی خاک را دارند (۲۵). لذا شناسایی کاربری‌ها و خاک‌هایی با پتانسیل بالا برای تجمع کربن آلی می‌تواند ذخیره کربن را به حداکثر برساند و به افزایش کربن آلی خاک کمک کند (۲۰ و ۲۲). از یک سو منطقه مطالعه در جنوب سمنان که در آن تغییر کاربری‌های زیادی از اراضی مرتعی به اراضی باغی و زراعی صورت گرفته‌است، به دلیل اقلیم خشک، پوشش گیاهی ناچیز و خاک بیابانی پتانسیل ذخیره کربن



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در نقشه ایران - استان سمنان

pH متر دیجیتالی، EC در عصاره گل اشباع و با استفاده از EC متر دیجیتالی، چگالی ظاهری با استفاده از روش کلوخه، N با روش کلجدال و ماده آلی خاک با روش والکی - بلاک انجام شد (۲۲). همچنین Cs با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (۱):

$$Cs = \%SOC \times Bd(\text{g/cm}^3) \times d(\text{cm}) \quad (1)$$

که در آن Cs میزان ذخیره کربن خاک بر حسب SOC، ton/ha کربن آلی خاک، Bd چگالی ظاهری خاک و d عمق خاک مورد مطالعه است.

در آنالیز آماری داده ها در آغاز نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov و همگنی واریانس ها براساس آزمون Levene بررسی شد. با توجه به نرمال بودن داده ها و همگن واریانس ها، برای مقایسه کلی کاربری ها از نظر مقادیر کربن آلی خاک از آنالیز واریانس یک طرفه و برای مقایسه چندگانه میانگین مقادیر کربن آلی از آزمون دانکن استفاده شد.

برای بررسی میزان ارتباط بین ویژگی های مذکور خاک و کربن آلی آن از همبستگی پیرسون استفاده شد. همچنین با استفاده از رگرسیون گام به گام رابطه خطی بهینه جهت برآورد کربن آلی بدست آمد و از آنجایی که عامل تورم واریانس بین متغیرها کمتر از ۱۰ بود، بین متغیرهای مورد بررسی هم خطی وجود نداشت.

■ نتایج و بحث

داده های حاصل از اندازه گیری ویژگی های خاک در هر یک از کاربری ها در جدول (۱) آورده شد.

بررسی مقدار ذخیره کربن در خاک ۵ تیمار مورد بررسی
نتایج حاصل از محاسبه Cs در دو عمق خاک کاربری های مختلف با استفاده از رابطه (۱) در جدول (۲) مشاهده می گردد.

میانگین بارندگی ۳۰ ساله منطقه برای دوره سال های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۷ برابر ۱۴۱/۲۰ mm، میانگین دما، تبخیر و رطوبت نسبی برای این دوره به ترتیب $18/3^{\circ}\text{C}$ ، ۲۳۷۸ mm و ۴۱٪ و میانگین سرعت باد ۱/۵ m/s است. همچنین اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن، خشک است (۲۸).

روش کار

نمونه برداری خاک از اراضی منطقه مورد مطالعه در پنج کاربری مختلف که از نظر مقدار شیب، جهت شیب و مواد مادری همگن و تقریباً یکسان بودند، شامل باغ انار *Punica granatum* سی ساله، مزرعه یونجه *Medicago sativa* بیست ساله، مرتع با تیپ گیاهی درمنه دشتی *Artemisia sieberi* با پوشش گیاهی ۵٪، مزرعه جو *Hordeum vulgare* بیست ساله و آیش دو ساله انجام شد. بدین منظور با توجه به مساحت کاربری های مورد مطالعه، با پیمایش صحرایی از بخش هایی از هر کاربری که نماینده شرایط حاکم بر آن باشد، نمونه برداری به روش تصادفی - سیستماتیک به فواصل ۱۵۰m از یکدیگر انجام شد. به این ترتیب در هر کاربری سه نمونه از خاک سطحی صفر تا ۵ cm که بیشترین اثرپذیری را از پوشش گیاهی و عوامل محیطی دارد، و سه نمونه از خاک عمقی ۵ تا ۳۰cm برداشت شد. در نتیجه در مجموع تعداد ۳۰ نمونه خاک از ۵ کاربری مورد مطالعه از دو عمق تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. در هنگام نمونه برداری از خاک به دلیل مقدار نسبتاً زیاد بقایای گیاهی در سطح زمین ابتدا سطح رویی خاک را برداشته و سپس نمونه برداری انجام شد. لازم به ذکر است که در کاربری *Punica granatum*، نمونه برداری از بین ردیف های درختان که در حدود سی ساله هستند و متوسط قطر تاج پوشش آنها ۲ m است، با فاصله مناسب از تنه و فاصله ردیف های کشت که ۱/۵ m در نظر گرفته شد، و نیز زیر تاج پوشش صورت گرفت.

