فصلنامه علمی - پژوهشی گیاه و زیست بوم
سال ۹، ویژه نامه شماره ۱-۳۶، پاییز ۱۳۹۲

مقایسه توان ترسیب پایدار کربن فیتومس اکوسیستم مرتع طبیعی و مرتع مصنوعی (مطالعه موردی: منطقه کوهستانی میدان)

ابراهیم محمودی[۱]*، محمد مهدوی[۱]، محمدرضا جوادی[۱]

چکیده

دی‌اکسیدکربن به‌عنوان مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای در اتمسفر و عامل اصلی افزایش گرمای جهانی و تغییر اقلیم در قرن اخیر، بایستی به روش‌های ممکن از اتمسفر جذب و ترسیب شود. ترسیب کربن زیستی، شامل جذب کربن اضافی اتمسفری توسط فیتومس، ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش جهت کاهش تبعات تغییر اقلیم می‌باشد. اکوسیستم‌های مراتع طبیعی و مراتع مصنوعی توانایی زیادی در افزایش توان ترسیب کربن دارند. اکوسیستم مرتع مصنوعی حاصل تبدیل دیمزارهای کم‌بازده یک‌ساله به مراتع دست‌کاشت می‌باشد. به‌منظور مقایسه توان ترسیب کربن فیتومس اکوسیستم مرتع طبیعی و مرتع مصنوعی، در منطقه کوهستانی میدان در ارتفاعات شمال اسفراین، میزان کربن ترسیب شده دو گونه غالب *Astragalus hypsogeton* و *Onobrichis cornuta* در اکوسیستم مرتع طبیعی در دو بخش هوایی و زیرزمینی و گونه *Medicago sativa* در اکوسیستم مرتع مصنوعی، تنها در بخش فیتومس زیرزمینی، در هر پایه اندازه‌گیری و با استفاده از روابط رگرسیونی به‌دست آمده، در واحد سطح، برآورد گردید. نتایج مقایسه میانگین کربن ترسیب شده فیتومس زیرزمینی این دو اکوسیستم، با آزمون t مستقل، گویای اختلاف معنی‌دار آنها ($P<0.01$) بود، به‌طوری‌که میزان آن در اکوسیستم مرتع مصنوعی ۵/۶ برابر مرتع طبیعی بود. همچنین عدم اختلاف معنی‌دار میانگین ترسیب کربن فیتومس کل، در واحد سطح، در این دو اکوسیستم، حاصل مقایسه آن دو با آزمون t مستقل ($P<0.05$)، نشان داد، استقرار اکوسیستم مرتع مصنوعی به جای اکوسیستم کشت دیم یک‌ساله، می‌تواند علاوه بر حفظ منابع پایه اکولوژیکی، توان ترسیب پایدار کربن در واحد سطح را از نزدیک به صفر به سطح مقدار آن در مرتع طبیعی ارتقاء دهد.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن، فیتومس، منطقه میدان، مرتع طبیعی، مرتع مصنوعی

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نور، گروه منابع طبیعی، نور، ایران
* مکاتبه‌کننده: (em.mahmoudi@gmail.com)

تاریخ دریافت: زمستان ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: بهار ۱۳۹۱

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

افـزایش جمعیـت انسـان و متعاقـب آن، افـزایش نیازهـای بشـر باعـث افـزایش مصـرف سـوخت‌هـای فسیلی و تغییر کاربری اراضی طبیعی برای گسـترش کشاورزی شده اسـت (فـروزه، ۱۳۸۵) کـه بـا شـروع انقلاب صنعتی، در قرن نوزدهم، باعث افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای[1] در اتمسفر و به‌دنبال آن افـزایش گرمای جهـانی[2] و تغییـر اقلـیم[3] گردیدنـد (فـروزه و همکاران، ۱۳۸۷؛ نقـی پـوربرج و همکـاران، ۱۳۸۸). تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه پایـدار و نگرانـی مهـم زیست‌محیطی در جهت مخاطره رفـاه آینـده انسـان محسوب می‌شود (فروزه و همکاران، ۱۳۸۷). افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای باعث ایجاد اثر گلخانه‌ای در کره زمین و گرم‌ترشدن هوای ایـن کـره شـده اسـت (Su, 2007). عامل اصلی افزایش دمای کـره زمـین دی‌اکسیدکربن مـی‌باشـد (احمـدی، ۱۳۸۸) کـه ۶۰ درصـد اثـر گلخانـه‌ای و افـزایش گرمـای اتمسـفر را شامل می‌شود (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹).

روش‌های صنعتی کاهش Co_2 شامل جذب آن در خود نیروگاه‌ها و کارخانه‌های صنعتی، انتقال این گاز به محل ذخیره و حبس آن و همچنین ذخیره Co_2 در زمـین و اقیـانوس‌هـا بسـیار هزینـه‌بـر اسـت، به‌طوری‌که بنابه گزارش مجمع بین‌الدول تغییراقلیم[4] (IPCC) هزینه آن در سال ۲۰۰۵ به ازای هـر تـن ۶۳/۳ دلار بوده اسـت، عـلاوه بـر هزینـه بـالای آن، خطرات احتمالی آینده از جمله تولید اسـیدکربنیک درنتیجه انحلال Co_2 در آب اقیانوس‌ها و درنتیجـه، کاهش اسیدیته آب و تهدید حیـات آبزیـان و خطـر نشت نیز وجـود دارد (مبرقعـی و همکـاران، ۱۳۸۸). بنابراین ترسیب کربن در اکوسیستم‌های خاکی یعنی در فیتومس (بایومس گیاهی) و خاک‌های تحـت آن ساده‌ترین، ارزان‌ترین و عملی‌ترین راه‌کار ممکن برای کاهش Co_2 اتمسفری است (احمـدی، ۱۳۸۸؛ Zan *et al.*, 2007). بـه‌طـورکلی ترسـیب کـربن عبـارت است از ذخیره طولانی مدت کربن در اکوسیستم‌های زمینی، زیرزمینی و اقیانوسی که منجربه کـاهش یـا تعـدیل Co_2 اتمسـفری شـود (احمـدی، ۱۳۸۸؛ کلاهچـی و همکـاران، ۱۳۸۷). ترسـیب کـربن در اکوسیسـتم‌هـای طبیعـی یـا ترسـیب کـربن خـاکی (عبدی و همکاران، ۱۳۸۷) عبـارت اسـت از توانـایی فیتومس و خاک تحت آن برای جذب Co_2 اتمسفر و ذخیره بلندمدت آن به‌صورت کربن درخود (احمدی، ۱۳۸۸؛ Anderson *et al.*, 2007)، بنابراین ترسیب کربن زمانی رخ می‌دهد که میزان جذب Co_2 توسط گیاهان از اتمسفر، بزرگ‌تر از مجموع میـزان تـنفس خاک، تنفس گیاه و برداشت و قطـع فیتـومس باشـد (Anderson *et al.*, 2007).

