افزایش توان ترسیب کربن اکوسیستم با کاشت یونجه چند ساله (*Medicago sativa* L.) در دیم‌زارهای کم بازده (مطالعه موردی: حوزه آبخیز میدان شهرستان اسفراین)

ابراهیم محمودی*[1]، محمد مهدوی[2]، محمدرضا جوادی[2]

[1] کارشناس‌ارشد، اداره کل منابع‌طبیعی خراسان شمالی، اسفراین، ایران.

[2] استادیار، دانشگاه آزاداسلامی واحد نور، نور، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۶/۱۸

چکیده

نوع کاربری اراضی و مدیریت آنها، نقش مهمی در توان ترسیب کربن اکوسیستم دارد. تبدیل دیم‌زارهای کم‌بازده کشت یکساله به مراتع دست‌کاشت (مراتع مصنوعی) نوعی اقدام مدیریتی در جهت حفظ منابع پایه اکولوژیکی می‌باشد. به‌منظور بررسی نقش این نوع مدیریت اراضی و تأثیر آن در توان ترسیب کربن پایدار، دو اکوسیستم دیم‌زار و مرتع مصنوعی در حوزه آبخیز میدان در شهرستان اسفراین انتخاب گردید. سپس از کلیه اجزای سهیم در ترسیب پایدار شامل زیست‌توده زیرزمینی یونجه چندساله رقم قره‌یونجه در اکوسیستم مرتع مصنوعی و همچنین خاک و لاشبرگ در هر دو اکوسیستم، نمونه برداری و میزان کربن آلی ترسیب شده محاسبه گردید. نتایج نشان داد که میزان ترسیب کربن آلی در دو اکوسیستم در دو بخش خاک و لاشبرگ، دارای اختلاف معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) و در اکوسیستم مرتع مصنوعی به‌ترتیب ۱/۵۵ و ۱/۶۲ برابر اکوسیستم دیم‌زار یکساله بود. همچنین این نوع مدیریت اراضی، توان ترسیب کربن پایدار در بخش زیست‌توده را از مقدار صفر به ۳۷/۸۷ تن در هکتار ارتقاء داد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که استقرار اکوسیستم مرتع مصنوعی به جای اکوسیستم کشت دیم یکساله، بتواند علاوه بر حفظ منابع پایه اکولوژیکی، باعث افزایش معنی‌دار توان ترسیب کربن پایدار اکوسیستم نیز گردد.

واژگان‌کلیدی: اکوسیستم، ترسیب کربن، دیم‌زار، مرتع مصنوعی، یونجه

مقدمه

افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای[1] در اتمسفر باعث ایجاد اثر گلخانه‌ای در کره زمین و گرمتر شدن هوای آن شده است (Lal, 2008). عامل اصلی افزایش دمای کره زمین دی‌اکسیدکربن می‌باشد (احمدی، ۱۳۸۸)، که ۶۰ درصد اثر گلخانه‌ای و افزایش گرمای اتمسفر را شامل می‌شود (مهدی‌پور و لندی، ۱۳۸۹). بنابراین به منظور کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفری و ایجاد تعادل در محتوای گازهای گلخانه‌ای، کربن موجود در اتمسفر باید جذب و به شکل‌های مختلف ذخیره شود (فروزه و همکاران، ۱۳۸۷؛ فرجی و همکاران، ۱۳۸۸). ترسیب کربن[2] در اکوسیستم‌های

*مسئول مکاتبه: em.mahmoudi@gmail.com

1. Greenhouse gasses
2. Carbon Sequestration

Archive of SID
www.SID.ir

طبیعی، به معنی توانایی زیست‌توده[1] و خاک تحت آن برای جذب دی‌اکسیدکربن اتمسفر و ذخیره بلندمدت آن به صورت کربن می‌باشد (احمدی، ۱۳۸۸؛ Anderson et al., 2008). اندازه‌گیری و بررسی توان ترسیب کربن پایدار اکوسیستم خاکی در سه بخش خاک، زیست‌توده و لاشبرگ بررسی می‌شود (آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸).

احیاء و اصلاح اراضی فرسوده به منظور افزایش پتانسیل تولید بیولوژیک اراضی، به طور عمده بر روی افزایش پوشش گیاهی متمرکز است که خود موجب افزایش تجمع کربن در زیست‌توده هوایی و زیرزمینی و خاک این اراضی می‌گردد (احمدی، ۱۳۸۸). در اکوسیستم‌های طبیعی، بخش عمده ترسیب پایدار (درازمدت) کربن در خاک می‌باشد (عبدی و همکاران، ۱۳۸۷؛ آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸؛ دیانتی تیلکی و همکاران، ۱۳۸۸)، اما در بخش زیست‌توده، ترسیب پایدار کربن، در اندام‌هایی از گونه‌های گیاهی اکوسیستم انجام می‌شود که کربن را بصورت درازمدت در خود ذخیره نمایند، لذا کربن بخش‌هایی از زیست‌توده زنده گیاهی جاری اکوسیستم که مورد بهره برداری جانوران و انسان قرار می‌گیرد، جزء توان ترسیب کربن اکوسیستم محسوب نمی‌گردد و کربن آن آزاد می‌شود (Anderson et al., 2008). گونه‌های چندساله با بافت چوبی بیشتر، دارای قابلیت ترسیب پایدار کربن می‌باشند (فروزه، ۱۳۸۵).