در آزمایشگاه بر روی نمونه های خاک جمع آوری شده آزمایش های تعیین بافت خاک با روش هیدرومتری، P با روش اسپکتروفتومتر، K با روش شعله (فلم فتومتر)، آهک با روش تیتراسیون با HCl، pH خاک با استفاده از

جدول ۱. آماره‌های حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک در منطقه مورد مطالعه

ویژگیهای خاک	تعداد داده‌ها (N)	کوچکترین داده	بزرگترین داده	میانگین	انحراف معیار	واریانس	خطای استاندارد
ماسه (%)	۳۰	۴۶/۸۴	۷۴/۸۴	۵۹/۹۹	۶/۸۱	۴۶/۳۴	۱/۲۴
سیلت (%)	۳۰	۱۳	۲۵	۱۹/۴۰	۲/۵۶	۶/۵۹	۰/۴۶
رس (%)	۳۰	۰/۱۶	۲۹/۱۶	۲۰/۶۰	۵/۴۲	۲۹/۴۲	۰/۹۹
P (mg/kg)	۳۰	۱/۲۹	۱۳/۳۸	۳/۵۴	۲/۹۲	۸/۵۷	۰/۵۳
K (mg/kg)	۳۰	۲۷۴/۸	۱۱۹۸/۵	۴۹۸/۹	۱۹۲/۵۴	۳/۷۰	۳۵/۱۹
%OC	۳۰	۰/۴۱	۱/۹۸۹	۰/۹۶	۰/۴۵	۰/۲۰	۰/۰۸
pH	۳۰	۷/۲	۸	۷/۷۱	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۰۴
EC (ds/m)	۳۰	۲/۵۱	۱۹/۲	۷/۳۶	۴/۳۴	۱۸/۸۴	۰/۷۹
Bd (cm ³)	۳۰	۱/۳۶	۱/۹۴	۱/۶۱	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۲
%CaCo3	۳۰	۱۵/۴۲	۲۰/۲	۱۸/۴۲	۱/۲۳	۱/۵۴	۰/۲۲
%N	۳۰	۰/۰۷	۰/۳۸	۰/۱۷	۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۰۰۱

جدول ۲. تغییرات ذخیره کربن بر حسب ton/ha در ۵ تیمار مورد مطالعه

میانگین Cs در عمق ۵ cm تا صفر	میانگین Cs در عمق ۵ تا ۳۰ cm	
۱۰/۹۱	۶۸/۱۱	<i>Punica granatum</i>
۱۶/۱۴	۳۶/۸۱	<i>Medicago sativa</i>
۶/۲۳	۱۶/۵۸	مرتع
۱۴/۴۷	۴۸/۹۴	<i>Hordeum vulgare</i>
۶/۵۳	۲۲/۱۱	آیش

در عمق صفر تا ۵cm خاک مزرعه *Medicago sativa* با توجه به اینکه این پوشش گیاهی رشد سریعی نسبت به دیگر تیمارها دارد و تراکم اندام‌های هوایی گیاه در سطح خاک نسبت به دیگر کاربری‌ها بیشتر است، ذخیره کربن در این اندام‌ها بیشتر است (جدول ۲). همچنین تجمع لاشبرگ حاصل در سطح و عمق سطحی موجب تجمع بیشتر Cs در این عمق نسبت به دیگر تیمارها شد. در این عمق کمترین مقدار Cs مربوط به تیمارهای مرتع و تیمار آیش بود. مرتع دارای پوشش گیاهی ناچیز و بیشتر گیاهان یکساله بود که حداقل مقدار لاشبرگ را تولید می‌کرد. در تیمار آیش به دلیل اینکه دارای پوشش گیاهی اندکی بود، Cs کم و مقدار کربنی هم که داخل خاک این کاربری وجود داشت مربوط به کشت قبل از آیش و یا پوشش محدودی بود که در بافت خاک این کاربری ذخیره شده بود.