بیشتر روش‌های بـرآورد ترسـیب کـربن بـر پایـه انـدازه‌گیـری فیتـومس اسـتوارند (احمـدی، ۱۳۸۸؛ عبدی و همکاران، ۱۳۸۷) زیرا فیتـومس و محتـوای کربن گیاه بیشترین همبستگی را باهم دارند و کربن موجود در گیاه بخشی از فیتـومس اسـت (احمـدی، ۱۳۸۸؛ فروزه، ۱۳۸۵). ترسیب کـربن در گیاهـان از طریق فتوسنتز و تبدیل Co_2 در فیتومس بـه مـاده آلی صورت مـی‌گیـرد (احمـدی، ۱۳۸۸). فیتـومس، اساس برآورد ارزش اقتصادی کربن است. اندازه‌گیری

۱- Greenhouse Gasses
۲- Global Warming
۳- Climate Change
۴- Intergavermental Panel On Climate Change (IPCC)

Archive of SID
www.SID.ir

و برآورد فیتومس در دو بخش هوایی و زیرزمینی صورت می‌گیرد (عبدی و همکاران، ۱۳۸۷).

در اکوسیستم‌های مرتعی گرچه میزان ترسیب کربن در واحد سطح ناچیز است، اما با توجه به وسعت بالای آنها در دنیا (حدود نیمی از مساحت خشکی‌های دنیا) این اراضی قابلیت زیادی در ترسیب کربن دارند (فروزه، ۱۳۸۵؛ عبدی و همکاران، ۱۳۸۷؛ علیزاده، ۱۳۸۹)، به‌طوری‌که این اکوسیستم‌ها دارای بیش از یک سوم از ذخایر کربن زیست‌کره خاکی می‌باشند و در مقیاس جهانی سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد تن کربن را ترسیب می‌کنند (آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸؛ دیانتی تیلکی و همکاران، ۱۳۸۸؛ عبدی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Derner & Scuman, 2008). در اکوسیستم‌های مرتعی، بخشی از فیتومس در فرآیند ترسیب کربن شرکت می‌کند که غیرقابل‌بهره‌برداری بوده وکربن را در مدت معینی در خود ذخیره نماید. بنابراین در بخش فیتومس، بررسی و اندازه‌گیری ترسیب کربن پایدار مستلزم انتخاب فیتومس پایدار اکوسیستم می‌باشد و کربن کل فیتومس زنده جاری اکوسیستم، جزء توان ترسیب کربن اکوسیستم محسوب نمی‌گردد.

شیوه‌های مدیریت اراضی شرایطی رابرای تعدیل افزایش غلظت Co_2 فراهم می‌آورند که طی آن کربن اضافی از طریق ذخیره شدن در فیتومس و مواد آلی خاک ترسیب می‌گردند(عبدی و همکاران، ۱۳۸۷). مدیریت بهینه اکوسیستم‌های مختلف باید در جهت افزایش پتانسیل ترسیب کربن باشد (ورامش و همکاران، ۱۳۸۹). درهمین‌راستا دیانتی تیلکی (۱۳۸۸) تأثیر قرق را به‌عنوان یک اقدام مدیریتی بر افزایش میزان ترسیب خاک و فیتومس در مراتع نیمه‌خشک خراسان شمالی معنی‌دار، ارزیابی کردند. نحوه مدیریت ترسیب کربن نیز در اکوسیستم‌های کشاورزی، متأثر از سیستم‌های کشت مختلف می‌باشد و برای کشت‌های گوناگون مدیریت متفاوت به‌کار می‌رود (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹). مطالعات Alberti *et al* (2010) در اراضی کشاورزی شمال ایتالیا نیز حاکی از همین نکته است که اراضی تبدیل‌شده کشت ذرت یک‌ساله به یونجه چندساله هدررفت کربن کمتری را نشان دادند (Alberti *et al.*, 2010). به‌طوری‌که Bruce *et al* (1996) نیز نتیجه گرفتند کاهش شدت شخم‌ورزی اراضی و استقرار گیاهان چندساله، در افزایش توان ترسیب کربن اکوسیستم موثر است (احمدی، ۱۳۸۸).

فرآیند فرسایش خاک موجب هدررفت کربن می‌گردد و هرگونه عملیات بیولوژیکی و مکانیکی که مانع سیر قهقرایی خاک و پوشش گیاهی شود، گام مثبتی در جهت مدیریت ترسیب کربن خواهد بود (احمدی، ۱۳۸۸؛ دیانتی تیلکی و همکاران، ۱۳۸۸؛ عبدی و همکاران، ۱۳۸۷)، به‌طوری‌که فروزه و همکاران (۱۳۸۷)، آبیاری سیلابی در منطقه پخش سیلاب گربایگان در افزایش توان ترسیب کربن گونه‌های بوته‌ای غالب منطقه مؤثر دانسته‌اند (فروزه و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین تبدیل اراضی کشت یک‌ساله به گونه‌های علوفه‌ای چندساله موجب افزایش ترسیب کربن در فیتومس و خاک می‌شود و کشت گونه‌های چندساله در راستای بکارگیری سیستم کشت بدون شخم، یکی از اقدامات مدیریتی در راستای افزایش ترسیب کربن است (Bremer, 2008; Su, 2007; Zan *et al.*, 2007). در همین راستا Zan *et al* (2007) با فرض اینکه کشت گونه‌های چندساله به‌خاطر داشتن فیتومس هوایی و زیرزمینی

Archive of SID

www.SID.ir

بزرگ‌تر، توان ترسیب کربن بیشتری در فیتومس خود و خاک دارند، تیمارهای مختلفی از کشت‌های یک‌ساله و چندساله را ازنظر توان ترسیب کربن مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که کربن آلی اکوسیستم در کشت‌های گونه‌های چندساله مرتعی (مرتع مصنوعی) تحت مدیریت، نسبت به سیستم‌های سنتی کشاورزی، افزایش قابل‌توجهی دارد (Zan *et al.*, 2007). Bremer(2009) نیز در بررسی توان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مراتع آلبرتا چنین نتیجه گرفت که استفاده از لگوم‌ها در پروژه‌های تبدیل کشت یکساله یا اراضی تخریب‌شده به مرتع باعث افزایش ترسیب کربن این اکوسیستم‌ها می‌شود.

