

ارزیابی وضعیت ترسیب کربن خاک تاکستان‌های انگور دیم در مقایسه با سایر کاربری‌های کشاورزی و منابع طبیعی در شهرستان سپیدان (استان فارس)

مهران اکبرزاده^۱، حمید نوری^{۲*}، ثمر مرتضوی^۳، بهناز عطائیان^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۱

چکیده

یکی از مؤثرترین راه‌های کاهش کربن جو و مقابله با تغییرات اقلیمی، ترسیب کربن در خاک و زیست‌توده گیاهی است. ظرفیت ترسیب و نگهداشت کربن در پوشش گیاهی و خاک، ضمن وابستگی به نوع کاربری اراضی، تا حد زیادی بستگی به نوع گونه گیاهی دارد. اراضی دیم سهم زیادی در میانگین بالای فرسایش خاک کشور، تخریب زمین و انتشار کربن دارند. هدف از این تحقیق، ارزیابی میزان ترسیب کربن خاک در تاکستان‌های انگور دیم در مقایسه با سایر کاربری‌های طبیعی اراضی شهرستان سپیدان و همچنین بررسی و بهبود دقت داده‌های برآوردی کربن خاک حاصل از منابع ماهواره‌ای و پایگاه‌های جهانی مانند SoilGrids در این منطقه است. به منظور انجام این مطالعه، از هر نوع کاربری، تعداد ۵۰ نمونه خاک برداشت شد. سپس برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد و نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع منطقه ترسیم شد. در نهایت، میزان کربن آلی خاک با استفاده از روش کوره تعیین گردید. داده‌های میزان ترسیب کربن خاک از طریق سایت Soil Grids و نرم‌افزار Google Earth Engine به صورت نقشه‌های موضوعی ارائه گردید. یافته‌ها نشان داد که مساحت کاربری‌های مختلف مراتع، جنگل‌ها، کشاورزی، باغات و تاکستان‌ها به ترتیب ۱۴۴۵۳۲، ۶۶۵۱۶، ۶۴۴۸۶، ۸۵۵۰ و ۳۱۵۶ هکتار است. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین میزان کربن در خاک مناطق مرتعی ذخیره شده است و بعد از آن خاک کشاورزی، جنگل‌ها و تاکستان‌ها به ترتیب با ۴۵۱/۶، ۴۳۲/۶، ۴۱۸ و ۳۱۹/۹ تن کربن در هکتار مقدار ذخیره کربن کمتری را به خود اختصاص داده‌اند. باین حال انگور دیم ضمن حفاظت از اراضی شیب‌دار و دیم نقش مهمی در ترسیب کربن منطقه دارد.

کلیدواژه‌ها: ذخیره کربن آلی خاک، حفاظت از خاک، کاربری اراضی، تاکستان‌های دیم، شهرستان سپیدان.

۱. دانشجوی دکتری محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، mehranakbarzadeh92@gmail.com

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و آبخیزداری، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، نویسنده مسئول، climatology.hnouri52@gmail.com

۳. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، mortazavi.s@gmail.com

۴. استادیار دانشکده منابع طبیعی و آبخیزداری، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، attaeian94@gmail.com

مقدمه

گاز دی اکسید کربن یکی از عوامل کلیدی در پدیده گرمایش جهانی محسوب می شود و سهمی بیش از ۶۰ درصد در افزایش دمای زمین دارد (مهدی پور و لندی، ۲۰۱۰؛ خدایی جوقان و همکاران، ۲۰۲۲). یکی از منابع اصلی انتشار دی اکسید کربن در جو، سیستم های کشاورزی هستند که با انجام فعالیت هایی مانند سوزاندن بقایای محصولات زراعی، مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی و شخم عمیق، میزان این گاز را به طور قابل توجهی افزایش می دهند (شیلینگر^۱ و همکاران، ۲۰۱۰). برآوردها نشان می دهند که سهم این سیستم های کشاورزی در تغییرات اقلیمی حدود ۱۴ درصد است (ورمولن^۲ و همکاران، ۲۰۱۲). خاک، به عنوان بزرگ ترین بزرگ ترین مخزن کربن در اکوسیستم های خشکی، نقشی اساسی در چرخه جهانی کربن ایفا می کند (مارکس^۳ و همکاران، ۲۰۰۷؛ لیفیلد^۴ و همکاران، ۲۰۰۵؛ وانگ و هسیه^۵، ۲۰۰۲). بنابراین، رهیافت ترسیب کربن به عنوان یکی از راهبردهای مدیریتی مؤثر، نقش مهمی در کاهش مخاطرات زیست محیطی ناشی از انتشار گازهای گلخانه ای ایفا می کند (کوچکی و خرم دل، ۲۰۲۱). ترسیب کربن به معنای انباشت پایدار کربن در خاک، زیست توده گیاهی یا منابع آبی است (چن^۶ و همکاران، ۲۰۱۵؛ لال^۷، ۲۰۰۲؛ اینگرام و فرناندز^۸، ۲۰۰۱). ترسیب کربن به هر نوع فعالیتی اطلاق می شود که منجر به افزایش ذخایر کربن و انتقال آن از جو به زیست توده و خاک می گردد (سومر و بوسیو، ۲۰۱۴). مقدار کربن ترسیب شده در خاک تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، نوع خاک، ویژگی های خاک و پوشش گیاهی قرار دارد. در این راستا کومار^۹ و همکاران (۲۰۱۹)، گزارش کردند که حفظ پسماندها و بقایای گیاهی در زمین و تقویت خاک با گیاه ماش موجب افزایش تجمع کربن در خاک می شود. در مطالعات جیانگ^{۱۰} و

همکاران (۲۰۱۹)، نتایج نشان داد که ارزش خدمات مزارع برنج در ترسیب کربن با افزایش میزان کود نیتروژن، از مقدار مثبت به منفی کاهش می یابد. ارزیابی هم زمان رد پای کربن، خدمات زیست محیطی و روش های کشاورزی در ترسیب کربن محصولات زراعی می تواند نقش منابع و مخازن کربن را در بوم نظام های کشاورزی مشخص کند و راهکارهای مؤثری برای کاهش تغییرات اقلیمی ارائه دهد (جیانگ و همکاران، ۲۰۱۹). در همین راستا زو^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۴)، میزان انتشار و ترسیب کربن از طریق رد پای کربن و خدمات بوم نظام نشان داد که تولید برنج، ذرت و گندم به ایجاد یک مخزن بقایای گیاهی نگهدارنده کربن خالص منجر می شود. ترسیب کربن در زیست توده گیاهی و خاک های تحت پوشش آن، ساده ترین و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه ترین راهکار برای کاهش دی اکسید کربن جوی محسوب می شود (کوچکی و خرم دل، ۲۰۲۱). رحمانی و مصباح (۲۰۱۳)، با بررسی و تحلیل اقتصادی قابلیت ترسیب کربن خاک در پارک ملی بمو استان فارس به این نتیجه رسیدند که میانگین کربن ترسیب شده در خاک زمین های داخل و خارج پارک به ترتیب ۴۰/۰۵ و ۲۱/۷۵ تن در هکتار است. میانگین ارزش اقتصادی خسارت اجتناب شده مربوط به ترسیب کربن به ازای هر هکتار زمین در داخل پارک در سطوح کم، متوسط و زیاد، به ترتیب ۱۲۳/۱۲، ۴۱۰/۴۱ و ۳۲۸۳/۲۶ میلیون ریال است. رودریگوئز^{۱۲} و همکاران (۲۰۲۳) با هدف تأیید عملکردهای چندوجهی خاک به عنوان بزرگ ترین ذخیره کننده کربن در زمین و اهمیت آن در ترسیب کربن، مطالعه ای انجام داده اند که نتایج نشان می دهد عوامل کلیدی مانند اقلیم، توپوگرافی، ماده مادری، موجودات زنده و ویژگی های ذاتی خاک تأثیر قابل توجهی بر ظرفیت خاک برای نگهداری کربن آلی دارند. در برخی مطالعات دیگر، محققان با تشریح متغیرهای کلیدی تأثیرگذار بر توانایی خاک در ترسیب کربن، بر نقش حیاتی آن در کاهش یا مهار تغییرات اقلیمی تأکید کرده اند. یافته های این پژوهش ها نشان می دهد که عواملی نظیر شرایط اقلیمی، توپوگرافی، ماده مادری، موجودات زنده و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی

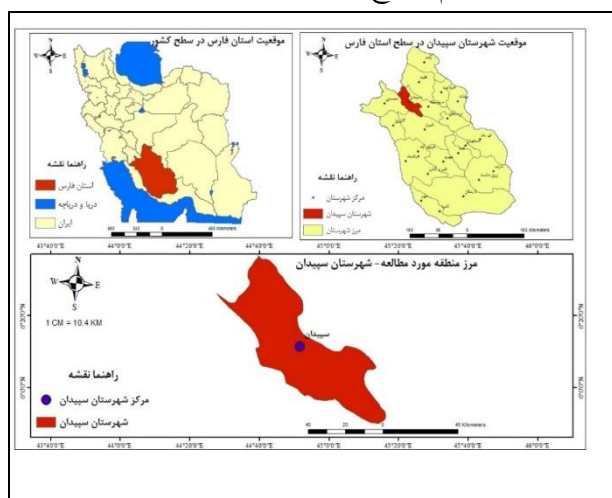
1. Schillinger
2. Vermeulen
3. Marx
4. Leifeld
5. Wang & Hsieh
6. Chen
7. Lal
8. Ingram & Fernandes
9. Kumar
10. Jiang

11. Zhou
12. Rodrigues

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش، شهرستان سپیدان واقع در استان فارس و در ناحیه‌ای از رشته‌کوه زاگرس به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است (شکل ۱). این شهرستان شامل دو بخش مرکزی و همایجان است. جمعیت آن براساس سرشماری سال ۱۳۹۵، حدود ۹۱۰۰۰ نفر گزارش شده است. این شهرستان دارای اقلیمی نیمه‌خشک و کوهستانی است. متوسط بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۴۹۷ میلی‌متر و متوسط دما حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد است (اسراری و مسعودی، ۲۰۱۰). ضریب خشکی دومارتن شهرستان سپیدان برابر با ۲/۲ است که نشان‌دهنده اقلیم نیمه‌خشک آن است و دارای ۱۲ قله بالای ۳۰۰۰ متر از سطح دریاست. شیب عمومی منطقه از شمال به جنوب کاهش می‌یابد و هرچه به قسمت جنوبی این شهرستان نزدیک‌تر می‌شویم، ارتفاع کاسته می‌شود.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در سطح کشور و موقعیت قرارگیری استان فارس و شهرستان‌ها
Figure (1): Geographical location of the study area and synoptic stations

روش نمونه‌برداری

در ابتدا با استفاده از داده‌های Google Earth و بازدید میدانی، اقدام به شناسایی زمین‌های انگور دیم در این شهرستان شد. زمین‌های انگور دیم در بخش‌های غربی شهرستان با مساحت بیش از ۶۰۰۰ هکتار پراکنش دارد که هم‌مرز با شهرستان نورآباد است. نمونه‌برداری از خاک کنار بوته‌های انگور با عمق ۳۰ سانتی‌متری انجام گرفت (لال، ۲۰۰۴)، که بعد از شناسایی

خاک، از مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار بر میزان کربن آلی ذخیره‌شده در خاک هستند (ماسون^۱ و همکاران، ۲۰۲۳).

به‌طور کلی، بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد مطالعاتی که در زمینه کربن خاک انجام می‌شود، عموماً به نمونه‌برداری مستقیم و اندازه‌گیری کربن خاک اشاره دارد. درحالی‌که منطقه وسیع باشد و تنوع گونه‌های گیاهی و خاک و کاربری اراضی زیاد باشد، استفاده از اندازه‌گیری مستقیم بسیار هزینه‌بر و دشوار است؛ لذا از ظرفیت تصاویر ماهواره‌ای برای تخمین غیرمستقیم کربن خاک استفاده می‌شود. این درحالی است که برای مدیریت کارآمد و مطلوب زمین به‌ویژه در حوزه‌های آبخیز وسیع، ترکیب تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های زمینی روش مناسب‌تری برای تخمین کربن خاک است. حفاظت از اراضی شیب‌دار و دیم با گونه‌های مانند انگور دیم گاهی می‌تواند علاوه بر درآمد اقتصادی و اشتغال جوامع محلی، نقش مهمی در ترسیب کربن داشته باشد؛ لذا بررسی انتخاب نوع گونه گیاهی باغی، جنگلی یا مرتعی و گزینه‌های مدیریتی ارتقای پوشش گیاهی در کاربری‌های مختلف می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی مؤثرتر در افزایش ترسیب کربن داشته باشد. شناسایی و انتخاب گیاهان مناسب برای درختکاری، توسعه جنگل‌ها، باغات و مراتع از مهم‌ترین نتایج استفاده از این روش ترکیبی در مناطق بزرگ و حوزه‌های آبخیز گسترده با هدف ترسیب کربن بیشتر است.

در این مطالعه سعی شد ابتدا با نمونه‌برداری خاک از کاربری‌های مختلف زمین، میزان کربن خاک هریک از کاربری‌ها به‌طور مستقیم مشخص گردد؛ سپس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و اصلاح صحت و ارزیابی آن با داده‌های برداشت و اندازه‌گیری زمینی، یک نقشه جامع از میزان کربن خاک کل منطقه ارائه شود تا به‌واسطه آن علاوه بر مقایسه کربن ذخیره‌شده در خاک باغ‌های انگور دیم در مقایسه با سایر کاربری‌های باغ، کشاورزی، جنگل‌ها و مراتع، بتوان مدیریت جامع‌تر و هوشمندانه‌تری را برای دسترسی به خاک سالم و با ذخایر بیشتر کربن در شرایط تغییر اقلیم در نظر داشت.

1. Mason

ترسیب کربن آلی خاک براساس رابطه (۲) محاسبه خواهد شد.

$$CS = OC_a - OC_b \quad (2)$$

که در آن، CS ترسیب کربن آلی خاک مگاگرم بر هکتار OC ذخیره کربن آلی خاک در پایان آزمایش و OC ذخیره کربن آلی خاک در شروع آزمایش است.