در عمق ۵ تا ۳۰cm خاک با توجه به فعالیت و تراکم بیشتر ریشه *Punica granatum* در این لایه از خاک، پتانسیل بیشتری برای Cs در خاک وجود داشت و لذا بیشترین Cs در این عمق مربوط به کاربری باغ *Punica granatum* بود (جدول ۲). در این عمق نیز کمترین Cs مربوط به تیمار مرتع بود. دلیل حصول چنین نتیجه‌ای پوشش گیاهی اندک، که بیشتر از خانواده علفی‌های (*Gramineae*) یکساله است و ریشه‌های آن‌ها در سطح خاک فعالیت دارند. نتایج حاصل از آنالیز واریانس Cs در عمق صفر تا ۵ و ۵ تا ۳۰cm خاک کاربری‌های مورد مطالعه در جداول (۳ و ۴) ارایه شده است. بر طبق این نتایج، اثر کاربری بر میانگین مقادیر Cs در هر دو عمق در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. لذا آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها انجام شد و نشان داد که تغییر کاربری به اراضی باغی و زراعی موجب افزایش کربن خاک در مقایسه با مرتع اولیه می‌شود.

جدول ۳. نتایج آنالیز واریانس ذخیره کربن خاک در عمق صفر تا ۵cm خاک کاربری‌های مورد مطالعه

سطح معنی داری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات
*۰/۰۰۲	۱۰/۱۰۲	۶۰/۷۴۰	۴	۲۴۲/۶۹۰
		۶/۰۱۳	۱۰	۶۰/۱۲۶
			۱۴	۳۰۳/۰۸۵

*اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد

جدول ۴. نتایج آنالیز واریانس ذخیره کربن خاک در عمق ۵ تا ۳۰cm خاک کاربری‌های مورد مطالعه

سطح معنی داری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات
*۰/۰۰۰	۱۹/۰۶۲	۱۲۵۸/۲۴۷	۴	۵۰۳۲/۹۹۰
		۶۶/۰۰۸	۱۰	۶۶۰/۰۸۲
			۱۴	۵۶۹۳/۰۷۲

*اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد

گروه (BC) جای گرفت. اراضی آیش که میزان Cs آن با Cs مرتع و مزرعه *Medicago sativa* اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با مزرعه *Hordeum vulgare* و *Punica granatum* کاملاً متفاوت بود، در گروه (CD)، و مرتع با کمترین Cs در گروه آخر (D) قرار گرفت.

به طور کلی بر اساس نتایج مقدار ذخیره کربن در خاک، کاربری مرتع در منطقه مورد بررسی کمترین Cs را در مقایسه با کاربری‌های اراضی زراعی و باغی داشت.

نتایج حاصل از بررسی اثر تغییر کاربری از اراضی جنگلی به مرتعی و زراعی در شرق اردبیل گویای آن است که این تغییر کاربری باعث کاهش قابل ملاحظه ی Cs شده است (۲). مطالعه اثر ترسیب کربن بر تعدیل اثرات تغییر اقلیم نشان داد که تغییر کاربری از اراضی با پوشش گیاهی طبیعی به اراضی کشاورزی بر اساس برآیند اثراتش در مقیاس جهانی باعث انتشار بیشتر گاز CO₂ و کاهش میزان Cs می شود (۱۲). نتایج بررسی اثرات کاربری اراضی بر Cs در غرب شهر شیراز نشان داد که پس از کاربری باغ، کاربری زمین کشاورزی Cs قابل توجهی را به خود اختصاص داد و کمترین میانگین ذخیره کربن آلی مربوط به کاربری مرتع می باشد (۳۰). بررسی اثر تغییر کاربری از مرتع با تیپ گیاهی *Artemisia sieberi* به *Haloxylon aphyllum* و *Olea europae* در منطقه ایوانکی سمنان نشان داد که این تغییر کاربری‌ها موجب افزایش Cs در مقایسه با مرتع اولیه شده اند (۱۰).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین های Cs در عمق صفر تا ۵cm، میانگین ذخیره کربن کاربری‌ها در سه گروه قرار گرفت (شکل ۲). به گونه ای که مزرعه *Medicago sativa* با بیشترین Cs در این عمق در یک گروه (a)، مرتع و اراضی آیش با کمترین میزان Cs در این عمق در یک گروه (c) قرار گرفتند. اگر چه میانگین Cs کاربری مزرعه *Hordeum vulgare* با مقادیر آن در کاربری *Punica granatum* و مزرعه *Medicago sativa* اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی با مقادیر آن در کاربری‌های مرتع و اراضی آیش با ضریب آلفای ۰/۰۵ اختلاف معنی داری داشت و لذا در گروه (ab) قرار گرفت. همچنین میانگین Cs در باغ *Punica granatum* با مقادیر آن کاربری‌های مزرعه *Hordeum vulgare*، آیش و مرتع اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با مقدار آن در مزرعه *Medicago sativa* اختلاف معنی‌داری داشت، لذا در گروه (bc) قرار گرفت.

