



بررسی میزان ترسیب کربن در اکوسیستم های مرتعی و زراعی پروژه بین المللی ترسیب کربن محلات

نویسنده مقاله: دکتر فرهاد درخشان^۱

کارشناس ارشد آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی

چکیده:

هدف این مطالعه مقایسه ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در کاربری های دو اکوسیستم مرتعی و زراعی در پروژه بین المللی ترسیب کربن شهرستان محلات بود. نمونه برداری خاک با حفر پروفیل در نقاط هدف در دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی متر انجام شد. در هر کاربری از ۳ ترانسکت ۵۰ متری و در امتداد هر ترانسکت از ۴ پلات ۲*۲ متری با فواصل تصادفی از هم استفاده شد. نمونه های خاک از مرکز هر ترانسکت برداشت گردید. سپس زیتوده بالای سطح زمین با اندازه گیری مستقیم تعیین شد. در هر پلات تعدادی بوته معرف از هر گونه و یا درصدی از تاج پوشش گونه معرف انتخاب شد و با کل ریشه جمع آوری شده، با توزین نمونه ها، در صد ماده خشک برای هر یک از بخش ها محاسبه گردید. همچنین زیتوده ریشه با انجام نمونه برداری مستقیم از بوته ها و یا با استفاده از شواهد موجود در منطقه (نظیر ریشه گونه های موجود در ترانسه های واقع در عرصه طرح) تخمین زده شد. درصد کربن آلی نمونه های گیاهی و درصد کربن آلی خاک در آزمایشگاه به دست آمد. همچنین سایر خصوصیات خاک شامل وزن مخصوص ظاهری، بافت خاک، اسیدیته و هدایت الکتریکی تعیین شدند. برای مقایسه ترسیب کربن زیتوده گیاهی و خاک بین دو رویه شگاه مرتعی و زراعی از آزمون t مستقل استفاده شد. داده ها به کمک نرم افزار SPSS آنالیز آماری شدند. نتایج نشان داد که کل کربن ترسیب شده در اکوسیستم مرتعی (۵۹,۴۷ تن در هکتار) و در اکوسیستم زراعی (۵۳,۳۱ تن در هکتار) بود. بنابراین میزان ترسیب کربن در اکوسیستم های مرتعی علی رغم عدم استفاده از نهاده های آبیاری و کود دهی در آنها بیشتر از اکوسیستم های زراعی منطقه بود.

واژگان کلیدی: ترسیب کربن، کربن آلی خاک، کاربری اراضی، استان مرکزی

افزایش جهانی غلظت دی اکسید کربن اتمسفری و سایر گازهای گلخانه ای به احتراق سوخت های فسیلی، تولید سیمان و تغییر کاربری اراضی نسبت داده می شود. در بخش کشاورزی و منابع طبیعی، عملیات جنگل زدایی، سوزاندن زیتوده گیاهی، زهکشی تالاب ها، خاکورزی غیر حفاظتی و استفاده از کودهای شیمیایی از مهم ترین عوامل افزایش گازهای گلخانه ای به شمار می روند (۱۳). بهبود مدیریت مراتع عامل مهمی برای کاهش انتشار دی اکسید کربن است (۱۴). کاهش CO₂ اتمسفری و ذخیره و ترسیب کربن در خاک و پوشش گیاهی می تواند تغییرات آب و هوایی و گرمایش جهانی را کاهش دهد. برخی از تلاش های جهانی برای مقابله با تغییرات آب و هوایی عبارتند از توسعه استفاده از انرژی های پاک، کاهش انتشار دی اکسید کربن و ترسیب کربن در زیست بوم های کشاورزی و منابع طبیعی. احیای جنگل های مخروطی و جنگل کاری در مناطق خشک و نسبه خشک و انجام طرح های بیشه زراعی (آگروفارستری) از راهبرد های موثر در مواجهه با اثرات نامطلوب تغییرات آب و هوایی به شمار می روند (۲).

ترسیب کربن به عنوان فرایندی عمل می کند که طی آن دی اکسید کربن از اتمسفر گرفته شده و در بافت های گیاهی به صورت هیدرات های کربن ذخیره شده و سپس بخشی از آن به صورت کربن لاشبرگ و کربن آلی خاک ذخیره می گردد (۱). مدیریت مراتع از طریق ذخیره کربن موجود در زیست توده و مواد آلی خاک به ترسیب کربن کمک می کند (۲۵). زیست بوم های زراعی و مرتعی جهان بسته به نوع آب و هوا، نوع خاک و سابقه مدیریت، ۲۵-۷۵ درصد از ذخیره کربن آلی خاک خود را آزاد می کنند. که پیامد آن کاهش ۱۰ تا ۵۰ تنی ذخایر کربن آلی خاک در هکتار است. خاکهای دارای فقر شدید کربن آلی، عملکرد زراعی پایینی دارند (۱۵). تخمین پتانسیل ترسیب کربن برای مراتع نسبت به مزارع زیر کشت دشوارتر است. مراتع شامل تنوع گسترده ای از جوامع گیاهی، خاک و مناظر است که سبب پیچیدگی پاسخهای اکوسیستم می گردد زیرا شیوه های مدیریت ممکن است باعث تغییر در جوامع گیاهی شود که با گذشت زمان، بر ذخایر کربن تأثیرات ثانویه دارد. تا به امروز، پاسخهای طولانی مدت ذخایر کربن به شیوه های مدیریت زیست بوم های مرتعی کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. با این وجود، سهم مراتع در ترسیب کربن بسیار حائز اهمیت است و در بسیاری از کشورها وسعت مراتع بیش از مزارع است (۱۶).

نتایج مطالعات پارسا منش و همکاران نشان داد کربن آلی خاک در افق های سطحی در کاربری مرتع بیشتر از کاربری زراعی بوده است و به تبع آن میزان کربن ترسیب شده نیز در کاربری مرتع بیشتر می باشد (۶).