کشت گونه‌های چندساله در راستای بکارگیری سیستم کشت بدون شخم، یکی از اقدامات مدیریتی در جهت افزایش ترسیب کربن است (Zan et al., 2001؛ Su, 2007؛ Bremer, 2009). Zan و همکاران (۲۰۰۱) نتیجه گرفتند که کربن آلی خاک در کشت گونه‌های چندساله مرتعی (مرتع مصنوعی)، نسبت به سیستم‌های سنتی کشاورزی، افزایش قابل توجهی دارد. Bremer (۲۰۰۹) نیز نشان داد که استفاده از لگوم‌ها در پروژه‌های تبدیل کشت‌های یکساله یا اراضی تخریب‌شده به مرتع باعث افزایش ترسیب کربن در این اکوسیستم‌ها می‌شود.

احمدی (۱۳۸۸) اظهار داشت که زیست‌توده و محتوای کربن گیاه دارای همبستگی بالایی بوده و کربن موجود در گیاه بخشی از زیست‌توده است. Su (۲۰۰۷) نیز افزایش معنی‌داری در میزان ترسیب کربن و نیتروژن کل در اکوسیستم مراتع کشت‌شده توسط یونجه علوفه‌ای چندساله در مقایسه با کشت یکساله مجاور مشاهده کرد. وی این تغییر کشت‌های یکساله به یونجه‌زار را برای ترسیب وسیع کربن پیشنهاد کرد. در مطالعات Alberti و همکاران (۲۰۱۰) در اراضی کشاورزی شمال ایتالیا، اراضی تبدیل شده کشت ذرت یکساله به یونجه چندساله هدر رفت کربن کمتری را نشان دادند. Mortenson و Schuman (۲۰۰۲) دریافتند که کربن آلی خاک در قسمت‌های میانکاری شده[2] (نوعی برنامه اصلاح واحیای مراتع با استفاده از بذرکاری) گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به مراتب بیشتر است. Schahczenski و Hill (۲۰۰۹) نیز توان ترسیب کربن در اکوسیستم‌های کشاورزی را علاوه بر عواملی چون آب و هوا، نوع خاک و نوع کشت به اقدامات مدیریتی مربوط دانستند. ایشان اظهار داشتند که بیلان مثبت ترسیب کربن حاصل از کم کردن هدررفت کربن با روش‌های حداقل خاک‌ورزی از یک سو و تقویت ترسیب کربن از سوی دیگر به اقدامات مدیریتی برمی‌گردد. در همین زمینه Asmus (۲۰۰۹) نیز نشان داد که سیستم بدون شخم به عنوان یک روش اقتصادی و پایدار، منجر به ترسیب کربن اتمسفری شده و ادامه آن جهت ترسیب کربن در بلندمدت، ضروری است.

[1] . Biomass

[2] . Interseeded

Archive of SID

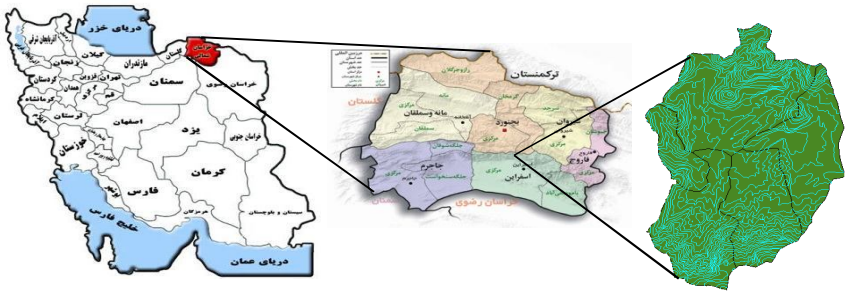
www.SID.ir

بخشی از اراضی حوزه‌های آبخیز در مناطق نیمه‌خشک کشور، به دلیل شرایط مناسب اقلیمی در منطقه، طی سال‌های گذشته تبدیل به دیم‌زارهای یک‌ساله کشت گندم شده‌اند. اگرچه عمده این دیم‌زارها به دلیل عدم مدیریت صحیح اراضی در طی سالیان متمادی از جمله شخم سالانه این اراضی در جهت شیب، تبدیل به دیم‌زارهایی کم بازده شده‌اند، زیرا عدم رعایت اصول صحیح خاک‌ورزی و شخم در جهت شیب باعث تشدید فرسایش و هدررفت خاک گردیده و توان بیولوژیک واحد اراضی و تولید در واحد سطح کاهش یافته است. تغییر کاربری بخشی از این دیم‌زارها طی سالیان اخیر از سوی سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، تحت پروژه "تبدیل دیم‌زارهای کم بازده به مراتع دست‌کاشت یا مراتع مصنوعی" با کاشت یونجه چندساله رقم قره‌یونجه(*Medicago sativa L. var Gharahyonjeh*) تحقق یافته است که متضمن حداقل ۵ سال عدم انجام عملیات خاک‌ورزی می‌باشد (مهندسین مشاور پایدار طبیعت و منابع، ۱۳۸۳). هدف از این پژوهش، بررسی توان ترسیب کربن در بخش‌های زیست‌توده، خاک و لاشبرگ اکوسیستم، در اثر تبدیل دیم‌زارهای کم بازده به مراتع مصنوعی، با کاشت یونجه چندساله و مقایسه این دو اکوسیستم بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در حوزه آبخیز "میدان" واقع در ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان اسفراین در استان خراسان شمالی (شکل ۱) انجام شد. بیشترین جهت شیب حوزه "مسطح" بوده و ارتفاع متوسط حوزه ۲۲۳۳/۲۲ متر از سطح دریای آزاد و شیب متوسط آن ۱۳/۸ درصد می‌باشد. همچنین متوسط بارندگی سالانه حوزه ۳۵۸/۷ میلی‌متر در سال و دمای متوسط سالانه ۷/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نوع اقلیم حوزه میدان به روش آمبرژه، "نیمه خشک سرد" بدست آمد. مساحت دیم‌زارهای کشت یکساله ۳۶۳/۲ و اراضی تبدیل شده به مراتع دست‌کاشت ۱۷۲/٤ هکتار می‌باشد (مهندسین مشاور سازآب شرق، ۱۳۸٦).