در عمق ۵ تا ۳۰cm خاک میانگین ذخیره کربن کاربری‌ها در چهار گروه قرار گرفت. به این ترتیب که *Punica granatum* با بیشترین مقدار ذخیره کربن در گروه (A) و مزرعه *Hordeum vulgare* پس از آن در گروه (B) قرار گرفت. مزرعه *Medicago sativa* که Cs آن با مقادیر Cs در مزرعه *Hordeum vulgare* و آیش اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با دو کاربری دیگر یعنی *Punica granatum* و مرتع اختلاف معنی‌داری داشت، در

استفاده از ضریب پیرسون در جدول (۵) ارائه داده شده است. بر اساس آن ضریب همبستگی پیرسون کربن آلی با P و N مثبت و به ترتیب ۰/۵۹ و ۰/۸۰ بود؛ مقدار معنی‌داری یا Sigهای مربوطه کمتر از ۰/۰۵ و لذا این همبستگی‌ها معنادار بودند. در دیگر موارد همبستگی معنی‌داری بین ویژگی‌های خاک با OC وجود نداشت. با توجه به اینکه N یک متغیر تبعی از ماده آلی خاک است و ترکیب OM^۱ حدوداً شامل ۵٪ N و ۰/۵٪ P است (۳)، این نتیجه قابل توجیه است. نتایج بررسی ارتباط میان ذخیره کربن خاک با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن در چهار کاربری اراضی بکر، حفاظتی، بهره‌برداری و باغی در منطقه زاگرس شمالی در استان آذربایجان غربی نشان می‌دهد که همبستگی مثبت معنی‌داری بین OC و N خاک وجود دارد (۲۱). مطالعه ارتباط ذخیره کربن آلی خاک با برخی ویژگی‌های آن در طرح جنگلداری ده‌میان مازندران نشان می‌دهد که کربن آلی خاک به‌عنوان مهمترین جز تأثیرگذار خاک بر مقدار کربن و ذخایر ترسیب کربن است (۱۶). نتایج حاصل از بررسی رابطه بین فسفر قابل جذب و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در انواع کاربری‌های مرتع، باغ و زراعت ناحیه آبرسد شهرستان دماوند نیز گویای آن است که همبستگی بالایی میان P و OC وجود دارد، زیرا OM منبع مهم فسفر خاک می‌باشد (۴).

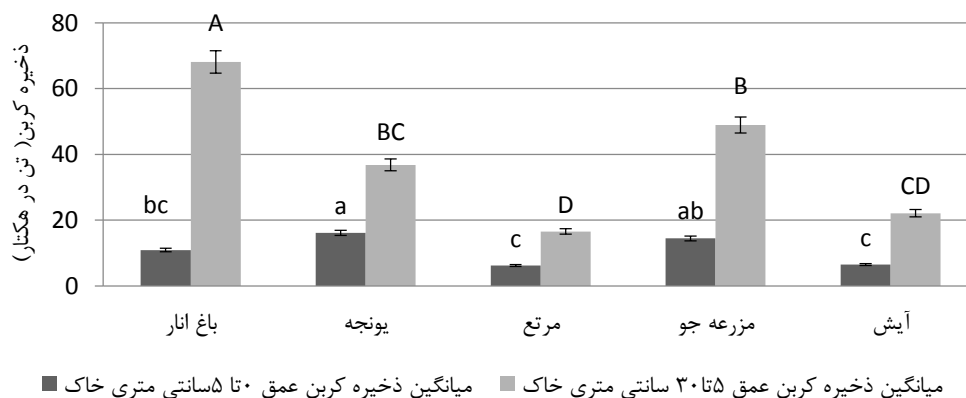
با توجه به شرایط مشابه اقلیمی، پوشش گیاهی و مدیریت مراتع این منطقه با منطقه مورد مطالعه، نتایج مشابه مورد انتظار است مطالعه ترسیب کربن در اراضی مرتعی، زراعی و جنگلی استان کرمانشاه با اقلیمی نیمه خشک، گویای آن است Cs و پتانسیل ترسیب کربن در خاک اراضی مرتعی بیشتر اراضی زراعی است (۱۹). با توجه به محدودیت‌های بیشتر اقلیمی و خاکی منطقه مورد مطالعه در مقایسه با استان کرمانشاه و پوشش گیاهی ناچیز و مدیریت نامناسب مراتع منطقه، حصول نتیجه ای متفاوت توجیه‌پذیر است. همچنین بیشترین Cs در منطقه در خاک کاربری باغ *Punica granatum* به دلیل بیشترین میزان پوشش گیاهی سطحی خاک و لذا بقایای گیاهی و لاشبرگ و فعالیت و تراکم بیشتر ریشه‌های *Punica granatum* دیده شد.