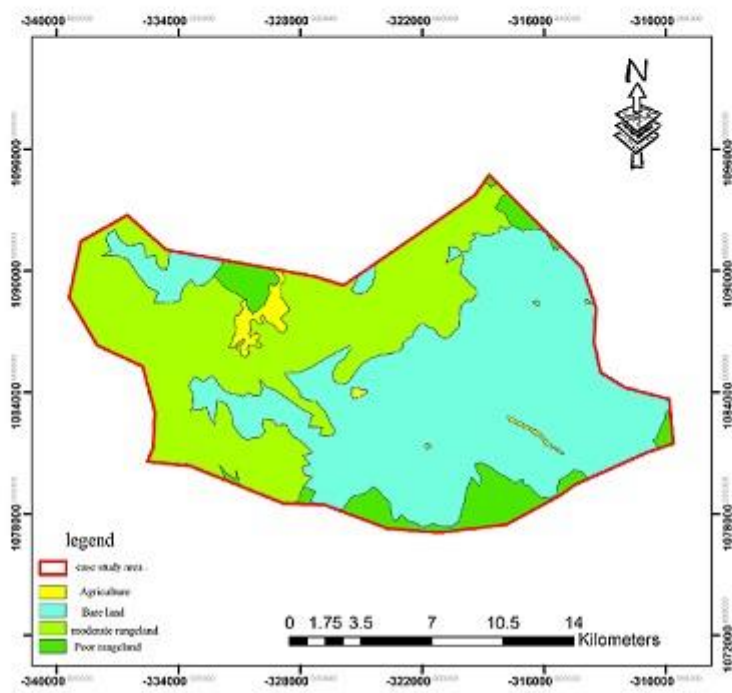
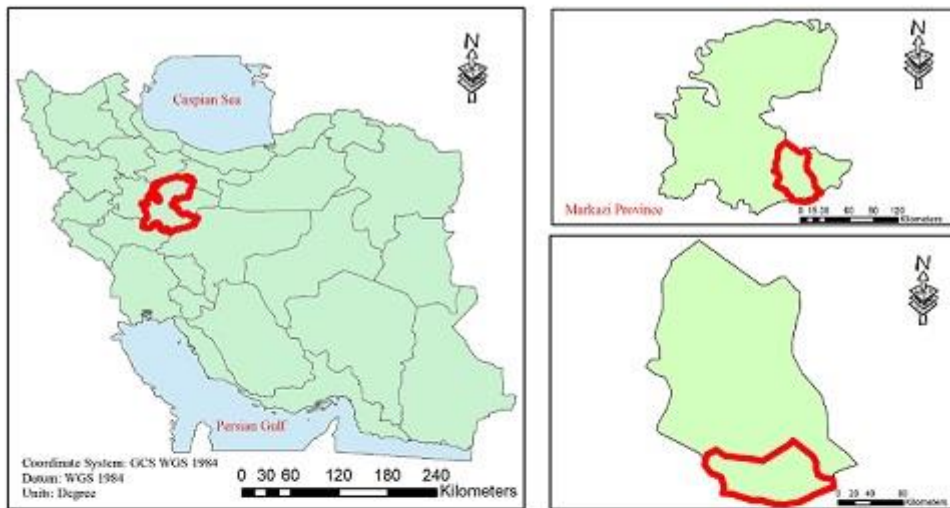
ماده آلی خاک منبع مهمی از مواد مغذی گیاهان است و می تواند فرسایش خاک را محدود و ظرفیت تبادل کاتیونی و نگهداری آب را افزایش دهد(۱۸). عبدی و همکاران در مطالعه ای در گون زار های شهرستان شازند استان مرکزی، نشان دادند که کل کربن ترسیب شده در واحد سطح، ۳۲,۹۵ تن در هکتار بود و ۸۷,۴۳ درصد از کل ترسیب کربن را کربن آلی خاک تشکیل می داد. نتایج توزیع کربن بیوماس نشان داد که ذخیره کربن در بیوماس اندامهای هوایی، بیش از ریشه ها بود(۴). نتایج مطالعات اوسط و همکاران نشان داد کاربری باغ با ۲,۰۷ درصد، بیشترین مقدار کربن آلی خاک را داشت و اراضی زراعی و مرتعی به ترتیب با ۰,۷۳ و ۰,۵۳ درصد در درجات بعدی قرار داشتند(۳). تغییرات مثبت در مدیریت مرتع ممکن است منجر به افزایش کربن آلی خاک شود؛ بنابراین، احیاء مراتعی که توسط چرای دائمی تخریب شده اند به طور بالقوه می تواند کربن اتمسفری را ترسیب کند(۱۸). پژوهش انجام شده توسط قنبریان و همکاران نیز بیانگر آن بود که تجمع کربن در خاک زیر اشکوب بادام کوهی بیشتر از خاک زیر اشکوب مو بود و هر یک از توده های مو و بادام کوهی به ترتیب قادر به نگهداشتن میانگین سالانه کربن به مقدار ۳۰,۵۵ و ۵,۸۸ کیلوگرم در هکتار هستند. توان ترسیب کربن در خاک رویشگاه مو و بادام کوهی نیز به ترتیب ۲۷۱,۴ و ۳۵۴,۱ تن در هکتار در طول مدت ۳۳ سال و ۲۰ سال برآورد گردید(۱۱). فرهادی فر و همکاران در تحقیقی نشان دادند که کل کربن ترسیب شده در رویشگاه جنگلی (۱۰۴۲ تن در هکتار)، علفزار (۲۹۳ تن در هکتار) و بوته زار (۲۳۷ تن در هکتار) بود؛ بنابراین ترسیب کربن خاک در رویشگاه جنگلی بیشتر از علفزار و بوته زار بوده است(۱۰).

اکوسیستم های مرتعی پتانسیل بالایی در ترسیب کربن دارند، زیرا نیمی از خشکی های زمین را در برداشته و ذخیره کربن آنها ۱۰ درصد کل ذخایر کربن زیتوده اکوسیستم های خاکی و ۳۰ درصد کربن آلی خاک را تشکیل می دهند. در مقیاس جهانی مراتع سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد تن کربن ترسیب می کنند. از طرف دیگر اراضی خشک بیش از ۴۵ درصد از سطح زمین را در بر گرفته و علی رغم محتوی کم کربن آلی در این خاکها، این مناطق ۱۶ درصد از کل ذخیره کربن خاک های جهان را شامل می شود. هر چند ورودی کربن آلی به خاک های مناطق خشک کم است، اما این مناطق ممکن است دارای پتانسیل بالا در ترسیب و ذخیره کربن باشند به شرطی که کربن آلی ورودی به خاک با مدیریت صحیح افزایش و تجزیه و هدر رفت محتوی کربن خاک کاهش یابد(۷). هدف از این مطالعه مقایسه میزان ترسیب کربن در دو کاربری زراعی و مرتعی در پروژه بین المللی ترسیب کربن شهرستان محلات می باشد.