نمونه برداری از کربن خاک سایر کاربری های اراضی

در این مطالعه سعی بر آن شده است که علاوه بر زمین های انگور از خاک سایر کاربری های اراضی منطقه (جنگل، کشاورزی و مراتع) نمونه برداری شده و ضمن اندازه گیری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، میزان ترسیب کربن برای این کاربری ها محاسبه گردد. سپس با استفاده از داده های خاک جهانی SoilGrid و Google Earth Engine کربن خاک را تخمین می زنیم. یکی از داده های خاک جهانی، SoilGrids است که توسط هنگل^۷ و همکاران (۲۰۱۷) بر مبنای ۲۳۰۰۰۰ پروفیل خاک و با استفاده از الگوریتم های پیشرفته یادگیری ماشین تولید شده است. این داده ها به صورت شبکه سلولی با تفکیک مکانی ۲۵۰ متر است و پارامترهای جرم مخصوص ظاهری، میزان شن، سیلت، رس، سنگریزه و تعدادی از ویژگی های شیمیایی خاک را برای اعماق مختلف از ۰ تا ۲۰۰ سانتی متر شامل می شود. با توجه به اینکه داده های SoilGrids به صورت شبکه سلولی است، این داده ها به طور مستقیم از سامانه گوگل ارث انجین تهیه می گردد. در ادامه با استفاده از داده های زمینی، میزان کربن این تصاویر ماهواره ای برای کل منطقه تصحیح گردید و براساس آن، نقشه کربن خاک کل منطقه به دست آمد.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی برخی ویژگی های شیمیایی و فیزیکی خاک در منطقه مورد نظر برای کاربری های مختلف در جدول (۱) آورده شده است.

مناطق کشت انگور دیم ۱۰۰ نقطه از این مزارع برای برداشت خاک به صورت تصادفی انتخاب شد. نمونه برداری خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری با استفاده از اوگر و بیلچه انجام شد و نمونه ها به صورت سیستماتیک تصادفی انتخاب شدند. برای تحلیل داده ها، از طرح آماری کاملاً تصادفی (CRD) استفاده شد و به منظور بررسی تفاوت میانگین ترسیب کربن در کاربری های مختلف، آزمون تحلیل واریانس یک طرفه در سطح معنی داری ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت. پس از نمونه برداری خاک ها به آزمایشگاه انتقال پیدا کرد و در آنجا برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان کربن خاک مورد آزمایش قرار گرفت.

برای اندازه گیری هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک، ۲۵ گرم از نمونه خاک الک شده (۲ میلی متری) را در ارلن ریخته و با آب مقطر به حجم ۵۰ سی سی رساندیم؛ سپس، پس از پوشاندن دهانه ارلن، آن را در دستگاه شیکر با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۲۰ دقیقه قرار دادیم تا سوسپانسیون خاک و آب (با نسبت ۱ به ۲/۵) به طور کامل مخلوط شود (عمر^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). در نهایت، هدایت الکتریکی عصاره حاصل با استفاده از دستگاه EC متر کالیبره اندازه گیری شد (مورتنسون^۲ و همکاران، ۲۰۰۴) و pH آن به وسیله دستگاه pH متر کالیبره شده (مونز^۳ و همکاران، ۲۰۱۲) اندازه گیری شد. وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از روش سیلندر (قرنشاهی^۴، ۱۹۹۷) و محتوای کربن آن نیز با روش احتراق به دست آمد (واکلی و بلک^۵، ۱۹۳۴). ذخایر آلی کربن خاک برای هر لایه طبق رابطه های زیر محاسبه شد (لی^۶ و همکاران، ۲۰۱۵).

$$SOC = OC * Sd * Bd * 10^4 \quad (1)$$

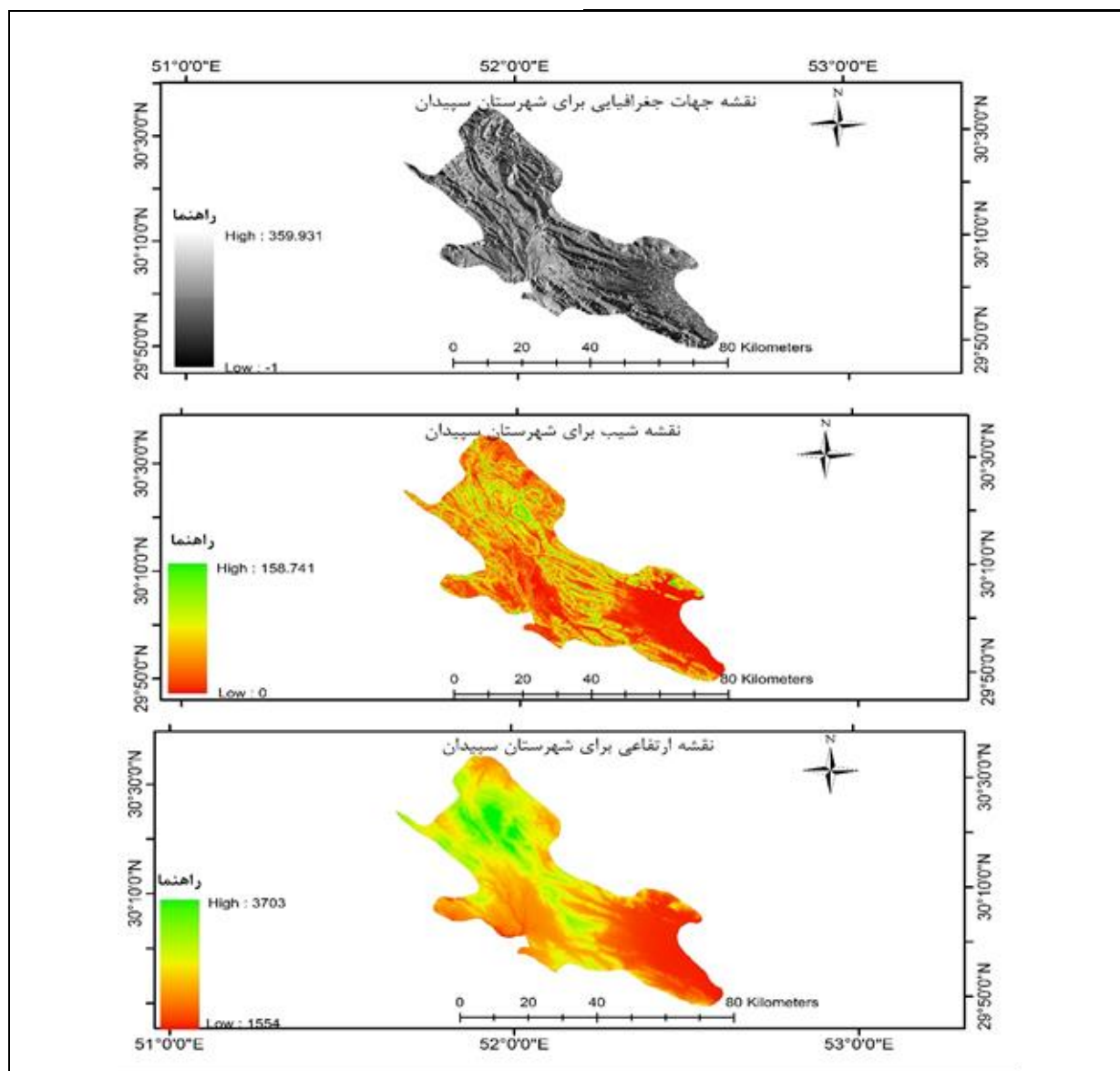
که در آن، SOC نشان دهنده کربن آلی خاک (مگاگرم بر متر مربع) است، Sd عمق خاک (متر)، Bd وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)، و OC غلظت کربن آلی خاک (گرم بر کیلوگرم) است. از مقادیر ۱۰ متر مربع در هکتار و ۱۰ برای یکسان سازی واحدها استفاده می شود. در ادامه، مقدار

1. Omar
2. Mortenson
3. Muñoz-Rojas
4. Ghazanshahi
5. Walkley & Black
6. Li

نتایج حاصل از بررسی خصوصیات خاک مناطق نمونه‌برداری مانند هدایت الکتریکی، اسیدیته و وزن مخصوص ظاهری خاک نشان داد کاربری‌های اراضی مختلف دارای اختلاف معنی‌داری هستند (هدایت الکتریکی و اسیدیته در سطح یک درصد و وزن مخصوص ظاهری در سطح ۵ درصد)، اما ویژگی‌های توپوگرافی منطقه (شیب، ارتفاع و جهت) دارای اختلاف معنی‌داری نبودند (شکل ۲).