مطالعه نتایج حاصل از مقایسه Cs در کاربری‌های باغ سیب، مرتع و اراضی کشاورزی تحت کشت *Hordeum vulgare*، *Medicago sativa* گندم با نام علمی *Triticum aestivum* و سیب زمینی با نام علمی *Solanum tuberosum* در صفاشهر استان فارس نیز گویای آن است که کاربری باغ بیشترین میزان Cs را داشته است (۱۱).

تأثیر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی خاک بر کربن آلی خاک

نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون

نتایج حاصل از بررسی رابطه بین بافت خاک، pH، EC، چگالی ظاهری خاک، CaCo₃، P، K با OC خاک با



شکل ۲. نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین Cs در ۵ تیمار و دو عمق خاک مورد بررسی، حروف کوچک گروه بندی کاربری‌های مختلف را از نظر ذخیره کربن آلی خاک در عمق اول و حروف بزرگ گروه بندی کاربری‌های مختلف از نظر ذخیره کربن آلی خاک در عمق دوم را نشان می‌دهند.

جدول ۵. نتایج حاصل از بررسی رابطه ویژگی‌های خاک با کربن آلی آن در عمق صفر تا ۳۰cm خاک با استفاده از ضریب پیرسون

N	CaCo3	Bd	EC	pH	OC%	P	K	رس	سیلت	ماسه	ضریب همبستگی %/OC
۰/۸۰	۰/۳۴	-۰/۱۴	-۰/۰۵۳	۰/۱	۱	۰/۵۹	۰/۰۱	۰/۰۹	-۰/۰۱	-۰/۰۷	ضریب همبستگی %/OC
*۰/۰۰	۰/۰۶۳	۰/۴۳	۰/۷۸	۰/۳		*۰/۰۰	۰/۸۹	۰/۶۱	۰/۹۴	۰/۰۷	Sig

*Sig در سطح ۰/۰۵

نتایج حاصل از رگرسیون چندگانه گام به گام

ضریب همبستگی پیرسون میزان رابطه بین متغیرها را نشان داد. در ادامه برای مشخص شدن نوع رابطه، با توجه به عدم وجود رابطه هم خطی بر اساس کمتر از ۱۰ بودن عامل تورم واریانس بین متغیرها، رگرسیون چندگانه انجام شد (جدول‌های ۴، ۷ و ۸).

در رگرسیون چندگانه گام به گام با توجه به اینکه مقدار معنی‌داری رابطه با وارد کردن فاکتورهای درصد ماسه، رس، سیلت، P، K، EC، pH، آهک و وزن مخصوص ظاهری بیشتر از ۰/۰۵ بود، لذا رابطه رگرسیون با در نظر گرفتن فقط N خاک از میان فاکتورهای خاکی مورد بررسی به عنوان متغیر موثر و پیشگویی کننده OC خاک، مورد قبول و ضریب تشخیص (R^2) آن برابر ۰/۶۴ بود (جدول ۶). رابطه رگرسیون با توجه به مقدار معنی‌داری که کمتر از ۰/۰۱ بود، با اطمینان ۹۹٪ تایید شد (جدول ۷).