مواد و روش ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۳۱ هزار هکتار تحت عنوان پروژه بین المللی ترسیب کربن شهرستان محلات در منطقه گل چشمه به فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر محلات در استان مرکزی واقع و در محدوده طول جغرافیایی ۳۱۰۰۰۰ تا ۳۳۴۰۰۰ و عرض جغرافیایی ۱۰۷۲۰۰۰ تا ۱۰۹۶۰۰۰ قرار دارد (شکل ۱). حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱۵۵۰ متر در منطقه ارقده و حداکثر ارتفاع ۲۳۰۰ متر در منطقه گل چشمه می باشد. اجرای طرح ملی ترسیب کربن در شهرستان محلات با هدف توانمندسازی جوامع محلی گامی مؤثر در کنترل بیابانزایی در کشور به ویژه در جنوب استان مرکزی است. با توجه به شرایط منطقه گل چشمه و مشکلات ناشی از فرسایش در منطقه، فقر و مهاجرت ناشی از بیابانزایی و وجود پتانسیل های بسیار زیاد از جمله منابع آبی و خاکی، مشارکت مردمی و حمایت هم جانبه مسئولان اجرایی، این منطقه برای اجرای پروژه ترسیب کربن انتخاب گردید. منطقه گل چشمه به وسعت ۳۱ هزار هکتار شامل روستاهای یکه چاه، جمال آباد، جودان، چهل رز، جردیجان، توتک، ارقده و گل چشمه می باشد که دارای جمعیت ۱۵۰۰ جمعیت است. در این منطقه ۱۳ هزار و ۵۱۷ رأس دام سبک و ۱۱۴ رأس دام سنگین وجود دارد. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱۵۵۰ متر در منطقه ارقده و حداکثر ارتفاع ۲۳۰۰ متر در منطقه گل چشمه می باشد. طرح ۱۵ هکتاری کاشت نهال بادامک، مزارع کاشت گل محمدی، خزانه تولید ۲۰ هزار نهال گلدانی آتریپلکس و خزانه تولید ۱۰ هزار نهال گلدانی قیچ که تمامی آن ها با مشارکت گروه های توسعه روستایی منطقه اجرایی طرح صورت پذیرفته است، از مهم ترین اقدامات در راستای اهداف طرح بین المللی ترسیب کربن در این منطقه هستند (۲۸).



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق:

پس از شناسایی مقدماتی و تعیین حدود منطقه مورد مطالعه، نقشه های کاری منطقه تهیه شدند. با توجه به هدف مطالعه که بررسی میزان ترسیب کربن در زیست بوم های مرتعی و زراعی منطقه پروژه ترسیب کربن شهرستان محلات بود، جهت ارزیابی ترسیب کربن در زیست بوم های مرتعی تعداد ۷ مرتع در محدوده اطراف روستاهای چهل رز، یکه چاه، جمال آباد و گلچشمه که دارای تیپ های گیاهی:

- 1- *Artemisia siberi- Scariola orientalis- Astragalus gossypinus*
- 2- *Artemisia- Scariola*
- 3- *Artemisia- Astragalus*
- 4- *Artemisia- Euphorbia*
- 5- *Artemisia- Achantholimon*

بودند (۲۸) و از نظر وضعیت مدیریت به ترتیب تحت شرایط چرای دائم، چرای متوسط، چرای شدید، احیا شده با استفاده از گونه های آتریپلکس *Atriplex Canesence*، قیچ *Zygophyium atriplicoides* و بادامک *Amygdalus scoparia* بودند. میانگین خصوصیات پوشش گیاهی، لاشبرگ و خاک مراتع یاد شده به عنوان واحد کاری مرتعی در نظر گرفته شد.

جهت ارزیابی ترسیب کربن در زیست بوم های زراعی تعداد ۳ مزرعه در محدوده روستاهای چهل رز و یکه چاه انتخاب شدند، مزارع مورد نظر در هنگام نمونه برداری (تابستان سال ۱۳۹۷) تحت کشت گل محمدی (۳ ساله)، آیش، کشت جو، گل محمدی ۶ ساله بودند. میانگین خصوصیات مزارع یاد شده به عنوان واحد کاری زراعی در نظر گرفته شد.

روش نمونه برداری سیستماتیک تصادفی بود به این صورت که در هر تیپ گیاهی مرتعی یا کاربری زراعی از ۳ ترانسکت ۵۰ متری و در امتداد هر ترانسکت از ۴ پلات به ابعاد ۲*۲ متر با فواصل تصادفی از هم استفاده شد. در هر پلات ضمن تعیین ترکیب گونه ای، درصد پوشش گیاهی (تاج پوشش) تعیین شد. جهت اندازه گیری میزان بیوماس (زیست توده) هوایی، بخشی از بیوماس قطع و توزین شد و بر اساس آن کل وزن تر بیوماس هوایی هر پلات تعیین گردید. جهت تعیین زیست توده ریشه ای گیاهان غالب مرتعی (درمنه، گون، گیاهان علفی، آتریپلکس، قیچ و بادام) و زراعی (گل محمدی، جو) برای هر گیاه غالب حداقل از ۳ نمونه (با اندازه های کوچک، بزرگ و متوسط استفاده شد؛ نمونه برداری) به روش مستقیم با کندن خاک اطراف ریشه ها و تا حد ممکن استخراج کل ریشه ها از خاک انجام شد. همچنین از شواهد موجود در منطقه (نظیر ریشه گونه های موجود در ترانسه های واقع در عرصه طرح) جهت افزایش دقت تعیین نسبت بیوماس ریشه ای به بیوماس هوایی استفاده شد برای تعیین درصد ماده خشک بیوماس هوایی و ریشه ای، بخشی از

زیست توده تر گیاهان غالب توزین و پس از ثبت مشخصات، داخل پاکت کاغذی قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل شد و در نهایت با قرار دادن در آون (دمای °C ۷۵) و پس از تثبیت وزن، درصد ماده خشک نمونه ها تعیین گردید. جهت تعیین مقدار لاشبرگ در پلات ها، بسته به مقدار لاشبرگ موجود، کل لاشبرگ داخل پلات جمع آوری و توزین شد و یا بخشی از آن (حداقل $\frac{1}{4}$) جمع آوری و توزین و بر اساس آن کل لاشبرگ موجود در پلات تعیین گردید. جهت اندازه گیری صفات خاک از مرکز هر ترانسکت دو نمونه خاک به تفکیک عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی متری برداشت شد. در مجموع ۱۰۲ پلات از واحد های کاری مرتعی و زراعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در آزمایشگاه بافت خاک با استفاده از روش دانسیمتری بایکاس که بر مبنای تئوری تغییرات وزن مخصوص (وزن در واحد حجم) مخلوط خاک و آب طی رسوب گذاری پایه گذاری شده است تعیین گردید (۱۹). وزن مخصوص ظاهری خاک، به روش کلوخه (برحسب گرم بر سانتیمتر مکعب) تعیین شد (۹). اسیدیته خاک، به روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر الکترونیکی اندازه گیری گردید (۹). هدایت الکتریکی خاک، با استفاده از دستگاه EC متر الکترونیکی تعیین شد. درصد کربن آلی خاک (SOC)، با روش والکی بلاک تعیین شد. ترسیب کربن بر حسب کیلوگرم بر هکتار بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید:

$$Cs = 10000 \times \%OC \times Bd \times E \quad (1)$$

Cs: کربن آلی بر حسب کیلوگرم بر هکتار، Bd: وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب، OC: درصد کربن آلی و E: عمق نمونه برداری خاک بر حسب سانتی متر است (۸).
برای تعیین ضرایب تبدیل کربن در نمونه های زیتوده و لاشبرگ، ابتدا تمام نمونه های ساقه، شاخه، ریشه و لاشبرگ در آون و در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. جهت تعیین درصد کربن آلی نمونه ها، از روش احتراق در کوره الکتریکی استفاده شد. بر این اساس نمونه هایی که کاملاً خشک شدند، آسیاب شده و از هر کدام ۳ نمونه ۳ گرمی تهیه گردید. نمونه ها پس از توزین، در کوره قرار داده شده و به مدت ۳-۴ ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد سوزانده شدند. نمونه های سوخته شده پس از خشک کردن در دستگاه دسیکاتور، توزین گردیدند. با تعیین وزن خاکستر و با در دست داشتن وزن اولیه و نسبت کربن آلی به مواد آلی بر اساس رابطه ۲، میزان کربن آلی در هر کدام از اندام های گونه های گیاهی غالب و لاشبرگ، به صورت جداگانه محاسبه گردید (۵).

