تأثیر جنگل‌های دست‌کاشت بر میزان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مناطق خشک
(مطالعه موردی: منطقه زواره شهرستان اردستان)

علی اصغر نقی‌پور برج[1]، مسعود نصری[2]، مریم حیدریان آقاخانی[3]، محمد حسین نساجیان[4]

تاریخ دریافت: 92/1/12 تاریخ پذیرش: 92/7/25

چکیده

تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی یکی از چالش‌های مهم در بحث توسعه پایدار است که ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. ترسیب کربن در زیتوده گیاهی و خاک، ساده‌ترین و به لحاظ اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن جهت کاهش کربن اتمسفری محسوب می‌گردد. مناطق خشک از پتانسیل بالایی برای جذب کربن اتمسفری و تعدیل تغییر اقلیم برخوردارند. جهت برآورد ترسیب کربن گونه‌های تاغ کاشته شده و شاهد در منطقه زواره، نمونه‌برداری از زیتوده، خاک (در دو عمق 15-0 و 30-15 سانتی‌متری) و لاشبرگ به‌صورت تصادفی- سیستماتیک انجام گرفت. ترسیب کربن در زیتوده گیاهی از طریق معادلات آلومتریک و کربن آلی خاک از روش والکی-بلک تعیین گردید. نتایج نشان‌داد کاشت گونه‌های تاغ در این منطقه منجر به افزایش ترسیب کربن به مقدار 24/1 تن در هکتار نسبت به منطقه شاهد اطراف شد که ارزش اقتصادی آن در کل مساحت منطقه دست‌کاشت زواره 12 میلیون دلار محاسبه گردید. نتایج توزیع کربن نیز نشان‌داد که بیش از 45 درصد از کل ترسیب کربن را کربن آلی خاک تشکیل می‌داد. به‌طورکلی می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که گونه تاغ قابلیت ترسیب کربن بالایی دارد و خاک مهم‌ترین مخزن کربن آلی در این مناطق می‌باشد. با توجه به نتایج این تحقیق ضروری می‌باشد که اقدامات لازم در جهت افزایش پتانسیل ترسیب کربن در عرصه‌های مختلف کشور انجام گیرد تا ضمن پایدارتر کردن اکوسیستم، تغییرات اساسی را در مقابله با تغییر اقلیم ایجاد کرد.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن، خاک، زیتوده گیاهی، تاغزارهای زواره.

1- دانشجوی دکترای علوم مرتع و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان. نویسنده مسوول
aa_naghipour@ yahoo.com

2- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان ps_sepahan@ yahoo.com

3- کارشناسی‌ارشد مرتعداری دانشکده منابع‌طبیعی دانشگاه تربیت‌مدرس
Email: ma_haidarian@ yahoo.com

4- کارشناسی ارشد آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان اصفهان

مقدمه

تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه پایدار محسوب می‌گردد، که تأثیر منفی روی اکوسیستم‌های خشکی و دریایی دارد. تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی، ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر می‌باشد، که دی‌اکسید کربن یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌گردد (19).

غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری ازسال 1750 تاکنون به دلیل احتراق سوخت‌های فسیلی و تغییر کاربری اراضی، حدود 31 درصد افزایش پیدا کرده است، که حدود 34 درصد از کل میزان کربن منتشر شده سالیانه، ناشی از تغییر کاربری اراضی و 66 درصد آن از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی وارد هوا می‌گردد. در گذشته، توسعه کشاورزی علت اصلی افزایش غلظت دی‌اکسید‌کربن اتمسفری بود، ولی امروزه احتراق کربن فسیلی در صنایع و وسایل نقلیه علت اصلی می‌باشد (19).

میانگین درجه حرارت هوا در سطح کره زمین از سال 1800میلادی، بین $^{\circ}C$ 0/3-0/6 افزایش یافته است. برآورد فعلی از میانگین افزایش درجه حرارت جهانی هوا در حدود $^{\circ}C$ 3/5 -1 تا سال 2100 می‌باشد (17).