آزمون معنی‌دار بودن ضرایب رابطه رگرسیونی با توجه به مقدار معنی‌داری آزمون t که کمتر از ۰/۰۱ است، نشان داد که با اطمینان ۹۹٪ ضرایب رابطه مخالف صفر است و برابر مقادیر وارد شده در جدول (۸) است. لذا با توجه به این جدول رابطه نهایی به صورت رابطه ۲ بود:

$$y = 3.663x + 0.308 \quad (2)$$

که در آن x نشان دهنده %N و y هم %OC خاک بود. همچنین هر چند ضریب همبستگی پیرسون P و OC خاک معنی‌دار بود ولی با توجه به اینکه برابر ۰/۵۹ بود، این همبستگی ضعیف و لذا در تجزیه رگرسیون معیار تصمیم مربوطه، معنی‌دار نشد و P همراه با بافت خاک و اجزاء آن، EC، pH، CaCo3، پتاسیم، P و وزن مخصوص ظاهری در گروه متغیرهای حذف شده قرار گرفتند و لذا تأثیر تعیین کننده‌ای بر مقدار OC خاک نداشتند.

جدول ۶. ضریب تشخیص رابطه رگرسیون بین OC و N خاک

مدل	R	R ²	خطای استاندارد برآورد
۱	۰/۸۰ ^a	۰/۶۴	۰/۲۸۵

جدول ۷. تجزیه واریانس رگرسیون

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
رگرسیون	۴/۱۷	۱	۴/۱۷	۵۱/۱۰	*۰/۰۰
باقیمانده	۲/۲۹	۲۸	۰/۸		
کل	۶/۴۶	۲۹			

*معنی‌داری در سطح ۰/۰۱

جدول ۸. ضرایب رابطه رگرسیون و آزمون معنی‌دار بودن آنها

مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده		t
	B	خطای استاندارد	بتا	خطای استاندارد	
۱	مقدار ثابت (عرض از مبدا)	۰/۳۰۸	۰/۱۰۹	۰/۸۰۴	۲/۸۱۹
	N	۳/۶۶۳	۰/۵۱۲	۰/۸۰۴	۷/۱۴۹

■ نتیجه‌گیری

در منطقه خشکی مانند جنوب سمنان که پوشش گیاهی مراتع اندک و خاک از نوع آریدی سول است، تغییر کاربری از مرتع به زراعت و باغ در صورت تامین آب موجب افزایش Cs خاک در عمق‌های مختلف خاک می‌شود. در نتیجه با چنین تغییر کاربری‌ای می‌توان اثرات منفی افزایش دی اکسید کربن به عنوان مهمترین گاز گلخانه‌ای که توسط شهرک صنعتی و شهر سمنان که در مجاورت منطقه مورد مطالعه قرار دارند را، کاهش داد. در عمق صفر تا ۵cm خاک، بیشترین Cs در کاربری مزرعه *Medicago sativa* دیده شده و با توجه به اینکه از میان یژگی‌های خاک، بافت، $Caco_3$ ، P، K، چگالی، EC، pH و N، فقط N خاک با OC آن همبستگی زیادی دارد، می‌توان نتیجه گرفت که برای افزایش OC میتوان از کشت

گیاهان خانواده بقولات متناسب با شرایط این مناطق استفاده کرد. همچنین در صورت فراهم بودن و مدیریت مناسب منابع آبی می‌توان با ایجاد باغات از گونه‌های سازگار با این مناطق، Cs را در عمق‌های مختلف آن و به ویژه در عمق‌های بیشتر خاک مانند عمق ۵ تا ۳۰cm، به میزان قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با مرتع بیابانی اولیه افزایش داد. با توجه به اینکه سطح زیادی از کشور ما دارای شرایط مشابه با منطقه مورد مطالعه در این پژوهش هستند، بنابراین می‌توان بر روی آن‌ها اقدام‌های مشابهی برای افزایش ذخیره کربن در خاک که یکی از مهمترین ذخیره‌گاه‌های کربن است، به منظور کاهش دی اکسید کربن اتمسفری انجام داد.