$$OC = \frac{1}{2} OM \quad (2)$$

OC = کربن آلی و OM = ماده آلی

جهت تجزیه های آماری از روش های آماری کلاسیک استفاده شد. ابتدا نرمال بودن داده ها از طریق آزمون کولموگروف - اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) و همگن بودن واریانس ها از طریق آزمون لون (Leven) بررسی شد. برای مقایسه دو زیست بوم مرتعی و زراعی از نظر کل ترسیب کربن و اجزاء آن (کربن خاک، کربن بیوماس و کربن لاشبرگ)، از آزمون t مستقل استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 24.0 انجام شد.

نتایج:

بررسی خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه (جدول ۱) نشان می دهد که بافت خاک در دو کاربری مرتعی و زراعی تفاوتی نداشته و از نوع sandy loam (شنی - لومی) است. درصد رطوبت اشباع خاک در کاربری زراعی از عمق بالایی به زیرین افزایش نشان داده در صورتی در کاربری مرتعی در صد رطوبت اشباع در عمق اول بیشتر بوده است. وزن مخصوص خاک در دو کاربری تغییرات محسوسی نداشته ولی میزان آهک و اسیدیته خاک در کاربری زراعی اندکی بیشتر از کاربری مرتعی بوده است. مقدار هدایت الکتریکی خاک در کاربری زراعی اختلاف زیادی با کاربری مرتعی داشته است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه مورد مطالعه

Soil texture	Soil moisture (%)	Bulk density (gr/cm ³)	CaCO ₃ (%)	PH	EC (ds/m)	عمق خاک (cm)	اکوسیستم
sandy loam	۲۴,۹۳	۱,۸۷	۴۶,۶۰	۷,۶۳	۲۷۷۲	۱۵-۰	زراعی
	۲۶,۲۴	۱,۸۸	۴۷,۸۵	۷,۶۱	۱۹۵۶,۶۰	۳۰-۱۵	
sandy loam	۲۲,۵۰	۱,۸۲	۴۴,۸۰	۷,۵۲	۵۸۰,۷۰	۱۵-۰	مرتعی
	۲۱,۷۰	۱,۷۸	۴۴,۵۳	۷,۵۳	۴۴۳,۲۰	۳۰-۱۵	

نتایج حاصل از مقایسه میانگین ترسیب کربن خاک در دو کاربری زراعی و مرتعی در جدول ۲ آورده شده است. این نتایج نشان می دهد که میزان ترسیب کربن در عمق اول و دوم خاک در دو کاربری زراعی و مرتعی تفاوت معنی داری با هم ندارند. همچنین بیشترین و کمترین میزان ذخیره کربن به ترتیب در عمق دوم کاربری مرتعی با ۳۰,۷۵ تن در هکتار و عمق دوم کاربری زراعی با ۲۱,۷۰ تن در هکتار می باشد.

جدول ۲- مقایسه ترسیب کربن خاک در دو عمق اکوسیستم زراعی و مرتعی با استفاده از آزمون t مستقل

عمق خاک (سانتی متر)	تیمار	میانگین (گرم بر مترمربع)	انحراف معیار	درجه آزادی	t	سطح معنی داری
لایه سطحی ۱۵-۰	زراعی	۲۵۷۶,۷۰	۱۵۷۵,۸۹	۴۳	-۰,۵۵۶	ns, ۰,۸۲
	مرتعی	۲۸۲۷,۶۸	۱۳۴۸,۹۷			
لایه زیرین ۳۰-۱۵	زراعی	۲۱۷۰,۳۵	۱۲۱۴,۱۱	۴۳	-۲,۰۴۱	ns, ۰,۴۳
	مرتعی	۳۰۷۴,۶۱	۱۴۸۲,۴۳			

ns: عدم معنی داری

نتایج حاصل از مقایسه میانگین جمع کل کربن آلی خاک در دو کاربری زراعی و مرتعی در جدول ۳ آورده شده است. این نتایج نشان می دهد که میزان کربن آلی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک در دو کاربری زراعی و مرتعی تفاوت معنی داری با هم ندارند. همچنین بیشترین میزان ذخیره کربن در کاربری مرتعی با ۵۹,۰۲ تن در هکتار و کمترین میزان ذخیره کربن آلی خاک در کاربری زراعی با ۴۷,۴۷ تن در هکتار می باشد.

جدول ۳- مقایسه جمع کل کربن آلی خاک اکوسیستم زراعی و مرتعی با استفاده از آزمون t مستقل

عمق خاک (سانتی متر)	تیمار	میانگین (گرم بر مترمربع)	انحراف معیار	درجه آزادی	t	سطح معنی داری
۳۰-۰	زراعی	۴۷۴۷,۰۵	۲۶۵۵,۷۷	۴۳	-۱,۳۵۹	ns, ۰,۸۱۱
	مرتعی	۵۹۰۲,۲۹	۲۷۰۴,۰۴			

ns: عدم معنی داری

بر اساس نتایج جدول ۴، میانگین ترسیب کربن زیتوده هوایی، لاشبرگ و زیرزمینی گیاه در هر دو کاربری زراعی و مرتعی اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد با هم دارند. به طوریکه میزان ترسیب کربن در زیست توده هوایی، زیرزمینی و لاشبرگ در کاربری زراعی بیش از کاربری مرتعی بود.