زیست‌توده هوایی گونه‌های غالب دو اکوسیستم یعنی یونجه و گندم، بدلیل اینکه به مصرف دام و انسان رسیده و کربن آن آزاد می‌شود و همچنین، زیست‌توده زیرزمینی گونه غالب اکوسیستم دیم‌زار (گندم) بدلیل ناچیز بودن، در محاسبات توان ترسیب کربن وارد نگردیدند. بنابر ملاک پایداری حبس کربن در تعریف ترسیب کربن، تنها بخش خاک و لاشبرگ دو اکوسیستم و همچنین زیست‌توده زیرزمینی یونجه چندساله در اکوسیستم مرتع مصنوعی (بدلیل حجم گسترده و پایداری ترسیب کربن) در محاسبات ترسیب پایدار کربن اکوسیستم مرتع مصنوعی لحاظ شد.



شکل ۱. موقعیت حوزه آبخیز مورد مطالعه

Archive of SID
www.SID.ir

نمونه‌برداری زیست‌توده: نمونه‌برداری زیست‌توده گونه یونجه در اکوسیستم مرتع مصنوعی، در مرحله حداکثر رشد گیاهی در تیرماه ۱۳۸۹ انجام شد. تعداد ۱۰ پایه معرف، انتخاب و زیست‌توده هوایی و زیرزمینی هر پایه جداگانه برداشت و در سایه و هوای آزاد، خشک شدند (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۸) و وزن هر کدام اندازه‌گیری شد (این داده‌ها، بر اساس آزمون کولموگروف – اسمیرنوف[1] (هاشمی‌پرست، ۱۳۸۹)، نرمال بود). نمونه برداری از زیست‌توده هوایی هر پایه، تنها جهت برقراری رابطه رگرسیونی بین وزن زیست‌توده هوایی و زیرزمینی هر پایه، انجام گردید تا بتوان بر اساس وزن زیست‌توده هوایی در پلات، وزن زیست‌توده زیرزمینی در واحد سطح را تخمین زد.

سپس زیست‌توده زیرزمینی هر پایه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون به‌مدت ۲٤ ساعت کاملاً خشک شد (احمدی، ۱۳۸۸) و پس از توزین با ترازوی دیجیتالی (با دقت یک‌صدم گرم) و آسیاب کردن، از هر کدام، یک نمونه ۱۰ گرمی تهیه و در دمای ٦۰۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه کوره الکتریکی به‌مدت ۵ ساعت قرار داده شد. (فروزه، ۱۳۸۵؛ علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸؛ علیزاده، ۱۳۸۹). درصد کربن آلی هر نمونه گیاهی از رابطهٔ (۱) و با ضرب کردن درصد کربن آلی بدست آمده هر نمونه گیاهی در وزن خشک آن، میزان ترسیب کربن هر نمونه محاسبه شد (فروزه، ۱۳۸۵؛ فروزه و همکاران، ۱۳۸۷؛ علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸؛ علیزاده، ۱۳۸۹).

رابطه (۱). $OC= ۰/٥٤OM$

در این رابطه، OC: مقدار کربن آلی و OM: مقدار کل ماده آلی می‌باشد.

در مرحله بعد، تعداد پلات لازم جهت محاسبه میانگین ترسیب کربن پایدار هر اکوسیستم در واحد سطح، با استفاده از رابطه (۲) (مصداقی، ۱۳۷۷؛ حاج عباسی و همکاران، ۱۳۸٦؛ علیزاده، ۱۳۸۹؛ فروزه و همکاران، ۱۳۸۷) محاسبه گردید.

رابطه (۲). $$N = \frac{t^2 s^2}{p^2 x^2}\left(1 + \frac{2}{n}\right)$$

در این رابطه، t: مقدار t استیودنت در سطح ۰/۱ با درجه آزادی n-1، S^2: واریانس نمونه‌های اولیه، x: میانگین نمونه‌های اولیه، p: سطح اطمینان مورد نظر (۱۰ درصد) و n: تعداد نمونه اولیه می‌باشد (تعداد نمونه‌های اولیه در این پژوهش، ۱۰ پلات در نظر گرفته شد).

در این پژوهش، جهت برآورد دقیق مقادیر ترسیب کربن زیست‌توده در واحد سطح، از روابط رگرسیونی استفاده شد (آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸). لذا، بین وزن زیست‌توده هوایی به عنوان متغیر مستقل و وزن زیست‌توده زیرزمینی بعنوان متغیر وابسته، یک رابطه رگرسیونی خطی ساده برقرار گردید و آزمون معنی‌داری آن انجام گردید. وزن خشک زیست‌توده هوایی و زیرزمینی در واحد سطح، محاسبه و بر اساس رابطه رگرسیونی بدست آمده، میزان ترسیب کربن پایدار زیست‌توده اکوسیستم مرتع مصنوعی برآورد گردید. بدین منظور، بر اساس رابطه ۲، تعداد ۳۵ پلات به روش سیستماتیک- تصادفی در قطعاتی که بیانگر درصد پوشش گیاهی و شرایط فیزیوگرافیکی متوسطی از کل اکوسیستم بودند، مستقر گردید.

