

## بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر میزان ذخیره و تصاعد کربن خاک (مطالعه موردی: مراتع خشک ایوانکی، استان سمنان)

حامد جنیدی جعفری<sup>۱\*</sup> احمد صادقی پور<sup>۲</sup>، نادیا کمالی<sup>۳</sup>، شیما نیکو<sup>۴</sup>

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان

۲. استادیار دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان

۳. دانشجوی دکتری مرتع داری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴. استادیار دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۲۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۳/۲۵)

### چکیده

با توجه به اینکه کاربری‌های متفاوت اراضی در میزان ذخیره و تصاعد کربن تأثیر زیادی دارند، در این پژوهش چهار تیمار شامل درمنه‌زار به‌منزله شاهد، درمنه‌زار تبدیل شده به تاغ‌زار، درمنه‌زار تبدیل شده به زیتون کاری و درمنه‌زار تبدیل شده به مناطق مسکونی، با هدف بررسی اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی بر ذخایر کربن در مراتع ایوانکی استان سمنان انتخاب شدند. ذخایر کربن در بخش پوشش گیاهی و خاک در هر تیمار اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد که تبدیل اراضی مرتعی به کشت گیاهان مختلف موجب افزایش ذخایر کربن در اجزای گیاهی می‌شود؛ در بخش خاک، مقدار کربن در تیمار اراضی مسکونی کمتر و در تاغ‌زار بیشتر از شاهد است و در تیمار زیتون کاری تفاوت معناداری با شاهد مشاهده نمی‌شود. از سوی دیگر بیشترین میزان تصاعد کربن سالانه در مناطق مسکونی (۴۵۲۶ کیلوگرم در هکتار در سال) صورت گرفته و کمترین مربوط به تاغ‌زار (۱۶۰۶ کیلوگرم در هکتار در سال) است. بیشترین میزان تصاعد کربن از خاک در مردادماه (۳/۳۲ گرم کربن در مترمربع در روز) در اراضی مسکونی اتفاق افتاده است و کمترین میزان تصاعد کربن در بهمن‌ماه در تاغ‌زار (۰/۰۵ گرم بر مترمربع در روز) صورت گرفته است. با توجه به نتایج حاصل از مقادیر ذخیره و تصاعد کربن در مناطق مطالعه شده توصیه می‌شود در اجرای پروژه‌های اجرایی و توسعه‌ای اول اینکه تا حد ممکن کمترین دخالت و دستکاری در طبیعت صورت گیرد و دوم اینکه متناسب با نرخ افزایش تصاعد کربن ناشی از تغییر کاربری مراتع به مناطق مسکونی، اقدام به ایجاد پوشش گیاهی دائمی و پایدار در مناطق مورد نظر شود.

**کلیدواژگان:** ترسیب کربن، تصاعد کربن، تغییر کاربری، مراتع ایوانکی.

## ۱. مقدمه

اصلی است (Lal, 2004; Lal, 2009). افزایش تصاعد کربن دو اثر عمده خواهد داشت، بر اثر بازگشت کربن به اتمسفر، در درازمدت غلظت گازهای گلخانه‌ای بیش از پیش افزایش می‌یابد و کربن ترسیب‌شده در خاک به اتمسفر باز می‌گردد که تأثیرات منفی خود را به دنبال خواهد داشت. از طرفی با خروج کربن، مواد آلی موجود در خاک کاهش می‌یابد و علاوه بر تخریب ساختمان خاک، کربن استفاده‌شده گیاهان از دسترس آن‌ها خارج و آسیب جدی به پوشش گیاهی وارد می‌شود (Lal, 2005; Hirata *et al.*, 2007). بالارفتن غلظت دی‌اکسیدکربن در اتمسفر موجب تصاعد بیشتر کربن از خاک خواهد شد. سیاست‌گذاران محیط زیست جهان درباره تغییرات تنفس خاک نگران هستند و افزایش فعالیت‌های تنفسی در خاک را سبب افزایش تصاعد کربن می‌دانند (Sainju *et al.*, 2008).

کاربری‌های متفاوت اراضی در میزان ذخیره و تصاعد کربن تأثیر زیادی دارند، به همین سبب مدیریت صحیح اراضی و انتخاب کاربری متناسب با شرایط هر منطقه برای افزایش میزان ذخیره کربن و کاهش میزان تصاعد کربن بسیار اهمیت دارد (Singh *et al.*, 2013). مطالعه حاضر به اثر تغییر کاربری از درمنه‌زار به اراضی مسکونی، باغ زیتون و تاغ‌زار از نظر ذخیره و تصاعد کربن خواهد پرداخت.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. معرفی منطقه مطالعه‌شده

منطقه نمونه‌برداری در ناحیه‌ای به وسعت ۵۰ هکتار شامل بخش دشت کوهپایه‌ای و کوهستانی شمال شهر ایوانکی، در فاصله ۱۳۰ کیلومتری غرب شهر سمنان به مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۱۱ دقیقه طول شرقی است. شیب منطقه مطالعه‌شده با جهت‌های جنوبی شمالی و غربی بین ۱ تا ۱۵ درصد متغیر است (Joneidi Jafari, 2009). به‌منظور مطالعه میزان ذخیره و تصاعد کربن در