پالایش کربن با روش‌های مصنوعی مثل فیلتر و ... هزینه‌های سنگینی در بردارد (15). بنابراین به منظور کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفری و ایجاد تعادل در محتوای گازهای گلخانه‌ای، کربن اتمسفر باید جذب و در شکل‌های مختلف ترسیب گردد (8).

زیست‌کره خاکی[1] حاوی حدود 1500 میلیارد تن کربن در عمق یک متری خاک‌ها و حدود 600 میلیارد تن کربن در پوشش‌گیاهی می‌باشد، که این دو مجموعاً سه برابر مقدار کربن موجود در اتمسفر را دارا می‌باشند (19). بنابراین، هر تغییری در ذخیره کربن گیاهان یا خاک‌ها به طور قابل توجهی بر دی‌اکسیدکربن اتمسفر تأثیر می‌گذارد (22). ترسیب کربن در زیتوده گیاهی و خاک‌هایی که تحت این زیتوده هستند، ساده‌ترین و به‌لحاظ اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن جهت کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری است (23).

ترسیب کربن عبارت از تغییر دی‌اکسیدکربن اتمسفری به شکل ترکیبات آلی کربن‌دار توسط گیاهان و نگهداری آن برای مدت زمان معین است (19). این فرآیند طی عمل فتوسنتز توسط گیاهان صورت می‌گیرد.

از بین روش‌های مرسوم، توسعه و گسترش پوشش گیاهی، به‌ویژه در مناطق خشک، بیش از سایر روش‌ها کاربرد داشته و در حال حاضر به طور موثری برای کاهش دی‌اکسیدکربن موجود در هوا به کار گرفته شده است (11).

یکی از اکوسیستم‌های خاص کشور ما، مناطق بیابانی است. حدود 12 میلیون هکتار از اراضی بیابانی را پهنه‌های ماسه‌ای تشکیل می‌دهند که حدود شش میلیون هکتار از آن فعال است (4).

[1]- Terrestrial Biosphere

گونه‌های تاغ با دارا بودن سه خصوصیت اصلی، خشکی‌پسندی، شورپسندی و شن‌دوستی، به عنوان سازگارترین گونه‌ها در بین گیاهان مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی قلمداد شده و بدین لحاظ به طور وسیعی در عملیات تثبیت بیولوژیکی شن مورد استفاده قرار گرفته است (5).

رویشگاه‌های طبیعی تاغ به همراه عرصه‌های وسیع تاغ‌کاری شده کشور، به تنهایی بیش از 1/5 میلیون هکتار را شامل می‌شوند، جزو ذخایر ارزشمند کشور محسوب می‌گردند. این عرصه‌ها علاوه بر اثرات اجتماعی- اقتصادی بر مناطق رویش آنها، از جنبه‌های زیست محیطی نظیر ترسیب مقادیر قابل توجهی از کربن اتمسفر، حایز اهمیت فراوان می‌باشد (1).

امانی و مداح عارفی (1382)، مقدار کربن ترسیب شده در اندام‌های هوایی و زیرزمینی تاغزارهای دست کاشت کشور را معادل 15 میلیون تن برآورد نمودند.

در صورت احیاء اراضی بیابانی، ترسیب کربن در این مناطق می‌تواند به میزان 4/1 تا 23 برابر افزایش پیدا کند (24).

باراس[1] و همکاران (2012)، ارتباط مدل‌های آلومتریک را با محتوای کربن زیتوده هوایی و زیرزمینی در دو گونه سیاه‌تاغ و زردتاغ در آسیای مرکزی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که پارامترهای ارتفاع، سطح یقه و سطح تاج پوشش بهترین ارتباط را با میزان کربن زیتوده هوایی و زیرزمینی در این گونه‌ها دارد.