نمونه‌برداری خاک: جهت نمونه‌برداری از خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری، در فاصله متوسط بین گونه‌ها، اقدام به حفر پروفیل گردید، زیرا میزان کربن آلی خاک در اعماق بیش از ۳۰ سانتی‌متری بسیار ناچیز بوده و افزایش معنی‌داری ندارد (علیزاده، ۱۳۸۹). تعداد نمونه خاک نیز از رابطه ۲، در اکوسیستم مرتع مصنوعی ۱۳ و در اکوسیستم دیم‌زار، تعداد ۳۱ پلات برآورد شد. نمونه‌گیری به روش سیستماتیک – تصادفی انجام شد، به‌طوری‌که تعداد ۱۳ و ۳۱ قطعه مزرعه به‌ترتیب از

[1] Kolmogorov-Smirnov Test

Archive of SID

www.SID.ir

اکوسیستم‌های مرتع مصنوعی و دیم‌زار، انتخاب و از هر کدام یک نمونه بصورت تصادفی برداشت شد. سپس نمونه‌های خاک بصورت کلوخه (جهت اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری خاک) در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد (شکل ۳-۱۳) که در هوای آزاد، خشک گردید (احمدی، ۱۳۸۸). به منظور تعیین درصد کربن آلی خاک، از روش واکلی و بلک[1] (حاج عباسی و همکاران، ۱۳۸٦؛ عبدی و همکاران، ۱۳۸۷؛ احمدی، ۱۳۸۸؛ مهدوی و همکاران، ۱۳۸۸؛ علیزاده، ۱۳۸۹) و جهت محاسبه میزان وزن کربن ترسیب شده در واحد سطح، از رابطه (۳) (احمدی، ۱۳۸۸؛ دیانتی تیلکی و همکاران، ۱۳۸۸) استفاده گردید:

رابطه (۳). $Cc = OC.Bd.e$

در این رابطه، Cc: وزن کربن ترسیب شده بر حسب تن در هکتار، OC: عدد درصد تراکم کربن آزمایش شده در خاک، Bd[2]: وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و e: ضخامت عمق خاک بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

نمونه برداری لاشبرگ: لاشبرگ، در اکوسیستم‌های مرتعی و زراعی سهم بسیار کوچکی از ترسیب کربن پایدار را شامل می‌شود. تعداد پلات لازم جهت براورد میزان ترسیب کربن لاشبرگ در دو اکوسیستم مرتع مصنوعی و کشت یکساله گندم، بر اساس رابطه ۲، به‌ترتیب ٤۳ و۵۲ پلات محاسبه گردید.

محاسبات آماری: داده‌ها در نرم‌افزار اکسل پردازش شده و مقایسه آماری میانگین داده‌های دو اکوسیستم مورد مطالعه در دو بخش خاک و لاشبرگ با آزمون t مستقل و همچنین برقراری رابطه رگرسیونی خطی ساده بین وزن زیست‌توده هوایی و وزن زیست‌توده زیرزمینی در مرتع مصنوعی جهت برآورد دقیق مقادیر ترسیب کربن زیست‌توده در واحد سطح، در محیط نرم‌افزاری SPSS ver. 13 انجام شد.

نتایج

۱. توان ترسیب کربن پایدار زیست‌توده در واحد سطح

بین داده‌های مربوط به وزن خشک زیست‌توده هوایی ۱۰ پایه از گونه یونجه به‌عنوان متغیر مستقل (x) و وزن خشک زیست‌توده زیرزمینی متناظر هر پایه نمونه‌برداری شده به عنوان متغیر وابسته (y)، یک رابطه رگرسیونی با ضریب تبیین ۰/۹۲۱ برقرار گردید که تجزیه واریانس آن بیانگر معنی‌دار بودن ($P\leq$۰/۰۱) این رابطه در سطح یک درصد بود (جدول۱ و شکل ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس رابطه رگرسیونی بین وزن خشک زیست‌توده هوایی و زیرزمینی یونجه

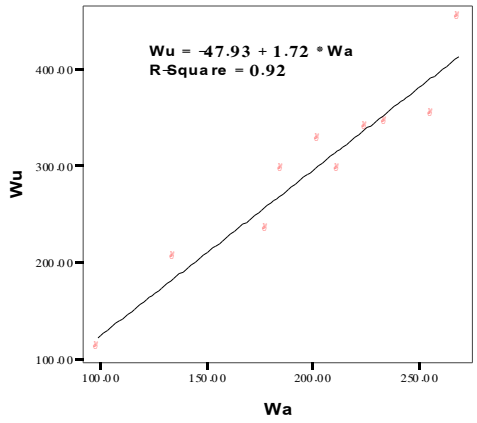
مدل	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F تجزیه واریانس
رگرسیون	۱	۷۳۲۰۹/۲۸	۷۳۲۰۹/۲۸	۹۳/٦٤**
خطا	۸	٦۲٥٤/۳	۷۸۱/۷۹	
کل	۹	۷۹٤٦۳/٦		

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

1. Walkly & Black
2. Bulk Density

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. رابطه رگرسیونی بین وزن خشک زیست‌توده هوایی پایه‌های نمونه برداری شده گونه یونجه بعنوان متغیر مستقل (x) و وزن خشک زیست‌توده زیرزمینی اندازه گیری شده به عنوان متغیر وابسته(y).