Ojima *et al* (2000) با عنایت به اینکه مراتع نواحی نیمه‌خشک قادرند مقدار زیادی کربن را در زیتوده گیاهان خشبی خود ترسیب نمایند، این نکته را متذکر می‌شود که استفاده بی‌رویه از مراتع از طریق تبدیل آنها به کشتزار و چراگاه می‌تواند منجر به هدررفت توان ترسیب کربن آنها، به سبب افزایش فرایند فرسایش و رسوب گردد و بنابراین تأثیر نوع کاربری را در فرایند ترسیب کربن بسیار موثر معرفی می‌نماید (فروزه، ۱۳۸۵).

اکوسیستم مرتع مصنوعی حاصل تبدیل دیم‌زارهای کم‌بازده یک‌ساله به مراتع دست‌کاشت می‌باشد (مهندسین مشاور پایدار طبیعت و منابع، ۱۳۸۳). در این پژوهش توان ترسیب پایدار کربن فیتومس دو اکوسیستم مرتع طبیعی و مرتع مصنوعی حاصل دو نوع کاربری و مدیریت اراضی در منطقه «میدان» در در ارتفاعات شمال شهرستان اسفراین، بررسی مقایسه و با یکدیگر گردیدند.

مواد و روش‌ها

منطقه «میدان» در در ارتفاعات شمال شهرستان اسفراین در استان خراسان شمالی واقع شده است. ارتفاع متوسط حوزه ۲۲۳۳/۲ متر از سطح دریای آزاد و شیب متوسط آن ۱۳/۸ درصد می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه حوزه میدان ۳۵۸/۷ میلیمتر و دمای متوسط سالانه ۷/۸ درجه سلسیوس[۱] می‌باشد. میزان بارندگی مناسب سالانه و کلاس توپوگرافیک مسطح این حوزه باعث توسعه کشت دیم در کنار کاربری مرتعداری در این حوزه گردیده است (مهندسین مشاور سازآب شرق، ۱۳۸۶).

بخش عمده این حوزه را مراتع طبیعی[۲] با پوشش گونه‌های غالب گون (*Astragalus hypsogeton*) و اسپرس خاردار (*Onobrichis cornuta*) تشکیل می‌دهد که به‌طور متوسط ۲۵/۲ درصد از پوشش گیاهی مرتع طبیعی را شامل می‌شوند. بخشی از اراضی موجود در حوزه، طی سالیان اخیر از سوی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، در قالب پروژه «تبدیل دیمزارهای کم‌بازده به مراتع دست‌کاشت یا مراتع مصنوعی[۳] » با گونه یونجه چندساله رقم قره‌یونجه (*Medicago Sativa* L.) تغییر کاربری داده شده که حداقل ۵ سال بدون عملیات‌های خاک‌ورزی است (مهندسین مشاور پایدار طبیعت و منابع، ۱۳۸۳).

بنابراین بخشی از اراضی حوزه را اکوسیستم مرتع مصنوعی تشکیل می‌دهد (شکل ۲). نوع اقلیم حوزه میدان به‌روش آمبرژه[۴] « نیمه‌خشک سرد » و

۱- Celsius
۲- Natural Rangeland
۳- Artificial Rangeland
۴- Embereger

Archive of SID
www.SID.ir

به‌روش دمارتن[۱]، «مدیترانه ای» به‌دست آمد. خاک‌های حوزه مطالعاتی در دو رده آنتی‌سول[۲] و اینسپتی‌سول[۳] قرار می‌گیرند بافت خاک سطحی حوزه بیشتر لوم و لومی- رسی می‌باشد (مهندسین مشاور سازآب شرق، ۱۳۸۶).

در عملیات صحرایی با ارزیابی وانوانتری مرتع با توجه به ترانسکت‌گذاری ۳۰ متری به‌طور تصادفی- سیستماتیک، گونه‌های غالب و همراه مرتعی تعیین و درنتیجه تیپ‌های مرتعی مشخص گردید.

هدف این پژوهش، بررسی و مقایسه توان ترسیب کربن پایدار و بلندمدت در دو نوع مدیریت اراضی اکوسیستم می‌باشد که طبق تعریف ترسیب کربن، پارامتر حبس کربن به‌صورت درازمدت و پایدار در اجزاء اکوسیستم مدنظر است (احمدی، ۱۳۸۸؛ Anderson *et al.*, 2007)، چراکه در ترسیب کربن افزون بر سنتز ترکیبات کربن‌دار توسط گیاه، موضوع مهم دیگر بقاء و دوام کربن در اجزای گیاهی است (آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸). برداشت فیتومس گیاهان توسط برداشت محصول (درو) یا چراء به‌عنوان افت کربن اکوسیستم درنظرگرفته می‌شود، زیرا کربن اندام‌های برداشت‌شده سرانجام درطی هضم و گوارش (توسط انسان و دام)، سوختن یا تجزیه احتمالی به اتمسفر برمی‌گردند (Anderson *et al.*, 2007). بنابراین ترسیب پایدار کربن فیتومس اکوسیستم مرتع طبیعی تنها در گونه‌های غالب خشبی این اکوسیستم رخ می‌دهد. در اکوسیستم مرتع مصنوعی (دیم‌زارهای کم‌بازده تبدیل شده به مزارع یونجه چندساله) این حوزه نیز فیتومس هوایی یونجه علی‌رغم حجم و وزن خشک زیاد آن و درصد کربن بالا، به‌دلیل داشتن ارزش علوفه‌ای و عدم پایداری حبس کربن در درازمدت، موردمحاسبه موجودی پایدار ترسیب کربن اکوسیستم قرار نگرفت، اما فیتومس زیرزمینی یونجه چندساله به‌دلیل حجم گسترده و پایداری ترسیب کربن، در محاسبات ترسیب کربن پایدار اکوسیستم مرتع مصنوعی وارد گردید.