در ایران نیز عبدی و میرطالبی (1390) با مقایسه میزان ترسیب کربن خاک در تیپ‌های گیاهی *Haloxylon persicum* و *Halocnemum strobilaceum* در شمال‌شرقی کویر میقان به این نتیجه دست یافتند که کل کربن آلی خاک ترسیب شده در عمق 0-30 سانتی‌متری اراضی احیاشده با گونه *Haloxylon persicum*، 16/98 تن در هکتار و در تیپ گیاهی *Halocnemum strobilaceum*، 24/35 تن در هکتار بود.

بنابراین با بررسی عوامل مدیریتی تأثیرگذار بر فرآیند ترسیب کربن، می‌توان اصلاح و احیاء مراتع را از این منظر دنبال نمود. این امر می‌تواند یک نگرش سیستمی به اصلاح و احیاء مراتع باشد، چرا که ضمن تأمین حفاظت کمی و کیفی شرایط خاک، می‌تواند راهکاری جهت مقابله با آلودگی هوا و بحران تغییر اقلیم و در نهایت دستیابی به توسعه پایدار زیست‌محیطی تلقی گردد (8). بنابراین هدف از این مطالعه برآورد میزان ترسیب کربن تاغ‌های کشت شده در منطقه زواره اردستان و محاسبه ارزش اقتصادی کربن ترسیب شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به وسعت حدود 2435 هکتار در شمال استان اصفهان و در 10 کیلومتری شمال شهر زواره قرار دارد. این منطقه بین طول-

[1] Buras

های جغرافیایی ″01 ′28 °52 تا ″01 ′33 °52 شرقی و عرض‌های جغرافیایی ″29 ′30 °33 تا ″33 ′33 °33 شمالی قرار دارد.

حداکثر ارتفاع از سطح دریا 983 و حداقل آن 956 متر است که اختلاف ارتفاع حدود 27 متر و شیب کمتر از یک درصد نشان دهنده دشتی صاف و هموار می‌باشد.

میانگین بارندگی سالیانه منطقه 115/8 میلی متر می‌باشد که همانند کلیه مناطق خشک و نیمه-خشک دارای پراکنش مناسبی نمی‌باشد و بیشترین بارش در فصل زمستان اتفاق می‌افتد. متوسط تبخیر و تعرق سالیانه (روش بلانی-کریدل) 2051 میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه 18/7 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس روش‌های مختلف تعیین اقلیم (دومارتن، آمبرژه و گوسن) فراخشک، خشک سرد و نیمه‌بیابانی شدید می‌باشد. خاک این منطقه دارای بافت شنی لومی و دارای رخساره ژئومورفولوژی پهنه‌های شنی می‌باشد (2).

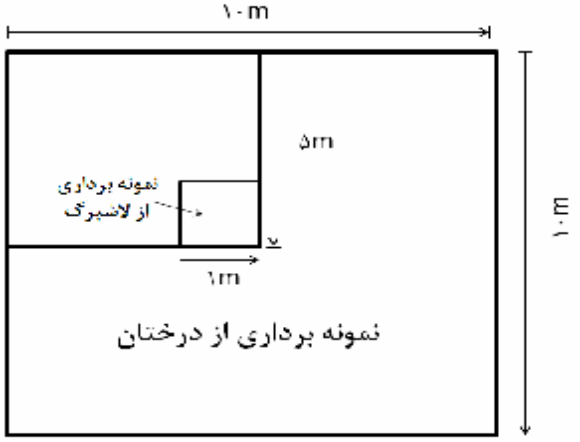
تاغ‌کاری در منطقه زواره اردستان در سال 1353 با کشت دو گونه سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum* Minkw.) و سفید تاغ (*Haloxylon persicum* Bunge) و با هدف تثبیت شن‌های روان انجام شد(2) و هم‌اکنون، در هر هکتار از منطقه مورد مطالعه به طور متوسط 549 اصله تاغ وجود دارد (شکل 1).