با توجه به وجود یک عرض‌ازمبدأ در رابطه رگرسیونی خطی بدست‌آمده، در صورت عدم حضور گونه مورد نظر و صفر بودن وزن زیست‌توده هوایی در پلات به عنوان متغیر مستقل، متغیر وابسته یعنی وزن خشک فیتومس نیز صفر در نظر گرفته شد. بعبارت دیگر این رابطه رگرسیونی با شرط صفر نبودن متغیر مستقل برقرار می‌باشد (رابطه ٤).

$$Wu=\begin{cases} -47.93 + 1.72\ Wa & \text{if } Wa\neq 0 \\ 0 & \text{if } Wa=0 \end{cases}$$

رابطه (٤)

در این رابطه:

Wu: وزن خشک زیست‌توده زیرزمینی و Wa: وزن خشک زیست‌توده هوایی می‌باشد.

نتایج نشان داد اشکوب زیست‌توده زیرزمینی اکوسیستم مرتع مصنوعی یعنی ریشه گونه یونجه چندساله که دارای وزن و تراکم قابل توجهی در واحد سطح می‌باشد، توانست به‌طور متوسط، ۳۸۸٦/۷۸ کیلوگرم کربن را در هکتار، ترسیب نماید (جدول ۳).

۲. توان ترسیب کربن پایدار خاک در واحد سطح

میانگین میزان ترسیب کربن پایدار خاک حوزه آبخیز مورد مطالعه شامل دو اکوسیستم مرتع مصنوعی و دیم‌زار کشت یکساله به‌ترتیب ٤۰۸۵۵ و ۲٦٤۰۹ کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید (جدول ٤). نتایج حاصل از مقایسه میانگین ترسیب کربن پایدار در خاک در دو اکوسیستم مورد بررسی، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ بود، به‌طوری که میزان کربن ترسیب شده در خاک اکوسیستم مرتع مصنوعی در واحد سطح، ۱/۵۵ برابر این مقدار در اکوسیستم دیم‌زارهای کشت یکساله بود (جدول ۵).

۳. توان ترسیب کربن پایدار لاشبرگ در واحد سطح

بدلیل کم بودن حجم لاشبرگ در واحد سطح نسبت به دو مخزن عمده دیگر ترسیب کربن اکوسیستم، یعنی خاک و زیست‌توده پایدار، میزان ترسیب کربن پایدار لاشبرگ در حوزه آبخیز مورد مطالعه در اکوسیستم مرتع مصنوعی و دیم‌زار یکساله به ترتیب حدود ۹۲/۵ و ٥٦/۹ کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. (جدول ٦). نتایج حاصل از مقایسه میانگین ترسیب کربن پایدار در لاشبرگ در دو اکوسیستم مورد بررسی با آزمون t مستقل، نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ بود، به‌طوری‌که میزان کربن ترسیب شده در لاشبرگ اکوسیستم مرتع مصنوعی در واحد سطح، ۱/٦۲ برابر این مقدار در اکوسیستم دیم‌زارهای کشت یکساله بود. (جدول ۷).

٤. توان ترسیب کربن پایدار کل

میانگین میزان ترسیب کربن پایدار در واحد سطح (انواع مدیریت اراضی) واقع در حوزه آبخیز میدان، حاصل جمع میانگین کربن ترسیب شده هر یک از اجزاء شرکت کننده در فرآیند ترسیب کربن پایدار در واحد سطح هر اکوسیستم می‌باشد. بدین ترتیب در اکوسیستم مرتع مصنوعی بطور متوسط در هر هکتار حدود ٤٤٨۳٤ کیلوگرم، ترسیب پایدار کربن رخ داده است. مزارع کشت گندم دیم نیز که اکوسیستم دیمزارهای کشت گندم یکساله را تشکیل می‌دهند تنها توانستند حدود ۲٦٤٦٦ کیلوگرم در هکتار ترسیب کربن پایدار را به خود اختصاص دهند (جدول ۸).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳. میزان ترسیب کربن پایدار زیست‌توده در اکوسیستم مرتع مصنوعی (زیست‌توده زیرزمینی) در واحد سطح

نام گونه	تعداد نمونه	میزان ترسیب کربن پایدار (کیلوگرم بر هکتار)	انحراف معیار	واریانس	اشتباه استاندارد
یونجه	۳۵	۳۸۸٦/۷۸	۱۲۲٤/۵	۱٤۹۹٤٦٦/۷	۲۰۷

جدول ٤. میزان ترسیب کربن پایدار خاک در اکوسیستم مرتع مصنوعی و دیم‌زار یکساله در واحد سطح

نوع اکوسیستم	وزن مخصوص ظاهری خاک (gr/m^3)	تراکم کربن آلی (٪)	وزن کربن ترسیب شده (کیلوگرم بر هکتار)
مرتع مصنوعی	۱/۳۷	۰/۹۹۳	٤۰۸۵۵
دیم‌زار یکساله	۱/۳٤	۰/٦٦۹	۲٦٤۰۹

جدول ۵. مقایسه میزان ترسیب کربن پایدار خاک در دو اکوسیستم مرتع مصنوعی و دیم‌زار کشت یکساله با آزمون t مستقل