در اکوسیستم مرتع طبیعی تعداد ۳۰ پایه از هر کدام از گونه‌های غالب مرتع طبیعی شامل گون (*Astragalus hypsogeton*) و اسپرس (*Onobrichis curnota*) در منطقه موردمطالعه که معرف حالت متوسطی از لحاظ سن و سطح تاج پوشش این گونه‌ها در کل حوزه باشند انتخاب و سطح تاج پوشش گونه‌های غالب مرتع طبیعی نسبت به سطح پلات برآورد گردید و سپس اقدام به قطع فیتومس هوایی هرگونه از محل یقه گیاه به موازات سطح خاک گردید. با توجه به دشواری نمونه‌گیری و آزمایشات کربن در سطح فیتومس زیرزمینی، از هر دو پایه نمونه، یک پایه، جمعاً به تعداد ۲۰ پایه نمونه اقدام به حفر پروفیل تا عمق ریشه گردید و تمام ریشه‌های با قطر بیش از یک میلی‌متر از خاک استخراج گردید (فروزه، ۱۳۸۵). دراکوسیستم مرتع مصنوعی نیز تعداد ۲۰ پایه معرف از گونه یونجه رقم قره‌یونجه (*Medicago Sativa* L.) انتخاب و فیتومس هوایی و زیرزمینی هر پایه جداگانه برداشت شد. در این مرحله تست نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف[۴] انجام گرفت (هاشمی‌پرست، ۱۳۸۹). بر اساس این آزمون،

۱- De Martonne
۲- EntiSols
۳- Inceptisols
۴- Kolmogorov-Smirnov Test

Archive of SID
www.SID.ir

داده‌های وزن خشک فیتومس هوایی و زیرزمینی گونه‌ها، نرمال بود. سپس فیتومس هوایی و زیرزمینی هرگونه خشک و به‌صورت جداگانه با دقت توزین و آسیاب گردید و از هر کدام یک نمونه ۱۰ گرمی جهت اندازه‌گیری درصد کربن آلی به روش احتراق[1](آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸؛ علیزاده، ۱۳۸۹؛ فروزه، ۱۳۸۵؛ فروزه و همکاران، ۱۳۸۷) تهیه و در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس در دستگاه کوره الکتریکی به‌مدت ۵ ساعت قرار داده شد (علیزاده، ۱۳۸۹). خاکستر حاصل پس از سردشدن در دستگاه دسیکاتور[2]، توزین و جهت اطمینان از تثبیت وزن نمونه‌ها، دوباره به‌مدت یک ساعت در همان حرارت کوره قرار داده شد (علیزاده ۱۳۸۹؛ فروزه ۱۳۸۵). براساس رابطه ۳-۱ کاهش وزن هر نمونه ۱۰ گرمی ناشی از احتراق، مقدار ماده آلی آن نمونه را نشان می‌دهد (احمدی، ۱۳۸۸؛ آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸؛ فروزه، ۱۳۸۵). درصد کربن آلی هر نمونه گیاهی از رابطه ۳-۲ محاسبه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۹؛ فروزه و همکاران، ۱۳۸۷).

۱- Ash

۲- Desiccator

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه ۳-۱ (احمدی، ۱۳۸۸، آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸؛ فروزه، ۱۳۸۵)
$$OM= W- MM$$

رابطه ۳-۲ (علیزاده، ۱۳۸۹؛ فروزه و همکاران، ۱۳۸۷)
$$OC=۰/۵۴\ OM$$

که در این روابط، W: وزن نمونه گیاهی گذاشته‌شده در آون (۱۰gr)، MM: وزن خاکستر به‌جامانده از احتراق، OC: مقدار کربن آلی و OM: مقدار کل ماده آلی می‌باشد.

رابطه ۱(علیزاده، ۱۳۸۹؛ مصداقی، ۱۳۸۸)
$$N = \frac{t^2 s^2}{p^2 x^2}\left(1+\frac{2}{n}\right)$$

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

اندازه مناسب پلات به‌روش سطح حداقل[1] دو متر مربع تعیین شد (فروزه و همکاران، ۱۳۸۷).

داده‌ها در نرم‌افزار Excel ۲۰۰۷ پردازش شدند و تجزیه و تحلیل آنها در محیط نرم‌افزاری SPSS ۱۳ انجام شد.

نتایج

بین درصد پوشش تاجی هر پایه از هرگونه به‌عنوان متغیر مستقل با وزن فیتومس هوایی نظیرآن و وزن فیتومس زیرزمینی نظیرآن به‌عنوان متغیرهای وابسته به‌صورت جداگانه، در مرتع طبیعی

با استفاده از رابطه ۱ تعداد نمونه لازم (تعداد پلات جهت برآورد درصد تاج پوشش گیاهی) جهت محاسبه میانگین ترسیب کربن پایدار گیاهی اکوسیستم مرتع طبیعی و مرتع مصنوعی به‌ترتیب ۹۹ و محاسبه گردید (فروزه و همکاران، ۱۳۸۷).

و همچنین بین وزن فیتومس هوایی به‌عنوان متغیر مستقل و وزن فیتومس زیرزمینی به‌عنوان متغیر وابسته در مرتع مصنوعی روابط رگرسیونی خطی ساده جداگانه‌ای، با ضریب تبیین (R^2) بالا مشاهده گردید، به‌طوری‌که تجزیه واریانس رگرسیونی حاکی از معنی‌داربودن این روابط در سطح ۰/۰۱ بود (جداول ۱ و ۲).

با احتساب نتایج حاصل از اندازه‌گیری درصد کربن ترسیب شده در هر نمونه و اوزان خشک فیتومس هوایی و زیرزمینی هر گونه، ترسیب کربن در هر دو بخش و کل هر پایه محاسبه گردید (جدول ۳).

بین داده‌های مربوط به وزن خشک فیتومس هوایی ۲۰ پایه از گونه یونجه به‌عنوان متغیر مستقل (x) و وزن خشک فیتومس زیرزمینی نظیر هر پایه نمونه‌برداری شده به‌عنوان متغیر وابسته (y)، یک رابطه رگرسیونی با ضریب تبیین ۰/۹۲۱ برقرار گردید که تجزیه واریانس آن بیانگر معنی‌داربودن این رابطه در سطح یک درصد بود (جدول ۴).

۱- minimal area

Archive of SID
www.SID.ir

داده‌های کربن ترسیب‌شده در هر پایه بایستی در واحد سطح محاسبه گردند، بنابراین از این روابط رگرسیونی جهت برآورد کل اوزان فیتومس هوایی و زیرزمینی موردنظر در سطح پلات در کل هر اکوسیستم براساس تاج پوشش گیاهی هر گونه استفاده گردید (آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸).