شکل 1- نمایی از تاغزارهای دست‌کاشت منطقه زواره

روش نمونه‌برداری

پس از شناسایی مقدماتی و تعیین حدود منطقه مورد بررسی، به‌منظور مطالعه متغیرهای پوشش گیاهی، از روش تصادفی-سیستماتیک در قالب 10 پلات تودرتو در هر منطقه (تاغ‌کاری و شاهد) استفاده شد (شکل 2). نمونه‌برداری از منطقه تاغ-کاری‌شده و منطقه شاهد که در مجاورت آن قرار داشت و تحت کشت گونه تاغ قرار نداشت، انجام گرفت. بدین‌صورت که در داخل منطقه مورد بررسی 5 ترانسکت به صورت موازی که در

امتداد هر ترانسکت، 2 پلات تو در تو مربعی شکل قرار گرفت، مستقر شد. نحوه استقرار ترانسکت‌ها در منطقه بدین شکل بود که مکان اولین ترانسکت به طور تصادفی تعیین شده و چهار ترانسکت بعدی با توجه به مساحت منطقه، با فواصل مشخص از هم مستقر گردیدند. ابتدا در پلات 10×10 متری اطلاعاتی از گونه تاغ، شامل قطر برابر سینه (DBH)، ارتفاع درخت (H)، ارتفاع تنه (Hc) و قطر کوچک (L) و بزرگ (W) تاج اندازه‌گیری شد. در هر پلات تعدادی از شاخه‌ها به طور تصادفی بریده شده و 10 نمونه به صورت تصادفی (برای محاسبه درصد کربن) از آنها جدا گردید. در داخل پلات 5×5 متری، نمونه‌های خاک از دو عمق 0-15 و 15-30 سانتی‌متری به صورت ترکیبی برداشت شد. به این صورت که 4 نمونه از 4 گوشه پلات برداشت شد و سپس نمونه‌ها با هم مخلوط شد. کل لاشبرگ موجود در پلات 1×1 متری نیز جمع‌آوری و توزین شد. در قطعه شاهد نیز با توجه به عدم پوشش درختی و علفی، فقط نمونه-برداری خاک داخل پلات‌های 5×5 متری و از دو عمق 0-15 و 15-30 سانتی‌متری انجام گرفت. نمونه‌ها داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شد (18).



شکل 2- اندازه پلات به کار گرفته شده برای اندازه‌گیری هر یک از متغیرهای گیاهی

روش آزمایشگاهی

در آزمایشگاه، نمونه‌های زیتوده گیاهی و لاشبرگ به مدت 24 ساعت در دمای 105 درجه سانتی‌گراد خشک شد و سپس درصد کربن آلی به روش احتراق در کورهٔ الکتریکی تعیین شد. چگالی نمونه‌ها نیز با استفاده از روش دانسیته وزن خشک محاسبه شد. نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک و بعد از خرد نمودن کلوخه‌ها و جدا کردن ریشه‌ها، سنگ و سایر ناخالصی‌ها، آسیاب و از الک 2 میلی‌متری عبور داده شد. وزن مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و همچنین کربن آلی با استفاده از روش روش والکی‌بلک[1] اندازه-گیری شد (3).

[1] Walkley-black

در نهایت با استفاده از رابطه زیر، میزان کربن آلی خاک بر حسب کیلوگرم بـر هکتـار تعیـین گردید:

$$Cs = 10000 \times \% OC \times Bd \times E$$

Cs= کربن آلی (kg/ha)

OC %= درصد کربن آلی

Bd= وزن مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)

E= عمق نمونه‌داری (cm)

روش محاسبه زیتوده

برای محاسبه حجم تنه و تاج‌پوشش و همچنین محاسبات مربوط به زیتوده هوایی و زیرزمینی درخت مراحل زیر براساس دستورالعمل هرناندز[1] و همکاران (2004) انجام گرفت:

سطح مقطع درخت با استفاده از فرمول شمارهٔ 1، حجم درخت با استفاده از فرمول شمارهٔ 2 و زیتوده تنه بر حسب کیلوگرم بر اساس شمارهٔ 3 محاسبه شد.