■ References

- Ahmadi, H., Heshmati, Gh., & Naseri, H. R. (2014). Soil carbon sequestration potential in desert lands under two species of *Haloxylon aphyllum* and *Juncus effuses* (Case Study: Aran & Bidgol). *Desert Ecosystem Engineering*, 5, 29-36. (in Farsi)
- Asghari, SH., Hashemian, S., Goli Kalanpa., A., & Mohebodini, M. (2015). Impacts of land use change on soil quality indicators in eastern Ardabil province. *Water and Soil Conservation*, 22(3), 1-1. (in Farsi)
- Barber, S. A. (1984). Soil nutrient bioavailability. New York: John Wiley and Sons Pub.
- Dadgar, M., & Aliha, M., & Faramarzi, E. (2011). Relationship between available phosphorus and some soil physical and chemical characteristics in Absard Plain (Damavand Province). *Rangeland and Desert Research*, 18(3), 498-504. (in Farsi)
- Dal, N., Ilaria, F., Berti, P.A., Polese, R., & Morari, F. (2020). Organic carbon storage potential in deep agricultural soil layers: Evidence from long-term experiments in northeast Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 300, 106967.
- Dignac, M., Derrien, D., Barré, P., Cécillon, L., Chenu, C., Chevallier, T., T Freschet, G., Garnier, P., Guenet, B., Hedde, M., Klumpp, K., Lashermes, G., Maron, P., Nunan, N., Roumet, C., & Basile-Doelsch, I. (2017). Increasing soil carbon storage: mechanisms, effects of agricultural practices and proxies. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37 (14), 1-27.
- Ghaitori, M., Parvizi, Y., Heshmati, M., & Ahmadi, M. (2018). Comparing the effects of different rangeland utilization on carbon sequestration in the Kermanshah Province, Iran. *Range and Desert Research*, 25(1), 44-53. (in Farsi)
- IPCC. (2007). Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, New York.

9. Javadi, M.R., Zehtabian, G.H.R., Ahmadi, H., Ayobi, S.H., Jafari, M., & Alizadeh, M. (2011). The role of different land use on the soil carbon sequestration (case study: Noumehr Roud watershed, Nour province). *Natural Ecosystems of Iran*, 1(2), 146-154. (in Farsi)
10. Joneidi, H., Sadeghipour, A., Kamali, N., & Nikoo, S.H. (2015). Effects of land use change on soil carbon sequestration and emissions (case study: arid rangelands of Eivanakei, Semnan province). *Natural Environment*, 68(2), 191-200. (in Farsi)
11. Karimi, R., Salehi, M.H., & Mosleh, Z. (2015). The effect of land use change on some of carbon components in bulk soil and aggregates in Safashahr area, Fars province. *Electronic Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(1), 145-157. (in Farsi)
12. Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change, *Geoderma*, 123(1), 1-22.
13. Li, G.-L., & Pang, X.-M. (2010). Effect of land-use conversion on C and N distribution in aggregate fractions of soils in the southern Loess Plateau, China. *Land Use Policy*, 27(3), 706-712.
14. Moghiseh, E., Heidari, A., Ghannadi, M., Sarmadian, F., Pirvali, N., Moosavi, M., Teimouri, S., & Khorasani, A. (2014). An Assessment of the Dynamics of Physical Fractions of Organic Carbon in Water-Stable Aggregates within Different types of Land Uses. *Soil and Water Research*, 45(3), 333-343. (in Farsi)
15. Naghipour Borji, A.A., Dianati Tilak, G.H.A., Tavakoli, H., & Haidarian Aghakhani, M. (2009). Grazing intensity impact on soil carbon sequestration and plant biomass in semi arid rangelands (Case study: Sisab rangelands of Bojnord). *Rangeland and Desert Research*, 16(3), 375-385. (in Farsi)
16. Orgill, S.E. Condon, J.R., Kirkby, C.A., Orchard, B.A., Conyers, M.K., Greene, R.S.B., & Murphy, B.W. (2017). Soil with high organic carbon concentration continues to sequester carbon with increasing carbon inputs. *Geoderma*, 285, 151-163.
17. Parsamanesh, N., Zarrinkafsh, M., Shahoei, S.S., & Wisany, W. (2015). Effects of Land Use Change on Organic Carbon Amount and Some Other Parameters in Vertisols (Case Study: Bilehsavar Area, Kermanshah Province). *Hydrology and Soil Science*, 18(4), 25-34. (in Farsi)
18. Parvizi, Y. (2013). Determination of carbon sequestration potential in different land uses of Kermanshah province using intelligent data mining systems. *Watershed Management Research*, 100, 12-18. (in Farsi)
19. Parvizi, Y., Gorji, M., Mahdian, M., & Omid, M. (2011). Spatial variability of soil organic carbon in different land uses of a semi-arid basin. *Water and Soil*, 26(1), 162-172. (in Farsi)
20. Pato, M., Salehi, A., Zahedi, G.H., & Banj, A. (2017). Soil carbon stock and its relationship with physical and chemical characteristics in soil of different land-uses in Zagros region. *Forest and Wood Product*, 69(4), 747-756. (in Farsi)
21. Post W. M., & Kwon K. C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Changes Biology*, 6(3), 317-327.
22. Sarkar, D. (2010). Physical and Chemical Methods in Soil Analysis Title of book. Delhi: New Age International Publisher.
23. Schuman, G.E., H. Janzen, & J.E. Herick. (2002). Soil carbon information and potential carbon sequestration by rangelands. *Environmental Pollution*, 116, 391-396.