نوع اکوسیستم	تعداد نمونه	میزان ترسیب کربن (کیلوگرم بر هکتار)	انحراف معیار	اشتباه استاندارد	t
مرتع مصنوعی	۱۳	٤۰۸۵۵	۹/٤۱	۲/٦۱	٦/۰۵ **
دیم‌زار یکساله	۳۱	۲٦٤۰۹	۸/۱۱	۱/٤٦	

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

جدول ٦. میزان ترسیب کربن پایدار لاشبرگ در اکوسیستم مرتع مصنوعی و دیم‌زار یکساله در واحد سطح

نوع اکوسیستم	تراکم کربن آلی (درصد)	ترسیب کربن در هر پلات (gr/m^2)	ترسیب کربن (کیلوگرم بر هکتار)
مرتع مصنوعی	٤۳/۱	۹/۲٤٦	۹۲/٤٦
دیم‌زار یکساله	٤۵	۵/٦۹۵	۵٦/۹٤۷

جدول ۷. مقایسه میزان ترسیب کربن پایدار لاشبرگ دو اکوسیستم مرتع مصنوعی و دیم‌زار با آزمون t مستقل

نوع اکوسیستم	تعداد نمونه	میزان ترسیب کربن پایدار(Kg/ha)	انحراف معیار	اشتباه استاندارد	t
مرتع مصنوعی	٤٤	۹۲/٤٦	٤۰/۵۵	٦/۱۱	۵/۰۳**
دیم‌زار یکساله	۵۲	۵٦/۹۵	۲۵/٤۳	۳/۵۳	

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

جدول ۸. میزان ترسیب پایدار کربن هر اکوسیستم در واحد سطح و در کل اکوسیستم در حوزه آبخیز میدان (کیلوگرم بر هکتار)

نوع اکوسیستم	زیست‌توده	خاک	لاشبرگ	کل
مرتع مصنوعی	۳۸۸٦/۷۸	٤۰۸۵۵	۹۲/٤٦	٤٤۸۳٤/۲٤
دیمزار یکساله	–	۲٦٤۰۹	۵٦/۹٤۷	۲٦٤٦۵/۹۵

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

هرگونه عملیات بیولوژیکی و مکانیکی که مانع سیر قهقرایی خاک و پوشش گیاهی شود، گام مثبتی در جهت مدیریت ترسیب کربن خواهد بود (عبدی و همکاران، ۱۳۸۷؛ احمدی، ۱۳۸۸؛ دیانتی تیلکی و همکاران، ۱۳۸۸). یکی از عملیات اصلاح و احیای مراتع در ایران پروژه "تبدیل دیمزارهای کم بازده با مراتع دست کاشت یا مراتع مصنوعی" می‌باشد که توسط سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور با مشارکت صاحبان اراضی و دیمکاران اجرا می‌گردد (مهندسین مشاور پایدار طبیعت و منابع، ۱۳۸۳). در واقع این پروژه اصلاحی، نوعی مدیریت بهینه اراضی می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که این نوع مدیریت اراضی و تبدیل دیمزارهای کم بازده کشت یکساله گندم (با توان بیولوژیک کم و فرسایش خاک بالا) با میانگین ترسیب کربن ۲۶/۴۷ تن در هکتار (خاک + لاشبرگ) به مراتع مصنوعی یونجه چندساله، منجر به افزایش توان ترسیب کربن اکوسیستم به ۴۴/۸۳ تن در کل اجزاء این اکوسیستم (خاک+زی‌توده زیرزمینی یونجه + لاشبرگ) در هر هکتار گردید. با تبدیل دیمزارهای کم بازده کشت یکساله گندم به مراتع دست کاشت یونجه چندساله در حوزه آبخیز مورد مطالعه، ترسیب کربن آلی خاک در طی سالهای استقرار مرتع مصنوعی، از ۲۶/۴۱ به ۴۰/۹ تن در هکتار افزایش یافت. افزایش این طی چند سال پس از تبدیل دیمزار به مرتع مصنوعی، نشان دهنده تأثیر بالای این نوع مدیریت اراضی در افزایش توان ترسیب کربن اکوسیستم است. با بررسی پژوهش‌های انجام گرفته در خصوص عوامل مؤثر بر افزایش توان ترسیب کربن خاک در واحد سطح، مشخص گردید این افزایش معنی‌دار در این پژوهش ناشی از کاهش عملیات شخم و خاک‌ورزی سالانه اراضی و متعاقب آن کاهش هدررفت خاک و ماده آلی آن، افزایش تولید و توان بیولوژیک در مراتع مصنوعی در واحد سطح و توان بالای نوع گونه مورد استفاده (یونجه) در افزایش ماده آلی خاک بود. بررسی‌های Mortenson و Schumann (۲۰۰۲) نشان داد که اصلاح مراتع از طریق میانکاری با گونه‌های تثبیت کننده نیتروژن، باعث افزایش حاصلخیزی خاک شده که این امر به نوبه خود سبب افزایش ترسیب کربن توسط زیست‌توده شد.