$$A_b = \pi \times r^2 \quad (1)$$

$$V = A_b \times H \times K_c \quad (2)$$

$$Biomass = 1000V \times WD \times \quad (3)$$

A_b= سطح مقطع درخت (m^2), r= شعاع درخت (m), π = 3/14, H= ارتفاع درخت (m), K_c= 0/54, WD= چگالی (gr/cm^3), V= حجم درخت (m^3)

با توجه به اینکه نمونه‌برداری کامل از ریشه درخت جهت محاسبه زیتـوده، نیازمنـد صرف وقت و هزینه زیادی می‌باشـد و بـرای جلوگیری از روش‌های نمونه‌برداری مخـرب، زیتوده ریشه گونه‌های تاغ با استفاده از فرمول شماره 4 برای گونه سیاه تاغ و فرمول شماره 5 برای گونه زردتاغ محاسبه گردید. در این تحقیق 83 و 91 درصد زیتوده هوایی به ترتیب برای سیاه‌تاغ و زردتاغ به عنوان زیتوده ریشه در نظر گرفته شد(13).

$$BGB = Volume\ AGB \times 0.83 \quad (4)$$

$$BGB = Volume\ AGB \times 0.91 \quad (5)$$

AGB زیتوده هوایی=BGB = زیتوده زیر زمینی

حجم تاج گونه‌های تاغ نیز با استفاده از فرمول شماره 6 محاسبه گردید:

$$V\ (m^3) = (\pi \times Db^2 \times Hc) / 8 \quad (6)$$

π = 3/14 Db: (L+W)/2

Hc = ارتفاع تنه

روش‌های آماری:

ابتدا نرمال‌بـودن داده‌هـا بـه وسـیله آزمـون کولمـوگروف اسـمیرنوف و همگـن بـودن واریانس‌ها توسط آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. از آنالیز واریانس یک‌طرفه جهت بررسی اثر اراضی دست کاشت تاغ روی ترسیب کربن خاک استفاده شد. مقایسه میانگین‌هـا بـه‌وسـیله آزمون دانکن انجام شد. کلیه محاسبات آماری در نرم‌افزار SPSS16 و رسم نمودارها در محـیط Excel 2007 انجام شده‌است.