جدول ۴- مقایسه ترسیب کربن زیتوده هوایی، زیرزمینی و لاشبرگ گیاهی در دو اکوسیستم زراعی و مرتعی با استفاده از آزمون t مستقل

زیتوده گیاهی	تیمار	میانگین (گرم بر مترمربع)	انحراف معیار	درجه آزادی	t	سطح معنی داری																										
هوایی	زراعی	۱۵۹,۲۱	۱۹۵,۱۸	۴۳	۳,۷۵۷	**,۰,۰۰																										
	مرتعی	۲۶,۰۱	۱۵,۸۲				زیرزمینی	زراعی	۳۲۸,۳۵	۵۲۵,۷۲	۴۳	۳,۳۸۷	**,۰,۰۰	مرتعی	۷,۰۲	۵,۰۵	مجموع هوایی و زیرزمینی	زراعی	۴۸۷,۵۶	۷۱۷,۳۶	۴۳	۳,۵۰۹	**,۰,۰۰	مرتعی	۳۳,۰۳	۱۹,۸۱	لاشبرگ	زراعی	۹۶,۸۵	۱۴۲,۰۶	۴۳	۳,۳۱۴
زیرزمینی	زراعی	۳۲۸,۳۵	۵۲۵,۷۲	۴۳	۳,۳۸۷	**,۰,۰۰																										
	مرتعی	۷,۰۲	۵,۰۵				مجموع هوایی و زیرزمینی	زراعی	۴۸۷,۵۶	۷۱۷,۳۶	۴۳	۳,۵۰۹	**,۰,۰۰	مرتعی	۳۳,۰۳	۱۹,۸۱	لاشبرگ	زراعی	۹۶,۸۵	۱۴۲,۰۶	۴۳	۳,۳۱۴	**,۰,۰۰	مرتعی	۱۱,۸۴	۳,۹۹						
مجموع هوایی و زیرزمینی	زراعی	۴۸۷,۵۶	۷۱۷,۳۶	۴۳	۳,۵۰۹	**,۰,۰۰																										
	مرتعی	۳۳,۰۳	۱۹,۸۱				لاشبرگ	زراعی	۹۶,۸۵	۱۴۲,۰۶	۴۳	۳,۳۱۴	**,۰,۰۰	مرتعی	۱۱,۸۴	۳,۹۹																
لاشبرگ	زراعی	۹۶,۸۵	۱۴۲,۰۶	۴۳	۳,۳۱۴	**,۰,۰۰																										
	مرتعی	۱۱,۸۴	۳,۹۹																													

** : معنی داری در سطح ۱ درصد

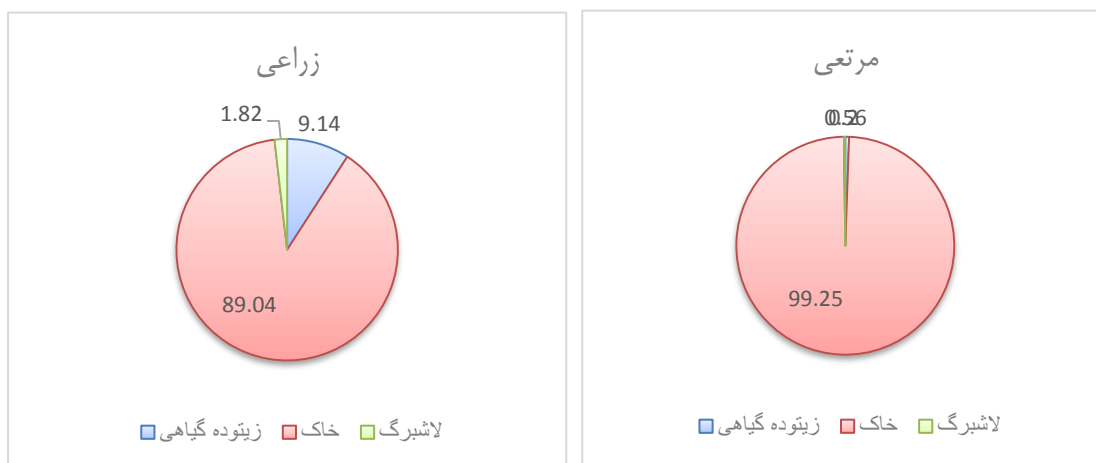
نتایج حاصل از مقایسه میانگین ترسیب کربن در دو کاربری زراعی و مرتعی در جدول ۵ آورده شده است. این نتایج نشان می دهد که اگر چه مقدار کربن ترسیب شده در زیست توده گیاهی و لاشبرگ در زیست بوم زراعی بیشتر از زیست بوم مرتعی بوده است ولی میزان کل ترسیب کربن در دو کاربری زراعی و مرتعی تفاوت معنی داری با هم ندارند. میزان ترسیب کربن در کاربری های مرتعی و زراعی به ترتیب ۵۹,۴۷ تن در هکتار و ۵۳,۳۱ تن در هکتار می باشد.

جدول ۵- مقایسه ترسیب کربن زیتوده گیاهی و خاک در دو اکوسیستم زراعی و مرتعی با استفاده از آزمون t مستقل