در اشکوب فیتومس زیرزمینی، میانگین ترسیب پایدار کربن دو اکوسیستم مرتع طبیعی (شامل مجموع دو گونه غالب گون و اسپرس خاردار) و مرتع مصنوعی (گونه یونجه) در هکتار با آزمون t مستقل با یکدیگر مقایسه گردید. نتیجه حاصل از این مقایسه، گویای اختلاف معنی‌دار این دو مقدار در سطح یک درصد بود (جدول ۵)، به‌طوری‌که میانگین ترسیب کربن فیتومس زیرزمینی اکوسیستم مرتع مصنوعی در هر هکتار ۵/۶ برابر آن در مرتع طبیعی بود (شکل ۳).

درنهایت میانگین ترسیب پایدار کربن کل فیتومس دو اکوسیستم مرتع طبیعی (شامل مجموع کل فیتومس هوایی و زیرزمینی دو گونه غالب گون و اسپرس خاردار) و مرتع مصنوعی (شامل فیتومس زیرزمینی گونه یونجه) در هکتار با آزمون t مستقل با یکدیگر مقایسه گردیدند (جدول ۶).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین مقادیر ترسیب پایدار کربن دو اکوسیستم مرتع طبیعی و مصنوعی (دو نوع مدیریت اراضی در حوزه موردمطالعه) به‌ترتیب به میزان ۴/۲۲ و ۳/۸۹ تن در هکتار، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار این دو مقدار در سطح ۰/۰۵ بود (جدول ۶)، بدین‌ترتیب، تنها بخش فیتومس شرکت‌کننده در ترسیب پایدار کربن اکوسیستم مرتع مصنوعی حوزه (فیتومس زیرزمینی یونجه)، به‌صورت تقریبی برابر کل فیتومس اکوسیستم مرتع طبیعی، کربن را به‌صورت پایدار ترسیب نموده است. به‌طوری‌که سهم میانگین کل ترسیب کربن پایدار فیتومس اکوسیستم مرتع طبیعی و مرتع مصنوعی به‌ترتیب ۵۲ و ۴۸ درصد در واحد سطح بود (شکل ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

با استفاده از روابط رگرسیونی برقرارشده بین درصد تاج پوشش گیاهی گونه گون با وزن خشک فیتومس هوایی و زیرزمینی در هر پایه آن، با ضرایب تبیین (R^2) به‌ترتیب برابر ۰/۸۹ و ۰/۹۱ و همچنین در مورد گونه اسپرس خاردار با ضرایب تبیین به‌ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۹۳ در اکوسیستم مرتع طبیعی و همچنین رابطه رگرسیونی برقرار شده بین وزن خشک فیتومس هوایی با وزن خشک فیتومس زیرزمینی گونه یونجه در مرتع مصنوعی در هر پایه با ضریب تبیین (R^2) برابر ۰/۹۲، مقادیر متغیرهای وابسته نظیر در هر رابطه (وزن خشک فیتومس) در واحد سطح برآورد گردید. آذرنیوند و همکاران (۱۳۸۸)در مطالعه توان ترسیب کربن گونه درمنه دشتی در دو منطقه قرق و چراشده مراتع استان سمنان، بین تاج پوشش گیاهی و فیتومس هوایی یک رابطه رگرسیونی خطی ساده با ضرایب تبیین بالا برقرار نمودند که تجزیه واریانس این روابط رگرسیونی نشان‌دهنده معنی‌داربودن آنها در سطح حداکثر ۵ درصد بود. همچنین بین وزن فیتومس هوایی و وزن فیتومس زیرزمینی روابط رگرسیونی مشابهی کشف نمودند (آذرنیوند و همکاران، ۱۳۸۸). عبدی و همکاران (۱۳۸۷) نیز در پژوهشی مشابه، همبستگی مثبت معنی‌دار بین درصد پوشش گیاهی گونه‌ای از گون (*Astragalus verus*) با فیتومس هوایی، زیرزمینی و فیتومس کل را به‌ترتیب ۰/۸۹، ۰/۸۶ و ۰/۸۹ گزارش نمود، همچنین این ضرایب

Archive of SID

www.SID.ir

همبستگی بین فیتومس هوایی با فیتومس زیرزمینی و فیتومس کل ۰/۹۹ به‌دست آمد (عبدی و همکاران، ۱۳۸۷). یوسفی و مردانی (۱۳۸۵) نیز، بین فیتومس هوایی و زیرزمینی سه گونه یونجه یک‌ساله، یک رابطه رگرسیونی خطی مثبت و معنی‌دار کشف کرد (یوسفی و مردانی، ۱۳۸۵).

نتایج پژوهش‌های صورت‌گرفته به‌منظور بررسی تأثیر عملیات اصلاح و احیای مراتع بر میزان ترسیب کربن از طریق فیتومس، مؤید آن است که اجرای عملیات اصلاحی مناسب در مراتع واجد شرایط، می‌تواند عاملی در جهت بهبود توان ترسیب کربن منطقه به‌شمار آید (فروزه، ۱۳۸۵). از این‌رو، هرگونه عملیات بیولوژیکی و مکانیکی که مانع سیر قهقرایی خاک و پوشش گیاهی شود، گام مثبتی در جهت مدیریت ترسیب کربن خواهد بود (احمدی، ۱۳۸۸؛ دیانتی تیلکی و همکاران، ۱۳۸۸؛ عبدی و همکاران، ۱۳۸۷). یکی ازعملیات‌های اصلاح و احیای مراتع در ایران «پروژه تبدیل دیم‌زارهای کم‌بازده با مراتع دست کاشت یا مراتع مصنوعی» می‌باشد که در قالب طرح بهبود و اصلاح مراتع دیم‌زارهای مناطق کوهستانی با گونه یونجه زراعی علوفه‌ای چندساله، توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور با مشارکت صاحبان اراضی و دیم‌کاران اجرا می‌گردد (مهندسین مشاور پایدار طبیعت و منابع، ۱۳۸۳). نتایج این پژوهش نشان داد که این نوع مدیریت اراضی و تبدیل دیم‌زارهای کم‌بازده کشت یک‌ساله گندم (با توان بیولوژیک کم و فرسایش خاک بالا) به مراتع مصنوعی یونجه چندساله، منجربه افزایش توان ترسیب کربن فیتومس پایدار اکوسیستم در واحد سطح گردید.

در اکوسیستم مرتع مصنوعی، فیتومس زیرزمینی یونجه درطی چند سال استقرار به‌طور میانگین ۳/۸۹ تن کربن را در هکتار به‌صورت پایدار ترسیب نمود. نتیجه مهم قابل‌توجهی که در این پژوهش به‌دست آمد این بود که عدم اختلاف معنی‌دار میانگین ترسیب کربن پایدار فیتومس اکوسیستم مرتع مصنوعی و مرتع طبیعی در سطح ۰/۰۵ حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، تنها بخش فیتومس شرکت‌کننده در ترسیب پایدار کربن اکوسیستم مرتع مصنوعی حوزه (فیتومس زیرزمینی یونجه)، به‌صورت تقریبی برابر کل فیتومس اکوسیستم مرتع طبیعی، کربن را به‌صورت پایدار ترسیب نموده است. به‌عبارت دیگر، استقرار یونجه چندساله در اراضی کشت‌های یک‌ساله، در منطقه موردمطالعه، طی سال‌های استقرار مرتع مصنوعی (به‌طور متوسط ۵ سال)، توان ترسیب پایدار کربن اکوسیستم را از حد صفر (فیتومس اکوسیستم دیم‌زارهای یک‌ساله) به حد کل فیتومس مرتع طبیعی ارتقاء داده است. Morgan *et al* (2010) نیز، استقرار پوشش گیاهی گراس‌های چندساله و مخلوط گراس با لگوم‌ها را در افزایش ترسیب کربن اکوسیستم در مقایسه با کشت محصولات یک‌ساله بسیار مؤثر دانستند.

میانگین وزن بالای فیتومس زیرزمینی به نسبت وزن کل در هر پایه و تراکم بالای گونه 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. با اینکه دو گونه غالب مرتع طبیعی در دو بخش فیتومس هوایی و زیرزمینی درمجموع ترسیب کربن پایدار این اکوسیستم محاسبه گردیدند، اما کربن تنها بخش شرکت‌کننده در ترسیب کربن پایدار در اکوسیستم مرتع مصنوعی یعنی فیتومس زیرزمینی یونجه، با کربن کل فیتومس اکوسیستم مرتع طبیعی حوزه

Archive of SID

www.SID.ir

موردمطالعه، برابری نمود. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که اصلاح مراتع مخروبه و دیم‌زارهای کم‌بازده در شرایط اکولوژیکی مجاز، با این نوع گونه، می‌تواند به افزایش بیلان و موجودی کربن پایدار اکوسیستم، منجر گردد، بنابراین با شناخت گونه‌هایی که دارای قابلیت بیشتری جهت ترسیب کربن بوده و همچنین بررسی عوامل مدیریتی که بر فرایند ترسیب تأثیرگذار است می‌توان اصلاح و احیاء مراتع را ازمنظر شاخص ترسیب کربن دنبال نمود. این امر می‌تواند یک نگرش سیستمی به اصلاح و احیاء مراتع باشد چراکه درضمن تأمین حفاظت کمی و کیفی شرایط خاک، می‌تواند راهکاری موثر جهت مواجه با آلودگی هوا و بحران تغییر اقلیم و درنهایت دستیابی به توسعه پایدار زیست‌محیطی تلقی گردد (دیانتی تیلکی و همکاران، ۱۳۸۸؛ فروزه، ۱۳۸۵). در همین رابطه، Mortenson & Schomun (2002) عنوان کردند که گونه‌های مختلف، تأثیر متفاوتی در ترسیب کربن دارند، فروزه (۱۳۸۵) نیز بیان می‌کند که رابطه مستقیمی بین کربن ترسیب‌شده با نوع گونه گیاهی وجود دارد، به‌طوری‌که برای گونه‌های مختلف، ضرایب متفاوتی برای ترسیب کربن ارائه شده است. این درحالی است که فیتومس هوایی یونجه که تولید قابل‌ملاحظه‌ای در واحد سطح حوزه داشت (به‌طور میانگین ۵۵۲/۲ گرم وزن خشک در متر مربع) به‌دلیل مصارف علوفه‌ای و عدم پایداربودن کربن ذخیره‌شده آن، در محاسبات ترسیب کربن پایدار این پژوهش لحاظ نگردید، زیرا مفهوم ترسیب کربن، به ذخیره کربن به‌صورت پایدار در خاک و گیاه و همچنین، ذخیره طولانی‌مدت کربن در اکوسیستم‌های زمینی، زیرزمینی و اقیانوس‌ها اشاره می‌کند (احمدی، ۱۳۸۸). Anderson *et al* (2007) نیز، برداشت فیتومس گیاهان توسط برداشت محصول (درو) یا چراء را به‌عنوان افت کربن اکوسیستم درنظر گرفتند، زیرا کربن اندام‌های برداشت‌شده سرانجام در طی هضم و گوارش (توسط انسان و دام)، سوختن یا تجزیه احتمالی به اتمسفر برمی‌گردند.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، اهمیت و ارزش ویژه اکوسیستم‌های مراتع مصنوعی به‌ویژه مراتع مصنوعی یونجه، ازمنظر توان ترسیب کربن، روشن گردید. ازطرفی، مشخص گردید که دیم‌زارهای کم‌بازدهی که طی سالیان دراز تحت کشت‌های یک‌ساله بوده‌اند، به‌دلیل فرسایش و هدررفت خاک و کاهش توان بیولوژیک این اکوسیستم‌ها، ارزش چندانی ازنظر ترسیب کربن ندارند و چه‌بسا 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. بررسی‌ها نشان می‌دهند از ۱۲/۶ میلیون هکتار دیم‌زارهای موجود در کشور، حدود ۵-۴ میلیون هکتار در زمره دیم‌زارهای کم‌بازده، پرشیب و رهاشده قرار دارند (مهندسین مشاور پایدار طبیعت و منابع، ۱۳۸۳). نتایج مقایسه میانگین کربن ترسیب‌شده فیتومس زیرزمینی دو اکوسیستم مرتع مصنوعی و مرتع طبیعی، با آزمون t مستقل، گویای اختلاف معنی‌دار آنها ($P<0.01$) بود، به‌طوری‌که میزان آن در اکوسیستم مرتع مصنوعی۵/۶ برابر مرتع طبیعی بود. همچنین عدم اختلاف معنی‌دار میانگین ترسیب کربن فیتومس کل، در واحد سطح، در این دو اکوسیستم، حاصل مقایسه آن دو با آزمون t مستقل ($P<0.05$)، نشان داد، استقرار اکوسیستم مرتع مصنوعی به‌جای اکوسیستم کشت دیم یک‌ساله، می‌تواند علاوه بر حفظ منابع پایه

Archive of SID

www.SID.ir

اکولوژیکی، توان ترسیب پایدار کربن در واحد سطح را از نزدیک به صفر به سطح مقدار آن در مرتع طبیعی ارتقاء دهد.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از راهنمایی‌های ارزشمند دکتر فروزه، مهندس ادریس میرزاعلی و مهندس موسی امینی در حین انجام مراحل این پژوهش سپاس‌گزاری می‌گردد.

جدول ۱- اطلاعات آماری معادلات رگرسیونی برآورد وزن خشک فیتومس گونه گون (*Astragalus hypsogeton*)

پارامترها	فیتومس هوایی	فیتومس زیرزمینی
متغیر مستقل (x)	درصد تاج پوشش گیاهی (A)	درصد تاج پوشش گیاهی (A)
متغیر وابسته (y)	وزن خشک فیتومس هوایی (Wa)	وزن خشک فیتومس زیرزمینی (Wu)
معادله رگرسیونی	Wa = 350.43 + 18.94 A	Wu = 68.72 + 3.56 A
ضریب تبیین (R^2)	۰/۸۹۲	۰/۹۰۵
اشتباه استاندارد	۶۴/۸۷	۱۱/۷۴

جدول ۲- اطلاعات آماری معادلات رگرسیونی برآورد وزن خشک فیتومس اسپرس خاردار (*Onobrichis cornuta*)

پارامترها	فیتومس هوایی	فیتومس زیرزمینی
متغیر مستقل (x)	درصد تاج پوشش گیاهی (A)	درصد تاج پوشش گیاهی (A)
متغیر وابسته (y)	وزن خشک فیتومس هوایی (Wa)	وزن خشک فیتومس زیرزمینی (Wu)
معادله رگرسیونی	Wa = 66.77 + 22.3 A	Wu = 30.74 + 3.06 A
ضریب تبیین (R^2)	۰/۸۷۲	۰/۹۳۱
اشتباه استاندارد	۷۷/۹۸	۵/۹۴

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- میانگین درصد کربن آلی و ترسیب کربن پایدار اجزاء فیتومس اکوسیستم مرتع طبیعی در هر پایه (گرم در هر پایه)

	گون		اسپرس خاردار	
	فیتومس هوایی	فیتومس زیرزمینی	فیتومس هوایی	فیتومس زیرزمینی
میانگین درصد کربن آلی (OC%)	۴۶/۷۷	۵۰/۰۱	۴۴/۱	۴۲/۵۸
میانگین ترسیب کربن (گرم در هر پایه)	۳۲۷/۴۸	۶۵/۲۵	۱۷۶/۵۴	۳۲/۷۱
میانگین مجموع ترسیب کربن کل فیتومس (گرم درهرپایه)	۳۹۲/۷۳		۲۰۹/۲۵	

جدول ٤- اطلاعات آماری مربوط به معادله رگرسیونی برآورد وزن خشک فیتومس زیرزمینی یونجه

پارامترها	فیتومس زیرزمینی
متغیر مستقل (x)	وزن خشک فیتومس هوایی (Wa)
متغیر وابسته (y)	وزن خشک فیتومس زیرزمینی (Wu)
معادله رگرسیونی	Wu= 47.93+1.72A
ضریب تبیین (R^2)	۰/۹۲۱
اشتباه استاندارد	۲۷/۹۶

جدول ۵- مقایسه میانگین میزان ترسیب پایدار کربن فیتومس زیرزمینی دو اکوسیستم مرتع طبیعی و مصنوعی در هر هکتار با آزمون t مستقل

نوع اکوسیستم	تعداد نمونه	میانگین میزان ترسیب کربن پایدار (Kg/ha)	انحراف معیار	اشتباه استاندارد	t
مرتع طبیعی	۹۹	۶۸۹/۶۴	۳۷۱/۹۳	۳۷/۳۸	-۱۵/۲**
مرتع مصنوعی	۳۵	۳۸۸۶/۷۸	۱۲۲۴/۵	۲۰۷	

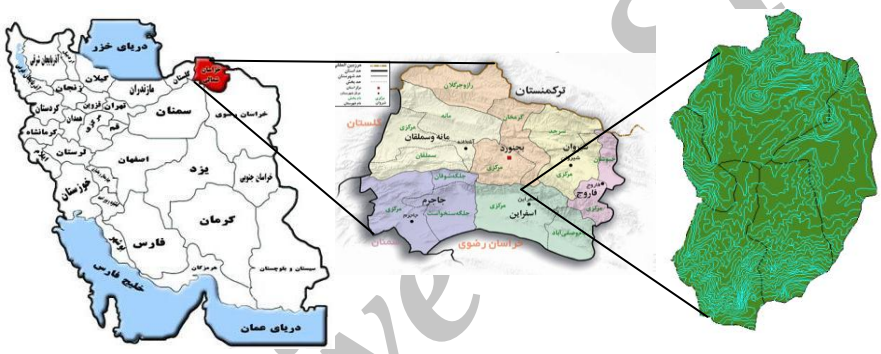
* معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ ns: معنی‌دار نمی‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٦- مقایسه میانگین میزان ترسیب پایدار کربن فیتومس کل دو اکوسیستم مرتع طبیعی و مصنوعی در هر هکتار با آزمون t مستقل

نوع اکوسیستم	تعداد نمونه	میانگین میزان ترسیب کربن پایدار(Kg/ha)	انحراف معیار	اشتباه استاندارد	t
اکوسیستم مرتع طبیعی	۹۹	۴۲۱۵/۵۱	۲۲۹۶/۲۴	۲۳۰/۷۸	۱/۰۶^{ns}
اکوسیستم مرتع مصنوعی	۳۵	۳۸۸۶/۷۸	۱۲۲۴/۵	۲۰۷	

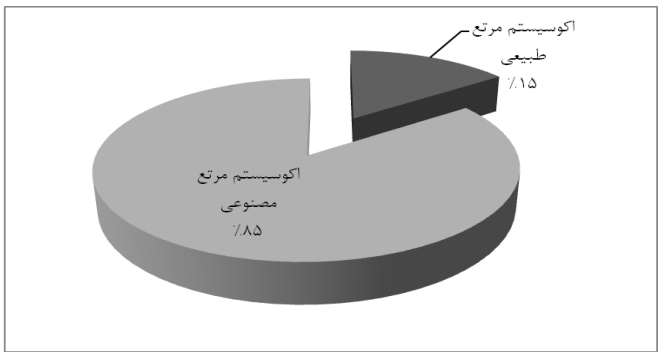
* معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ ns معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

شکل ۲- اکوسیستم مرتع مصنوعی یونجه رقم قره یونجه (*Medicago Sativa* L.) در کنار اکوسیستم مرتع طبیعی

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- سهم میزان ترسیب پایدار کربن فیتومس زیرزمینی دو اکوسیستم مرتع طبیعی و مصنوعی در واحد سطح

شکل ٤- سهم میزان ترسیب پایدار کربن فیتومس کل دو اکوسیستم مرتع طبیعی و مصنوعی در واحد سطح

منابع

آذرنیوند،ح.، ح.جنیدی جعفری، م.ع.زارع چاهوکی، م.جعفری، و ش.نیکو. ۱۳۸۸. بررسی اثرچرای دام بر ترسیب کربن و ذخیره ازت در مراتع با گونه درمنه دشتی در استان سمنان، مجله مرتع، ۳(۴): ۶۱۰-۵۹۰.