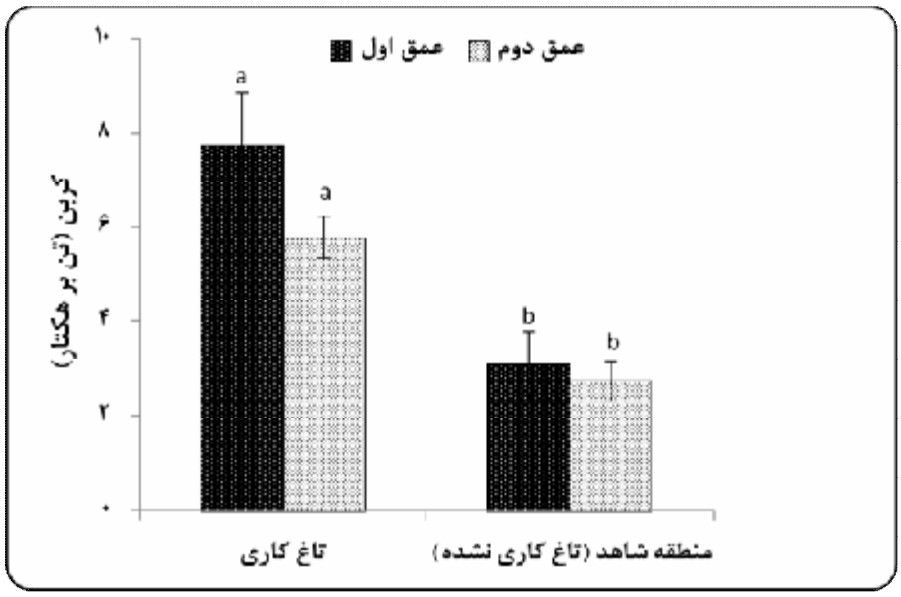
نتایج

ترسیب کربن خاک

[1] Hernandez

نتایج نشان‌داد که تاغ‌کاری در این منطقه به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش ترسیب کربن خاک در مدت 37 سال شده است (P<0/05). کل کربن ترسیب شده در واحد سطح منطقه تاغ‌کاری 13/5 تن در هکتار و در قطعه شاهد معادل 5/8 تن در هکتار بود. به این ترتیب تاغ‌کاری در منطقه باعث افزایش ترسیب کربن خاک به میزان 7/7 تن در هکتار نسبت به قطعه شاهد اطراف شده است (جدول 1 و شکل 2).

همچنین مقایسه میانگین دو عمق اول و دوم خاک در هر منطقه نشان داد که بیشترین مقدار ترسیب کربن مربوط به عمق اول منطقه تاغ‌کاری بود. همچنین در هر منطقه میزان ترسیب کربن در عمق اول نسبت به عمق دوم بیشتر بود، با وجود اینکه این تفاوت در هر دو منطقه مورد مطالعه معنی‌دار نبود (جدول 1 و شکل 3).



توضیح: حروف غیر مشترک نشان دهنده اختلاف آماری در سطح 5% می‌باشند.

شکل 3- میزان ترسیب کربن خاک در عمق اول (0-15 سانتی‌متر) و عمق دوم (15-30 سانتی‌متر)

جدول 1- مقدار ترسیب کربن در دو عمق مختلف خاک در دو منطقه تاغ‌کاری شده و شاهد در منطقه زواره

منطقه	عمق لایه خاک (سانتی‌متر)	درصد کربن آلی	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	ترسیب کربن (کیلوگرم بر متر مربع)	ترسیب کربن (تن در هکتار)
تاغ‌کاری	0-15	0/47	1/09	0/77	7/74
تاغ‌کاری	15-30	0/34	1/13	0/57	5/77
شاهد (تاغ‌کاری نشده)	0-15	0/17	1/21	0/31	3/10
شاهد (تاغ‌کاری نشده)	15-30	0/15	1/24	0/27	2/73

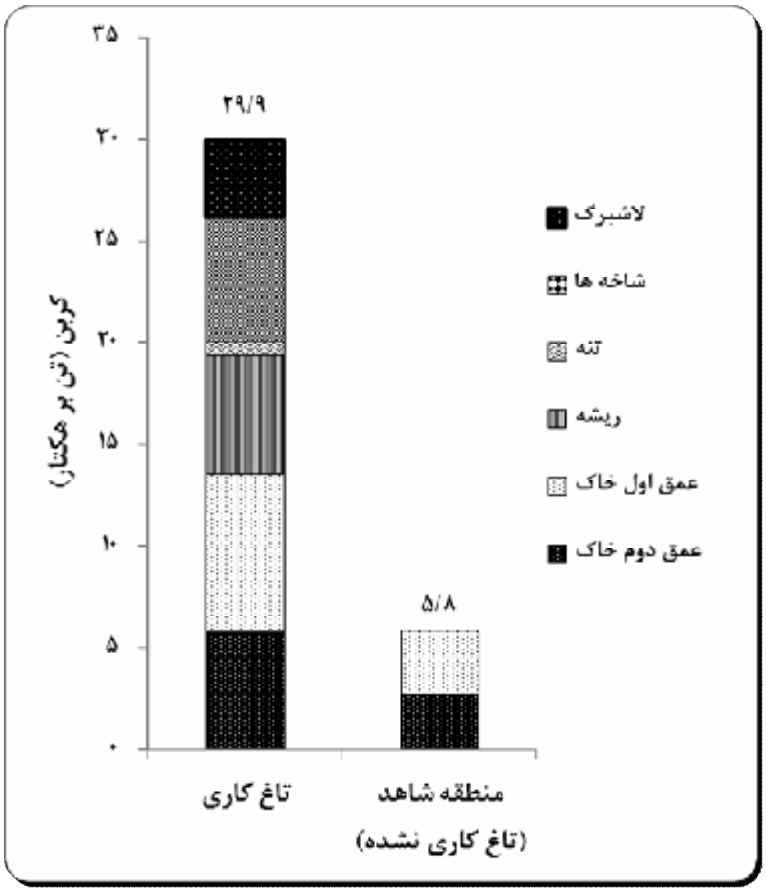
ترسیب کربن در زیتوده گیاهی: با توجه به این‌که در منطقه شاهد پوشش گیاهی چندانی وجود نداشت، صرفاً اطلاعات