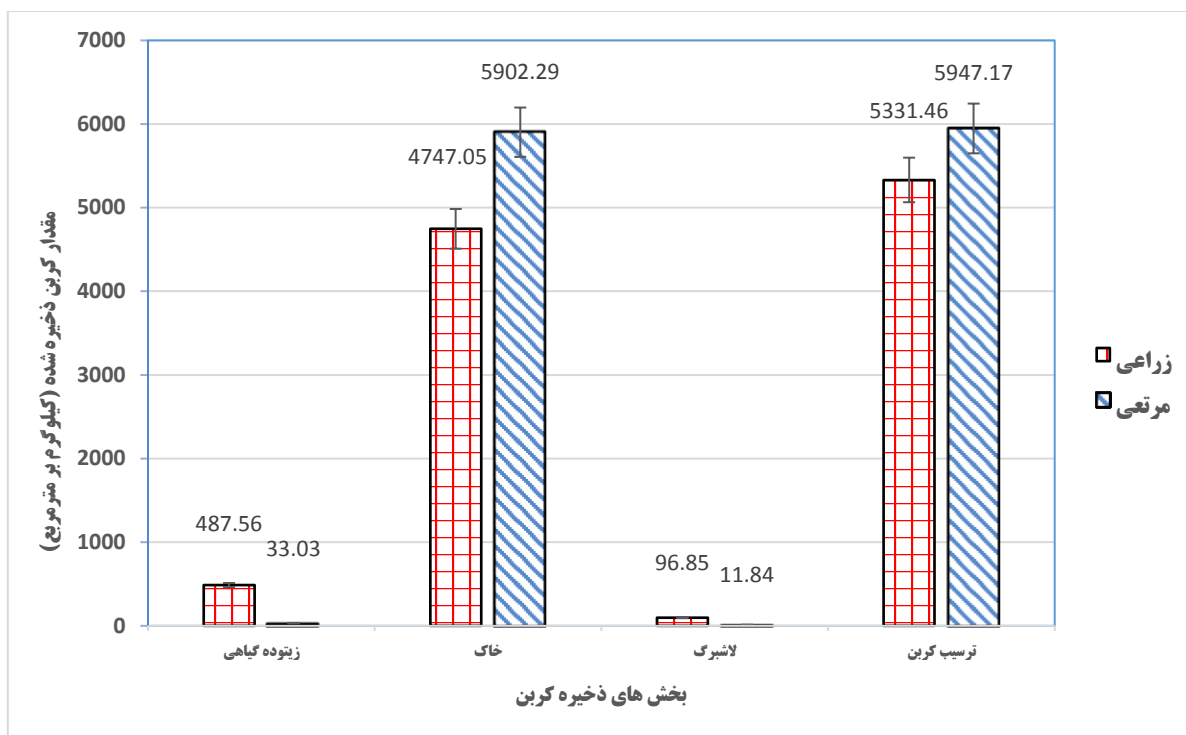
کربن	تیمار	میانگین (گرم بر مترمربع)	انحراف معیار	درجه آزادی	t	سطح معنی داری																										
خاک	زراعی	۴۷۴۷,۰۵	۲۶۵۵,۷۷	۴۳	-۱,۳۵۹	ns,۰,۸۱																										
	مرتعی	۵۹۰۲,۲۹	۲۷۰۴,۰۴				زیتوده گیاهی	زراعی	۴۸۷,۵۶	۷۱۷,۳۶	۴۳	۳,۵۰۹	**,۰,۰۰	مرتعی	۳۳,۰۳	۱۹,۸۱	لاشبرگ	زراعی	۹۶,۸۵	۱۴۲,۰۶	۴۳	۳,۳۱۴	**,۰,۰۰	مرتعی	۱۱,۸۴	۳,۹۹	مجموع زیتوده، خاک و لاشبرگ	زراعی	۵۳۳۱,۴۶	۳۳۴۶,۵۷	۴۳	-۰,۶۶۳
زیتوده گیاهی	زراعی	۴۸۷,۵۶	۷۱۷,۳۶	۴۳	۳,۵۰۹	**,۰,۰۰																										
	مرتعی	۳۳,۰۳	۱۹,۸۱				لاشبرگ	زراعی	۹۶,۸۵	۱۴۲,۰۶	۴۳	۳,۳۱۴	**,۰,۰۰	مرتعی	۱۱,۸۴	۳,۹۹	مجموع زیتوده، خاک و لاشبرگ	زراعی	۵۳۳۱,۴۶	۳۳۴۶,۵۷	۴۳	-۰,۶۶۳	ns,۰,۵۳	مرتعی	۵۹۴۷,۱۷	۲۷۱۴,۳۱						
لاشبرگ	زراعی	۹۶,۸۵	۱۴۲,۰۶	۴۳	۳,۳۱۴	**,۰,۰۰																										
	مرتعی	۱۱,۸۴	۳,۹۹				مجموع زیتوده، خاک و لاشبرگ	زراعی	۵۳۳۱,۴۶	۳۳۴۶,۵۷	۴۳	-۰,۶۶۳	ns,۰,۵۳	مرتعی	۵۹۴۷,۱۷	۲۷۱۴,۳۱																
مجموع زیتوده، خاک و لاشبرگ	زراعی	۵۳۳۱,۴۶	۳۳۴۶,۵۷	۴۳	-۰,۶۶۳	ns,۰,۵۳																										
	مرتعی	۵۹۴۷,۱۷	۲۷۱۴,۳۱																													

ns : عدم معنی داری **: معنی داری در سطح ۱ درصد

به طور کلی، برآورد درصد ترسیب کربن در کاربری زراعی و مرتعی (شکل ۲) نشان می دهد که از کل ترسیب کربن در کاربری زراعی، ۱,۸۲ در صد به لاشبرگ، ۹,۱۴ در صد به زیتوده گیاهی، ۴۸,۳۳ در صد به عمق اول خاک و ۴۰,۷۱ درصد به عمق دوم خاک اختصاص یافته است در حالی که در کاربری مرتعی، ۰,۲۰ در صد به لاشبرگ، ۰,۵۶ در صد به زیتوده گیاهی، ۴۵,۵۵ درصد به لایه سطحی خاک و ۵۱,۷۰ درصد به لایه زیرین خاک اختصاص دارد. بنابراین زیتوده گیاهی کاربری مرتعی نسبت به کاربری زراعی سهم کمتری در میزان ترسیب کربن داشته است.



شکل ۲ - سهم ترسیب کربن کل در خاک، زیتوده گیاهی و لاشبرگ در کاربری زراعی و مرتعی



نمودار ۱- مقایسه میزان ترسیب کربن در کاربری زراعی و مرتعی

بحث و نتیجه گیری:

ترسیب کربن در خاک به عنوان یک وضعیت برد - برد توصیف می شود چون از سو دی اکسید کربن به عنوان مهم ترین گاز موثر بر گرمایش جهانی کاهش می یابد و از سوی دیگر کربن ترسیب شده در خاک منجر به بسیاری از مزایای زراعی از جمله افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و کاهش فرسایش خاک می گردد (۱۳). میزان متفاوت ذخیره کربن خاک بین دو کاربری زراعی و مرتعی در دو لایه سطحی و زیرین نشان دهنده بالاتر بودن میزان کربن ترسیب شده در عمق اول خاک کاربری زراعی می باشد دلیل این امر تاثیر مثبت برگشت بقایای گیاهی به خاک توام با کاربرد کود حیوانی در سطح مزارع مورد مطالعه است. بنابراین علی رغم اینکه در طول سالیان متمادی خاک عمق ۰-۳۰ سانتی متری در عملیات شخم ورزی زیر و رو شده است ولی افزایش کربن آلی خاک در عمق ۰-۱۵ نسبت به عمق ۱۵-۳۰ سانتی متری نشان دهنده روند روبه بهبود کربن و ماده آلی خاک طی سالیان اخیر به ویژه پس از توسعه کشت گل محمدی به عنوان یک گیاه پایا و پوششی در مقایسه با کشت غلات و صیفی جات می باشد. در کاربری های مرتعی میانگین کربن آلی خاک در عمق اول ۲۸,۲۸ و در عمق دوم ۳۰,۷۵ تن در هکتار بود که حاکی از غلبه فرسایش آبی و بادی خاک در منطقه می باشد، زیرا در پدیده فرسایش، خاک سطحی در معرض کاهش ماده آلی و تهی شدن ذخایر کربن قرار می