یونجه طی چندین سال عمر خود، مقدار زیادی مواد آلی و نیتروژن به خاک می‌افزاید و به موازات این افزایش، میزان ترسیب کربن پایدار در خاک مرتع افزایش می‌یابد (مهندسین مشاور پایدار طبیعت و منابع، ۱۳۸۳). زیست‌توده زیرزمینی یونجه طی چند سال استقرار، بطور متوسط ۳/۸۹ تن کربن را در هکتار به صورت پایدار ترسیب نمود که نتیجه قابل توجهی محسوب می‌شود. میانگین وزن نسبتاً بالای زیست‌توده زیرزمینی در هر پایه و تراکم بالای گیاه یونجه در واحد سطح مرتع مصنوعی، باعث افزایش معنی‌دار توان ترسیب کربن پایدار اراضی در واحد سطح در خلال این نوع اقدام مدیریت اراضی گردید. لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که اصلاح مراتع مخروبه و دیم‌زارهای کم بازده در شرایط اکولوژیکی مجاز، با این گیاه، می‌تواند به افزایش بیلان و موجودی کربن پایدار اکوسیستم، منجر گردد، در همین رابطه، Mortenson و Schumann (۲۰۰۲) عنوان کردند که گونه‌های مختلف، تأثیر متفاوتی در ترسیب کربن دارند. فروزه (۱۳۸۵) نیز بیان می‌کند که رابطهٔ مستقیمی بین کربن ترسیب شده با نوع گونهٔ گیاهی وجود دارد، به‌طوری‌که برای گونه‌های مختلف، ضرایب متفاوتی برای ترسیب کربن ارائه شده است. Anderson و همکاران (۲۰۰۸) نیز، برداشت زیست‌توده گیاهان از طریق برداشت محصول (درو) یا چرا را به عنوان افت کربن اکوسیستم در نظر گرفتند،

Archive of SID

www.SID.ir

زیرا کربن اندام‌های برداشت شده سرانجام در طی هضم و گوارش (توسط انسان و دام)، سوختن یا تجزیه احتمالی به اتمسفر برمی‌گردند.

در بخش لاشبرگ نیز با اینکه میزان ترسیب کربن نسبت به بخش‌های خاک و زیست‌توده ناچیز است. میانگین ترسیب کربن لاشبرگ اکوسیستم مرتع مصنوعی در واحد سطح، ۱/٦ برابر آن در اکوسیستم کشت یکساله بود که دلیل آن همبستگی تولید لاشبرگ با توان تولید زیست‌توده هوایی می‌باشد. به طوری که میانگین وزن خشک قطعات لاشبرگ گیاهی حاصل از ریزش اندام‌های زیست‌توده یونجه در اکوسیستم مرتع مصنوعی نسبت به گندم و باقیمانده پس چر آن پس از بهره‌برداری دام، ۱/۷ برابر بود.

نتیجه‌گیری نهایی

بدین‌ترتیب چنانچه کل دیم‌زارهای کم بازده کشت یک‌ساله حوزه مورد مطالعه به میزان ۳٦۳/۲ هکتار تبدیل به اکوسیستم مرتع مصنوعی شود، با توجه به نتایج بدست آمده از توان ترسیب کربن اکوسیستم مرتع مصنوعی در حوزه طی دوره متوسط استقرار و حداکثر بازدهی آن، میزان کربن ترسیب شده به صورت پایدار در این اراضی از حدود ۹٦۱۲ تن به ۱٦۲۸٤ تن افزایش خواهد یافت، یعنی بر اثر این نوع مدیریت اراضی حدود ٦٦۷۱ تن افزایش ترسیب کربن رخ خواهد داد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش مشخص گردید که دیم‌زارهای کم بازدهی که طی سالیان دراز تحت کشت‌های یکساله بوده‌اند، به دلیل فرسایش و هدررفت خاک و کاهش توان بیولوژیک این اکوسیستم‌ها، ارزش چندانی از نظر ترسیب کربن ندارند و چه بسا بر اثر تشدید فعالیت‌های خاک‌ورزی و فرسایش خاک دچار بیلان منفی ترسیب کربن شوند، یعنی آزادسازی سالانه کربن به اتمسفر بیشتر از مقدار ترسیب آن در اجزاء اکوسیستم باشد. لذا می‌توان با مدیریتی ویژهٔ این اراضی، دیم‌زارهای کم بازده را به مراتع مصنوعی تبدیل کرد تا علاوه بر حفظ منابع پایه، توان ترسیب کربن اکوسیستم ارتقاء یابد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از راهنمایی‌های ارزشمند دکتر فروزه، مهندس جواد مقیمی، مهندس میرزاعلی، مهندس امینی و همکاری مجموعه اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان شمالی در حین انجام مراحل این پژوهش سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

احمدی، ح. (۱۳۸۸). مقایسه میزا ن ترسیب کربن در جنگل‌های تاغ و علفزارهای بیابانی جهت مدیریت اراضی ماسه‌ای در جنوب دریاچه نمک. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان. ۷۵ صفحه.

آذرنیوند، ح.، جنیدی جعفری، ح.، زارع چاهوکی، م.ع.، جعفری، م. و نیکو، ش. (۱۳۸۸). بررسی اثرچرای دام بر ترسیب کربن و ذخیره ازت در مراتع با گونه درمنه دشتی در استان سمنان. مجله مرتع. جلد۳. شمارهٔ ٤. صفحات ٦۱۰-۵۹۰.

حاج عباسی، م.ع.، بسالت پور ا. و مللی ا.ر. (۱۳۸٦). اثر تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاکهای جنوب و جنوب غربی اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی ومنابع طبیعی. جلد۱۱. شمارهٔ ٤۲. صفحات ۵۳٤-۵۲۵.

دیانتی تیلکی، ق.، نقی‌پوربرج، ع. ا.، توکلی، ح.، حیدریان آقاخانی، م. و سعیدافخم الشعرا، م.ر. (۱۳۸۸). تأثیرقرق بر میزان ترسیب کربن خاک و

Archive of SID
www.SID.ir

زیست‌توده گیاهی در مراتع نیمه خشک خراسان شمالی. مجله مرتع. جلد ۱۳. شمارهٔ ٤. صفحات ٦٧٩-٦٦٨.

عبدی، ن.، مداح عارفی، ح. و زاهدی امیری، ق. (۱۳۸۷). برآورد ظرفیت کربن در گون زارهای استان مرکزی (منطقه مالمیر شازند). مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱۵. شمارهٔ ۲. صفحات ۲۸۲-۲٦۹.

علیزاده، م. (۱۳۸۹). بررسی اثرات طول مدت قرق بر روی توان ترسیب کربن مراتع (مطالعه موردی: مراتع استپی رودشور ساوه). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور. ٦۷ صفحه.

علیزاده، م.، مهدوی، م. و مهدوی، س.خ. (۱۳۸۸). اثرات مدیریت قرق و چرا بر میزان ترسیب کربن گونه درمنه دشتی (مطالعه موردی: مراتع استپی رود شور ساوه). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. جلد ۳. صفحات ۱۰۰-۸۹.

فرجی، م.، ارزانی، ح.، طویلی، ع. و فقهی، ج. (۱۳۸۸). بررسی اثر عوامل اقلیمی و فیزیکی بر توان دیم‌زارهای حوزه آبخیز طالقان. مجله مرتع. جلد ۳. شمارهٔ ۱. صفحات ۱۰٦-۹۰.

فروزه، م.ر. (۱۳۸۵). بررسی ترسیب کربن خاک و زی‌توده سرپای گونه‌های بوته ای غالب و همراه در منطقه پخش سیلاب گربایگان فسا. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان. ۷۸ صفحه.

فروزه، م.ر.، حشمتی غ.، قنبریان، غ.، مصباح، س.ح. (۱۳۸۷). مقایسه توان ترسیب کربن ۳ گونه بوته‌ای گل‌آفتابی، سیاه‌گینه و درمنه دشتی در مراتع خشک ایران(مطالعه موردی دشت گربایگان فسا). مجله محیط شناسی. جلد ٤٦. صفحات ۷۲-٦۵.

مصداقی، م. (۱۳۷۷). مرتعداری در ایران. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع).۲۵۹ صفحه.

مهدوی، س.خ.، سندگل، ع.، آذرنیوند، ح.، بابایی کفاکی، س.، جعفری، م. و مهدوی، ف. (۱۳۸۸). بررسی اثر تراکم آتریپلکس لنتی‌فرمیس بر میزان ترسیب کربن و مقایسه آن با تراکم کشت آتریپلکس در پروژه بوته کاری در مرتع (مطالعه موردی اصفهان). مجله گیاه و زیست بوم. جلد ۱۷. صفحات ۲۹-۱۹.

مهندسین مشاور پایدار طبیعت و منابع، (۱۳۸۳). خلاصه دستورالعمل فنی تبدیل دیم‌زارهای کم بازده و پرشیب به مراتع دست کاشت.سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.۱۳ صفحه.

مهندسین مشاور سازآب شرق، (۱۳۸٦). گزارش تلفیق مطالعات جامع حوزه آبخیز محمودی شهرستان اسفراین.اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان شمالی. ۲۵٦ صفحه.

Alberti, G., Vedove, G.D., Zuliani, M., Peressotti, A., Castaldi, S. and Zerbi, G. (2010). Changes in CO_2 emissions after crop conversion from continuous maize to a Agriculture alfalfa. Agriculture, Ecosystems and Environment. 136 (1-2):139-147.

Anderson, J., Beduhn, R., Current, D., Espeleta, J., Fissore, C., Gangeness, B., Harting, J., Hobbie, S., Nater, E. and Reich, P. (2008). The Potential for Terrestrial Carbon Sequestration in Minnesota; A Report to the Department of Natural Resources from the Minnesota Terrestrial Carbon Sequestration Initiative. University of Minnesota. Pp 79.

Asmus, C.D. (2009). Soil aggragation and carbon sequestration.Fallowing a single tillage event in no-till soils in a semi-arid environment. A master of science thesis of agronomy college of Agriculture, Kansas State University. Pp 173.

Bremer, E. (2009). Potential for Reductions in Greenhouse Gas Emissions from Native Rangelands in Alberta (Technical Scoping Document). Pp 24.

Archive of SID

www.SID.ir

Lal, R. (2008). Carbon sequestration. Philosofical Transaction Royal Society. 363: 815–830.

Mortenson, M. and Schuman, G. (2002). Carbon sequestration in rangeland interseeded with yellow-flowering alfalfa (*Medicago Sativa* Spp. *Falcata*). USDA Symposium On Natural Resource Management To Offset Greenhouse Gas Emission in University of Wyoming.

Schahczenski, J. and Hill, H. (2009). Agriculture, Climate Change and Carbon Sequestration. ATTRA Publications. Pp 16.

Su, Y.Z. (2007). Soil carbon and nitrogen sequestration following the conversion of cropland to alfalfa forage land in northwest China. Soil and Tillage Resaerch. 92(1-2): 181-189.

Zan, C.S., Fyles, J.W., Girouard, P. and Samson, R.A. (2001). Carbon sequestration in perennial bioenergy, annual corn and uncultivated systems in southern Quebec. Agriculture, Ecosystems, and Environment. 89(2):135-144.

of SID