

## پتانسیل ترسیب کربن خاک در اراضی بیابانی تحت اثر دو گونه تاغ و سوف (مطالعه موردی: آران و بیدگل)

حمزه احمدی<sup>1\*</sup>، غلامعلی حشمتی<sup>2</sup>، حمیدرضا ناصری<sup>3</sup>

<sup>1</sup> دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان  
پست الکترونیک نویسنده مسئول:

Ahmadi.Hamzeh@Gmail.com

<sup>2</sup> استاد دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

<sup>3</sup> استادیار مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: 1393/11/15

تاریخ دریافت: 1393/7/10

### چکیده

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه پایدار بوده که تأثیر منفی بر اکوسیستم‌های خشکی و آبی می‌گذارد. عامل اصلی این پدیده، افزایش غلظت گاز دی‌اکسید کربن در اتمسفر است. یک روش پیشنهاد شده برای کاهش گاز کربنیک هوا، افزایش ذخیره جهانی کربن در خاک‌هاست؛ زیرا خاک تقریباً 75 درصد ذخایر کربن در خشکی را داراست. بنابراین، خاک‌ها در حفظ توازن چرخه جهانی کربن، نقش عمده‌ای را ایفا می‌کنند. این تحقیق با هدف تأثیر نوع گونه، عمق‌های مختلف و فاصله از تاج پوشش گیاه در میزان ترسیب کربن خاک در منطقه کویر مرنجاب انجام گرفت. پس از حفر پروفیل در منطقه زیر تاج پوشش گیاه و بیرون تاج پوشش در دو عمق تعریف شده اول و دوم و برداشت نمونه‌های لازم و انتقال به آزمایشگاه، اندازه‌گیری کربن در افق‌های تعیین شده خاک، با روش والکی و بلک انجام شد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری به دست آمده نشان داد که میزان ترسیب کربن خاک بین دو گونه تاغ و سوف، عمق‌های اول و دوم و همچنین زیر تاج پوشش گیاه و بیرون تاج پوشش اختلاف معنی‌داری وجود دارد. با توجه به مقایسه میانگین‌ها زیر تاج پوشش گونه تاغ در عمق اول (صفر تا 30 سانتی‌متر) بیشترین میزان ترسیب کربن در منطقه مورد مطالعه را دارا بود و در یک گروه جداگانه قرار گرفت و بقیه فاکتورهای در نظر گرفته شده، همگی در یک گروه قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: توسعه پایدار، ترسیب کربن، تاغ و سوف، مرنجاب.

## مقدمه

تبادل در محتوای گازهای گلخانه‌ای، کربن موجود در اتمسفر می‌بایست جذب و در فرم یا فرم‌های متعدد ترسیب شود. ترسیب کربن در زیتوده گیاهی و خاک‌هایی که تحت این زیتوده هستند، ساده‌ترین و به‌لحاظ اقتصادی، عملی‌ترین راهکار ممکن جهت کاهش CO<sub>2</sub> اتمسفری است (ویلیام<sup>5</sup>، 2002). افزایش ذخیره کربن آلی خاک برای تعدیل تغییرات اقلیمی، نقش مهم و اساسی را ایفا می‌کند (سرینیواسارا<sup>6</sup> و همکاران، 2012).

طبق تعریف، تمامی مواد آلی کربن دارند. میزان کربن مواد آلی خاک‌های جهان، چهار برابر کربن موجود در پوشش گیاهی آن است. بنابراین، ماده آلی خاک نقشی حیاتی در تعادل کربن روی زمین ایفا می‌کند. گرچه ماده آلی بخش کوچکی از جرم کل را در اکثر خاک‌ها دارد، این جزء فعال خاک در بسیاری از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیر غالب دارد. با توجه به این دلایل، افزایش کمیت و کیفیت ماده آلی خاک، عامل اصلی در اصلاح کیفیت خاک است (شاهویی، 1385). از طرفی، با توجه تعریف دفتر برنامه‌ریزی زیست‌محیطی سازمان ملل متحد، مناطق بیابانی شامل مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب است. با در نظر گرفتن این تعریف بیش از یک‌سوم اراضی کره زمین و بیش از دو سوم اراضی کشور ایران را مناطق بیابانی تشکیل می‌دهد (دماوندی 1384). در این مناطق، گونه‌های سازگار قابلیت ترسیب کربن دارند. هرچند تجمع کربن در این مناطق در واحد سطح ناچیز است، در صورت اجرای عملیات اصلاحی، این مناطق قابلیت ترسیب تقریباً یک میلیارد تن کربن آلی را دارند (یوان دی پی، 2000). بسیاری از پروژه‌های اصلاحی، همچون جنگل‌کاری و مرتع‌کاری، باعث افزایش ترسیب کربن در خاک شده و از طرفی، افزایش کربن ساختاری منجر به بهبود ساختمان، تخلخل و نفوذپذیری خاک می‌شود. همچنین، مقدار و کیفیت ذخیره کربن آلی خاک در بهبود کیفیت و افزایش تولیدپذیری خاک نقش اساسی دارد (لال<sup>7</sup>، 2004؛ اسمیت<sup>8</sup>، 2007) در این باره، تحقیقاتی در داخل و خارج از کشور انجام شده است که به چند مورد آن اشاره می‌شود. مایا<sup>9</sup>

در قرن حاضر، چندین موضوع عمده محیط زیستی شامل تخریب زمین و بیابان‌زایی، تهدید تنوع زیستی، تضعیف منابع آب، تخریب جنگل‌ها و مراتع و بالاخره، تغییر اقلیم از چالش‌های مهم در توسعه پایدار و فقرزدایی به‌شمار می‌روند (امیر اصلانی، 1382). تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر است (بروکس<sup>1</sup>، 2000). از زمان شروع انقلاب صنعتی در قرن نوزدهم، غلظت گازکربنیک در اتمسفر از 280 به 365 قسمت در میلیون رسیده است و به‌نظر می‌رسد در قرن بیست و یکم، به 600 قسمت در میلیون برسد. این موضوع باعث افزایش دمای متوسط سالانه زمین به میزان 1 تا 4/5 درجه سانتی‌گراد می‌شود (کومر<sup>2</sup>، 2003). اثرات تغییر اقلیم بسیار متعدد و گسترده‌تر از موارد ذکر شده است، چنان‌که امروزه افزایش غیرطبیعی شمار مرگ‌ومیر انسان‌ها، انقراض متعدد گونه‌های گیاهی و جانوری و برخی از وقایع غیرمترقبه طبیعی را همچون طوفان و سیل‌های مهیب ناشی از این اثر می‌دانند (کانل<sup>3</sup>، 2003).

در قرن اخیر، فعالیت‌های توسعه اقتصادی، بیشترین اثر را روی تمرکز گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر گذاشته‌اند که این امر ناشی از دو دلیل عمده است: 1. مصرف سوخت‌های فسیلی، 2. کاهش سطح جنگل‌ها، مراتع و بیشه‌زارها جهت گسترش کشاورزی (یوان دی پی<sup>4</sup>، 2000). کربن عمده‌ترین جزء گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود (بروکس، 2000). در این باره، تقریباً همه کشورهای دنیا و از جمله ایران، برنامه‌های درازمدتی برای کاهش غلظت گازکربنیک پیش‌بینی کرده‌اند. در کنفرانس کیوتو، این مسئله به‌صورت جدی مطرح و در پروتکل آن کشورها را ملزم کردند تا با استفاده از پوشش گیاهی، به‌خصوص جنگل‌های طبیعی و مصنوعی، به ذخیره کربن بپردازند (یوان دی پی، 2000).

پالایش کربن با روش‌های مصنوعی مثل فیلتر هزینه‌های سنگینی دربردارد؛ لذا به‌منظور کاهش CO<sub>2</sub> اتمسفری و ایجاد

5. Whlliam  
6. Srinivasaraoa  
7. Lal  
8. Smith  
9. Maya

1. Brooks  
2. Komer  
3. Cannell  
4. UNDP(United Nations Developmental Program)

برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گونزارهای استان مرکزی به این نتیجه رسید که حدود 90 درصد از ترسیب کربن کل را کربن آلی خاک تشکیل می‌دهد. محمودی طالقانی و همکاران (1386) در مطالعه‌ای به ارزیابی ترسیب کربن در لایه‌های خاک جنگل تحت مدیریت در جنگل‌های خزر پرداختند. نتایج نشان داد که بین مقدار کربن ترسیب‌شده در خاک دو منطقه، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. این محققان همچنین بیان کردند که بین مقدار ترسیب کربن در هکتار و زیتوده جنگل رابطه مستقیمی وجود دارد. همچنین نتایج نشان داد که برآورد ترسیب کربن در خاک‌های این جنگل‌ها نیاز به حفر پروفیل‌هایی با بیش از 50 سانتی‌متر نیست.

طی دو دهه اخیر، محققان داخلی با تأخیر نسبت به جامعه بین‌المللی، توجه زیادی به موضوع ترسیب کربن کرده‌اند که با درک اهمیت موضوع در چند سال گذشته، این روند با شتاب بیشتری رو به گسترش است. با توجه به اهمیت روزافزون مبحث افزایش گازهای گلخانه‌ای در جهان و ذکر این نکته که مسئله گرم‌شدن زمین و افزایش گاز کربنیک مسئله‌ای جهانی است و به کشور خاصی محدود نمی‌شود، و مسائل مجهول زیادی در رابطه با توانایی گونه‌های مختلف مرتعی و بیابانی در نقاط مختلف کشور وجود دارد که پاسخ‌گویی به مسائل ذکرشده در گرو انجام تحقیقات گسترده است، ضروری به‌نظر می‌رسد در زمینه ترسیب کربن در کشور با اولویت‌های تحقیقاتی و اجرایی آتی در جهت ارزیابی توان ترسیب کربن خاک مناطق بیابانی و احیای این مناطق به‌صورت جدی‌تر مطرح شده و اقدامات لازم صورت گیرد. همچنین به سبب کربن فوق‌العاده زیاد ذخیره‌شده در ماده آلی و سرشت پویای مواد آلی خاک، مدیریت خاک می‌تواند روشی مهم برای متعادل کردن اثرات گلخانه‌ای جهان باشد. در مطالعه حاضر، به بررسی تأثیر نوع گونه گیاهی و فرم رویشی گیاه و همچنین تأثیر عمق‌های مختلف خاک و فاصله از تاج پوشش گیاه در میزان ترسیب کربن خاک پرداخته شد.

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه

منطقه مورد مطالعه با وسعت حدود 91383 هکتار در فاصله

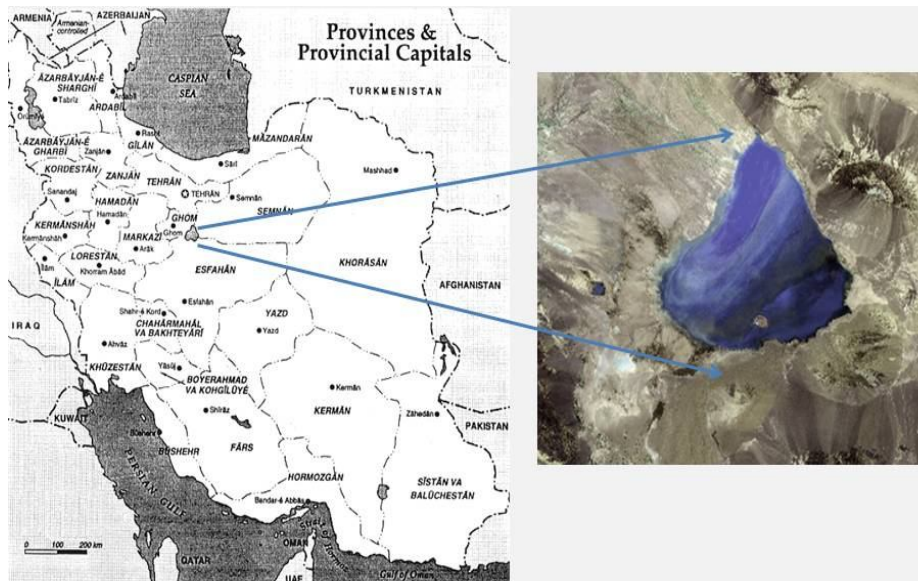
و همکاران (2009) میزان کربن ترسیب‌یافته در خاک علفزارها در سه گرایش با سیر قهقرایی، معمولی و اصلاح‌شده را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که در شرایط قهقرایی، میزان کربن در خاک کاهش و در شرایط اصلاح‌شده، میزان کربن در خاک افزایش می‌یابد. در تحقیقی دیگر، شی<sup>1</sup> و همکاران (2009) با بررسی پتانسیل ترسیب کربن خاک مناطق فرسایش‌یافته چین، بیان کردند که با افزایش عمق خاک، پتانسیل ترسیب کربن در خاک کاهش می‌یابد. استل<sup>2</sup> و همکاران (2009) به بررسی نقش تغییر کاربری اراضی به‌عنوان عامل تعیین‌کننده توانایی خاک در ترسیب و ذخیره کربن در انگلستان پرداختند. آن‌ها اظهار داشته‌اند که تغییر کاربری اراضی می‌تواند به هدررفت سریع کربن از خاک‌های آلی باتلاق‌ها، گندمزارها، جنگل‌های دست‌کاشت و درخت‌زارهای طبیعی منجر شود. نتایج آن‌ها بیانگر آن است که حفاظت از خاک‌های باتلاقی و دیگر خاک‌های آلی و مدیریت اراضی کشاورزی، مرتعی و جنگل برای افزایش ترسیب کربن خاک و حفظ تعادل کربن انگلستان، بسیار مهم و اساسی خواهد بود.

ورامش و همکاران (1389) در تحقیق خود، به بررسی اثرهای جنگل‌کاری دو توده کاج تهران و افاقیا بر ترسیب کربن و برخی از خصوصیات خاک پرداختند. آن‌ها گزارش کرده‌اند که ترسیب کربن در خاک توده افاقیا (78/19 تن در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک توده کاج تهران (57 تن در هکتار) و اراضی بایر (10/8 تن در هکتار) اطراف است. کربن آلی خاک در عمق صفر تا 15 سانتی‌متری خاک بیشتر از عمق 15-30 سانتی‌متری بوده، ولی در اراضی بایر، عکس این قضیه مشاهده شده است. به‌طور کلی فرایند ترسیب کربن، به بهبود کیفیت آب و خاک، افزایش حاصلخیزی، بهبود سیستم هیدرولوژی خاک و نیز جلوگیری از فرسایش و کاهش هدررفت عناصر غذایی می‌انجامد. بنابراین، مدیریت بهینه اکوسیستم‌های مختلف باید در جهت افزایش پتانسیل ترسیب کربن باشد. عبدی و همکاران (1387) در تحقیقی با

1. Shi  
2. Ostle

محصور شده است. در منطقه مورد مطالعه، مقدار تبخیر بیش از 2800 میلی‌متر در سال است. مطابق نمودار آمبروترمیک کاشان نزدیک به 9 ماه از سال در منطقه خشک قرار می‌گیرد که ماه‌های تیر و مرداد بیشینه خشکسالی سالانه است. بیشترین ارتفاع در منطقه مورد مطالعه، 1500 متر از سطح دریا در شمال غربی منطقه و کمترین ارتفاع آن 810 متر در منطقه آب‌شیرین است.

240 کیلومتری جنوب تهران و در حاشیه کویر قرار دارد. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی "51 6 35 تا "51 53 26 طول شرقی و "32 49 18 تا "34 20 3 عرض شمالی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از شرق و شمال‌شرقی به دریاچه نمک و شوره‌زارهای آن و ریگ بلند کاشان از غرب به ارتفاعات و از جنوب به قسمت جنوبی شهرستان کاشان حدود می‌گردد. این منطقه عمدتاً در حد فاصل منحنی‌های دمایی 12/5 تا 17/5



شکل (1): موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و کشور

جایی که خاک عاری از پوشش گیاهی و لاش‌برگ بود، حفر گردید. بدین منظور 40 نمونه خاک از دو رویشگاه و از عمق‌های یادشده در دو مکان زیر تاج پوشش و بین بوته‌ها به آزمایشگاه انتقال یافت که پس از عبور از الک 2 میلی‌متری و قرارگرفتن در هوای آزاد بدون قرارگرفتن در معرض مستقیم خورشید، خشک و جهت انجام آزمایشات آماده شد. برای اندازه‌گیری کربن خاک از روش والکی و بلاک استفاده شد.

روابط مورد استفاده برای برآورد وزن کربن خاک:

$$\%OC = (A - B) * M * .39/S \quad (1)$$

در این رابطه، OC درصد کربن آلی، A مقدار تیوسولفات مصرفی برای شاهد برحسب سی‌سی، B مقدار تیوسولفات مصرفی برای نمونه برحسب سی‌سی، N نرمالیت تیوسولفات سدیم مصرفی، S وزن نمونه برحسب گرم.

$$Cc = 10000 * C(\%) * Bd * e \quad (2)$$

### روش تحقیق

در این تحقیق، برای نمونه‌برداری خاک به‌منظور تعیین میزان کربن ذخیره‌شده در خاک، در هر تیپ گیاهی (تاغ و سوف) پس از جمع‌آوری لاش‌برگ سطحی موجود در زیر تاج پوشش اقدام به حفر پروفیل در دو عمق گردید. در رویشگاه تاغ عمق اول صفر تا 30 سانتی‌متر و عمق دوم 30 تا 50 سانتی‌متر و در رویشگاه سوف، عمق اول صفر تا 5 سانتی‌متر و عمق دوم 5 تا 30 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. علت متفاوت بودن عمق پروفیل‌ها در دو گونه، به‌علت تفاوت در فرم رویشی این دو گونه (تاغ به‌صورت درختچه و سوف به‌صورت علفی) و سیستم ریشه‌دوانی و پراکندگی ریشه‌ها بود. برای تعیین تأثیر تاج پوشش گیاهی و لاش‌برگ آن در میزان کربن ذخیره‌شده در خاک، به حفر پروفیل در بین بوته‌ها نیز اقدام شد. بدین صورت که پروفیل‌ها با همان عمق‌های ذکرشده در فواصل بین بوته‌ها،

## نتایج

نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که بین فاکتورهای مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به طوری که بین عمق‌های اول (صفر تا سی سانتی‌متر در تاغ و صفر تا 5 سانتی‌متر در سوف) و دوم (30 تا 50 سانتی‌متر در تاغ و 5 تا 30 سانتی‌متر در سوف) در سطح 95 درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بین گونه‌های مورد مطالعه و تأثیر فاصله در میزان کربن ترسیب شده نیز در سطح 99 درصد، اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول 1). همچنین با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل گونه در فاصله در سطح 95 درصد، اثر متقابل گونه در عمق و همچنین اثر متقابل گونه در فاصله در عمق نیز در سطح 99 درصد معنی‌دار شده است.

در این رابطه، Cc میزان وزن کربن ترسیب شده در سطح یک مترمربع، C درصد تراکم کربن در عمق مشخصی از خاک، Bd وزن مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، e ضخامت عمق خاک برحسب سانتی‌متر است.

## تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق به منظور بررسی و مقایسه میزان ترسیب کربن بین فاکتورهای مورد مطالعه، از طرح فاکتوریل در قالب RCBD و برای کلاسه‌بندی مقدار میانگین‌ها از آزمون دانکن (با توجه به متداول بودن آزمون مذکور در بین پژوهشگران ایرانی) استفاده شد. بررسی‌ها به کمک نرم‌افزارهای SAS و Excel انجام گرفت.

جدول (1): تجزیه واریانس بین فاکتورهای مورد مطالعه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	سطح معنی‌داری
گونه	1	223349343/9	0/0002**
فاصله	1	103277071/4	0/0080**
اثر متقابل گونه در فاصله	1	53924969/7	0/0483*
عمق	1	93997124/3	0/0109*
اثر متقابل گونه در عمق	1	404492822/7	0/0000**
اثر متقابل گونه در فاصله در عمق	1	128384982/9	0/0035**
خطا	28	12643990	

\* - در سطح 5 درصد معنی‌دار \*\* - در سطح 1 درصد معنی‌دار

پوشش گیاه میزان کربن ترسیب یافته در خاک کاهش می‌یابد و در زیر تاج پوشش گیاه میانگین کربن ترسیب شده بیشتر از منطقه‌ای است که تاج پوشش وجود نداشته است (جدول‌های 2 تا 5). همچنین با توجه به اعداد ارائه شده در جدول‌های 2 تا 5 مشخص شد که در خاک زیر اشکوب گونه تاغ نسبت به خاک زیر اشکوب گونه سوف، میزان کربن بیشتری ترسیب یافته است.

با توجه به نتایج آماری در قسمت عمق خاک، مشخص شد که در عمق اول (0-30 سانتی‌متر) برای گونه تاغ (زیر تاج پوشش و بیرون تاج پوشش) میزان کربن ترسیب شده بیشتر از عمق دوم (30-50 سانتی‌متر) است (جدول‌های 2 و 3). اما برای گونه سوف عمق دوم (5-30 سانتی‌متر) در مقایسه با عمق اول (0-5 سانتی‌متر) میزان بیشتری کربن ترسیب یافته است (جدول‌های 3 و 4). در بحث فاصله از تاج پوشش مشخص شد که در هر دو گونه تاغ و سوف با فاصله از تاج

جدول (2): میانگین میزان ترسیب کربن (تن در هکتار) در لایه‌های خاک زیر تاج پوشش تاغ

عمق لایه خاک (سانتی‌متر)	ضخامت لایه (e) (سانتی‌متر)	درصد تراکم کربن	ترسیب کربن (کیلوگرم بر مترمربع)	ترسیب کربن (تن در هکتار)
0-30	30	0/336	18/11	181/1
30-50	20	0/087	2/26	22/6
جمع	50	-	20/37	203/7

جدول (3): میانگین میزان ترسیب کربن (تن در هکتار) در لایه‌های خاک بیرون تاج پوشش تاغ

عمق لایه خاک (سانتی‌متر)	ضخامت لایه (e) (سانتی‌متر)	درصد تراکم کربن	ترسیب کربن (کیلوگرم بر مترمربع)	ترسیب کربن (تن در هکتار)
0-30	30	0/143	6/15	61/5
30-50	20	0/121	3/14	31/4
جمع	50	-	9/29	92/9

جدول (4): میانگین میزان ترسیب کربن (تن در هکتار) در لایه‌های خاک زیر تاج پوشش سوف

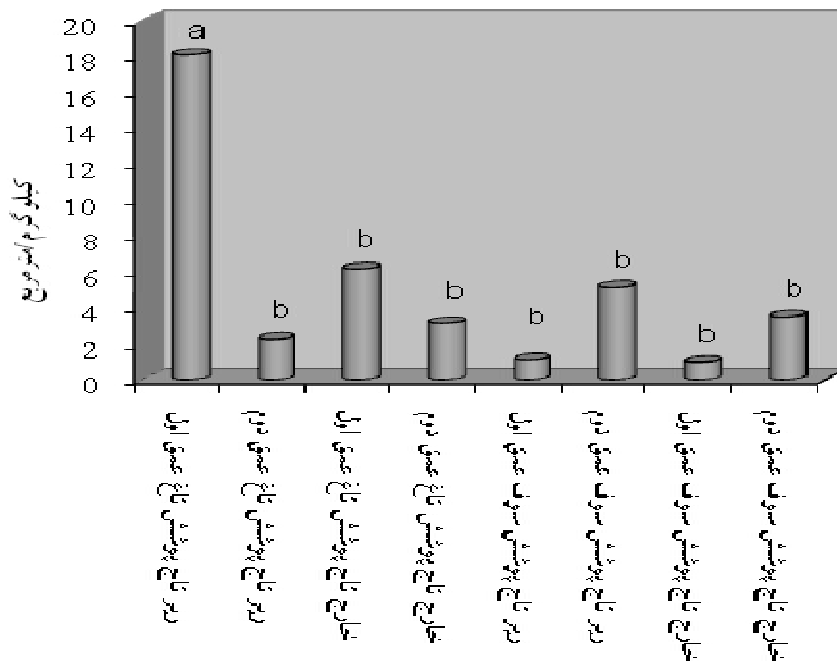
عمق لایه خاک (سانتی‌متر)	ضخامت لایه (e) (سانتی‌متر)	درصد تراکم کربن	ترسیب کربن (کیلوگرم بر مترمربع)	ترسیب کربن (تن در هکتار)
0-5	5	0/124	1/11	11/1
5-30	25	0/115	5/16	51/6
جمع	30	-	6/27	62/7

جدول (5): میانگین میزان ترسیب کربن (تن در هکتار) در لایه‌های خاک بیرون تاج پوشش سوف

عمق لایه خاک (سانتی‌متر)	ضخامت لایه (e) (سانتی‌متر)	درصد تراکم کربن	ترسیب کربن (کیلوگرم بر مترمربع)	ترسیب کربن (تن در هکتار)
0-5	5	0/107	0/97	9/7
5-30	25	0/078	3/51	35/1
جمع	30	-	4/48	44/8

به تنهایی در گروه a و بقیه فاکتورها در گروه b قرار گرفتند که نمودار میانگین ترسیب کربن بین فاکتورهای مختلف خاک نیز در شکل 2 قابل مشاهده است.

برای مقایسه میانگین بین فاکتورهای مورد مطالعه از آزمون دانکن استفاده شد و همان‌طور که در شکل 2 نمایان است، فاکتورهای مورد مطالعه در دو گروه a و b قرار گرفتند که فاکتور زیر تاج پوشش گونه تاغ در عمق اول (0-30 سانتی‌متر)



شکل (2): میانگین ترسیب کربن در لایه‌های خاک و گروه‌بندی فاکتورها با روش دانکن در منطقه مورد مطالعه

عمق‌هایی که در خاک منطقه ریشه حفر شد. این منطقه می‌تواند به‌عنوان شاهد هم عمل کند و نتایج تجزیه و تحلیل آماری بیانگر این موضوع بود که در زیر تاج پوشش میزان کربن ترسیب‌یافته بیشتر از منطقه‌ای است که هیچ‌گونه پوشش تاجی و لاش‌برگی وجود ندارد. در بررسی که در جنگل‌های اسکاتلند توسط کانل<sup>2</sup> و دوار (1993) انجام گرفت، نتیجه‌گیری شد که افزایش لاش‌برگ سطحی باعث می‌شود که کربن مواد آلی خاک افزایش یابد. افزایش میزان کربن در خاک منطقه ریشه گونه تاغ نسبت به گونه سوف، به‌علت وجود درصد پوشش تاجی بیشتر و افزایش میزان لاش‌برگ حاصل از این پوشش تاجی است. در تحقیق دیگری (فروزه، 1385) نیز افزایش میزان کربن آلی در خاک را ناشی از تأثیر لاش‌برگ و افزایش درصد پوشش تاجی در منطقه مورد مطالعه نسبت به منطقه شاهد بیان کرده است.

با توجه به اینکه فرم رویشی تاغ به‌صورت درختچه و فرم رویشی گونه سوف به‌صورت علفی است، به‌طبع میزان تولید حجم لاش‌برگ در گونه تاغ بیشتر از گونه سوف است که همین افزایش میزان ترسیب کربن را در خاک موجب می‌شود. این موضوع با نتایج وانگ<sup>3</sup> و همکاران (2011) که بیان کردند الگوهای متفاوت تاج پوشش در میزان پتانسیل ترسیب کربن تأثیر دارد، مطابقت دارد.

در بحث عمق‌های در نظر گرفته‌شده، نتایج بیانگر این موضوع بود که در گونه تاغ میزان کربن ترسیب‌یافته در عمق اول بیشتر از عمق دوم بوده و در تحقیقی که محمودی طالقانی و همکاران (1386) و ورامش و همکاران (1389) انجام دادند، لایه اول خاک (10-30 سانتی‌متری) را به‌عنوان لایه‌ای که بیشترین ظرفیت قابلیت ترسیب کربن را دارد، معرفی کردند. با توجه به تراکم و حجم ریشه‌ها در عمق اول که بیشتر از عمق دوم است، همچنین تأثیر لاش‌برگ روی عمق اول این موضوع نیز قابل تفسیر است. دیانته و همکاران (1388) بالا بودن ترسیب کربن خاک در عمق اول نسبت به عمق دوم را به‌دلیل حجم زیاد لاش‌برگ در این عمق نسبت دادند. وانی<sup>4</sup> و همکاران (2012) نیز به این نتیجه رسیدند که پتانسیل ترسیب کربن در منطقه فعالیت ریشه بیشتر است، ولی در گونه سوف عمق دوم (5-30 سانتی‌متر) بیشتر از عمق اول (0-5 سانتی‌متر) است. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه بیابانی بوده و بادهای شدید نیز در منطقه وجود دارد، وقوع این بادهای در منطقه،

بنابراین نتیجه‌گیری شد که در زیر تاج پوشش گونه تاغ در عمق اول (0-30 سانتی‌متر) با میانگین 181/1 تن در هکتار بیشترین میزان ترسیب کربن را در مقایسه با سایر فاکتورهای مطالعه‌شده وجود دارد و زیر تاج پوشش گونه سوف در عمق اول (0-5 سانتی‌متر) با میانگین 9/7 تن در هکتار کمترین میزان ذخیره کربن را دارا می‌باشد.

## بحث و نتیجه‌گیری

نگهداری ماده آلی خاک، به‌خصوص بخش فعال در خاک‌های معدنی، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در مدیریت منابع طبیعی در سراسر جهان است. با تقویت رشد شدید نباتات زراعی یا سایر گیاهان، بقایای فراوانی را می‌توان به‌طور مستقیم یا از طریق احشام مصرف‌کننده علوفه به زمین بازگرداند. همچنین محدود کردن خاک‌ورزی، مهار فرسایش و حفظ اکثر پس‌مانده‌های گیاهی در سطح یا نزدیکی سطح، میزان تجزیه ماده آلی می‌تواند به حداقل برسد. استل و همکاران (2009) بیان کردند که حفاظت از خاک‌های خاک‌های آلی و مدیریت اراضی کشاورزی، مرتعی و جنگل برای افزایش ترسیب کربن خاک و حفظ تعادل کربن بسیار مهم و اساسی خواهد بود. منبع اصلی ماده آلی خاک بافت‌های گیاهی است. تحت شرایط طبیعی، قسمت‌های هوایی و ریشه درختان، بوته، علف‌ها و دیگر گیاهان بومی سالانه، مقدار زیادی پس‌مانده‌های آلی فراهم می‌آورند. سو<sup>1</sup> و همکاران (2010) در تحقیقی، ابراز داشتند که احیای بیولوژیک اراضی بیابانی باعث افزایش پتانسیل ترسیب کربن خاک می‌شود.

نتایج به‌دست‌آمده از میزان کربن در افق‌های خاک مختلف نشان داد که اختلاف قابل توجهی در میزان ظرفیت ترسیب کربن دو گونه تاغ و سوف در بین افق‌ها و فاصله‌های در نظر گرفته وجود دارد. در این مطالعه، نتیجه‌گیری شد که ترسیب کربن در خاک منطقه ریشه در گونه تاغ بسیار بیشتر از گونه سوف بوده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که قسمت اعظم این کربن ترسیب‌یافته در خاک منطقه ریشه در گونه تاغ در افق اول (0-30 سانتی‌متر) و در زیر تاج پوشش بوده است که بیانگر تأثیر زیاد میزان درصد پوشش تاجی موجود و افزایش میزان لاش‌برگ گیاهی در منطقه زیر تاج پوشش گیاهی است. این مطلب از آنجایی قابل توجیه است که در فاصله بین گونه‌های گیاهی، جایی که تقریباً عاری از پوشش بوده، نیز پروفیل با همان

2. Cannel

3. Wang

4. Wani

1. Su

بنابراین، در گونه سوف، عمق اول (0-5 سانتی‌متر) دستخوش اثرات مستقیم باد است و مواد آلی خیلی کمتری به نسبت عمق دوم (5-30 سانتی‌متر) دارد که خاک در عمق دوم نسبت به عمق اول ثابت‌تر است و فرصت تشکیل مواد آلی نیز بیشتر می‌شود.

از آنجایی که قسمت اعظم کربن خاک در مناطق بیابانی در افق‌های سطحی آن قرار دارد، کربن خاک می‌تواند نقش مؤثری بر کیفیت خاک این مناطق داشته باشد.

در صورتی که خاک کاملاً لخت باشد، باعث می‌شود که خاک سطحی مرتب جابه‌جا شود و تشکیل مواد آلی در لایه فوقانی خاک خیلی ناچیز باشد. اما گونه تاغ تاج پوشش خیلی انبوه‌تری در برابر گونه سوف دارد و این موضوع باعث شده است که باد نتواند در زیر تاج پوشش این گونه خاک را به راحتی جابه‌جا کند، در صورتی که گونه سوف با فرم رویشی علفی و با توجه به تاج پوشش بسیار اندکی که در واحد سطح دارد، باد به راحتی می‌تواند خاک اطراف و زیر تاج پوشش گونه سوف را جابه‌جا کند.

## مراجع

1. امیر اصلانی، فرشاد. 1382. ترسیب کربن در اراضی بیابانی، مرتع و بیابان، 62: 71-76.
2. دمانندی، علی اکبر، و اهرنجانی، بهمن. 1384. روش‌های احیای بیابان با پوشش گیاهی. انتشارات مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، 224 ص.
3. دیانتی تیلکی، قاسمعلی، نقی پور برج، علی اصغر، توکلی، حسین، حیدریان آقاخان، مریم، و سعید افخم الشعراء، محمدرضا. 1388. تأثیر قرق بر میزان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مراتع نیمه خشک استان خراسان شمالی. مجله علمی پژوهشی مرتع، 3(4): 679-668.
4. شاهویی، سید صابر. 1385. (ترجمه)، سرشت و خصوصیات خاک‌ها. انتشارات دانشگاه کردستان، 884 ص.
5. عبدی، نصیر، مداح عارفی، حسن، و زاهدی امیری، قاسم. 1387. برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گون زارهای استان مرکزی (مطالعه موردی: منطقه الممیر شهرستان شازند). مجله پژوهش و سازندگی، 15(2): 269-282.
6. فروزه، محمدرحیم. 1385. بررسی ترسیب کربن خاک و زیتوده سر پای گونه‌های بوته‌ای غالب و همراه در منطقه پخش سیلاب گربایگان فسا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، 74 ص.
7. محمودی طالقانی، عبدالله، زاهدی امیری، قوام‌الدین، عادل، ابراهیم، و ثاقب طالبی، خسرو. 1385. برآورد ترسیب کربن در لایه‌های خاک جنگل‌های تحت مدیریت. مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، 15(3): 241-252.
8. ورامش، سعید، حسینی، سیدمحسن، عبدی، نوراله و اکبری‌نیا، مسلم. 1389. اثرهای جنگل کاری در افزایش ترسیب کربن و بهبود برخی ویژگی‌های خاک. مجله جنگل ایران، انجمن جنگل‌بانی ایران، شماره 1. 25-35 ص.
9. Brooks, R. 2000. Carbon sequestration what's that? j. Forest Management, 32: 2-4.
10. Cannell, G.R. 2003. Carbon sequestration and biomass energy off set theoretical, Potential and achievable capacities globally, in Europe and UK, J. Biomass and Bio energy, 24: 97-116.
11. Cannel, M.G.R. and Dewar, R.C. 1993. The carbon sinks provided by plantation forests and their products in Britain. Institute of Terrestrial Ecology, Scotland, 124p.
12. Komer, C. 2003. Carbon limitation in trees, J. of Ecology, 91: 4-17.
13. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. J. Science 304: 1623-1627.
14. Maya, S.M.F., Stephen, M. Ogle, C.E.P. and Carlos C.C. 2009. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondonia and Mato Grosso states, Brazil, J. Geoderma, 149: 84-91.
15. Ostle, N.J., Levy, P.E., Evans, C.D., and Smith, P. 2009. UK land use and soil carbon sequestration. Land Use Policy, 826, 10.
16. Shi, X.Z., Wang, H.J., Yu, D.S., David., Weindorf., Cheng, X.F., Pan, X.Z., Sun, W.X., and Chen, J.M. Potential for soil carbon sequestration of eroded areas in subtropical China. 2009. J. Soil & Tillage Research, 105: 322-327.
17. Smith, P., 2007. Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. European Journal of Agronomy, 20: 229-236.
18. Srinivasaraoa, Ch., Venkateswarlua, B., Rattan L.b., Anil K.S., Sumanta K., Vittal D.G., Balaguravaiahe, M., Vijaya Sh.B., Ravindra Ch., Prasadbabuf, T., and Yellamanda R. 2012. Soil carbon sequestration and agronomic productivity of an Alfisol for a groundnut-based system in a semiarid environment in southern India, European Journal of Agronomy, 43: 40-48.
19. Su, Y.Z., Xue, F.W., Rong, Y., and Jaehoon, L. 2010. Effects of sandy desertified land rehabilitation on soil carbon sequestration and aggregation in an arid region in china, J. Environment Management, 91: 2109-2116.
20. UNDP. 2000. Carbon sequestration in the desertified rangelands of Hossein Abad, through community based management, Program Coordination, 1-7.
21. Wang, Y., Bojie F., Yihe L., and Liding C. 2011. Effects of vegetation restoration on soil organic carbon sequestration at multiple scales in semi-arid Loess Plateau, China, J. Catena, 85: 58-66.
22. Wani, S.P., Girish, Ch., Sahrawat, K.L., Srinivasa Rao, Ch., Raghvendra, G., Susanna, P., and Pavani, M. 2012. Carbon sequestration and land rehabilitation through *Jatropha curcas* (L.) plantation in degraded lands. J. Agriculture, Ecosystems & Environment, 161: 112-120.
23. Whlliam, E., 2002. Carbon dioxide fluxes in a semi-arid environment with high carbonate soils. J. Agricultural and Forest Meteorology, 116: 91-10.