با افزایش میزان گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه دی‌اکسیدکربن در جو و به دنبال آن افزایش دمای کره زمین، توجه به راه‌کارهای کاهش میزان این گاز رو به افزایش است (Lal, 2006; Paustian *et al.*, 2000). برای کم کردن غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو، می‌توان آن‌ها را به‌صورت کربن آلی در خاک ذخیره کرد. ذخیره کربن آلی در خاک به نحوه مدیریت و کاربری اراضی فوق‌العاده حساس است (Tan & Lal, 2005). ورود کربن به گیاه طی عمل فتوسنتز و انتقال آن به خاک از مجاری مهم ورود کربن به خاک است (Warembourg & Paul, 2009; Suman *et al.*, 1977). ترسیب کربن عبارت از توانایی گیاهان و خاک برای جذب دی‌اکسیدکربن از اتمسفر و ذخیره آن به‌صورت کربن در چوب، ریشه، برگ و خاک است (Weber, 2003; Grunzweig *et al.*, 2005). درواقع ترسیب کربن در بیوماس گیاهی و خاک‌ها ساده‌ترین و ارزان‌ترین راهکار ممکن برای کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفری است (Omonode *et al.*, 2003; Ardo & Olsson, 2006).

از سوی دیگر، تصاعد کربن فرایند بازگشت مجدد کربن تثبیت‌شده توسط گیاهان در خاک، به اتمسفر طی شرایط تنفس خاک است (Sainju *et al.*, 2009; Sherro *et al.*, 2003). انتشار دی‌اکسید کربن از زمین بر اثر تجزیه مواد آلی و یا عمل تنفس صورت می‌گیرد، علاوه بر این موارد، دیگر فعالیت‌های کشاورزی مانند سوزاندن بیوماس، شخم یا خاک‌ورزی و زهکشی موجب تشدید آن می‌شود (Schlesinger, 1999; Leiber, 2013; Sauheitl *et al.*). به‌طورکلی، حدود ۳۴ درصد از کل میزان کربن سالیانه منتشرشده در جو، ناشی از تغییر کاربری اراضی و ۶۶ درصد آن از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی وارد هوا می‌شود. در گذشته توسعه کشاورزی علت اصلی افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری بوده، ولی امروزه احتراق کربن فسیلی در صنایع و وسایل نقلیه علت

به منظور نمونه برداری از اندام هوایی، پوشش تاجی و طوقه هر پایه تا سطح زمین به طور کامل قطع و در پاکت‌های جداگانه قرار داده شد. نمونه برداری از اندام زیرزمینی هر پایه با توجه به عمق خاک و توسعه عمودی ریشه‌ها در خاک از ۳ عمق ۱۰-، ۳۰-، ۱۰۰ سانتی‌متری از سطح خاک انجام شد و تمامی ریشه‌های موجود در هر عمق به طور کامل جمع‌آوری و در پاکت‌های جداگانه به آزمایشگاه منتقل شد.

برای مطالعه خاک در نواحی مطالعه شده، اقدام به حفر ۱۰ پروفیل در هر تیمار شد. نمونه برداری در هر پروفیل، از سه عمق ۱۰-، ۳۰-، ۱۰۰ سانتی‌متری انجام شد و نمونه‌های خاک به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل شد.

برای تعیین رابطه احتمالی میان خصوصیات مختلف اندام هوایی (نظیر مساحت، حجم و وزن اندام هوایی) و اندام زیرزمینی در هر یک از مناطق، از رگرسیون تک‌متغیره استفاده شد. پس از بررسی سطح اعتماد و میزان دقت روابط به دست آمده، معادلات یاد شده در هر یک از مناطق مطالعاتی ملاک برآورد بیوماس اندام هوایی و زیرزمینی هر پایه در نظر گرفته شد و در ادامه با احتساب تراکم پایه‌های گیاهی در واحد سطح، وزن بیوماس اندام هوایی، اندام زیرزمینی و بیوماس کل در هکتار تخمین زده شد.

### ۳.۲. روش‌های آزمایشگاهی

در آزمایشگاه نمونه‌های گیاهی و به خصوص ریشه‌ها ابتدا شست‌وشو و در آن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت به طور کامل خشک شد. سپس وزن خشک هر نمونه به طور جداگانه ثبت و در ادامه وزن کل اندام هوایی، اندام زیرزمینی و وزن کل هر پایه به طور جداگانه محاسبه و ثبت شد. پس از این مرحله اقدام به آسیاب کردن نمونه‌های خشک شده اندام گیاهی و لاشبرگ برای آنالیز آزمایشگاهی شد.