24. Tabalvendani, J., Zehtabian, G.H.R., Ahmadi, H., Ayobi, S.H., Jafari, M., & Alixzadehm M. (2011). The role of different land use on the soil carbon sequestration (case study: Noumeh Roud watershed, nour province). *Natural Ecosystems of Iran*, 1(2), 146-154. (in Farsi)
25. Wang, Y., Fu, B., Lü, Y., Song, C. & Luan, Y. (2010). Local-scale spatial variability of soil organic carbon and its stock in the hilly area of the Loess Plateau, China. *Quaternary Research*, 73, 70-76.
26. William, E. (2002). Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils. *Agricultural and Forest Methodology*, 116, 91-102.
27. Yamani M., Amirinejad, S., Gholami, F., & Nejad Hoseyni, R. (2018). Investigation of the active tectonic in Semnan basin (South of Semnan) using geomorphological indices. *Geographical Research on Desert Areas*, 6(1), 149-174.
28. Yazdanshenas, H., Tavili, A., Jafari, M., & Shafeian, E. (2018). Evidence for relationship between carbon storage and surface cover characteristics of soil in rangelands. *Catena*, 167, 139-146.
29. Yousefi, S.H., & Hemati, E. (2017). Investigating the Effects of Land Use, Vegetation and Depth on Soil Organic Carbon Sequestration (Case Study of Shiraz). *In: Proceeding of Fourth International Conference on Planning and Management of Environment*, University of Tehran, Graduate Faculty of Environment, Tehran, Iran. (in Farsi)



Effects of Land Use and Soil characteristics on Changes in Soil Organic Carbon (Case Study: Ala Area- Semnan)

A. Moradi¹, A. Sadeghipour², Sh. Nikoo^{2*}, Y. Parvizi³

1. M.Sc. of Combating Desertification, Desert studies Faculty, Semnan University, Semnan, Iran.
2. Assistant professor, Desert studies Faculty, Semnan University, Semnan, Iran.
3. Associate Professor, Soil conservation and Watershed Management Research Department, Agriculture and Natural resources Research Center of Kermanshah, Kermanshah, Iran.

* Corresponding Author: shimanikoo@semnan.ac.ir

Received date: 17/09/2020

Accepted date: 06/02/2021

Abstract

Rising atmospheric carbon dioxide is one of the main causes of climate change and its devastating environmental consequences, such as global warming. Soils are the third largest carbon storehouse, and the amount of carbon storage is strongly influenced by the land use management. The aim of this study was to investigate the changes in carbon storage in different land uses included *Punica granatum* orchard, *Medicago sativa* farm, rangeland, *Hordeum vulgare* farm and fallow, under impact of soil properties such as sand, clay, silt, nitrogen, phosphorus, potassium, organic carbon, pH and EC, in Ala area of Semnan. In the selected land uses 30 soil samples were taken in both 0 - 5 and 5 - 30 cm soil depths in three. In order to investigate the effect of land use type in two soil depths studied on soil carbon content, analysis of variance and Duncan's test was used to compare the means. Pearson correlation was used to investigate the relationship between soil properties as independent variables and soil organic carbon as a dependent variable. Also, multiple regression analysis was performed to determine relationship type between the variables. According to the results, the type of land use in both soil depths has a significant effect on soil carbon storage. The highest average soil carbon storage in 0 - 5 and 5 - 30 cm soil depths in alfalfa and pomegranate orchard land uses are 16.14 and 68.11 t/ha, respectively. The lowest amount of carbon storage in 0 - 5 and 5 to 30 cm soil depths related to rangeland use are 6.23 and 16.58 hectare/ha, respectively. Pearson correlation coefficient between organic carbon and soil factors of nitrogen and phosphorus were statistically significant with r of 0.8 and 0.59, respectively. Since the correlation between organic carbon and phosphorus is low, it was omitted in the regression analysis. Finally, the percentage of soil organic carbon was obtained based on the percentage of soil nitrogen. In general, land use change from pasture to arable land and pomegranate orchard can have a significant effect on increasing soil carbon storage in the study area. Soil properties other than nitrogen have no significant effect on soil organic carbon.

Keywords: Nitrogen; *Punica granatum*; Organic carbon; Rangeland; *Medicago sativa*