گیرد (۱۲). فرسایش سطحی خاک در منطقه کاملاً مشهود می باشد و یکی از دلایل انتخاب منطقه برای پروژه بین المللی ترسیب کربن نیز همین مسئله بوده که خود ناشی از چرای شدید دامها در منطقه است. با توجه به اینکه در بخش هایی از مراتع منطقه که با گونه های سازگار احیاء شده اند، پوشش گیاهی و بیوماس افزایش قابل توجهی نسبت به مناطق تحت چرای آزاد دام داشته است، بنابراین انتظار می رود که طی سال های آتی روند برگشت بقایای گیاهی به خاک مراتع، افزایش کربن در لایه سطحی خاک را به دنبال داشته باشد. در مقایسه بین زیتوده گیاهی هوایی و زیرزمینی دو کاربری زراعی و مرتعی مشخص گردید در کاربری مرتعی کربن ترسیب شده در زیتوده هوایی نسبت به زیتوده ریشه ای بالاتر بود. نتایج تحقیقات متعددی از جمله عبدی و همکاران، ۱۳۸۷ (۴)، گایکانی، ۱۳۹۰ (۱۲) و درنر و همکاران، ۲۰۱۹ (۲۰) بیانگر فزونی کربن بیوماس هوایی نسبت به بیوماس ریشه ای در گیاهان مرتعی می باشد. در اکوسیستم های زراعی مورد مطالعه در منطقه شامل کشت گل محمدی، کشت جو و غیره میانگین کربن ذخیره شده در زیست توده ریشه ای بالاتر از کربن ذخیره شده در زیتوده هوایی بود. دلیل این امر هرس اندامهای هوایی در مزرعه گل محمدی، برداشت اندامهای هوایی گونه های جو و یونجه و شخم زدن مزارع آیش می باشد که سبب محدودیت رشد بیوماس هوایی و یا حذف تمام یا قسمتی از بیوماس تولید شده در اثر برداشت و هرس می گردد. نتایج تحقیقات نقی پور برج و همکاران در منطقه سیسب بجنورد (استان خراسان شمالی) نشان داد که کربن موجود در خاک جوامع دست کاشت به طور معنی داری نسبت به مراتع طبیعی کمتر بود و مرتع طبیعی دارای بیشترین و تناوب گندم - آیش دارای کمترین میزان ترسیب کربن بودند (۲۷). همچنین در مطالعه ای در منطقه شمال غرب اتیوپی توسط Gebregergs و همکاران میزان ذخیره کربن آلی خاک (SOC) به ترتیب در مراتع قرق شده به مدت ۱۰ سال، مراتع قرق شده به مدت ۵ سال و نسبت به مراتع تحت چرای آزاد دام بیشتر بود (۲۶). همچنین نتایج این تحقیق نشان داد کاربری زراعی در مقایسه با کاربری مرتعی از مقدار لاشبرگ بالاتری برخوردار بود. کمبود لاشبرگ در اراضی مرتعی به دلیل پوشش گیاهی کم و چرای دام از گیاهان است که از ریزش بیوماس هوایی و تولید لاشبرگ می کاهد؛ در حالیکه میزان تولید لاشبرگ و بقایای گیاهی در مزارع غلات و گل محمدی زیاد است. در هنگام برداشت غلات بقایای گیاهی زیادی به صورت کاه و کلش در سطح اراضی باقی می ماند که جزء لاشبرگ محاسبه می شوند. در صورتی که پس از برداشت غلات مدیریت درستی بر بقایای گیاهی اعمال شود و از سوزاندن آنها یا چرای شدیدشان توسط دامها که موجب کاهش بقایای گیاهی می شود، جلوگیری شود، می توان ضمن افزایش مستقیم ترسیب کربن در لاشبرک و خاک، از فرسایش بادی و آبی جلوگیری

کرد. همانطور که پیشتر اشاره شد وقوع فرسایش آبی و بادی در منطقه مشهود است. فرسایش خاک از مهم ترین عوامل هدر رفت ذخایر کربن آلی خاک به شمار می روند. در کاربری زراعی با توجه به مصرف نهاده های آب آبیاری و کود حیوانی، میزان تولید بیوماس در سال در مقایسه با کاربری مرتعی که نهاده های مذکور به کار گرفته نمی شوند بیشتر است و هر ساله بخش قابل توجهی از بیوماس به صورت لاشبرگ و یا ریشه های در حال پوسیدن و تجزیه به خاک اضافه می شوند. که در نهایت موجب افزایش کربن آلی خاک خواهند شد. با توجه به اینکه در طرح ترسیب کربن شهرستان محلات، توسعه و ترویج کشت گل محمدی در دستور کار قرار گرفته است در آینده از طریق افزایش بیوماس هوایی و ریشه ای و حفاظت خاک و کاهش فرسایش انتظار می رود وضعیت پایداری در زیست بوم های زراعی منطقه بهبود یابد. بر اساس نتایج جداول ۳ و ۴، در این تحقیق، زیتوده گیاهی کاربری مرتعی نسبت به کاربری زراعی سهم کمتری در میزان ترسیب کربن داشته است. مقدار بیوماس خشک هوایی در کاربری زراعی (۱,۵۹ تن در هکتار) دارای بیشترین مقدار بود که با کاربری مرتعی (۰,۲۶ تن در هکتار) اختلاف معنی دار نشان داد. هر چند مقدار کل کربن ترسیب شده (شامل کربن ذخیره شده در خاک، بیوماس و لاشبرگ) در کاربری زراعی بیشتر از کاربری مرتعی بود ولی این اختلاف از نظر آماری معنی دار نبود. در منطقه ۵۰ هزار هکتاری پروژه ترسیب کربن شهرستان محلات وسعت کل اراضی مرتعی ۱۴۳۰۰ هکتار (۴۵ درصد) و وسعت کل اراضی زراعی ۵۱۶ هکتار (۱,۶ درصد) می باشد. بنابراین وسعت اراضی مرتعی منطقه مورد مطالعه ۲۸ برابر اراضی زراعی است، پس باید به موضوع مدیریت ترسیب کربن در اراضی مرتعی توجه ویژه ای شود. اراضی مرتعی مورد بررسی در این تحقیق شامل ۷ قطعه بودند که تحت مدیریت های گوناگون شامل مراتع طبیعی، مرتع تحت چرای شدید، مرتع تحت چرای متوسط و مراتع قرق و احیاء شده که میانگین همه آنها در این مقاله به عنوان مبنای مقایسه ترسیب کربن بین کاربری های مرتعی و زراعی بوده است با توجه به اینکه مقدار کربن بیوماس هوایی در مرتع طبیعی ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار، مرتع تحت چرای دام ۱۳۳ کیلوگرم در هکتار و در مرتع احیاء شده ۴۴۳ کیلوگرم در هکتار بوده است. بنابراین احیاء مراتع با گونه های *Atriplex Canesence*، قیچ *Zygophyium atriplicoides* و بادامک *Amygdalus scoparia* تاثیر مثبتی بر روند افزایش بیوماس هوایی داشته است و انتظار می رود که در بلند مدت به شرط استمرار عملیات احیاء مراتع و کنترل و نظارت بر قرق مناطق احیاء شده تا استقرار کامل گونه های کاشته شده، مقدار کل ترسیب کربن در اکوسیستم مرتعی افزایش یابد و اهداف مورد نظر برای پروژه بین المللی ترسیب کربن شهرستان محلات حاصل شوند.