احمدی،ح. ۱۳۸۸. مقایسه میزان 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 ص.

دیانتی تیلکی،ق.، ع.ا.نقی‌پوربرج، ح.توکلی، م.حیدریان آقاخانی، و م.ر.سعیدافخم‌الشعرا. ۱۳۸۸. تأثیر قرق بر میزان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مراتع نیمه‌خشک خراسان شمالی، مجله مرتع، ۱۳(۴): ۶۷۹-۶۶۸.

www.SID.ir

عبدی،ن.، ح.مداح عارفی، و ق.زاهدی امیری. ۱۳۸۷. برآورد ظرفیت کربن در گون‌زارهای استان مرکزی (منطقه مالمیر شازند)، مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۵(۲):۲۸۲-۲۶۹.

علیزاده،م. ۱۳۸۹. بررسی اثرات طول مدت قرق بر روی توان ترسیب کربن مراتع (مطالعه موردی: مراتع استپی رودشور ساوه)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، ۶۷ ص.

فروزه،م.ر. ۱۳۸۵. بررسی ترسیب کربن خاک و زیتوده سرپای گونه‌های بوته‌ای غالب و همراه در منطقه پخش سیلاب گربایگان فسا، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۷۸ ص.

فروزه،م.ر.، غ.حشمتی، غ.قنبریان، و س.ح.مصباح. ۱۳۸۷. مقایسه توان ترسیب کربن سه گونه بوته‌ای گل آفتابی، سیاه گینه و درمنه دشتی در مراتع خشک ایران (مطالعه موردی دشت گربایگان فسا)، مجله محیط‌شناسی، ۴۶: ۷۲-۶۵.

فروزه،م.ر.، غ.حشمتی، س.ح.مصباح، و غ.قنبریان. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر آبیاری سیلابی بر توان ترسیب کربن سه گونه مرتعی (*Helianthemum lippii* (*L.*)، *Dendrostellera lessertii Van Tiegh* و *Artemisia seiberi Besser*)، مجله پژوهش و سازندگی، ۷۸: ۱۹-۱۱.

کلاهچی،ن.، ق.زاهدی امیری، و ن.خراسانی. ۱۳۸۷. بررسی ترسیب کربن در گیاهان بوته‌ای غالب، علفی چندساله و خاک در مراتع قرق‌شده حیدره پشت‌شهر (استان همدان)، مجله پژوهش و سازندگی،۸۰: ۲۵-۱۸.

مبرقعی،ن.، غ.شرزعی، م.مخدوم، ا.ر.یاوری و ح.ر.جعفری. ۱۳۸۸. ارائه الگوی ارزش گذاری مکانی کارکرد جذب گاز دی‌اکسیدکربن در جنگل‌های خزری ایران، مجله محیط‌شناسی، ۵۱: ۶۸-۵۷.

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

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

مهدی‌پور،ل.، و ا.لندی. ۱۳۸۹. تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی بر تصاعد گازهای گلخانه‌ای، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۵۲: ۱۴۷-۱۳۹.

مهندسین مشاور پایدار طبیعت و منابع. ۱۳۸۳. خلاصه دستورالعمل فنی تبدیل دیم‌زارهای کم‌بازده و پرشیب به مراتع دست‌کاشت، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳ ص.

Archive of SID

www.SID.ir

مهندسین مشاور سازآب شرق. ۱۳۸۶. گزارش تلفیق مطالعات جامع حوزه آبخیز محمودی شهرستان اسفراین، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان شمالی، ۲۵۶ ص.

نقی‌پوربرج،ع.ا.، ق.دیانتی تیلکی، ح.توکلی، و م.حیدریان آقاخانی. ۱۳۸۸. تأثیر شدت چراء بر میزان ترسیب کربن خاک و زی توده گیاهی در مراتع نیمه‌خشک (مطالعه موردی مراتع سیساب بجنورد)، مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۶(۳): ۳۷۵-۳۸۵.

ورامش،س.، س.م.حسینی، ن.عبدی، و م.اکبری‌نیا. ۱۳۸۹. اثرهای جنگل‌کاری در افزایش ترسیب کربن و بهبود برخی ویژگی‌های خاک، مجله جنگل ایران، انجمن جنگل‌بانی ایران، ۲ (۱) :۳۵-۲۵.

هاشمی‌پرست،س.ح. (مترجم). ۱۳۸۹. آمار ناپارامتری کاربردی، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۶۲۲ ص.

یوسفی،ب.، و ف.مردانی. ۱۳۸۵. بررسی تنوع گونه‌های یونجه یک‌ساله ازنظر عملکرد علوفه تحت سطوح مختلف رطوبتی خاک، تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، جلد ۱۴ (۲) :۱۲۷-۱۱۴.

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

Anderson,J., R.Beduhn, D.Current, J.Espeleta, C.Fissore, B.Gangeness, J.Harting, S.Hobbie, E.Nater and P.Reich. 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. 79 P.

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

Derner,J.D., and G.E.Schuman. 2007. Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of land management and precipitation effects, Journal of Soil and Water Conservation, 62: 2, 77-8525

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

Morgan,J.A., R.F.Follett, L.H.Allen, S.D.Grosso, J.D.Derner, F.Dijkstra, A.Franzluebbers, R.Fry, K.Paustian, and M.M.Schoeneberger. 2010. Carbon sequestration in agricultural lands of the United States. Journal of Soil and Water Conservation 65(1):6A-13A

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

Zan,C.S., J.W.Fyles, P.Girouard and R.A.Samson. 2001. Carbon sequestration in perennial bioenergy, annual corn and uncultivated systems in southern Quebec. Agriculture, Ecosystems & Environment. 86(2):135-144.

Archive of SID

www.SID.ir