پس از آسیاب کردن نمونه‌های خشک گیاهی، درصد کربن آلی در هر گرم نمونه به روش احتراق

درمنه‌زارهای منطقه ایوانکی که در آن‌ها تغییر کاربری ایجاد شده بود، چهار منطقه برای مطالعه انتخاب شد. منطقه اول به وسعت تقریبی ۵ هکتار شامل درمنه‌زار تبدیل شده به تاغ‌زار با گونه سیاه‌تاغ با سن تقریباً ۱۰ سال، منطقه دوم شامل منطقه‌ای به وسعت ۵ هکتار با تبدیل درمنه‌زار به زیتون کاری واقع در شمال شهر ایوانکی با سن ۱۰ سال، منطقه سوم به وسعت تقریبی ۴ هکتار با تغییر کاربری درمنه‌زار و تسطیح و تبدیل اراضی به مناطق مسکونی به مدت ۷ سال و منطقه چهارم درمنه‌زار تقریباً خالص با خلوص بیش از ۹۵ درصد. بنابراین، در نهایت ۴ تیمار شامل تیمار شاهد (درمنه‌زار)، تیمار تاغ‌کاری، تیمار زیتون کاری و تیمار مناطق مسکونی به فاصله کمی از یکدیگر در نظر گرفته شد. کلیه خصوصیات محیطی در مناطق تحت کاربری‌های متفاوت یکسان بود و تنها کاربری زمین در تیمارهای یاد شده تفاوت داشت.

### ۲.۲. روش‌های نمونه برداری

نمونه برداری از پوشش گیاهی در هر تیمار به روش تصادفی سیستماتیک و با توجه به وسعت هر منطقه و یکنواختی عوامل محیطی در قالب ۲۰ پلات ۳×۴ مترمربعی برای تاغ‌کاری و زیتون کاری و ۲۰ پلات ۱×۲ مترمربعی برای درمنه و در طول ۳ ترانسکت به طول ۴۰۰ متر انجام شد. ابعاد پلات‌های نمونه برداری از روش حداقل سطح تعیین شد.

در هر پلات خصوصیات درصد پوشش تاجی، تراکم و حجم هر پایه گیاهی ثبت شد. همچنین در هر پلات اقدام به نمونه برداری کامل از لاشبرگ سطحی با پلات‌هایی به ابعاد ۰/۵×۰/۵ متر شد. در ادامه به منظور تعیین بیوماس اندام هوایی و زیرزمینی در هر تیپ گیاهی اقدام به نمونه برداری کامل از بیوماس اندام هوایی و زیرزمینی (تا عمق ۱ متر) هر پایه شد. بدین منظور تعداد ۱۰ پایه گیاهی که از نظر بنیه و سایر خصوصیات ظاهری نظیر طول و عرض و ارتفاع تاج نماینده تیپ گیاهی مطالعه شده بود، انتخاب شد.

شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه به سرعت با HCl نرمال آزمایش شدند.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا همگنی داده‌ها از آزمون لیون و نرمال بودن آن‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف سنجیده شد، سپس برای مقایسه مقادیر ترسیب و تصاعد کربن در کاربری‌های مختلف از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای گروه‌بندی و تعیین اختلاف بین تیمارهای بررسی شده از آزمون مقایسه میانگین دانکن استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت.

### ۳. نتایج

نتایج رگرسیون تک‌متغیره بین حجم اندام هوایی بوته‌ها به‌منزله متغیر مستقل و وزن ریشه به‌منزله متغیر وابسته در تیمارهای مطالعه شده نشان داد که همبستگی مثبت و معناداری میان این دو عامل وجود دارد (جدول ۱). بنابراین، می‌توان براساس ابعاد بخش هوایی بوته، به تخمینی از وزن ریشه رسید.

جدول ۱. روابط رگرسیونی بین حجم اندام هوایی بوته و وزن ریشه در تیمارهای مورد بررسی

تیمار	رابطه رگرسیونی	R <sup>2</sup>	مجموع مربعات	F جدول تجزیه واریانس
تاغ کاری	$y = 2 - 0.6x + 0.1487$	۰/۵۵۸	۰/۱۱۶	*۸/۸۴۱
زیتون کاری	$y = 8 - 0.7x + 0.619$	۰/۶۴۹	۰/۰۱۶	**۱۲/۹۲۸
درمنه زار	$y = 0.0883x + 2.2861$	۰/۶۸۲	۰/۳۴۵	**۱۵/۰۳۴

#### تصاعد کربن

اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی (درمنه‌زار) بر میزان تصاعد کربن معنادار است. بیشترین میزان تصاعد کربن در مناطق مسکونی انجام شده و کمترین مربوط به تاغ‌زار است. با مطالعه روند تغییرات تصاعد کربن در ماه‌های مختلف مشخص شد، بیشترین میزان تصاعد کربن از خاک در ماه مرداد (۳/۳۲ گرم کربن در مترمربع در روز) در اراضی مسکونی اتفاق افتاده است و کمترین میزان تصاعد کربن در بهمن‌ماه (۰/۰۵ گرم بر مترمربع در روز)

در کوره الکتریکی محاسبه شد. در ادامه با محاسبه و ضرب ضرایب تبدیل کربن آلی در بیوماس کل گیاهی، وزن کل کربن ذخیره شده در هر پایه و در نهایت هر هکتار از تیمارهای مطالعاتی محاسبه شد.