منابع:

- ۱- عبدی، نوراله. ۱۳۸۵. معرفی ترسیب کربن به عنوان شاخصی جهت سنجش توسعه پایدار منابع طبیعی. چکیده مقالات سومین همایش راهکارهای تحقق توسعه پایدار در کشاورزی و منابع طبیعی، اراک ۵ دی ماه، صص ۶۲-۵۷.
- ۲- حسنگلی پور، ح.، امام دوست، ح. و مصطفی دوست، و. ۱۳۹۷. تغییرات آب و هوایی و گرمایش جهانی. سومین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران.
- ۳- اوسط، م.، حیدری، ا. و سرمدیان، ف. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر دینامیک کربن آلی خاک در محدوده مرکزی شهرستان کرج. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۲(۴۲): ۲۰۹-۲۱۷.
- ۴- عبدی، ن.، مداح عارفی، ح. و زاهدی امیری، ق. ۱۳۸۷. برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گون زار های استان مرکزی (مطالعه موردی منطقه مالمیر شهرستان شازند). فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۵(۲): ۲۶۹-۲۸۲.
- ۵- عبدی، نوراله. ۱۳۸۴. برآورد ظرفیت ترسیب کربن توسط جنس گون (زیر جنس *Tragacanth*) در استان های اصفهان و مرکزی. رساله دکتری علوم مرتع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۹۴ ص.
- ۶- پارسامنش، ن.، م. زرین کفش، س. ص. شاهویی. و. ویسانی. ۱۳۹۳. مطالعه اثرات تغییر کاربری اراضی بر میزان کربن آلی و سایر ویژگیهای خاک های ورتی سول (مطالعه موردی دشت بیله ور استان کرمانشاه) نشریه علوم آب و خاک-علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۸(۷۰): ۲۵-۳۴.
- ۷- باده یان، ض. و م. منصوری. ۱۳۹۶. برآورد میزان کربن ترسیب شده توسط گونه *Atriplex canescens* در واحد سطح و نیز بررسی ارتباط میزان ترسیب کربن با عوامل خاک و پوشش گیاهی در منطقه چشمه علی قزوین، فصلنامه انسان و محیط زیست، ۱۵(۴): ۱-۱۰.
- ۸- باده یان، ض.، م. منصوری. و ح. آذرینوند. ۱۳۹۴. بررسی ظرفیت ترسیب کربن و برآورد ارزش اقتصادی آن در گونه *Atriplex canescens*. نشریه حفاظت و بهره برداری از منابع طبیعی. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. جلد ۴ شماره اول.
- ۹- جعفری حقیقی. مجتبی. ۱۳۸۲. روش های تجزیه خاک: نمونه برداری و تجزیه های مهم فیزیکی و شیمیایی "با تاکید بر اصول تئوری و کاربردی. ندای ضحی.
- ۱۰- فرهادی فر، ا.، دیانتی تیلکی، ق. و کوچ، ی. ۱۳۹۸. مقایسه ترسیب کربن خاک در سه رویشگاه جنگلی، مرتعی علفزار و بوته زار (مطالعه موردی: کجور نو شهر). دومین همایش ملی منابع طبیعی و توسعه پایدار در زاگرس، دانشگاه شهرکرد. صص ۱۴۳۵-۱۴۴۰.
- ۱۱- قنبریان، غ.ع.، حسن لی، ع. م. و رجبی نوغاب، و. ۱۳۹۴. مقایسه توان ترسیب کربن در اندام های مختلف و خاک رویشگاه دو گیاه بادام کوهی و مو در استان فارس. محیط زیست طبیعی و منابع طبیعی ایران. ۶۸(۲): ۲۶۵-۲۵۷.
- ۱۲- گایکانی، س.، عبدی، ن.، ترنج زر، ح.، میرداوودی، ح.، ر.، ۱۳۹۰، بررسی اثرات مدیریت و کاربری اراضی بر میزان ترسیب کربن در اراضی حاشیه شمال غربی کویر میقان، پایان نامه کارشناسی ارشد، مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک. ۱۵۶ صفحه.

13- Lal, R. (2002). Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. Environmental pollution, 116(3), 353-362.

- 14- Morgan, J. A., Follett, R. F., Allen, L. H., Del Grosso, S., Derner, J. D., Dijkstra, F., ... & Schoeneberger, M. M. (2010). Carbon sequestration in agricultural lands of the United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, 65(1), 6A-13A.
- 15- Lal, R. (2011). Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems. *Food policy*, 36, S33-S39.
- 16- Schuman, G. E., Janzen, H. H., & Herrick, J. E. (2002). Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. *Environmental pollution*, 116(3), 391-396.
- 17- Derner, J. D., & Schuman, G. E. (2007). Carbon sequestration and rangelands: a synthesis of land management and precipitation effects. *Journal of soil and water conservation*, 62(2), 77-85.
- 18- Conant, R. T., & Paustian, K. (2002). Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles*, 16(4), 90-1.
- 19- Zarinkafsh, M., *Applied Soil Science, Soil Survey and Quantity Analysis of Soil- Water- Plant*. 1993. 342.
- 20- Derner, J. D., Augustine, D. J., & Frank, D. A. (2019). Does grazing matter for soil organic carbon sequestration in the western North American Great Plains?. *Ecosystems*, 22(5), 1088-1094.
- 21- Batjes, N. H. (2019). Technologically achievable soil organic carbon sequestration in world croplands and grasslands. *Land degradation & development*, 30(1), 25-32.
- 22- Chambers, A., Lal, R., & Paustian, K. (2016). Soil carbon sequestration potential of US croplands and grasslands: Implementing the 4 per Thousand Initiative. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71(3), 68A-74A.
- 23- Lefèvre, C., Rekik, F., Alcantara, V., & Wiese, L. (2017). *Soil organic carbon: the hidden potential*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- 24- Bruce, J. P., Frome, M., Haites, E., Janzen, H., Lal, R., & Paustian, K. (1999). Carbon sequestration in soils. *Journal of soil and water conservation*, 54(1), 382-389.
- 25- Derner, J. D., & Schuman, G. E. (2007). Carbon sequestration and rangelands: a synthesis of land management and precipitation effects. *Journal of soil and water conservation*, 62(2), 77-85.
- 26- Gebregergs, T., Tessema, Z. K., Solomon, N., & Birhane, E. (2019). Carbon sequestration and soil restoration potential of grazing lands under exclosure management in a semi-arid environment of northern Ethiopia. *Ecology and Evolution*, 9(11), 6468-6479.

۲۷- نقی پوربرج علی اصغر، حیدریان آقاخانی مریم، نصری مسعود. ۱۳۹۱. بررسی ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مراتع طبیعی و دست کاشت (مطالعه موردی: منطقه سیسب بجنورد). پژوهش های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)

۲۸- مهندسین مشاور بانی آباهه، ۱۳۸۶، مطالعات تفصیلی اجرایی حوزه آبخیز گل چشمه شهرستان محلات، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی، معاونت آبخیزداری.

روابط عمومی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی