

ترسیب کربن در توده زنده و خاک گونه‌های درمنه و کما، مراتع شهرستان فردوس، خراسان جنوبی

رسول مسکین^۱، مهدی بشیری^{۲*}، رضا یاری^۳

چکیده

ترسیب کربن به مفهوم رسوب‌دهی یا جامدسازی کربن است که در این فرآیند، کربن اتمسفری طی عمل فتوسنتز به صورت کربن آلی در پوشش گیاهی و خاک، تجمع داده شده و از غلظت اتمسفری آن کاسته می‌شود. هدف تحقیق حاضر تعیین میزان ترسیب کربن اندام هوایی و خاک در دو گونه درمنه (*Artemisia kopedaghensis*) و کما (*Ferula ovina*) زیست‌بوم‌های مرتعی شهرستان فردوس، استان خراسان جنوبی بود. برای اندازه‌گیری شاخص‌های پوشش گیاهی، تاج پوشش و تراکم، از ۱۰ پلات دو در دو مترمربع در سه ترانسکت ۵۰ متری و با ۱۰ تکرار برای هرگونه گیاهی استفاده شد. نمونه‌های خاک نیز از عمق ۳۰ سانتی‌متری و با پنج تکرار برای هر تیمار برداشت شد. برای پوشش گیاهی، درصد کربن آلی با روش احتراق در کوره الکتریکی تعیین و برای نمونه‌های خاک، از روش استاندارد والکی بلک استفاده شد. درصد ماده آلی و ضریب تبدیل ترسیب نیز با روابط تجربی محاسبه گردید. برای آنالیز داده‌ها از نرم SPSS23 استفاده شد که نتایج نشان داد تراکم گونه درمنه و کما به ترتیب ۱/۵۵ و ۰/۳۲ پایه در هر مترمربع در منطقه است. درصد متوسط ماده آلی و درصد متوسط کربن آلی اندام هوایی گونه درمنه به ترتیب ۶۵/۷۷ و ۳۸/۷۹ و درصد متوسط ماده آلی و کربن آلی اندام زمینی (ریشه) گونه درمنه ۷۰/۴ و ۸/۱۲ برآورد شد. همچنین درصد متوسط ماده آلی و کربن آلی اندام هوایی گونه کما به ترتیب ۲۴/۸۴ و ۱۸/۷ و درصد متوسط ماده آلی و کربن آلی اندام زمینی (ریشه) گونه کما ۷۱/۴ و ۹/۵ برآورد شد. بین مقدار متوسط ترسیب کربن اندام هوایی و زمینی گونه درمنه و بین مقدار ترسیب کربن اندام‌های گونه درمنه و اندام‌های گونه کما در سطح یک درصد اختلاف معناداری وجود داشت. همچنین مقدار ترسیب کربن اندام‌های زمینی درمنه و کما در سطح یک درصد اختلاف معناداری داشتند. اما بین مقدار ترسیب کربن خاک زیرپوشش و فضای باز گونه‌ها و همچنین خاک زیرپوشش دو گونه اختلاف معناداری مشاهده نشد.

واژگان کلیدی:

اندام هوایی، تغییر اقلیم، ترسیب کربن، درمنه، کما.

مقاله پژوهشی

۱. کارشناس ارشد، گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.
rasoolmeskin@yahoo.com
۲. استادیار، گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.
m.bashiri@torbath.ac.ir
* نویسنده مسئول
۳. استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
yarireza1364@gmail.com

شناسه مقاله: ۱۱۷۴-۲۶۰۶
شماره صفحه پایایی: ۱۳۸۴-۱۳۷۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۳۱
انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۶/۰۹
زمان پذیرش: ۷۴ روز

استناددهی:

مسکین، ر، بشیری، م، و یاری، ر. (۱۴۰۵). ترسیب کربن در توده زنده و خاک گونه‌های درمنه و کما، مراتع شهرستان فردوس، خراسان جنوبی. مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، ۶(۲)، ۴۹-۵۸.

۱- مقدمه

طبق آمار، ۸۰ درصد کشور ایران، دارای شرایط خشک و نیمه‌خشک با میانگین بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر است. توزیع نامناسب مکانی و زمانی نزولات، میزان تبخیر پتانسیل چندین برابر نزولات و تغییرات زیاد درجه حرارت در طول سال و شبانه‌روز، شرایطی حساس و شکننده‌ای را در این کشور خشک باعث شده است (کلباسی، ۱۳۷۵؛ پرویزی و همکاران، ۱۳۹۷). پایش درازمدت تغییرات رخ داده در جوامع گیاهی باهدف بررسی تأثیر آن‌ها بر محیط و کاهش و جلوگیری از ادامه روند عوامل مخرب ضرورت دارد (قربانی و لشکری صنمی، ۱۴۰۲) و درک و شناسایی پراکنش گیاهان، اطلاعات بسیار ارزشمندی را برای مدیریت، حفاظت و استراتژی‌های اصلاحی و توان‌بخشی و مقابله با تغییرات اقلیمی ارائه می‌دهد (کشتکار و همکاران، ۱۴۰۲). مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه مرطوب که در معرض پدیده بیابان‌زایی نیز قرار دارند، برای ترسیب کربن پتانسیل بالایی داشته و رابطه بین بیابان‌زدایی و ترسیب کربن را آشکارا می‌توان درک نمود (ورامش، ۱۳۸۸). ترسیب کربن به معنای رسوب دادن یا جامدسازی کربن است که گازی بی‌رنگ، بی‌بو و ظاهراً بی‌خطر و منبع ضروری برای تمامی موجودات فتوسنتز کننده و در نقش یک ماده پست است. در این روش، کربن جو زمین به‌صورت زنجیره کربنی آلی در پوشش گیاهی و در خاک، رسوب داده‌شده و از ورود فزاینده آن به اتمسفر کاسته می‌شود (صادقی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳).

ترسیب کربن به فرآیند جذب دی‌اکسید کربن اضافی اتمسفر توسط اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان مرتعی به‌منظور کاهش اثرات سوء پدیده گرمایش زمین، گفته می‌شود. دی‌اکسید کربن سهمی حدود ۶۰ درصدی در ایجاد اثر گلخانه‌ای و افزایش گرمایش زمین دارد و اگر دی‌اکسید کربن کنترل، کم و یا کاهش یابد تا ۷۰ درصد اثر گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد (Dean et al., 2015). افزایش ذخایر کربن در اجزای خاک و آب مراتع، یکی از راه‌کارهای اساسی و عملیاتی در ترسیب کربن محسوب می‌شود (آقامحسینی‌فشمی و همکاران، ۱۳۸۷) که با مدیریت اصولی، ضمن حفظ پایداری تولید، از تخریب این منابع حیاتی جلوگیری می‌کند (بشیری و ماروسی، ۱۳۹۹). راه کارهای فن‌آورانه برای کاهش میزان دی‌اکسید کربن در اتمسفر به توسعه سوخت‌های مفید از لحاظ انرژی و تلاش برای توسعه دادن منابع انرژی غیرکربنی و انرژی‌های نو معطوف شده‌اند. ترکیبی از تمامی این فعالیت‌ها می‌تواند با کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری، فرآیند گرم شدن زمین را متعادل کند (باده‌یان، ۱۳۸۵). میزان ترسیب کربن در واحد زمان به خصوصیات متفاوتی مانند نوع گونه‌های گیاهی و فرم رویشی گیاه، رشد گونه‌های گیاهی و شیوه‌های مدیریت آن، تغییر در کاربری اراضی، نوع عملیات احیایی، ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک و ذخیره قبلی خاک مرتبط است (آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸).

پژوهشگران متعددی به اجرای برخی تحقیقات و پژوهش‌هایی در زمینه مقدار ترسیب کربن پرداخته‌اند. امانی و مداحی‌عارفی (۱۳۸۲) در بررسی ترسیب کربن در تاغ‌زارها بیان کرده‌اند که چنانچه مقدار کربن ترسیب‌شده در اندام‌های زیرزمینی و خاک تاغ‌زارها به میزان حداقل ممکن یعنی معادل اندام‌های هوایی آن برآورد گردد، مجموع مقدار کربن ترسیبی در اندام‌های زیرزمینی و هوایی تاغ‌زارهای دست‌کشت کل کشور، برابر با میزان ۱/۵ میلیون تن خواهد شد. در بررسی پتانسیل ذخیره کربن در جنگل کاری‌های اکالیپتوس و آکاسیای استان فارس، بردبار (۱۳۸۳) به این نتایج دست یافت که گونه‌های اکالیپتوس کامالدولنسیس^۱ و آکاسیایالیسینا^۲ به‌خوبی می‌توانند در مناطق خشک با پخش سیلاب مستقر شوند و در ارتباط با ذخیره کربن نقش مفیدی را ایفا نمایند. در بررسی تأثیر آمیختگی گونه‌ها بر میزان ترسیب کربن خاک و ارتباط بین pH و میزان کربن خاک، باده‌یان (۱۳۸۵) به این نتیجه دست یافت که میزان ترسیب کربن در لایه‌های آلی و معدنی خاک در توده خالص راش بیش‌تر از توده آمیخته است. محمودی‌طالقانی و همکاران (۱۳۸۶) در برآورد میزان ترسیب کربن خاک در جنگل‌های تحت مدیریت شمال، نتیجه گرفتند که تأثیر ترکیب گونه‌ای و تیپ جنگل در فرآیند ترسیب کربن در افق‌های آلی و معدنی خاک بسیار اثرگذار است. عبدی و همکاران (۱۳۸۷) در مطالعه‌ای که در برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گون‌زارهای استان مرکزی انجام شد، دریافتند که در اکوسیستم‌های مرتعی و به‌ویژه گون‌زارها، خاک مهم‌ترین مخزن کربن آلی است. سعیدافخم شعراء و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی مراتع نیمه‌خشک خراسان شمالی که ۲۲ سال تحت قرق مدیریت شده قرار داشت به این نتیجه رسیدند که قرق باعث افزایش سالانه میزان ترسیب کربن در حدود ۰/۵ تن در هکتار شده و خاک مهم‌ترین مخزن کربن آلی این مراتع است. نتایج تحقیق ورامش و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که توده‌های جنگل کاری شده کاج تهران و افاقا سبب افزایش ترسیب کربن خاک (افزایش حدود ۲ برابری برای افاقا و افزایش بیش از ۶ برابر برای کاج تهران) نسبت به زمین بایر اطراف شدند. همچنین در تحقیقی با عنوان تأثیر قرق بر پتانسیل ترسیب کربن مراتع قشلاقی سرخکلاهی ساری، خانلری و همکاران (۱۳۹۲) نتیجه گرفتند که چرا باعث کاهش معنی‌دار ترسیب کربن از اندام هوایی به زیرزمینی در هر دو منطقه تحت چرا و قرق شده است و سهم خاک در مقدار ترسیب کربن بسیار بیش‌تر از گیاه است. در تحقیق برآورد ارزش اقتصادی خدمات ترسیب کربن در مراتع منطقه دیزج بطلجی خوی، قریشی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از روش هزینه جایگزین برآورد نمودند که ارزش اقتصادی ذخیره کربن کل مکان‌های موردبررسی در مراتع منطقه با شدت‌های چرای متوسط، کم و زیاد به ترتیب ۱۴۶۳۰، ۸۸۷۴ و ۶۷۲۲ میلیون ریال در هکتار است.

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی میزان توانایی ترسیب کربن پوشش درختی و خاک حاشیه بزرگراه در زیست‌بوم جنگلی زاگرس در منطقه بزرگراه خرم‌آباد- اندیمشک توسط قاسمی‌آقباش و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد بیش‌ترین درصد ترسیب کربن مربوط به پوشش درختی حاشیه است و پوشش علفی نیز

1. *Eucalypts camaldulensis* Dehn2. *Acacia salicina*

بیش‌ترین میزان ترسیب کربن را در هر یک از اجزای مطالعاتی به خود اختصاص داده است. در بررسی تعیین ظرفیت ترسیب کربن در روش‌های مختلف مرتع‌کاری در مناطق مختلف جغرافیایی کشور، پرویزی و همکاران (۱۳۹۷) به این نتیجه رسیدند که عملیات مرتع‌کاری اجرا شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک مرکز و نیمه شرقی کشور، تأثیر چندانی در افزایش ظرفیت ترسیب کربن در عرصه ندارد. علت این نتیجه عمدتاً به شرایط خاص مناطق خشک و نیمه‌خشک (محدودیت شدید منابع پایه آب و خاک، شرایط اقلیمی سخت و تنش‌های محیطی)، انتخاب روش‌های نامناسب مرتع‌کاری و عدم مدیریت صحیح و حفاظت برمی‌گردد. اما نتایج پژوهش مکرری کر (۱۴۰۰) در برآورد پتانسیل ترسیب کربن مزارع جو شهرستان گمیشان نشان داد میزان کربن‌آلی و تولید خالص اولیه در زی‌توده هوایی به علت وزن خشک بیشتر، بیش از زی‌توده زیرزمینی است. هم‌چنین گیاه جو نقش مؤثری در تعدیل روند کاهشی ترسیب کربن در خاک‌های شور دارد. Mccarty and Ritchie (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای با موضوع رابطه عملیات مدیریت خاک بر میزان ترسیب کربن به این نتیجه دست یافتند که مدیریت منابع خاک و به‌ویژه کنترل میزان فرسایش خاک و تولید رسوب می‌تواند شرایط را برای ترسیب کربن فراهم نماید. Oelbermann et al. (۲۰۰۴) نقش احتمالی سیستم‌های کشاورزی جنگل‌داری را برای ضبط کربن بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که کربن‌آلی خاک به‌طور فراوانی در سیستم‌های کشت محصول در طول یک دوره ۱۹ ساله حتی در تراکم حداقلی درختان نیز افزایش یافته است. Derner and Schuman (۲۰۰۷)، در بررسی ترسیب کربن و مدیریت مراتع بیان کردند که رابطه آماری معنی‌داری بین تغییر کربن خاک با طول مدت چرای دام در مراتع جنوب آمریکا وجود ندارد و تنها تغییر سیاست‌های دولت در بخش حفاظت از منابع طبیعی به‌صورت عملیات احیاء پوشش گیاهان مرتعی می‌تواند توان ترسیب کربن مراتع را بالا ببرد. نتایج پژوهش Khanna et al. (۲۰۱۵) در زمینه بررسی ارزش اقتصادی ترسیب کربن از طریق زی‌توده، نشان داد که انرژی حاصل از زی‌توده گیاهی هزینه کم‌تری برای ترسیب کربن دارد و علاوه بر آن زی‌توده گیاهان چندساله در مقایسه با یکساله‌ها هزینه کم‌تری برای ترسیب دارد. در تحقیقی با عنوان بهینه ترسیب کربن در مراتع خشک و نیمه‌خشک استرالیا، Dean et al. (۲۰۱۵) بیان داشتند که مراتع تخریب‌شده می‌تواند با ترسیب مستمر کربن به کاهش اثرات تغییر اقلیم کمک نماید. Gren (۲۰۱۵) در زمینه برآورد مقدار ترسیب کربن و چرخه عناصر غذایی در جنگل‌های استکهلم سوئد، با استفاده از روش هزینه جایگزین نشان داد ارزش کربن و مواد غذایی می‌تواند به ترتیب ۵/۰ درصد تولید ناخالص ملی سوئد و ۴۰ درصد ارزش تولیدات جنگلی باشد. نهایتاً Kowalska et al. (۲۰۲۰) در تحقیقی به بررسی تأثیر ضایعات زیستی بر اصلاح خاک، بهره‌وری گیاهان و ترسیب کربن آلی خاک پرداختند و بیان کردند که میزان افزایش غلظت فلزات سنگین خاک و کاهش کیفیت خاک با سرعت هشداردهنده‌ای رو به وخامت است.

ترسیب کربن فرآیندی است که به کاهش تغییرات آب و هوایی و در نتیجه کاهش اثرات گرم شدن کره زمین در مقیاس جهانی کمک می‌کند. افزون بر آن، این فرآیند به کاهش انباشت گازهای گلخانه‌ای آزادشده در اتمسفر و دریا ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی و تولید دام‌های صنعتی، یاری می‌رساند. با توجه به موارد ذکرشده در ضرورت تحقیق، اهداف پژوهش حاضر، تعیین مقدار ترسیب کربن بین اندام هوایی و زیرزمینی گیاه، تعیین مقدار ترسیب کربن در خاک زیراشکوب و هم‌چنین بررسی و برآورد مقدار ترسیب کربن در خاک و اندام هوایی و زیرزمینی دو گونه درمنه و کما در زیست‌بوم‌های مرتعی شهرستان فردوس، استان خراسان جنوبی است. چون تأثیر شیوه‌های مدیریتی مراتع بر توزیع و ترسیب کربن در سیستم گیاه و خاک به‌خوبی درک نشده است و به مطالعات بیش‌تری نیاز دارد. مدیریت مرتع، به‌طور مستقیم سرنوشت کربن ورودی به خاک را تعیین می‌کند که این ارتباط از طریق چند محور اصلی برقرار می‌شود. محور نخست کنترل توده زنده گیاهی به‌عنوان منبع اصلی کربن و از طریق مدیریت چرا (نوع دام، شدت و فصل چرا) و عملیات اصلاحی (بذرکاری و کپه‌کاری)، دوم حفاظت از خاک در برابر فرسایش (نگهداری از کربن ذخیره شده) و سومین محور، تأثیر بر فعالیت میکروبی (سرعت تجزیه) از طریق مدیریت رطوبت، دما و تهویه‌ی خاک ناشی از فشردگی ناشی از چرای دام می‌باشد.

۲- مواد و روش

۲-۱- معرفی منطقه مطالعاتی

شهرستان فردوس واقع در شمال غربی استان خراسان جنوبی بین ۳۳ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است. میانگین بارندگی سالیانه شهرستان در دوره آماری بلندمدت ۱۶۷ میلی‌متر است. این محدوده که در حاشیه کویر مرکزی ایران واقع شده است به علت قرار گرفتن در عرض جغرافیایی پایین، ارتفاع کم از سطح دریا (۱۲۹۳ متر)، دوری از منابع آبی بزرگ، دوری از توده‌های باران‌آور فشار زیاد جنب حاره و نزدیکی به کویر، از بارندگی کم، گرمای زیاد تابستان و تبخیر سالانه بالا (۲۵۴۳ میلی‌متر) برخوردار گردیده است. اقلیم شهرستان با توجه به روش دوما رتن خشک با ضریب ۶/۶ و با روش آمبروزه خشک و سرد است. این تحقیق در مراتع روستای باداموک و گسترخ در فاصله ۵۰ کیلومتری مرکز و واقع در شمال شهرستان فردوس، استان خراسان جنوبی به اجرا درآمد. بر اساس آمار، حداکثر درجه حرارت در تیر ماه و برابر ۳۶/۷ و حداکثر مطلق نیز در همان ماه به میزان ۴۶/۶ اتفاق افتاده است. حداقل مطلق دما در دی ماه و برابر ۱۷- درجه سانتی‌گراد بوده است. متوسط حداکثر رطوبت نسبی ۸۱ درصد در دی ماه و متوسط حداقل رطوبت نسبی در ماه مرداد و به میزان ۱۳ درصد است. مجموع ساعات آفتابی ماهیانه ۱۷۲/۴ ساعت در دی‌ماه و ۳۶۳ ساعت در تیرماه است. متوسط روزهای یخبندان در سال ۵۸ روز و بیش‌ترین میزان تبخیر در تیرماه به میزان ۵۰۴ میلی‌متر گزارش شده است.

جمعیت ۷۵۰ خانواری عشایری شهرستان فردوس از طوایف ناصری، میرزاقلی و رضانی می‌باشند که عمدتاً در مناطق حاشیه کویر موسوم به دشت کچه و چاهنو در قالب طرح اسکان عشایر در حال ساماندهی شدن است. این تحقیق در مراتع روستای باداموک و گسج و در منطقه‌ای به مساحت ۱۱۳۲۶/۰۶۴ هکتار که شامل ۲۵۲۶/۰۶۴ هکتار مستثنیات و ۸۸۰۰ هکتار مساحت قابل بهره‌برداری است، به اجرا درآمد.

مراتع منطقه با نوع بهره‌برداری چرای مستمر، دارای وضعیت متوسط و فقیر و گرایش منفی هستند (فرزاد مهر و همکاران، ۱۴۰۱) که مراتع نیمه‌متراکم شامل ۳۴۳۳۷ هکتار و مراتع کم تراکم دارای وسعت ۲۳۴۶۴۴ هکتار است. مراتع با توجه به موقعیت جغرافیایی و عدم وجود توده‌های مرطوب و به علت مجاورت با دو کویر مرکزی و نمک، دارای آب وهوای صحرایی، خشک و کم‌باران است. خاک مراتع نیز به‌طور عمده دارای منشأ آهکی و رسوبی است که در مناطق کوهستانی به‌صورت کم‌عمق و همراه با سنگ‌ریزه و در اراضی تپه‌ماهوری و دشت‌های دامنه‌ای به‌صورت نیمه عمیق تا عمیق با بافت متوسط تا سنگین، گسترش دارند. با توجه به میزان بارش کم، درجه حرارت بالا، جنس خاک و سایر شرایط طبیعی و جغرافیایی، پوشش گیاهی از نوع استپی است که برحسب میزان رطوبت تغییر می‌کند. این پوشش در قسمت‌های شمالی و مرتفع انبوه بوده و تبدیل به مراتع می‌شود. گیاهان مراتع منطقه نیز عمدتاً از نوع سازگار به شوری هستند (یاری و حشمتی، ۱۳۹۴).

۲-۲- معرفی گونه‌های موردبررسی

کما گیاهی است بانام علمی *F.ovina* که به تیره چتریان (*Apiaceae*) تعلق دارد. گیاه کما در عربی به اشق یا اوشق معروف است. در زبان فارسی نیز علاوه بر کندل که اسم دیگر گیاه کما است، به نام‌های اشه اشک نیز معرفی می‌شود. هم‌چنین در اروپا به آن گم آمونیاک می‌گویند. صمغ کما معمولاً از شکاف دادن ساقه یا یقه این گیاه به وجود می‌آید. شکل (۱ الف) نمایی از منطقه رویشگاه کما در مراتع شهرستان فردوس را نشان می‌دهد. دامنه با نام علمی *Artemisia* شامل ۲۰۰ تا ۴۰۰ گونه گیاه از تیره کاسنیان هستند که کپه‌های خوشه‌ای و گل‌هایی معمولاً با طعم تلخ به دلیل وجود سزکوبی‌ترین لاکتون‌ها دارند. دامنه کوهی با نام علمی *A. kopedaghensis* گیاهی بوته‌ای از خانواده Asteraceae است که در ارتفاعات ایران می‌روید. درمنه از جمله گیاهان دارویی است که دارای خاصیت ضد عفونی‌کننده، خواص ضد انگل و ضد ویروس است. شکل (۱ ب) نمایی از منطقه رویشگاه درمنه در مراتع شهرستان فردوس را نشان می‌دهد.



شکل (۱): نمایی از منطقه رویشگاه گونه کما (*Ferula ovina*) (الف) و گونه درمنه (*Artemisia kopedaghensis*) (ب) در مراتع شهرستان فردوس (منبع: یافته‌های تحقیق)

۲-۳- روش کار

برای اندازه‌گیری شاخص‌های تاج پوشش و تراکم گونه‌های موردبررسی از ۱۰ پلات با ابعاد دو در دو متر استفاده شد که با توجه به نظم موجود در استقرار پایه‌ها، واحد نمونه‌گیری در سه ترانسکت با طول ۵۰ متر به کار گرفته شد. این ابعاد پلات در مطالعات مرتع‌داری برای اهداف مشخصی به‌ویژه برای برآورد همزمان چندین متغیر مانند درصد پوشش تاجی گونه‌های مختلف، ترکیب فرم‌های رویشی، لاشبرگ، سنگ و سنگریزه و خاک لخت، گزینه‌ای کارآمد و بهینه محسوب می‌شوند. در مراتع نیمه خشک و نیمه‌استپی دقت برآورد متغیرهای مختلف با افزایش سطح پلات افزایش می‌یابد، اما این افزایش تا رسیدن به مساحت ۴ متر مربع (پلات ۲×۲ متر) چشمگیر است و پس از آن، افزایش دقت ناچیز و تقریباً ثابت می‌شود (طهماسبی و همکاران، ۱۳۹۱). پس از تعیین سطح تاج پوشش متوسط هر یک از بوته‌ها در پلات‌های مشخص شده، در نهایت اندام‌های هوایی ۱۰ پایه گیاهی (به لحاظ کفایت آماری و تراکم و وسعت تاج پوشش گونه‌های مورد مطالعه) که به سطح تاج پوشش متوسط منطقه مورد مطالعه نزدیک‌تر بودند، قطع و برای وزن‌کشی در پاکت‌های کاغذی جمع‌آوری و نگهداری شدند.

عموماً در طرح‌های ترسیب کربن، تعیین زی‌توده ریشه‌ها با استفاده از دو روش اجرا می‌گردد. نخست تعیین نسبت زی‌توده هوایی به اندام زیرزمینی گیاه با استفاده از منابع اطلاعاتی موجود آن‌گونه (روش آلومتری یا هم‌سنجی بر مبنای روابط ریاضی بین وزن اندام‌های گیاهی) و یا دوم، اندازه‌گیری مستقیم زی‌توده ریشه‌ها در عرصه. با توجه به نبود داده‌های قوی در زمینه نسبت زی‌توده هوایی و زیرزمینی گونه‌های مورد بررسی، در ادامه برای اندام‌های زیرزمینی به دلیل لزوم وارد شدن کم‌ترین خسارات و تلفات، تعداد ۱۰ نمونه از پایه‌های گیاهی انتخاب شد و قطع گردید. نمونه‌برداری از ریشه گیاهان به روش حفاری ریشه انجام شد (علیزاده، ۱۳۸۸) و ریشه تا عمق نفوذ نهایی برداشت شد. سپس برای توزین به آزمایشگاه آنالیز مواد ارسال گردید (بردبار، ۱۳۸۳؛ ورامش، ۱۳۸۸). نمونه‌های جمع‌آوری‌شده به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و درون آن، در مرحله بعد درصد کربن آلی با استفاده روش احتراق و در کوره الکتریکی تعیین گردید. با استفاده از رابطه (۱) درصد ماده آلی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و نهایتاً با استفاده از رابطه (۲)، ضریب تبدیل ترسیب گونه‌های موردبررسی تعیین شد.

$$O.M = 100 - \frac{B - A}{C} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$O.C = 0/58 * O.M \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در این روابط A: وزن ظرف نمونه؛ B: وزن ظرف و خاکستر؛ C: وزن نمونه گیاهی خشک‌شده، OM: ماده آلی (درصد) و OC: کربن آلی (درصد) است.

به‌منظور نمونه‌برداری از خاک منطقه، پس از حذف لایه لاشبرگی خاک، گودالی با عمق ۳۰ سانتی‌متر حفر گردید (Woomer et al., 2004). سپس نمونه‌های خاک این نقاط با توجه به ضخامت خاک و عمق ریشه دوانی گیاه (۳۰ سانتی‌متر)، برداشت گردید. تعداد ۱۰ گودال در پایه بوته‌ها و ۱۰ گودال نیز در فضای بین بوته‌ها حفر شد و در نهایت نمونه‌های خاک برداشت‌شده در هوای آزاد خشک گردید. پس از عبور دادن نمونه‌های خاک از الک دو میلی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری و مقدار ترسیب کربن در خاک و وزن مخصوص ظاهری نمونه‌های خاک محاسبه شد. باهدف تعمیم میزان کربن موجود در نمونه‌های اندازه‌گیری شده به میزان کربن در مقیاس هکتار، وزن مخصوص ظاهری خاک در هریک از عمق‌های مطالعه شده و در گودال‌های نمونه‌برداری با استفاده از روش کلوخه و وزن مخصوص ظاهری تعیین شدند. در مرحله نهایی برای تعیین درصد کربن آلی خاک از روش استاندارد والکی بلک استفاده شد که بر مبنای اکسیداسیون کربن آلی و با کمک بی‌کرومات پتاسیم در محیط کاملاً اسیدی است. در پژوهش حاضر طرح آزمایشی در قالب طرح پایه کاملان تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. برای آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS23، ابتدا برای بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف انجام شد. در نهایت برای مقایسه مقادیر اندام‌های هوایی و زمینی گیاهان از آزمون‌های تی‌جفتی و برای داده‌های خاک از تی‌مستقل استفاده شد.

۳- یافته‌های پژوهش

شاخص‌های آماری نظیر حداقل، حداکثر، متوسط و دامنه تغییرات درصد ماده آلی و مقدار کربن اندام زمینی و هوایی دو گونه درمنه و کما در مراتع شهرستان فردوس در جدول (۱) ارائه شده است. جدول (۲)، تراکم، درصد پوشش تاجی و متوسط وزن اندام هوایی و زمینی دو گونه درمنه (*A. kopedaghensis*) و کما (*F. ovina*) در مراتع شهرستان فردوس و جدول (۳)، برآورد درصد متوسط ماده آلی و درصد متوسط کربن آلی دو گونه مذکور را نشان می‌دهد.

جدول (۱): مقدار شاخص‌های آماری درصد ماده آلی و مقدار کربن اندام زیرزمینی و هوایی دو گونه درمنه و کما

ردیف	فاکتور	اندام زیرزمینی کما		اندام هوایی کما		اندام زیرزمینی درمنه		اندام هوایی درمنه	
		درصد ماده آلی	مقدار کربن	درصد ماده آلی	مقدار کربن	درصد ماده آلی	مقدار کربن	درصد ماده آلی	مقدار کربن
۱	حداقل	۴۰	۲/۶	۵۷	۶/۸	۶۱	۶/۲۵	۵۷	۳۲/۵۱
۲	حداکثر	۹۳	۱۷	۹۶/۵	۴۱/۸	۹۳	۱۱	۹۰/۵	۵۹/۰۷
۳	متوسط	۷۰/۷۵	۹/۸	۸۴/۳۵	۱۸/۷	۷۰/۴	۸/۱۲	۷۷/۶۵	۳۸/۷۹
۴	دامنه تغییرات	۵۳	۱۴/۴	۳۹/۵	۳۵	۳۲	۴/۷۵	۳۳/۵	۳۶/۵۶

جدول (۲): تراکم، درصد پوشش تاجی و متوسط وزن اندام هوایی و زمینی دو گونه درمنه و کما

ردیف	نام گونه گیاهی	اندام گیاه	متوسط وزن تر (پایه-گرم)	متوسط وزن خشک (پایه)	تراکم (پایه در مترمربع)	متوسط درصد پوشش
۱	درمنه	اندام هوایی	۲۴۵/۸۳	۸۰/۰۵	۱/۵۵	۳۸/۳۵
		اندام زمینی	۸۰/۰۵	۴۰/۵۳		
۲	کما	اندام هوایی	۱۰۲/۲۳	۵۱/۱۱	۰/۳۲	۲۰/۵۴
		اندام زمینی	۱۰۲/۶۷	۵۱/۳۳		

جدول (۴)، وزن مخصوص خاک، عمق نمونه‌برداری و درصد متوسط کربن آلی خاک در زیرپوشش و فضای باز دو گونه درمنه و کما در مراتع شهرستان فردوس را نشان می‌دهد که خاک فضای باز مراتع گونه کما دارای بیشترین و خاک زیرپوشش گونه درمنه دارای کمترین میزان کربن آلی است. در جداول (۵) تا (۷) به ترتیب نتایج مقایسه آماری مقدار ترسیب کربن اندام هوایی و زمینی دو گونه، مقایسه مقدار ترسیب کربن اندام هوایی دو گونه،

مقایسه مقدار ترسیب کربن اندام زمینی دو گونه، مقایسه مقدار ترسیب کربن خاک زیرپوشش دو گونه، مقدار ترسیب کربن خاک زیرپوشش و فضای باز دو گونه کما و درمنه ارائه شده است.

جدول (۳): برآورد درصد متوسط ماده آلی و درصد متوسط کربن آلی دو گونه درمنه و کما

ردیف	نام گونه گیاهی	اندام گیاه	درصد متوسط ماده آلی (پایه)	درصد متوسط کربن آلی (پایه)
۱	درمنه	اندام هوایی	۷۷/۶۵	۳۸/۷۹
		اندام زمینی	۷۰/۴	۸/۵۱
۲	کما	اندام هوایی	۳۴/۳۵	۱۸/۷
		اندام زمینی	۷۱/۴	۹/۲۶

جدول (۴): وزن مخصوص خاک، عمق نمونه‌برداری و درصد متوسط کربن آلی خاک در زیرپوشش و فضای باز دو گونه درمنه و کما

ردیف	نام منطقه	وزن مخصوص ظاهری	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	کربن آلی خاک	کربن آلی کیلوگرم در هکتار
۱	خاک زیرپوشش درمنه	۱/۳	۳۰	۰/۲۸	۱۰۸۶۶/۶
۲	خاک فضای باز	۱/۴۹	۳۰	۰/۳۸	۱۰۹۰۴/۱
۳	خاک زیرپوشش کما	۱/۴	۳۰	۰/۳۳	۱۴۱۲۷
۴	خاک فضای باز	۱/۲۶	۳۰	۰/۴۳	۱۶۴۰۳/۷

جدول (۵): نتایج آزمون تی جفتی بین مقدار ترسیب کربن اندام هوایی و زمینی دو گونه درمنه و کما

ردیف	نام گونه	اندام گیاه	متوسط ترسیب کربن	درجه آزادی	مقدار t	معناداری
۱	درمنه	اندام هوایی	$38/79 \pm 1/34^a$	۹	-۶/۶۶**	۰/۰۰۰
		اندام زمینی	$8/12 \pm 0/63^b$			
۲	کما	اندام هوایی	$18/7 \pm 0/66^a$	۹	-۲/۰۹**	۰/۰۴۵
		اندام زمینی	$9/5 \pm 0/18^b$			

: حروف مشابه، عدم معناداری اختلاف و حروف متفاوت، معناداری اختلاف، **: معناداری اختلاف در سطح ۹۹ درصد

جدول (۶): نتایج آزمون تی مستقل بین مقدار ترسیب کربن اندام هوایی و زمینی دو گونه درمنه و کما

اندام گیاه	متوسط ترسیب کربن	درجه آزادی	مقدار t	معناداری
اندام هوایی درمنه	$38/79 \pm 1/34^a$	۱۸	۳/۲۸۲**	۰/۰۰۰
اندام هوایی کما	$18/7 \pm 0/66^b$			
اندام زمینی درمنه	$8/12 \pm 0/63^a$	۱۸	-۱/۰۱ ^{n.s}	۰/۳۲۵
اندام زمینی کما	$9/5 \pm 1/66^a$			

: ** معناداری اختلاف در سطح ۹۹ درصد، ^{n.s}: عدم معناداری اختلاف

جدول (۷): نتایج آزمون تی مستقل بین مقدار درصد ترسیب کربن خاک زیرپوشش و فضای باز گونه درمنه و کما و زیرپوشش دو گونه

نوع مقایسه	متغیر	متوسط ترسیب کربن	درجه آزادی	مقدار t	معناداری
زیر پوشش و فضای باز	زیرپوشش درمنه	$0/28 \pm 0/06^a$	۱۸	-۰/۹۹۵ ^{n.s}	۰/۳۳۵
	فضای باز درمنه	$0/37 \pm 0/04^a$			
زیر پوشش و فضای باز	زیرپوشش کما	$0/33 \pm 0/03^a$	۱۸	-۱/۲۲۲ ^{n.s}	۰/۲۷۳
	فضای باز کما	$0/43 \pm 0/07^a$			
زیرپوشش دو گونه	زیرپوشش درمنه	$0/28 \pm 0/06^a$	۱۸	-۶/۳۳ ^{n.s}	۰/۵۳۵
	زیرپوشش کما	$0/33 \pm 0/03^a$			

: ^{n.s}: عدم معناداری اختلاف

۴- بحث و نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم جهانی و پدیده افزایش جهانی درجه حرارت، یکی از مسائل مهم محیط زیستی برای انسان به‌شمار می‌آید که در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از دانشمندان و حتی عموم مردم قرار گرفته است. طبق یافته‌های دانشمندان، عامل اصلی گرما دی‌اکسید کربن است و از میان راه‌حل‌های مختلف، ترسیب بیولوژیک کربن به‌وسیله زی‌توده گیاهی و خاک زیرپوشش آن ساده‌ترین و عملی‌ترین راه است (بهرامی‌نیا، ۱۳۹۵). تغییر در میزان کربن مراتع می‌تواند تابعی نوع مدیریت و فاکتورهای مختلف مدیریتی باشد و با توجه به اهمیت فرآیند ترسیب کربن در سطح جهان و با توجه به افزایش سرعت تغییر بی‌رویه کاربری اراضی از مرتع به کشاورزی ضروری است تا در کنار اجرای عملیات مختلف اصلاح و احیاء مراتع، برآوردی از اثر فعالیت‌های مختلف بر میزان ذخیره کربن در سطح مراتع انجام شود و اثرات مثبت و منفی آن بررسی گردد. محمودی‌طالقانی و همکاران (۱۳۸۶) در برآورد میزان ترسیب کربن خاک در جنگل‌های تحت مدیریت شمال به این نتیجه دست یافتند که تأثیر حجم در هکتار جنگل رابطه مستقیم با میزان

بیومس جنگل داشته و در نتیجه به افزایش میزان ذخیره کربن خاک کمک می‌کند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که تأثیر ترکیب گونه‌ای و تیپ جنگل در فرآیند ترسیب کربن در افق‌های آلی و معدنی خاک بسیار اثرگذار است. متوسط ترسیب کربن در اندام‌هوایی در گونه گیاهی درمنه و کما به‌ترتیب برابر $38/79$ و $18/7$ می‌باشد. نتایج نشان داد بین مقدار ترسیب کربن اندام هوایی درمنه و کما در سطح یک درصد اختلاف معناداری وجود دارد و مقدار آن با توجه به فرم رویشی بوته‌ای گیاه درمنه از گونه کما بیش‌تر است. متوسط ترسیب کربن در اندام‌زمینی در گونه گیاهی درمنه و کما به‌ترتیب برابر $8/12$ و $9/5$ می‌باشد. بین مقدار ترسیب کربن اندام‌زمینی درمنه و کما در سطح یک درصد اختلاف معناداری وجود ندارد. با توجه به این که بین فرم ریشه گیاه درمنه و کما از لحاظ شکل و نحوه پراکنش اختلاف وجود دارد ولی در مقدار ترسیب کربن اختلاف معناداری ندارد. بین مقدار ترسیب کربن اندام‌هوایی و زمینی در گونه درمنه اختلاف معناداری وجود دارد و همسو با Alizadeh et al. (۲۰۱۰) و Javadi et al. (۲۰۱۱)، مقدار آن در اندام هوایی با توجه به حجم زیست‌توده اندام هوایی بیش‌تر است. گونه درمنه اغلب زیست‌توده هوایی بزرگ‌تری نسبت به سیستم ریشه‌ای خود تولید می‌کند. پژوهش روی گونه‌های مختلف درمنه (Zhao et al., 2014) نشان می‌دهد که نسبت رشد ریشه به شاخه در این گیاهان می‌تواند کمتر از ۱ باشد. یعنی رشد اندام هوایی بیش‌تر از ریشه است. این موضوع، حجم بیش‌تر اندام هوایی را توجیه می‌کند که در نتیجه، کربن بیش‌تری را در خود ذخیره می‌کند. برگ‌ها به‌عنوان اندام اصلی فتوسنتز، محل جذب دی‌اکسید کربن و تبدیل آن به کربن آلی هستند. تحقیقات Javadi et al. (۲۰۱۱) نشان داد که در گونه‌های درمنه، برگ‌ها بیش‌ترین سهم را در ترسیب کربن اندام هوایی دارند. توزیع کربن بین اندام‌ها یک ویژگی ثابت نیست و تحت تأثیر عوامل مختلف قرار می‌گیرد. عواملی مانند جهت شیب (که بر دریافت نور و رطوبت تأثیر می‌گذارد)، شدت چرای، و عملیات مدیریتی مانند قرق می‌تواند بر نسبت زیست‌توده هوایی به زیرزمینی و در نتیجه، بر الگوی ترسیب کربن اثرگذار باشد. به عنوان نمونه، شدت چرای بالا با کاهش زیست‌توده هوایی، ظرفیت ترسیب کربن کل اکوسیستم را کاهش می‌دهد (جنیدی و همکاران، ۱۴۰۴).

توجه به این نکته ضروری است که تحقیقات گسترده نشان می‌دهند در اکوسیستم‌های مرتعی تحت پوشش درمنه، خاک به‌عنوان بزرگ‌ترین مخزن کربن آلی محسوب می‌شود و سهم آن از کل ترسیب کربن می‌تواند تا بیش از ۹۰ درصد برسد. به بیان دیگر، با وجود اینکه در بخش زیست‌توده گیاهی، اندام هوایی کربن بیش‌تری ذخیره می‌کند، اما سهم اصلی و بسیار بزرگ‌تر ترسیب کربن در این اکوسیستم‌ها مربوط به کربن آلی ذخیره شده درون خاک مرتع است (جنیدی و همکاران، ۱۴۰۴). بنابراین، یافته‌ی پژوهش در خصوص اختلاف معنادار و ترسیب بیش‌تر کربن در اندام هوایی درمنه، نتیجه مستقیم حجم زیست‌توده بیش‌تر این اندام‌ها، به ویژه برگ‌ها، در مقایسه با سیستم ریشه‌ای است. این الگو می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی قرار گیرد.

نتایج توزیع کربن زی‌توده کل نشان داد که ذخیره کربن در زی‌توده اندام‌های هوایی، بیش از ریشه‌ها بود. بین مقدار ترسیب کربن اندام‌هوایی و زمینی در گونه کما اختلاف معناداری وجود دارد و مقدار آن در اندام‌هوایی با توجه به حجم زی‌توده اندام هوایی بیش‌تر است. بین مقدار ترسیب کربن در خاک زیرتاج‌پوشش دو گونه مورد مطالعه و فضای باز اختلاف معناداری وجود ندارد و مقدار آن برای خاک زیر تاج‌پوشش گونه درمنه و کما به‌ترتیب برابر $1086/6$ و $1412/7$ کیلوگرم در هکتار کربن‌آلی در هکتار کربن‌آلی و برای خاک فضای باز درمنه و کما به‌ترتیب برابر $10904/1$ و $16403/7$ کیلوگرم در هکتار کربن‌آلی برآورد شده است. نتایج تحقیق ورامش و همکاران (۱۳۹۰) نیز نشان داد که توده‌های جنگل کاری شده کاج تهران و اقلایا به ترتیب سبب افزایش ترسیب کربن خاک به مقدار $46/18$ و $67/37$ تن در هکتار نسبت به زمین بایر اطراف شدند. گونه‌های گیاهی غالب هر منطقه، به دلیل این که از سطح تاج پوشش بیش‌تر برخوردارند، نقش عمده را در ترسیب کربن رویشگاه ایفا می‌کنند و هر یک از اندام‌های گیاهی دارای نقش متفاوتی در این فرآیند هستند (آذرینوند و همکاران، ۱۳۸۸). به‌طور کلی، با شناخت اکوسیستم‌ها و گونه‌هایی که دارای قابلیت بیش‌تری برای ترسیب کربن هستند و افزون بر آن، پژوهش در زمینه عوامل مدیریتی و کاربری اراضی که بر فرآیند ترسیب کربن اثرگذار هستند، می‌توان اقدامات اصلاحی و احیای اراضی مناطق خشک و نیمه‌خشک را از نظر ترسیب کربن دنبال کرد، چرا که این موضوع می‌تواند ضمن تأمین نمودن حفاظت کمی و کیفی خاک مناطق مختلف، راهکاری مؤثری در راستای مواجهه با بحران‌های آلودگی هوا و تغییر اقلیم و در نهایت دستیابی به توسعه پایدار زیست محیطی باشد (عبدی، ۱۳۸۴).

نتایج تحقیق حاضر حاکی از این است که کاشت دو گونه درمنه و کما تأثیر مثبتی بر افزایش میزان ترسیب کربن در منطقه دارد. دو گونه درمنه و کما از طریق سازوکارهای نسبتاً متفاوتی به افزایش ترسیب کربن کمک می‌کنند. درمنه بیش‌تر از طریق ذخیره‌سازی کربن در زیست‌توده هوایی خود عمل می‌کند، چرا که مطالعه حاضر، تفاوت معناداری در مقدار کربن آلی خاک در زیر تاج‌پوشش این گیاه و فضای باز (بدون پوشش گیاهی) مشاهده نکرد. این یافته نشان می‌دهد که در شرایط این مطالعه، مکانیسم اصلی ترسیب کربن توسط درمنه، عمدتاً از طریق زیست‌توده خود گیاه (به‌ویژه بخش اندام هوایی) است. در خصوص گونه کما که دارای یک ریشه راست و عمیق با انشعابات محدود است، تجمع زیست‌توده بالا، به‌ویژه در ریشه‌های عمیق که می‌توانند کربن را برای مدت طولانی‌تری در خاک ذخیره کنند، نشان‌دهنده پتانسیل این گونه برای ترسیب کربن درون خاک است. سیستم ریشه عمیق کما همچنین به بهبود ساختمان خاک و افزایش مواد آلی آن کمک می‌کند (آزیر و شاهمرادی، ۱۳۸۶). کما با وجود اینکه در حالت سبز برای دام مطلوب نیست، به‌عنوان علوفه زمستانه ارزش بالایی دارد. این ویژگی، مدیریت آن را به‌عنوان یک منبع علوفه‌ای امکان‌پذیر می‌سازد که می‌تواند با مدیریت صحیح چرای به پایدار اکوسیستم و ترسیب کربن کمک کند (آزیر، ۱۳۹۹).

همچنین می‌توان این گونه بیان نمود که قابلیت ترسیب کربن برحسب گونه و تیپ‌گیاهی متفاوت است. می‌توان با توجه به شرایط اقلیمی منطقه با شناخت گونه‌های غالب که دارای قابلیت بالایی برای ترسیب کربن هستند، علاوه بر تعدیل اثر گلخانه‌ای، زمینه‌ای جهت اشتغال‌زایی و کسب درآمد را ایجاد نمود. که عمدتاً از طریق مشارکت فعال جوامع محلی در فعالیت‌های احیا و مدیریت پایدار و همچنین ایجاد مشاغل جدید در زنجیره‌های ارزش مرتبط محقق می‌شود. کشاورزان و دامداران می‌توانند با فروش اعتبار کربن تولیدشده خود از طریق مدیریت صحیح مرتع، منبع درآمد جدیدی ایجاد کنند و پیش‌بینی می‌شود بازار کربن جهانی بتواند تا ۱۷ میلیون شغل در بخش‌های مرتبط با احیای زمین و جنگل‌داری ایجاد کند (ILO, 2022). احیای مراتع می‌تواند به تولید محصولات جانبی ارزشمندی نیز منجر شود که خود اشتغال‌زایی می‌کنند، از جمله می‌توان به تولید علوفه و فرآورده‌های دامی با کیفیت‌تر، تولید زغال زیستی از ضایعات گیاهی یا گونه‌های مهاجم، پرورش زنبور عسل و تولید عسل مرتعی، بهره‌برداری پایدار از گیاهان دارویی و توسعه اکوتوریسم در مناطق احیا شده (Obersteiner et al., 2024) اشاره نمود.

همچنین با توجه به فرآیند ذخیره کربن از منظر امکان حفاظت و اصلاح و احیای مراتع خشک و نیمه‌خشک نیز می‌توان توجه نمود. با توجه به ظرفیت بالای ذخیره کربن گونه درمنه دشتی و همچنین سازگاری اکولوژیکی این گونه با منطقه مورد مطالعه، پیشنهاد می‌شود از این گونه جهت احیای مراتع مذکور و مراتع مشابه استفاده شود. همچنین به بررسی پتانسیل ترسیب کربن در سایر گونه‌های گیاهی منطقه با فرم‌های رویشی درختی، درختچه‌ای و گراس‌های موجود؛ برآورد ارزش اقتصادی و ریالی کارکرد و عملکرد ترسیب کربن در گونه‌های گیاهی موجود در منطقه مورد مطالعه و سایر مناطق؛ بررسی شدت‌های مختلف چرای دام و قرق بر میزان ترسیب کربن در گونه‌های مختلف گیاهی و خاک و همچنین ارزیابی نقش کاربری اراضی بر میزان ترسیب کربن خاک پرداخت.

– منابع

- آذرینوند، ح.، جنیدی، ح.، زارع چاهوکی، م.ع.، جعفری، م.، و نیکو، ش. (۱۳۸۸). بررسی اثر چرای دام بر ترسیب کربن و ذخیره ازت در مراتع با گونه درمنه دشتی. مرتع، ۳(۴)، ۵۹۰-۶۱۰.
- آزیر، ف. (۱۳۹۹). بررسی خصوصیات گیاهی *Ferula ovina* در البرز مرکزی. سومین کنفرانس ملی نوآوری در کشاورزی، علوم دامی و دامپزشکی. تهران، اسفند ۱۳۹۹.
- آزیر، ف. و شاهمادی، ا.ع. (۱۳۸۶). آت اکولوژی گونه مرتعی *Ferula ovina* در استان تهران. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۴(۳)، ۳۴۷-۳۵۹.
- آقامحسینی فشمی، م.، زاهدی امیری، ق.، فرح پور، م.، و خراسانی، ن. (۱۳۸۷). تاثیر قرق و چرا بر روی کربن آلی و وزن مخصوص ظاهری خاک: مطالعه موردی در مراتع دامنه جنوبی البرز مرکزی. کشاورزی پویا، ۵(۴)، ۳۷۵-۳۸۱.
- امانی، م.، و مداح عارفی، ح. (۱۳۸۲). بررسی قابلیت ترسیب کربن در تاغزارهای دست کاشت کشور و استراتژی آینده. اولین همایش ملی تاغ و تاغکاری در ایران. کرمان، خرداد ۱۳۸۲، ۲۶۴-۲۷۲.
- باده‌یان، ض. (۱۳۸۵). بررسی ارتباط بین ذخیره کربن خاک و pH در لایه‌های آلی و معدنی خاک در یک جنگل آمیخته راش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۷۴ص.
- بردبار، ک. (۱۳۸۳). بررسی پتانسیل ذخیره کربن در جنگل کاری‌های اکالیپتوس و آکاسیای استان فارس. پایان‌نامه دکتری رشته جنگل‌داری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۲۵۷ص.
- بشیری، م. و ماروسی، ع. (۱۳۹۹). ارزیابی و مدل‌سازی پارامترهای اقلیمی مؤثر بر تولید سالانه گونه مرتعی ریواس (*Rheum ribes*) با الگوریتم‌های داده‌کاوی. مرتع، ۱۴(۳)، ۴۳۵-۴۵۱.
- بهرامی‌نیا، د. (۱۳۹۵). ارزیابی پتانسیل ترسیب کربن گونه *Astragalus microcephalus* در مراتع کوهستانی چر ارومیه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.
- پرویزی، ی.، قیطوری، م.، بیات، ر.، شادمانی، ع.، و پرتوی، ا. (۱۳۹۷). تعیین ظرفیت ترسیب کربن در روش‌های مختلف مرتع‌کاری در مناطق مختلف جغرافیایی کشور. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۵(۲)، ۳۱۰-۳۲۳.
- جنیدی، ح.، آذرینوند، ح.، و جعفری، م. (۱۴۰۴). تعیین تاثیر برخی عوامل بوم‌شناختی و مدیریتی بر میزان ذخایر کربن آلی درمنه‌زارهای استان سمنان. پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۱۵(۳)، ۹۶-۱۱۶.
- خانلری، ع.، تمرش، ر.، و طایبان، م. (۱۳۹۲). بررسی تأثیر قرق بر پتانسیل ترسیب کربن در مراتع قشلاقی سرخکلای ساری. انسان و محیط‌زیست، ۱۱(۳)، ۳۵-۲۷.
- سعیدافخم شعراء، م.ر.، دیانتی تیلکی ق.ع.، نقی‌پور برج، ا.ع.، توکلی، ح.، و وحیدریان آقاخانی، م. (۱۳۸۸). تاثیر قرق بر میزان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مراتع نیمه خشک استان خراسان شمالی. مرتع، ۳(۴)، ۶۷۹-۶۶۸.
- صادقی‌پور، ا.، جعفری، م.، کمالی، ن.، حیدری، ا.، و مداح عارفی، ح. (۱۳۹۳). بررسی دینامیک کربن آلی در اجزاء اندازه‌ای خاک کاربری‌های مختلف اراضی. مرتع، ۸(۳)، ۲۹۲-۲۸۵.
- طهماسبی، پ.، ابراهیمی، ع.ا.، و یارعلی، ن.ا. (۱۳۹۱). تعیین مناسب‌ترین شکل و اندازه پلات برای برآورد چند متغیر مرتعی در مراتع نیمه استپی. مرتع و آب‌خیزداری، ۶۵(۲)، ۲۰۳-۲۱۶.
- عبدی، ن.، مداح، ح.، و زاهدی امیری، ق. (۱۳۸۷). برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گون‌زارهای استان مرکزی. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۵(۲)، ۲۸۲-۲۶۹.
- عبدی، ن. (۱۳۸۴). برآورد ظرفیت ترسیب کربن توسط جنس گون (زیر جنس *Tragacanth*) در استان‌های مرکزی و اصفهان. رساله دکتری علوم مرتع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۹۴ص.
- علیزاده، ا. (۱۳۸۸). رابطه آب و خاک و گیاه. مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۵۲ص.

- فرزادمهر، ج.، قاسمی آریان، ی.، و یاری، ر. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر عملیات اصلاحی بر خصوصیات سطحی و ویژگی‌های عملکردی خاک (مطالعه موردی: مراتع شهرستان فردوس، استان خراسان جنوبی). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۹(۲)، ۱۶۵-۱۵۶.
- قاسمی‌آقاش، ف.، حیدریان، س.، و سلگی، ع. (۱۳۹۶). بررسی میزان توانایی ترسیب کربن پوشش درختی و خاک حاشیه بزرگراه در زیست‌بوم جنگلی زاگرس (مطالعه موردی: بزرگراه خرم‌آباد - اندیمشک). حفاظت زیست بوم گیاهان، ۵(۱۱)، ۱۱۵-۱۲۹.
- قربانی، ج.، و لشکری صنمی، ن. (۱۴۰۲). تغییرات پوشش گیاهی در مراتع دارای باطله‌های متروک زغال سنگ در یک دوره زمانی ده ساله. مرتع و آبخیزداری، ۷۶(۴)، ۳۸۹-۴۰۴.
- قریشی، ر.، معتمدی، ج.، و شیدای کرکج، ا. (۱۳۹۳). برآورد ارزش اقتصادی خدمات ترسیب کربن در مراتع با روش هزینه جایگزین (مطالعه موردی: منطقه دیزج‌بچی خوی). فصلنامه علوم محیطی، ۱۲(۲)، ۵۵-۶۴.
- کشتکار، ح.ر.، یگانه، ح.، و کاوسی، ا. (۱۴۰۲). تعیین آشیان اکولوژیک گونه باریجه (*Ferula gummosa*) با استفاده از مدل‌های ماشین‌بردار در منطقه حفاظت شده قرخود. مرتع و آبخیزداری، ۷۶(۳)، ۳۰۵-۳۱۹.
- کلباسی، م. (۱۳۷۵). وضعیت مواد آلی در خاک‌های ایران و نقش کود کمپوست. خلاصه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران. کرج، ۷ص.
- محمودی طالقانی، ع.، زاهدی امیری، ق.ا.، عادل، ا.، و ثاقب‌طالبی، خ. (۱۳۸۶). برآورد میزان ترسیب کربن خاک در جنگل‌های تحت مدیریت (مطالعه موردی: جنگل گلنبد در شمال کشور). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵(۳)، ۲۴۱-۲۵۲.
- مکرری کر، ن.، کاظمی، ح.، کامکار، ب.، و بخشنده، س. (۱۴۰۰). ارزیابی پتانسیل ترسیب کربن توسط گیاه جو در خاک‌های شور (مطالعه موردی: شهرستان گمیشان، استان گلستان). پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۸(۳)، ۱۶۳-۱۴۷.
- ورامش، س. (۱۳۸۸). مقایسه میزان ترسیب کربن گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ در جنگل شهری (مطالعه موردی: پارک چیتگر تهران). پایان نامه کارشناسی‌ارشد جنگل‌داری. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی.
- ورامش، س.، حسینی، م.، و عبدی، ن. (۱۳۹۰). برآورد نیروی جنگل شهری در ترسیب کربن اتمسفری. محیط‌شناسی، ۳۷(۵۷)، ۱-۸.
- یاری، ر.، و حشمتی، غ. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر ساختار مرتع بر شاخص‌های سطحی و ویژگی‌های عملکردی خاک در مناطق خشک (مطالعه موردی: مراتع روستای فتح‌آباد، شهرستان فردوس). حفاظت زیست بوم گیاهان، ۳(۷)، ۲۹-۳۹.
- Alizadeh, M., Mahdavi, M., and Jouri, M.H. (2010). Capability investigation of carbon sequestration in two species (*Artemisia sieberi* Besser and *Stipa barbata* Desf.) under different treatments of vegetation management (Saveh, Iran). *Journal of Rangeland Science*, 1(1), 37-45.
- Dean, C., Kirkpatrick, J.B., Harper, R.J., and Eldridge, D.J. (2015). Optimising carbon sequestration in arid and semiarid rangelands. *Ecological Engineering*, 74, 148-163.
- Derner, J.D., and 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.
- Gren, I.M. (2015). Estimating values of carbon sequestration and nutrient recycling in forests: an application to the Stockholm-Mälars region in Sweden. *Forests*, 6(10), 3594-3613.
- ILO, UNEP and IUCN. (2022). Decent Work in Nature-based Solutions 2022. Geneva. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 /GO
- Javadi, S.A., Amiri, G.H.Z., Naderi, M., Raoofi, F., and Mahdavi, K. (2011). Inventory of carbon sequestration in artemisia lands of Hamadan Province. In: M. Salampasis, A. Matopoulos (eds.): Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainable Agri-production and Environment (HAICTA 2011), Skiathos, 8-11 September.
- Khanna, M., Onal, H., and Wander, M. (2015). Economics of soil carbon sequestration through biomass crops. *New Perspectives on Agri-environmental Policies; A Multidisciplinary and Transatlantic Approach*. ed. by S. Goetz and F. Brouwer, Routledge Publishers, 53pp.
- Kowalska, A., Grobelak, A., Almas, A.R., and Singh, B.R. (2020). Effect of biowastes on soil remediation, plant productivity and soil organic carbon sequestration: A review. *Energies*, 13(21), 5813.
- McCarty, G.W., and Ritchie, J.C. (2002). Impact of soil movement on carbon sequestration in agricultural ecosystems. *Environmental Pollution*, 116(3), 423-430.
- Obersteiner, M., Ivanov, A., and Rovenskaya, E. (2024). Carbon Farming in Kazakhstan: Unlocking the Opportunity. *HSE University*. Moscow: HSE Publishing House, ISBN 978-5-7598-4066-4.
- Oelbermann, M., Voroney, R.P., and Gordon, A.M. (2004). Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104(3), 359-377.
- Woomer, P.L., Touré, A., and Sall, M. (2004). Carbon stocks in Senegal's Sahel transition zone. *Journal of Arid Environments*, 59(3), 499-510.
- Zhao, C., Zhang, Y., Qin, Sh., Lai, Z., Liu, J. and Fa K. (2014). NPP and its distribution pattern of three typical sandy shrubs. *Journal of Beijing Forestry University*, 36(5), 62-67.

Carbon sequestration in the biomass and subsoil of the *Artemisia kopedaghensis* & *Ferula ovina*, Rangelands of Ferdows County, South Khorasan)

Rasool Meskin¹, Mehdi Bashiri^{2*}, Reza Yari³



Research Article

1. M.Sc. in Range Management, Department of Nature Engineering and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran.

rasoolmeskin@yahoo.com

2. Assistant Professor, Department of Nature Engineering and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran.

m.bashiri@torbath.ac.ir

* Corresponding author

3. Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

yarireza1364@gmail.com

Article Code: 2606-1174

Countinus Pagnation: 1375-1384

Received: 10 June 2026

Accepted: 22 August 2026

Online: 31 August 2026

Review speed: 74 days

Citation:

Meskin, R., Bashiri, M., and Yari, R. (2026). Carbon sequestration in the biomass and subsoil of the *Artemisia kopedaghensis* & *Ferula ovina*, Rangelands of Ferdows County, South Khorasan). Management of Natural Ecosystems, 6(2), 49-58.

Abstract

Carbon sequestration means the deposition or solidification of carbon. In this process, atmospheric carbon is accumulated as organic carbon in vegetation and soil through photosynthesis, thereby reducing its atmospheric concentration. The aim of the present study was to determine the amount of carbon sequestration in areal and subsoil of the *Artemisia kopedaghensis* and *Ferula ovina* species in the rangeland ecosystems of Ferdows County, South Khorasan Province. To measure the vegetation indices, canopy cover and density, 10 plots of 2×2 meters were used along three 50- meters transects, with 10 replications for each plant species. and soil samples were also collected from a depth of 30 cm with 5 replications for each treatment. For vegetation samples, the percentage of organic carbon was determined using the combustion method in an electric furnace and the standard Walkley–Black method was used for the soil samples. The percentage of organic matter and the carbon sequestration conversion factor were also calculated using empirical relationships. Data were analyzed using SPSS23 software. The results showed that the density of *Artemisia* and *Ferula* species in the study area were 1.55 and 0.32 rootstocks per square meter, respectively. The average percentages of organic matter and organic carbon in the aerial parts of *Artemisia* were 65.77% and 38.79% respectively, and the average percentages of organic matter and organic carbon in the terrestrial organs (roots) of *Artemisia* were 70.4% and 8.12%, respectively. In addition, the average percentages of organic matter and organic carbon for the aerial parts of the *Ferula* were 24.84% and 18.7%, and the same ones for the terrestrial organs (roots), respectively were 71.4% and 9.5%. there was a significant difference at the 1% level between the average carbon sequestration of the aerial and terrestrial organs of *Artemisia*, as well as between the carbon sequestration of the areal organs of *Artemisia* and *Ferula*. Nevertheless, no statistically significant differences were detected regarding soil carbon sequestration, neither between the understory and open areas of the species, nor between the understory soils beneath the two species.

Key Words:

Aerial organs, *Artemisia*, Climate change, Carbon sequestration, *Ferula*.