در نمونه‌های مربوط به هر پروفیل خاک، ابتدا نمونه‌ها الک شد و درصد سنگ و سنگریزه در هر نمونه مشخص شد. اندازه‌گیری کربن آلی خاک از روش والکلی و بلک صورت گرفت و برای تعیین وزن مخصوص ظاهری از روش کلوخه استفاده شد. در ادامه با محاسبه وزن مخصوص ظاهری خاک در هر عمق و ضرب میزان کربن آلی خاک در وزن مخصوص ظاهری، وزن کل کربن ترسیب شده در خاک در واحد سطح محاسبه شد.

نمونه‌برداری برای تعیین میزان تصاعد کربن از خاک در هر منطقه به صورت ماهانه، به مدت شش ماه به کمک تله‌های قلیایی و با روش اتاقت بسته ساکن (CSC)<sup>۱</sup>، با استفاده از NaOH نرمال انجام شد. شیوه کار این بود که در هر تیمار چهار نمونه اندازه‌گیری به مدت ۲۴ ساعت در صحرا قرار داده

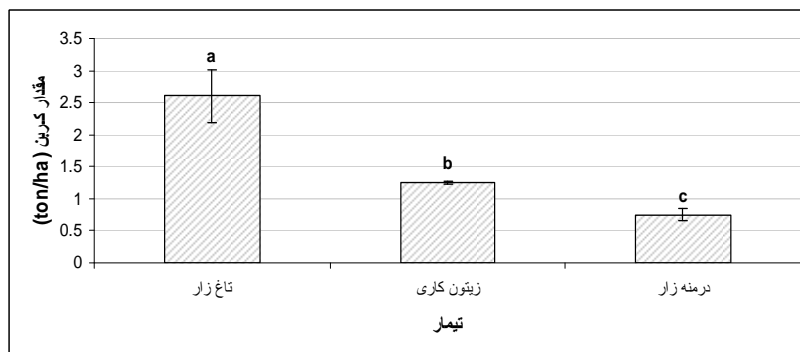
#### ذخیره کربن

مقدار تناژ کربن اجزای گیاهی و خاک در تیمارهای مطالعه شده به صورت ارائه شده در نمودارهای ۱ تا ۶ است، همان گونه که مشاهده می‌شود تبدیل اراضی مرتعی و کشت گیاه موجب افزایش ذخایر کربن در اجزای گیاهی می‌شود؛ در بخش خاک مقدار کربن خاک در تیمار اراضی مسکونی کمتر و در تاغ‌زار بیشتر از شاهد است و در تیمار زیتون کاری تفاوت معناداری با شاهد مشاهده نمی‌شود.

1. Closed Static Chamber

۱۶۰۶ کیلوگرم بر هکتار بر سال)، اراضی زیتون کاری شده ۰/۸۸ گرم بر مترمربع بر روز (۳۲۱۲ کیلوگرم بر هکتار بر سال) و در اراضی مسکونی ۱/۲۴ گرم بر مترمربع بر روز (۴۵۲۶ کیلوگرم بر هکتار بر سال) است که از نظر آماری در گروه‌های مختلفی قرار می‌گیرند.

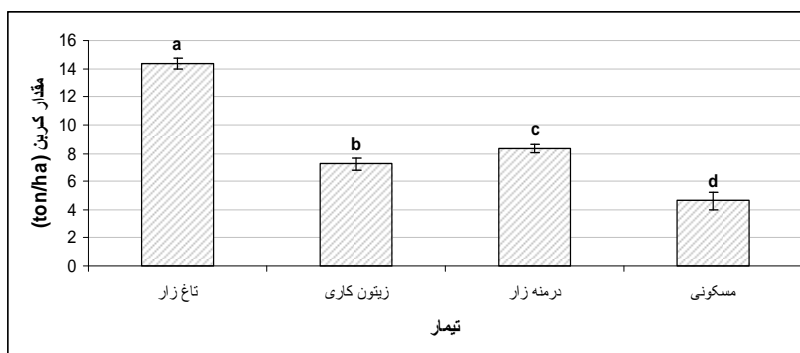
در تاغزار صورت گرفته است. همچنین (فروردین، آذر، دی) و (اسفند، اردیبهشت) از نظر میانگین در یک گروه قرار می‌گیرند (شکل ۷). همچنین میانگین تصاعد سالانه کربن در مرتع (درمنه‌زار) ۰/۷ گرم بر مترمربع بر روز (۲۵۵۵ کیلوگرم بر هکتار بر سال)، تاغزار ۰/۴۴ گرم بر مترمربع بر روز