جدول (۱): ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه
Table (1): Physical and chemical properties of soils in the study area

خصوصیات	df	Sig.
EC	۳	۰/۰۰۱**
pH	۳	۰/۰۰۱**
وزن مخصوص ظاهری	۳	۰/۰۳۶*
شیب	۳	۰/۱۵
ارتفاع	۳	۰/۰۶
جهت	۳	۰/۲۵



شکل (۲): نقشه‌های شیب، ارتفاع و جهت جغرافیایی

Figure (2): Maps of slope, height and geographical directions

جنوبی این منطقه قرار دارند. از نظر ارتفاعی منطقه، هرچه از شمال و شمال غربی به سمت جنوب و جنوب غربی می‌رویم، ارتفاع کاهش پیدا می‌کند. نتایج ویژگی‌های شیمیایی و

بررسی‌ها در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که مناطق شمالی و غربی شهرستان دارای بیشترین شیب در سطح منطقه هستند، به‌طوری‌که مناطق هموارتر در بخش‌های شرقی و

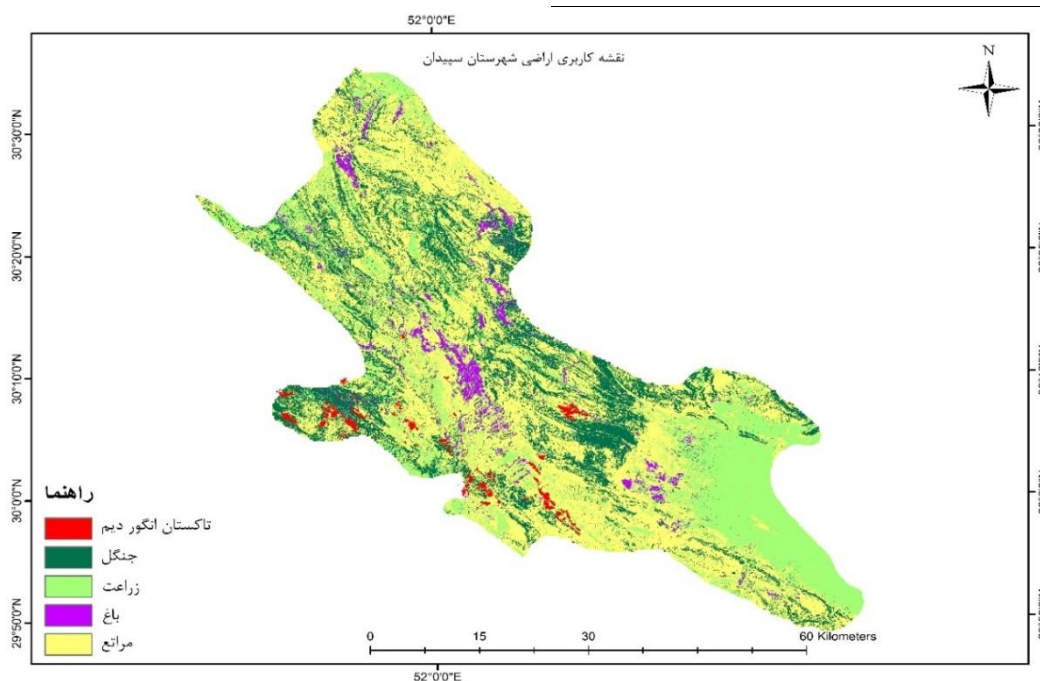
حداکثر میزان کربن ترسیب شده مربوط به کاربری مراتع با میزان ۷۵/۷ تن در هکتار است. پس از بررسی میزان ترسیب کربن در کاربری‌های مورد نظر، در مرحله بعد، اقدام به بررسی تفاوت‌ها در ذخیره کربن در مناطق مورد مطالعه شد و نتایج آن در جدول (۲) آورده شد. نتایج بررسی آماری از طریق آزمون ANOVA حاکی از آن است که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین کاربری اراضی مورد مطالعه وجود دارد. با توجه به تفاوت در میزان ترسیب کربن نیاز به بررسی کاربری اراضی شهرستان سپیدان است که با استفاده از نرم‌افزار تحت وب (Google Earth Engine) اقدام به تهیه نقشه کاربری اراضی شد و مساحت هر کاربری (مرتع، کشاورزی، باغ به جز انگور دیم و جنگل) به دست آمد؛ سپس نقشه مورد نظر با زمین‌های انگور دیم این شهرستان ادغام گردید تا نقشه کاربری اراضی در ۵ کلاس به دست آمد (شکل ۳).

فیزیکی خاک از این لحاظ اهمیت پیدا خواهند کرد که بتوان به این مهم پی برد که آیا با تغییر شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می‌توان به این نتیجه رسید که میزان ترسیب کربن نیز متفاوت خواهد بود؟ بر همین اساس، بررسی اثر این تغییرات بر میزان ترسیب کربن خاک پرداخته شد. نتایج مطالعه میزان کربن ترسیب شده در این چهار کاربری اصلی (جنگل، مرتع، کشاورزی و باغات انگور دیم) در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): میزان ترسیب کربن در کاربری‌های مختلف (تن بر هکتار)

Table (2): The amount of carbon sequestration in different landuses (tons per hectare)

نوع کاربری	حداقل	حداکثر	میانگین	Std. Error
تاکستان انگور دیم	۱۷/۱۵	۷۵/۶	۳۱/۲	۱۴/۸
جنگل	۳۶/۷۶	۴۳/۵	۴۱/۸	۱۳/۷
کشاورزی	۴۱/۸	۶۳/۲	۴۳/۳	۱۲/۱
مرتع	۲۴/۲	۷۵/۷	۴۵/۲	۱۴/۸
sig				۰/۰۴



شکل (۳): کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

Figure (3): land use map in Sepidan city

جدول (۳): مساحت و درصد هر کاربری در منطقه مورد مطالعه

Table (3): Area and percentage distribution of each land use in the study area

نوع کاربری	مساحت (هکتار)	درصد هر کاربری
مرتع	۱۴۴۵۳۲	۵۰/۳
کشاورزی	۶۶۵۱۶	۲۳/۲
جنگل	۶۴۴۸۶	۲۲/۵
باغات	۸۵۵۰	۳
انگور دیم	۳۱۵۶/۸	۱/۱

نتایج حاصل از بررسی نقشه کاربری اراضی نشان داد که بیشترین مساحت منطقه مربوط به کاربری مراتع با مساحت ۱۴۴۵۳۲ هکتار و کمترین آن مربوط به تاکستان‌های انگور دیم با مساحت ۳۱۵۶ هکتار است (جدول ۳).

با توجه به اصلاح نقشه کربن آلی خاک می‌توان میزان ترسیب کربن در سطح کل منطقه را مورد ارزیابی قرار داد. همان‌گونه که در نتایج اصلاح نقشه کربن آلی خاک مشاهده می‌شود، بخش‌هایی از مناطق شمالی و غربی این شهرستان بیشترین میزان از کل وسعت باغات شهرستان و بیشترین کربن آلی در خاک را به خود اختصاص داده‌اند؛ این درحالی است که در مناطق جنوبی به دلیل وجود مزارع و زمین‌های بایر، این میزان به حداقل خود رسیده است. پهنه‌های آبی و شهری در سطح استان نیز میزان کربن صفر یا نزدیک به صفر را به خود اختصاص داده‌اند. لذا با توجه به اصلاح نقشه کربن آلی خاک می‌توان میزان ترسیب کربن در سطح کل منطقه را مورد ارزیابی قرار داد. با توجه به وجود این نقشه می‌توان میزان ترسیب کل کربن را به تفکیک برای کل شهرستان محاسبه کرد. نتایج حاصل از میزان کربن ترسیب‌شده در هر منطقه در جدول (۵) آورده شد. همان‌طور که در شکل (۶) مشاهده می‌گردد، مناطق شمال و شمال غربی با ۴۸/۸ تن در هکتار بیشترین میزان ترسیب کربن را در سطح کل منطقه دارا هستند و مناطق جنوبی و شرقی شهرستان با میزان ۷ تن در هکتار، کمترین میزان ترسیب کربن را داشته‌اند که بیشتر شامل مناطق کشاورزی هستند.

جدول (۴): ارزیابی دقت نقشه‌ها با شاخص‌های مختلف

Table (4): Evaluation of the map accuracy with different indicators

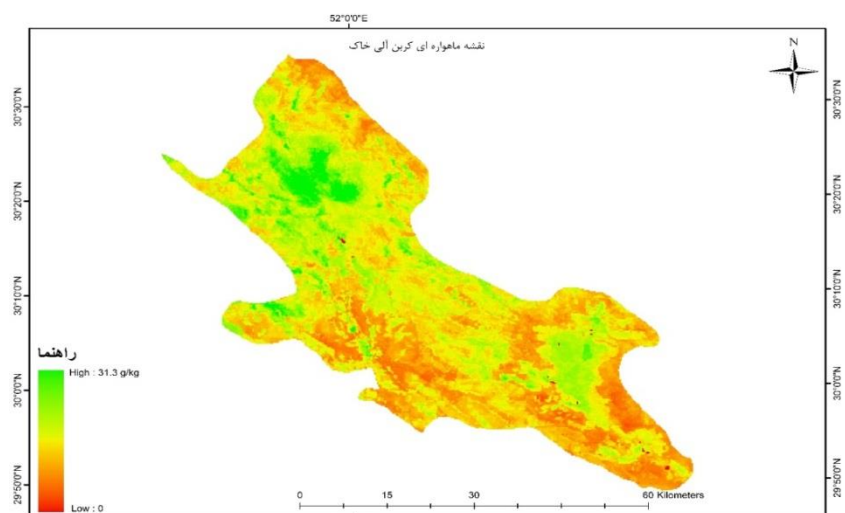
MAPE	RMSE	MSE	MAE	
۹/۶۷	۰/۳	۰/۱	۰/۰۹	نقشه کاربری اراضی
۱۰/۱	۰/۴۱	۰/۲	۰/۱	نقشه کربن

به‌طور کلی، باغات و تاکستان‌ها ۴/۱ درصد از کل منطقه را پوشش می‌دهند، که با توجه به وسعت شهرستان سپیدان، این میزان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ارزیابی میزان کربن ذخیره‌شده در خاک از طریق روش‌های گوناگونی انجام می‌شود که یکی از مهم‌ترین آن‌ها استفاده از داده‌های ماهواره‌ای برای پایش سطح زمین است. در شکل (۴)، داده‌های ماهواره‌ای ارائه‌شده توسط سایت Soil Grid نمایش داده شده است که میزان کربن آلی ذخیره‌شده در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک را پیش‌بینی کرده‌اند. در ادامه با توجه به نتایج آزمایشگاهی کربن خاک منطقه سپیدان در کاربری‌های مختلف و با توجه به مساحت هر کاربری اقدام به اصلاح این نقشه در سطح کل شهرستان شد (شکل ۵). بر این اساس، برای هر کاربری و با در نظر گرفتن مساحت آن میزان کربن آلی اصلاح شد. نتایج حاصل از خطای کاربری اراضی و نقشه کربن در جدول (۴) آورده شد. از کل وسعت باغات شهرستان

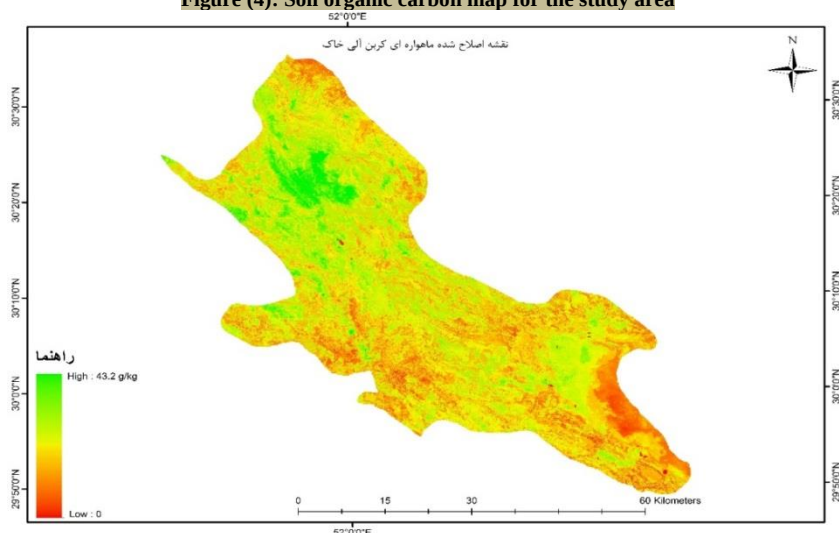
جدول (۵): میزان ترسیب کربن کل به تفکیک کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه

Table (5): Total carbon sequestration classified by land use type in the study area

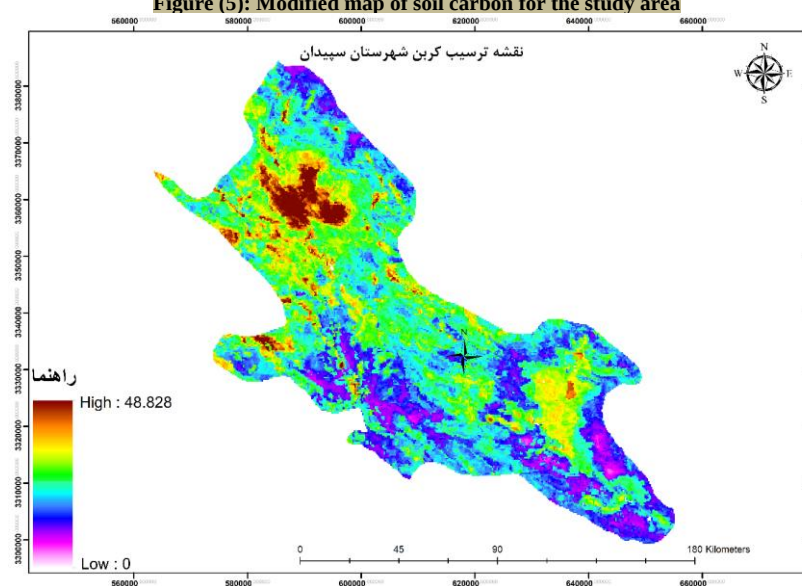
کاربری	حداقل ترسیب کربن	میانگین ترسیب کربن	حداکثر ترسیب کربن	درصد هر کاربری در ترسیب کربن
مرتع	۳۴۹۷۶۷۴	۶۵۳۲۸۴۶	۱۰۹۴۱۰۷۲	۵۲/۴
کشاورزی	۲۷۸۰۳۶۸	۲۸۸۰۱۴۲	۴۲۰۳۸۱۱	۲۳/۱
جنگل	۴۱۰۷۷۵۸	۲۶۹۵۵۱۴	۲۸۰۵۱۴۱	۲۱/۶
باغات	۱۲۹۹۶۰	۲۵۹۰۶۵	۴۲۳۲۲۵	۲/۱
تاکستان انگور دیم	۵۳۹۸۱	۹۸۴۹۲	۲۳۸۶۵۴	۰/۸
		میانگین کل کربن ترسیب‌شده در سطح شهرستان برحسب تن		۱۲۴۶۶۰۶۱/۲



شکل (۴): نقشه کربن آلی خاک در منطقه مورد مطالعه
Figure (4): Soil organic carbon map for the study area



شکل (۵): نقشه اصلاح شده کربن خاک در منطقه مورد مطالعه
Figure (5): Modified map of soil carbon for the study area



شکل (۶): نقشه ترسیب کربن در منطقه مورد مطالعه (تن بر هکتار)
Figure (6): Map of carbon sequestration in the study area (tons per hectare)

بحث و نتیجه‌گیری

تحت تأثیر قرار گرفتن کربن آلی خاک بر اثر تغییرات کاربری اراضی و مدیریت سرزمین، باعث می‌شود کربن آلی خاک به‌عنوان یک شاخص مناسب برای بررسی میزان تخریب اراضی باشد. مطالعات متعددی به تأثیر تغییرات کاربری اراضی و مدیریت سرزمین بر کربن آلی خاک و نقش آن به‌عنوان شاخصی برای بررسی میزان تخریب اراضی اشاره کرده‌اند (دیناکران و کرشنایا،^۱ ۲۰۰۸؛ اسکندری و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به تأثیر تغییرات اقلیمی بر پارامترهای بارندگی و دما در ایران به‌ویژه در مناطق کوهستانی غرب کشور و همچنین تأثیر قابل توجه شدت بارش در افزایش فرسایش اراضی شیب‌دار، حفاظت از آن‌ها با گونه‌هایی مانند انگور دیم به‌جای پوشش گیاهی و تنک‌گندم و جو، بیشترین میزان ترسیب کربن را در سطح کل منطقه دارند. همچنین مناطق شمال و شمال غربی می‌تواند علاوه بر درآمد اقتصادی بیشتر و پایداری و اشتغال جوامع محلی، نقش مهمی در مدیریت تغییر اقلیم و ترسیب کربن داشته باشد. لذا بررسی انتخاب نوع گونه گیاهی کشاورزی، باغی، جنگلی یا مرتعی و گزینه‌های مدیریتی ارتقای پوشش گیاهی در کاربری‌های مختلف به‌ویژه در مناطق کوهستانی می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی مؤثرتر در حفاظت از خاک و افزایش ترسیب کربن داشته باشد. با توجه به یافته‌های این تحقیق در زاگرس می‌توان بیان کرد که شهرستان سپیدان در قسمت‌های غربی و جنوب غربی به‌دلیل وجود مناطق کوهستانی و پرشیب و حساس به تغییرات اقلیمی و نامناسب برای کشاورزی، محدود به کاشت گونه‌هایی شده است که بتوان آن را به‌صورت دیم مورد استفاده قرار داد. بر این اساس، بررسی زمین‌های انگور دیم و نقش آن در حفاظت از خاک، رطوبت زمین و کاهش کربن می‌تواند تأثیر بالایی بر معیشت و زندگی آن مناطق داشته باشد. در این راستا اسفنده^۲ و همکاران (۲۰۲۱) نتایجی هم‌راستا با این مطالعه بیان کردند. شرایط اقلیمی، بارش و کوهستانی بودن مناطق باعث شده است که انگور دیم نزدیک

به ۲۷ درصد از باغات کل شهرستان را به خود اختصاص دهد. ازطرفی، مناطق مرکزی‌تر این شهرستان به‌دلیل شرایط توپوگرافی هموارتری که داشته‌اند، به زراعت اختصاص داده شده‌اند (۲۷ درصد از کل شهرستان دارای زراعت دیم و آبی است). همان‌طور که در نتایج بیان شد، بیشترین ترسیب کربن در خاک منطقه مورد مطالعه مربوط به مراتع است؛ پس باید در حفاظت و بهره‌برداری پایدار از آن‌ها اقدامات مؤثری انجام داد. پرویزی و همکاران (۲۰۱۸) نتایجی مشابه با نتایج این تحقیق ارائه دادند که در آن مرتع بیشترین میزان ترسیب کربن را به خود اختصاص داده است.

مطالعات این منطقه از زاگرس نشان می‌دهد که جنگل‌ها ۲۲ درصد از سطح این شهرستان را به‌صورت پراکنده به خود اختصاص داده‌اند. در مجاورت جنگل‌ها، کشاورزی دیم و باغات انگور به‌طور گسترده‌ای پراکنده شده‌اند؛ ازاین‌رو، بررسی و مطالعه این مناطق ضروری است تا تأثیرات منفی آن‌ها بر جنگل‌های شهرستان به حداقل برسد. نتایج مطالعات جوادی و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که در میان کاربری‌های مختلف، جنگل‌های انبوه با پوشش متراکم درختی بالاترین میزان ترسیب کربن را دارند، درحالی‌که مراتع با پوشش بوته‌ای، کمترین میزان ترسیب را نشان داده‌اند. پوشش گیاهی، بسته به نوع و تراکم، تأثیر بسزایی بر میزان نیتروژن خاک دارد و ازطریق توسعه ریشه‌ها، موجب افزایش مواد آلی، ازت و درنتیجه، حاصلخیزی و غنای کربن آلی خاک می‌شود. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش با یافته‌های تحقیقات فروزش و همکاران (۲۰۰۸)، ورامش^۳ (۲۰۰۹)، سینگ^۴ و همکاران (۲۰۰۳)، هیل^۵ و همکاران (۲۰۰۳) و شیدایی و همکاران (۲۰۱۳) هم‌راستا بوده و نشان می‌دهد که ترسیب کربن آلی خاک تحت تأثیر عواملی نظیر درصد پوشش گیاهی، نوع گونه‌های گیاهی، مقدار لاشبرگ و بقایای گیاهی، نوع کاربری اراضی، موقعیت جغرافیایی و روش‌های مدیریتی اراضی قرار دارد. این عوامل به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر مقدار کربن ذخیره‌شده در خاک تأثیر می‌گذارند و نقش مهمی در کارایی

3. Varamesh

4. Singh

5. Hill

1. Dinakaran & Krishnayya

2. Esfandeh

فرایند ترسیب کربن ایفا می کنند (سالاردینی، ۲۰۰۵؛ شومن^۱ و همکاران، ۱۹۹۹؛ شیدایی و همکاران، ۲۰۱۳؛ سینگ و همکاران، ۲۰۰۳؛ قناریان و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین، شناسایی مناطقی با پتانسیل بالاتر ترسیب کربن و بررسی عوامل مدیریتی و اقلیمی مؤثر بر این فرایند، می تواند گامی مؤثر در جهت اصلاح و احیای اراضی بر پایه شاخص ترسیب کربن باشد (ویسنت سرنانو^۲ و همکاران، ۲۰۱۰؛ نصیری و همکاران، ۲۰۱۴؛ لیو^۳ و همکاران، ۲۰۱۴؛ ملکی و همکاران، ۲۰۲۳). نتایج این مطالعه نشان داد که مراتع، با ذخیره ای معادل ۴۵۱ تن کربن در هر هکتار، بیشترین میزان کربن خاک را دارا هستند و با توجه به اینکه ۵۰ درصد از کل منطقه را پوشش می دهند، از نظر ترسیب کربن، جایگاهی ویژه و راهبردی دارند. از سوی دیگر، استفاده از داده های ماهواره ای به دلیل توانایی در جمع آوری اطلاعات در مدت زمان کوتاه و با هزینه کمتر، می تواند روشی مؤثر برای پایش و کنترل کربن خاک در مناطق مختلف باشد. البته، استفاده بهینه از این داده ها مستلزم اصلاح و کالیبراسیون نقشه های تولید شده برای هر منطقه است که در این پژوهش، این امر از طریق نمونه برداری زمینی از کاربری های مختلف و تطبیق آن ها انجام شده است. با در اختیار داشتن این تصاویر و اطلاعات مربوط به کاربری های مختلف، می توان با تغییرات هر نوع کاربری، میزان کربن ذخیره شده یا آزاد شده را برآورد کرد. به طور کلی، به رغم برخی تفاوت ها با توجه به تخریب و فرسایش شدید در اراضی شیب دار و کاهش کربن موجود در خاک و انتشار آن در هوا، استفاده از انگور دیم می تواند علاوه بر بهبود وضعیت اقتصادی مردم منطقه، نقش مهمی در حفاظت از خاک، کاهش انتشار کربن، ترسیب کربن و بهبود برنامه های سازگاری با تغییر اقلیم داشته باشد.

-
1. Schuman
 2. Vicente-Serrano
 3. Liu

منابع

- Asrari, E., & Masoudi, M. (2010). Hazard assessment of climate changes, a case study area: Fars Province, Iran. *International Pollution Research*, 29 (2), 275-281.
- Chen, X.; Zhou, ZH.; Teng, M.; Wang, P.; and Zhou, L. (2015). Accumulation of three different sizes of particulate matter on plant leaf surfaces: effect on leaf traits. *Archives of Biological Sciences*, 67 (4), 1257-1267.
- Dinakaran, J., & Krishnayya, N. S. R. (2008). Variations in type of vegetal cover and heterogeneity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils. *Current science*, 1144-1150.
- Esfandeh, S., Danehkar, A., Salmanmahiny, A., Sadeghi, S. M. M., & Marcu, M. V. (2021). Climate change risk of urban growth and land use/land cover conversion: An in-depth review of the recent research in Iran. *Sustainability*, 14 (1), 338.
- Eskandari, S., Nabiollahi, K., & Taghizade-Mehrjardi, R. (2018). Digital mapping of soil organic carbon (case study: Marivan, Kurdistan province). *Water and Soil*, 32 (4), 863-875.
- Forouzeh, M. R., Heshmati, G., Ghanbaryan, G., & Mesbah, S. H. (2008). Comparison of carbon sequestration potential of three shrub species *Helianthemum lippii*, *Noaea mucronata*, and *Artemisia sieberi* in Iran's arid rangelands (Case study: Garbayegan Plain, Fasa). *Environmental Studies*, 34 (46), 65-72.
- Ghanbaryan, G., Hasanli, A. M., & Rajabi Noqab, V. (2015). Comparison of carbon sequestration potential in different organs and soil of two plant species, *Amygdalus scoparia* and *Vitis vinifera*, in Fars Province. *Natural Environment (Iranian Natural Resources)*, 68 (2), 257-265.
- Ghazanshahi, J. (1997). *Soil and Plant Analysis (Translation)*. Tehran: Ayizh Publications. 272p.
- Hengl Blagotić, M. Kilibarda, M. Gonzalez Ruiperez. A Kempen & B. Soil Grids 250m Global Grided Soil Information Based on Machine Learning. *Plos One*, 12 (2), 1-40.
- Hill, M. J., Braaten, R., & McKeon, G. M. (2003). A scenario calculator for effects of grazing land management on carbon stocks in Australian rangelands. *Environmental Modelling & Software*, 18 (7), 627-644.
- Ingram, J.S.I. & Fernandes, E.C.M. (2001). *Managing carbon sequestration in soils: concepts and International*, Wallingford, Oxon, UK. 349-362.
- Javadi Tabalvandani, M., Zehtabian, G., Ahmadi, H., Ayubi, Sh., Jafari, M., & Alizadeh, M. (2010). The role of different land uses in soil carbon sequestration (Case study: Noumeh Roud watershed, Noor County). *Iranian Natural Ecosystems*, 1 (2), 146-154.
- Javadi, S. A., Jafari, M., Azarnivand, H., & Alavi, S. J. (2005). *An Investigation of the grazing intensity effects on variations of soil organic matter and nitrogen in Lar rangeland*.
- Jiang, Z., Zhong, Y., Yang, J., Wu, Y., Li, H., & Zheng, L. (2019). Effect of nitrogen fertilizer rates on carbon footprint and ecosystem service of carbon sequestration in rice production. *Science of the Total Environment*, 670, 210-217.
- Khodaei Joughan, A., Taki, M., & Motourian, H. (2022). Assessment of energy productivity, greenhouse gas emissions, global warming potential, and sustainability index of wheat and canola agro-ecosystems in Khorramshahr. *Agricultural Knowledge and Sustainable Production (Agricultural Knowledge)*, 32 (1), 309-324.
- Kirby, K. R., & Potvin, C. (2007). Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project. *Forest Ecology and Management*, 246 (2-3), 208-221.
- Koochaki, A., & Khoramdel, S. (2021). Evaluation of soil carbon balance and ecosystem services in different agricultural ecosystems in Khorasan Province. *Agroecology*, 13 (4), 593-617.
- Kumar, N., Nath, C. P., Hazra, K. K., Das, K., Venkatesh, M. S., Singh, M. K., ... & Singh, N. P. (2019). Impact of zero-till residue management and crop diversification with legumes on soil aggregation and carbon sequestration. *Soil and Tillage Research*, 189, 158-167.
- Lal, R. (2002). Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. *Environmental pollution*, 116 (3), 353-362.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123 (1-2), 1-22.
- Leifeld, J., Bassin, S., & Fuhrer, J. (2005). Carbon stocks in Swiss agricultural soils predicted by land-use, soil characteristics, and altitude. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105(1-2), 255-266.
- Li, P., Han, X., Zong, Y., Li, H., Lin, E., Han, Y., & Hao, X. (2015). Effects of free-air CO₂ enrichment (FACE) on the uptake and utilization of N, P and K in *Vigna radiata*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202, 120-125.
- Liu, M. Y., Chang, Q. R., Qi, Y. B., Liu, J., & Chen, T. (2014). Aggregation and soil organic carbon fractions under different land uses on the