شکل ۱. نمودار مقدار کربن اجزاء گیاهی اکوسیستم در تیمارهای مختلف



شکل ۲. نمودار مقدار کربن در عمق اول خاک تیمارهای مورد مطالعه



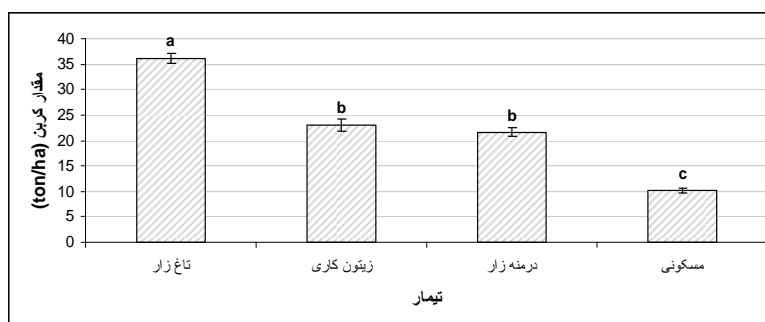
شکل ۳. نمودار مقدار کربن در عمق دوم خاک تیمارهای مورد مطالعه



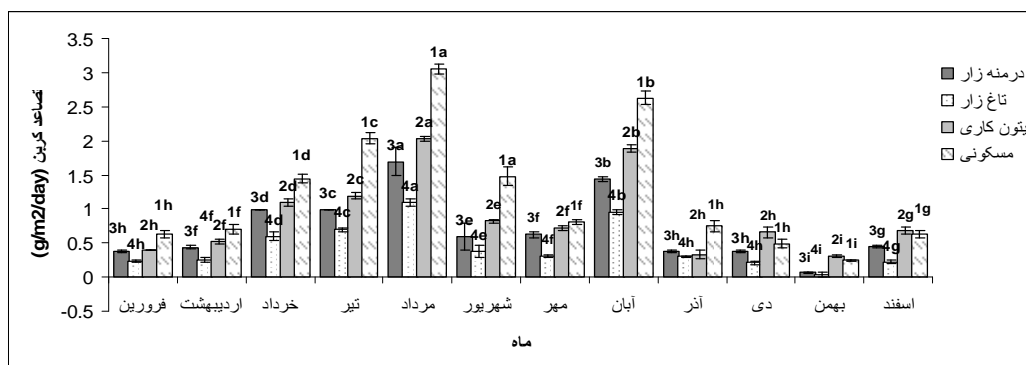
شکل ۴. نمودار مقدار کربن در عمق سوم خاک تیمارهای مورد مطالعه



شکل ۵. نمودار مقدار کل کربن خاک اکوسیستم در تیمارهای مورد مطالعه



شکل ۶. نمودار مقدار کل کربن اکوسیستم در تیمارهای مختلف



شکل ۷. اثر متقابل ماههای مختلف سال و تغییر کاربری‌های صورت گرفته بر میزان تصاعد کربن (حروف نشان‌دهنده اختلاف میزان تصاعد ماهها و اعداد نشان‌دهنده اختلاف بین کاربری‌های مختلف است)

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

سطحی و افزایش تصاعد کربن می‌شود، تمایزی بین این تیمار و مرتع (درمنه‌زار) دیده نمی‌شود. در عمق دوم خاک به نظر می‌رسد سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر تاغ موجب تغییرات ذخیره کربن خاک می‌شود و در عمق سوم به دلیل مواد مترشحه و تجزیه بخش‌هایی از ریشه مقادیر کربن بالاتری در تیمارهای کشت گیاه مشاهده می‌شود. در مورد اراضی مسکونی از بین رفتن پوشش گیاهی می‌تواند موجب کاهش ورود مواد آلی و دست‌خوردن و زیر و رو شدن خاک سبب افزایش تصاعد و در نهایت افت شدید محتوای کربن خاک شود، به طوری که براساس نتایج حاصله میانگین سالانه میزان تصاعد کربن در مناطق مسکونی تقریباً دو برابر اراضی شاهد است. Post و Kwon (2000) اعلام کردند که میزان ترسیب کربن در واحد زمان به خصوصیات رشد گونه‌های گیاهی و شیوه‌های مدیریت، تغییر کاربری اراضی، نوع عملیات احیایی، شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک و ذخیره قبلی کربن در خاک بستگی دارد.

Francisco و همکاران (2010) با مطالعه بر روی مراتع نوادا تغییرات شدید کاربری که در قرن گذشته در این مناطق اتفاق افتاده است را مهم‌ترین عامل کاهش میزان ترسیب کربن در مناطق روستایی این منطقه می‌دانند. Kordowski & Kuttler (2010) در مطالعه خود بر میزان تصاعد کربن از منطقه جنگلی پارک اسن و مناطق مسکونی اطراف آن، اشاره می‌کنند که میزان تصاعد کربن در مناطق مسکونی به مقدار قابل توجهی بیش از پارک بوده است که علت آن را در فعالیت‌های مختلف انسانی به‌ویژه انتشار دی‌اکسید کربن توسط ماشین‌آلات و خودروها می‌دانند. ایشان همچنین به نقش پوشش گیاهی در کاهش میزان تصاعد کربن به اتمسفر اشاره می‌کنند. You و همکاران (2011) در مطالعه خود بر روی نقش ساخت‌وساز شهری در ساختمان‌های مسکونی چین بر میزان تصاعد کربن فعالیت‌های مختلف عمرانی از جمله سنگ‌تراشی و عملیات بتون‌ریزی را در تصاعد کربن به اتمسفر مؤثر می‌دانند.

نتایج مطالعات نشان داد میانگین سالانه تصاعد

بررسی تغییر کاربری مراتع منطقه ایوانکی بر میزان ذخیره و تصاعد کربن نشان‌دهنده حساسیت ذخایر کربن این اراضی به تغییر کاربری است. ۱۲/۵ درصد کربن متصاعدشده به اتمسفر از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۱۰ مربوط به تغییر کاربری اراضی (جنگل‌زدایی، از بین بردن مراتع) و تغییر نوع پوشش اراضی است (Houghton et al., 2012). Powers و همکاران (2010) بررسی اثر تغییر کاربری بر تغییرات کربن را مهم‌ترین فاکتور قابل بررسی در مطالعات کربن می‌دانند. همچنین بر این مسئله تأکید دارند که بررسی میزان تصاعد و ذخیره کربن در مناطق مختلف آب و هوایی بدون بررسی نوع کاربری و مدیریت اعمال‌شده در آن منطقه امکان‌پذیر نیست. Luo و Zhou (2006) علاوه بر چرای بیش از حد مراتع، تغییر کاربری اراضی از جنگل و مرتع به اراضی کشاورزی و روش‌های سنتی کشاورزی را در افزایش میزان تصاعد کربن از خاک مؤثر دانستند. شیوه‌های مدیریتی مراتع علاوه بر عوامل محیطی مانند دما و بارش بر میزان تبادلات بین کربن خاک و اتمسفر بسیار مهم است بنابراین، شناخت نوع و میزان تبادلات گازی برای یافتن روش صحیح مدیریت اراضی جهت ترسیب بیشتر کربن از اتمسفر به خاک و کاهش تصاعد کربن از خاک به اتمسفر ضروری است (Schmitt et al., 2010; Zeeman et al., 2010; Wohlfahrt et al., 2008; al., 2010). (2003) تغییر کاربری اراضی در مناطق نیمه‌خشک را فاکتور مؤثر در میزان کربن به حساب می‌آورد.

افزایش میزان کربن در بخش گیاهی تیمارهای کشت گیاه صرفاً به دلیل افزایش فیتوماس است. در خاک سطحی افزایش کربن تاغ‌زار به دلیل افزایش لاشبرگ و ورود مواد گیاهی به خاک است که با توجه به نوع مدیریت که این اراضی را تقریباً قرق کرده است، مقدار تصاعد از این اراضی نیز بسیار ناچیز و زمینه‌ساز حضور کربن بیشتر در خاک است ولی در زیتون‌کاری، به دلیل مدیریت باغی و رفت و آمد که موجب برهم خوردن خاک

فعالیت‌های کشاورزی از جمله آبیاری، کوددهی، رفت و آمد، برداشت محصول و... که سبب برهم خوردگی خاک سطحی می‌شود، جست‌وجو کرد. تغییر شرایط و وضعیت خاک سبب تصاعد قابل توجه کربن از سطح خاک می‌شود که این مسئله در اراضی تحت شرایط کشت‌وکار، باغ‌ها و اراضی تحت شخم بسیار مشهود است، به دلیل برداشت مداوم محصول از اراضی زراعی و عدم بازگشت مواد آلی برداشت‌شده به خاک این اراضی از نظر مواد آلی روزبه‌روز ضعیف‌تر می‌شوند (Farage et al., 2007). منبع فعال مواد آلی، اولین منبعی است که بر اثر دستکاری در خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد و کربن آلی خاک از این بخش است که در سال‌های اولیه شخم و کشت‌وکار از مراتع و جنگل‌ها هدر می‌رود (Osat, 2010).

Carlson و همکاران (2012) در مطالعه خود بر روی میزان تصاعد کربن از کاربری‌های نخلستان، جنگل‌تراشی، کشاورزی صنعتی و معادن در کلیمانتان کشور اندونزی، ۹۳ درصد کربن متصاعدشده را از مناطق جنگل‌زدایی شده و ۲۷ درصد نخلستان، ۲۱ درصد کشاورزی صنعتی می‌دانند.

درنهایت با توجه به نتایج حاصل از مقادیر ترسیب و تصاعد کربن پیشنهاد می‌شود حتی در صورت نیاز به تغییر کاربری اراضی طبیعی، پروژه‌هایی به اجرا برسد که با کمترین دخالت و دستکاری مجریان و طراحان آن را به اهداف مورد نظر برساند و مدیریتی اکولوژیک و نزدیک به روان طبیعی نیز بر چنین پروژه‌هایی حکم‌فرما باشد.

کربن در مناطق تاغ‌کاری شده کمتر از تیمار شاهد است که می‌توان علت آن را در تثبیت خاک توسط پوشش گیاهی و از سوی دیگر با توجه به سن تاغ‌زار مطالعه‌شده، به تعادل رسیدن مقادیر ورودی و خروجی کربن خاک پس از سال‌ها دانست (Sadeghipour, 2012). تبدیل کاربری از مرتع به تاغ‌زار، هم از نظر ترسیب کربن در درازمدت در خاک و گیاه و هم از نظر کاهش میزان تصاعد کربن از سطح خاک مؤثر است. Le Quere و همکاران (2009) مناسب‌ترین راه ترسیب کربن در خاک و جلوگیری از تصاعد را مبارزه با بیابان‌زایی و جنگل‌تراشی و حفظ و احیای پوشش گیاهی می‌دانند. بوته‌کاری در سال‌های اولیه کاشت بوته‌ها به دلیل برهم‌زدگی خاک سطحی سبب افزایش میزان تصاعد کربن و پس از چند سال با استقرار بوته‌ها سبب کاهش میزان تصاعد کربن می‌شود (Sadeghipour, 2012). دلیل عمده کاهش کربن در سال‌های اولیه پس از عملیات کشت را می‌توان بر هم خوردن خاک دانست که در ساده‌ترین شکل می‌تواند شرایط خاک را برای فعالیت میکروارگانیزم‌ها تغییر دهد. Hassink (1997) اشاره کرد که سرعت کاهش مواد آلی در اولین سال‌های تغییر کاربری در بیشترین حد خود قرار دارد. درخت‌کاری و بوته‌کاری سبب حفظ کربن در درازمدت در بافت گیاهی می‌شود و نقش مؤثری در کاهش کربن اتمسفر ایفا می‌کند (Jauhainen et al., 2012).

میزان تصاعد کربن در مناطق زیتون‌کاری شده بیش از شاهد است، علت این مسئله را می‌توان در

## REFERENCES

1. Ardo, J., Olsson, L., 2003. Assessment of soil organic carbon in semi-arid Sudan using GIS and the CENTURY model. *Journal of Arid Environments* 54 (4), 633-651.
2. Carlson, K.M., Curran, L.M., Ratnasari, D., Pittman, A.M., Soares-Filho, B.S., Asner, G.P., Trigg, S.N., Gaveau, D.A., Lawrence, D., and Rodrigues H.O., 2012. Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *PNAS*: vol. 109 no. 19: 7559-7564.
3. Farage, P. K., Ardo, J., Olsson, L., Rienzi, E. A., Ball, A.S., and Pretty, J. N., 2007. The Potential of Soil Carbon Sequestration in



- Three Tropical Dryland Farming Systems of Africa and Latin America: A modelling approach. *Soil and Tillage Research*, 94: 457–472.
4. Francisco, M.P., Vidal B, Sánchez J., and Pugnaire Francisco I., 2010. Land-use changes and carbon sequestration through the twentieth century in a Mediterranean mountain ecosystem: Implications for land management. Volume 91, Issue 12, Pages 2688–2695.
  5. Grunzweig, J.M. Lin, T., Rotenberg, E., Schwartz, A., and Yakir, D., 2003. Carbon sequestration in arid-land forest. *Global Change Biology* 9,791 -799.
  6. Hassink, J., 1997. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles, *Plant Soil* 191, pp. 77-87.
  7. Hirata, R., Hirano, T., Saigusa, N., Fujinuma, Y., Inukai, K., Kitamori, Y., Takahashi, Y., and Yamamoto, S., 2007. Seasonal and interannual variations in carbon dioxide exchange of a temperate larch forest, *Agr. Forest Meteorol.*, 147, 110–124.
  8. Houghton, R.A., House, J.I., Pongratz, J., Van der werf, G.R., DeFries, R.S., Hansen, M.C., Le Quéré, C., and Ramankutty, N., 2012. Carbon emissions from land use and land-cover change. *Biogeosciences*, 9: 5125-5142.
  9. Jauhiainen, J., Hooijer, A., and Page, S.E., 2012. Carbon dioxide emissions from an Acacia plantation on peatland in Sumatra, Indonesia. *Biogeosciences*, 9, 617–630.
  10. Joneidi Jafari, H., 2009. Effect of some ecological factors and management on carbon sequestration of *Artemisia sieberi* (case study: Semnan province), PhD thesis of university of Tehran., 130p.
  11. Kordowski, K., Kuttler, W., 2010. Carbon dioxide fluxes over an urban park area, *Atmospheric Environment: Volume 44, Issue 23: 2722–2730.*
  12. Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change, *Geoderma* 123: 1-22.
  13. Lal, R., 2005, Climate change, soil carbon dynamics and global food security, In: Lal, Rattan, B. A. Stewart, Norman Uphoff and David O. Hansen (eds), *Climate change and global food security*, CRC press, Taylor & Francis, pp. 113-143.
  14. Lal, R., 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation and Development* 17, 197–209.
  15. Lal, R., 2009. Soils and world food security (Editorial). *Soil and Tillage Research* 102, 1–4.
  16. Le Quere, C., Raupach, M.R., Canadell, J.G., Marland, G., Bopp, L., and Ciais, P., 2009. Trends in the sources and sinks of carbon dioxide, *Nat. Geosci.*, 2, 831–836.
  17. Leiber-Sauheitl, K., Fuß, R., and Freibauer. M., 2013. High greenhouse gas fluxes from grassland on histic gleysol along soil carbon and drainage gradients. *Biogeosciences Discuss.*, 10, 11283–11317
  18. Luo, Y., Zhou, X., 2006. *Soil Respiration and the Environment*. 320pp.
  19. Omonode, Rex A., Vyn T.J., 2006. Vertical distribution of soil organic carbon and nitrogen under warm-season native grass relative to cropland in west-central Indiana, USA, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 117: 159-170.
  20. Osat, M., Heidari, A., 2010. Effects of urban development on carbon sequestration in Karaj County, Iran. *The Smithsonian/NASA Astrophysics Data System*
  21. Paustian, K., Six, J., Elliott, E.T., and Hunt, H.W., 2000. Management options for reducing CO<sub>2</sub> emissions from agricultural soils. *Biogeochemistry* 48, 147–163.
  22. Post W.M., Kwon, K.C., 2000. Soil carbon sequestration and land-use change, processes and potential. *Global change biology* 6:3, 317-327.
  23. Powers J.S., Corre, M.D., Twine T. E., and Veldkamp E., 2010. Geographic bias of field observations of soil carbon stocks with tropical land-use changes precludes spatial extrapolation, *Pnas* vol. 108 no. 15 : 6318–6322.
  24. Sadeghipour, A., 2012. Investigation carbon sequestration and its distribution in different land uses (Case study: Shahriar region), PhD thesis of university of Tehran., 230p.
  25. Sainju, U.M., Jalal D.J., and Stevens, W.B., 2008. *Soil Carbon Dioxide Emission and*

- Carbon Content as Affected by Irrigation, Tillage, Cropping System, and Nitrogen Fertilization. Plant and environment interaction; 7, 3765–3814.
26. Schlesinger, W.H., 1999. Soil organic matter a source of atmospheric CO<sub>2</sub>, Department of Botany north Carolina, USA, 111-125.
  27. Schmitt, M., Bahn, M., Wohlfahrt, G., Tappeiner, U., and Cernusca, A., 2010. Land use affects the net ecosystem CO<sub>2</sub> exchange and its components in mountain grasslands. *Biogeosciences* 7, 2297–2309.
  28. Sherrod, L.A., Peterson, G.A., Westfall, D.G., and Ahuja, A.R., 2003. Cropping intensity enhances soil organic carbon and nitrogen in a no-till agroecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:1533–1543.
  29. Singh, K.P., Ghoshal, N., and Singh, S., 2013. Soil carbon dioxide flux, carbon sequestration and crop productivity in a tropical dryland agroecosystem: Influence of organic inputs of varying resource quality. *Applied Soil Ecology*, Volume 42, Issue 3, Pages 243–253.
  30. Suman, A., Singh, K.P., Singh, P., and Yadav R.L., 2009. Carbon input, loss and storage in sub-tropical Indian Inceptisol under multi-ratoon sugarcane. *Soil & Tillage Research* 104; 221–226.
  31. Tan, Z., Lal, R., 2005. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. *Agric. Ecosys. and Environ.* 12, 113–12.
  32. Warembourg, F.R., Paul, E.A., 1977. Seasonal transfers of assimilated <sup>14</sup>C in grassland: plant production and turnover, translocation and respiration. In: Marshall, J.K. (Ed.), *The Below-Ground Ecosystem: A Synthesis of 'Plant-Associated Processes'*, Series No. 26. Colorado State University, Fort Collins.
  33. Weber, R., 2005. Carbon management tool to help farmers and ranchers with soil carbon sequestration. 120pp.
  34. William, E., 2003. Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils. *Agricultural and forest methodology* 116: 91-102.
  35. Wohlfahrt, G., Anderson-Dunn, M., Bahn, M., Balzarolo, M., Berninger, F., Campbell, C., Carrara, A., Cescatti, A., Christensen, T., Dore, S., Eugster, W., Friborg, T., Furger, M., Gianelle, D., Gimeno, C., Hargreaves, K., Hari, P., Haslwanter, A., Johansson, T., Marcolla, B., Milford, C., Nagy, Z., Nemitz, E., Rogiers, N., Sanz, M.J., Siegwolf, R.T.W., Susiluoto, S., Sutton, M., Tuba, Z., Ugolini, F., Valentini, R., Zorer, R., and Cernusca, A., 2008. Biotic, abiotic, and management controls on the net ecosystem CO<sub>2</sub> exchange of European mountain grassland ecosystems. *Ecosystems* 11, 1338–1351.
  36. You, F., Hu, D., Zhang, H., Guo, Z., Zhao, Y., Wang, B., and Yuan, Y., 2011. Carbon emissions in the life cycle of urban building system in China—A case study of residential buildings. *Ecological Complexity: Volume 8, Issue 2, Pages 201–212.*
  37. Zeeman, M.J., Hiller, R., Gilgen, A.K., Michna, P., Pluss, P., Buchmann, N., and Eugster, W., 2010. Management and climate impacts on net CO<sub>2</sub> fluxes and carbon budgets of three grasslands along an elevational gradient in Switzerland. *Agric. Forest Meteorol.* 150, 519–530.