- tableland of the Loess Plateau of China. *Catena*, 115, 19-28.
24. Mahdipour, L., & Lendi, A. (2010). The impact of different land uses on greenhouse gas emissions. *Water and Soil Science (Agricultural Science and Technology and Natural Resources)*, 14 (52), 139-147.
 25. Maleki, S., Pilevar, B., & Mahmoudi, M. A. (2023). Assessment of biomass and soil carbon sequestration in different oak forest types (Case study: Armardeh forests, Baneh). *Environmental Science and Technology*, 9 (3), 22-43.
 26. Marx, M., Buegger, F., Gattinger, A., Marschner, B., Zsolnay, Á., & Munch, J. C. (2007). Determination of the fate of ^{13}C labelled maize and wheat rhizodeposit-C in two agricultural soils in a greenhouse experiment under ^{13}C - CO_2 -enriched atmosphere. *Soil Biology and Biochemistry*, 39 (12), 3043-3055.
 27. Mason, A. R. G., Salomon, M. J., Lowe, A. J., & Cavagnaro, T. R. (2023). Microbial solutions to soil carbon sequestration. *Journal of Cleaner Production*, 137993.
 28. Mortenson, M. C., Schuman, G. E., & Ingram, L. J. (2004). Carbon sequestration in rangelands interseeded with yellow-flowering alfalfa (*Medicago sativa* ssp. *falcata*). *Environmental Management*, 33, S475-S481.
 29. Muñoz-Rojas, M., Jordán, A., Zavala, L. M., de la Rosa, D., Abd-Elmabod, S. K., & Anaya-Romero, M. (2012, April). Effect of land use and land cover changes on carbon sequestration in vegetation and soils between 1956 and 2007 (Southern Spain). In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (p. 435).
 30. Nasiri Mohallati, M., Koochaki, A., Mansouri, H., & Moradi, R. (2014). Assessment of long-term carbon cycle and its sequestration in Iran's agricultural system: I- Net primary production and annual carbon input for different crops. *Agroecology*, 6 (4), 741-752.
 31. Omar, M. D. M., Shitindi, M. J., Massawe, B. H., Pedersen, O., Meliyo, J. L., & Fue, K. G. (2024). Modeling the electrical conductivity relationship between saturated paste extract and 1: 2.5 dilution in different soil textural classes. *Frontiers in Soil Science*, 4, 1421661.
 32. Parvizi, Y., Gheythouri, M., Bayat, R., Shadmani, A., & Partoavi, A. (2018). Determining carbon sequestration capacity under different rangeland management methods in various geographical regions of Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 25 (2), 310-323.
 33. Rahmani, R., Mesbah, S.H.(2013). Economic Analysis of Soil Carbon Storage Capability in Bemo National Park, Fars Province. *Journal of Watershed Research*, 141,98-113
 34. Rodrigues, C. I. D., Brito, L. M., & Nunes, L. J. (2023). Soil carbon sequestration in the context of climate change mitigation: A review. *Soil Systems*, 7 (3), 64.
 35. Salardini, A. A. (2005). *Plant-soil relationship*. University of Tehran Press.
 36. Schillinger, W. F., Young, D. L., Kennedy, A. C., & Paulitz, T. C. (2010). Diverse no-till irrigated crop rotations instead of burning and plowing continuous wheat. *Field Crops Research*, 115 (1), 39-49.
 37. Schuman, G. E., Reeder, J. D., Manley, J. T., Hart, R. H., & Manley, W. A. (1999). Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecological applications*, 9 (1), 65-71.
 38. Sheidaei Karkaj, A., Akbarlou, M., & Niknahad, H. (2013). The effect of grazing management on improving soil properties in Chaharbagh rangeland, Golestan Province. *Research and Development*, 99, 74-83.
 39. 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.
 40. Sommer, R., & Bossio, D. (2014). Dynamics and climate change mitigation potential of soil organic carbon sequestration. *Journal of environmental management*, 144, 83-87.
 41. Varamesh, S., 2009. Effectuality of forestation on soil carbon sequestration and mitigate climate change. *First International Conference of the World Soil Erosion and Conservation*. Tara Mountain. Serbia.
 42. Vermeulen, S. J., Campbell, B. M., & Ingram, J. S. (2012). Climate change and food systems. *Annual review of environment and resources*, 37, 195-222.
 43. Vicente-Serrano, SM., Sergio, M., Santiago, Beguería., López-Moreno., j., 2010. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of climate*, 23 (7), 1696-718.
 44. Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37 (1), 29-38.
 45. Wang, Y., & Hsieh, Y. P. (2002). Uncertainties and novel prospects in the study of the soil carbon dynamics. *Chemosphere*, 49 (8), 791-804.
 46. Zhou, X., Wan, S., & Luo, Y. (2014). Source components and interannual variability of soil CO_2 efflux under experimental warming and clipping in a grassland ecosystem. *Global Change Biology*, 13 (4), 761-775.

Assessing Soil Carbon Sequestration in Rainfed Vineyards and Diverse Land Uses in Sepidan County, Fars Province

Mehran Akbarzadeh,¹ Hamid Nouri,^{2*} Samar Mortazavi,³ Behnaz Ataian⁴

Received: 13/03/2025

Accepted: 12/07/2024

Introduction: According to annual reports from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), greenhouse gases—especially carbon dioxide—are the primary drivers of global warming and climate change. Effectively mitigating these changes requires practical and efficient strategies for reducing atmospheric carbon. One of the most promising approaches is carbon sequestration in soil and plant biomass. Soil, in particular, serves as a massive carbon reservoir, holding more carbon than the atmosphere and all terrestrial vegetation combined. The capacity of both soil and vegetation to store carbon largely depends on land use types and the associated management practices for water, soil, agriculture, and natural ecosystems. Therefore, a comprehensive evaluation of carbon sequestration across various land use systems is crucial for developing and improving carbon management strategies. This study aims to assess soil carbon sequestration in rainfed grape vineyards within Sepidan County, Fars Province. We'll compare its potential against other prevalent land use types in the region. Ultimately, this research seeks to enhance the accuracy of satellite-based estimates of soil carbon, providing more precise data for regional carbon management.

Materials and Methods: We conducted field surveys to pinpoint the precise spatial distribution of rainfed vineyards within the study area. From these vineyards, we collected a total of 50 soil samples. To ensure a comprehensive comparison, we also collected 50 soil samples from each of the other identified land use categories, covering both agricultural and natural land types. All soil sampling took place in 2021 (corresponding to the Iranian calendar year 1400). After collection, we analyzed various chemical and physical properties of the soil. We also generated topographic maps, including data on slope, aspect, and elevation, to account for environmental influences. We determined soil organic carbon (SOC) content using the combustion (furnace) method, a standard and reliable laboratory technique. Finally, we processed and visualized the spatial data on soil carbon sequestration by creating thematic maps derived from the SoilGrids database and the Google Earth Engine (GEE) platform.

Results and Discussion: Given that a significant portion of Iran lies within arid and semi-arid regions, understanding soil carbon dynamics in the context of drought is essential. Prior research consistently indicates an increasing frequency and severity of droughts, which have directly intensified carbon loss in soils across Iran. In our study, we observed the following land use distribution within the study area:

Pastures: 144,532 hectares (ha),

Forests: 66,516 ha

Agricultural lands: 64,486 ha

1. PhD Student in Environmental Science, University of Malayer, Malayer, Iran; Email: mehranakbarzadeh92@gmail.com

2. Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Watershed Management, University of Malayer, Malayer, Iran, Corresponding Author, climatology; Email: climatology.hnouri52@gmail.com

3. Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Watershed Management, University of Malayer, Malayer, Iran, Email: mortazavi.s@gmail.com

4. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Watershed Management, University of Malayer, Malayer, Iran, Email: attaeian94@gmail.com

Orchards: 8,550 ha

Vineyards: 3,156 ha

Our results reveal distinct patterns in soil carbon storage across these land use types. Pasture lands demonstrated the highest average soil carbon storage, with an impressive 451.6 tons per hectare (t/ha). This was followed by agricultural soils at 432.6 t/ha, forest soils at 418 t/ha, and finally, vineyards with 319.9 t/ha. These findings critically underscore the profound importance of land management practices in optimizing soil carbon sequestration. The variability in carbon storage across different land uses highlights that specific land management strategies can either enhance or diminish the soil's capacity to act as a carbon sink, especially in drought-prone regions like Iran.

Keywords: Soil organic carbon storage, Soil conservation, Land use, Rainfed vineyards, Sepidan County.