مربوط به زیتوده گیاهی مربوط به منطقه دست-کاشت تاغ در شکل 3 ارایه گردیده‌است. نتایج نشان‌داد که بیشترین میزان زیتوده گیاهی با 12/57 تن بر هکتار مربوط به زیتوده تاج پوشش می‌باشد و کمترین مقدار نیز با 1/49 تن بر هکتار در زیتوده تنه می‌باشد.

همچنین از نظر میزان ترسیب کربن در هر یک از اجزای زیتوده گیاهی نتایج نشان‌داد که بیشترین میزان کربن ترسیب شده در زیتوده هوایی (مجموع زیتوده تنه و تاج پوشش) با 6/9 تن در هکتار قرار دارد و کمترین آن نیز با 3/73 تن در هکتار مربوط به زیتوده لاشبرگ می‌باشد (شکل 3).

ترسیب کربن کل

کل کربن ترسیب شده در واحد سطح منطقه دست‌کاشت تاغ 29/9 تن بر هکتار، در حالی که در منطقه شاهد 5/8 تن بر هکتار بود و بین دو منطقه از نظر میزان کل کربن ترسیب شده تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده گردید (شکل 4). در نتیجه کاشت گونه‌های تاغ در این منطقه باعث افزایش 24/1 تن در هکتار گردیده است.



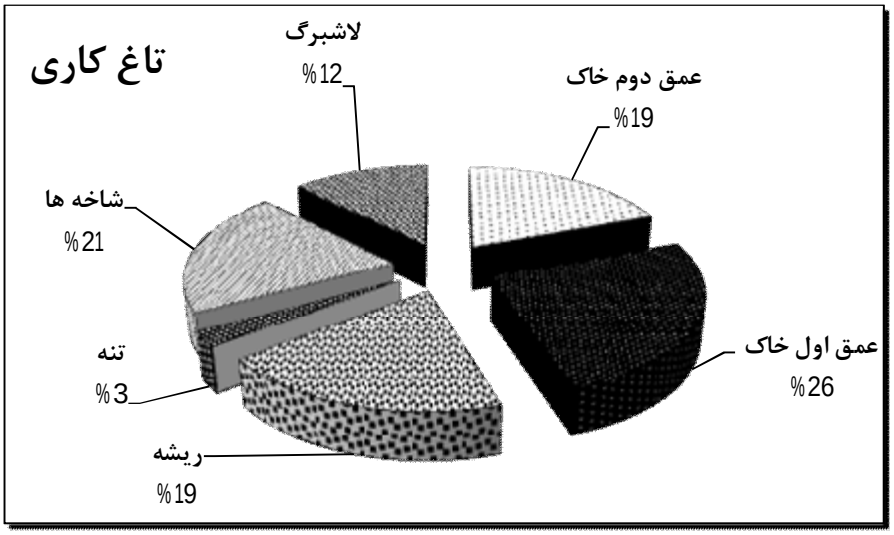
شکل 4- نمودار مقایسه میانگین کل کربن ترسیب شده در دو منطقه تاغکاری و منطقه شاهد (تاغکاری نشده)

کل مقدار ترسیب کربن در منطقه تاغکاری در طول 37 سال 29/9 تن در هکتار بود که از این مقدار 0/74 تن (3%) در تنه درختان، 6/16 تن (21%) در شاخه‌ها، 5/83 تن (19%) در ریشه‌ها،

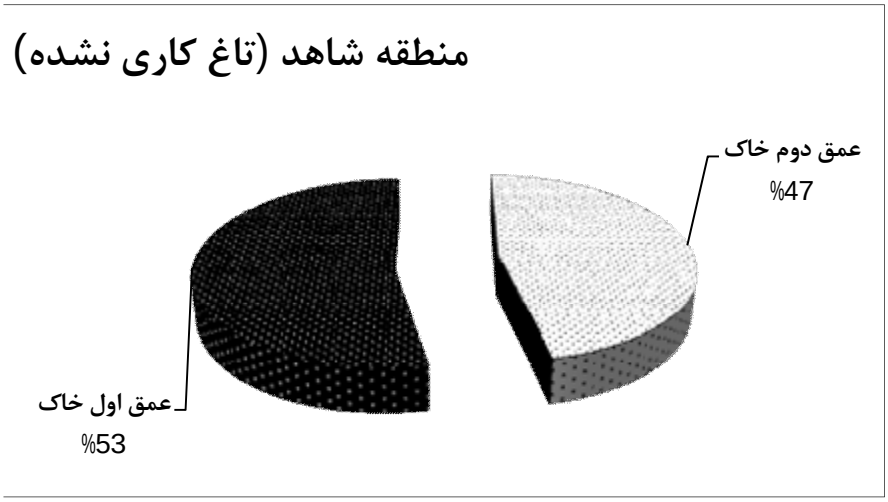
7/74 تن (26%) در عمق اول خـاک، 5/77 تـن (19%) در عمق دوم خاک و 3/73 تن (12%) در لاشبرگ‌های این منطقه بود (شکل 5).

بنابراین کربن آلی خاک با مجموع 13/5 تن در هکتار (45 درصد) در دو عمق اول و دوم، دارای بیشترین و لاشبرگ دارای کمترین سهم از ترسیب کربن بودند.

باتوجه به این‌که منطقه شاهد فاقـد پوشـش گیاهی خاصی بود، این منطقه نقش چنـدانی در ترسیب کربن اتمسفری نداشت و توانسته بود تنها مقدار 5/83 تن در هکتار ترسیب کربن درخاک داشته باشد. از کل کربن ترسـیب شـده در هـر هکتار از منطقه شاهد (تاغکاری نشده)، 3/10 تن (53%) سهم کربن آلی عمق اول خاک و 2/73 تن (47%) سهم کربن آلی عمق اول خاک بود (شکل 6).



شکل 5- سهم اجزای مختلف در ترسیب کربن کل در منطقه تاغکاری



شکل 6- سهم اجزای مختلف خاک منطقه شاهد در ترسیب کربن کل

بحث

نتایج این تحقیق نشان‌داد که کاشت گونه‌های تاغ در زمین‌های بایر مانند اراضی بیابانی و شن-زارهایی که در این مناطق واقع شده است، پتانسیل بسیار بالایی در ترسیب کربن اتمسفری دارد. به این صورت که منجر به افزایش ترسیب کربن به مقدار 24/1 تن در هکتار نسبت به زمین بایر اطراف شده است.

باراس و همکاران (2012) نیز در مطالعات خود به اهمیت تاغ‌کاری در جذب Co_2 اتمسفری تأکید کرده‌اند. تاغزارها خدمات اکولوژیکی بسیار متنوعی را نیز ارائه می‌دهند. تثبیت شن، تأثیر بر اقلیم محلی از طریق کاهش نوسانات دمایی، ایجاد زیستگاه مناسب برای گیاهان و حیوانات و همچنین تولید علوفه برای دام و حیات‌وحش از جمله آثار دیگر تاغزارها است (13).

امانی و مداح عارفی (1382) اظهار کردند که اراضی دست‌کاشت تاغ در مناطق بیابانی، کربن را ترسیب کرده و در جلوگیری از انتشار CO_2 تأثیرگذار هستند، به‌گونه‌ای که نقش بسیار مهمی در جلوگیری از افزایش سطح CO_2 ایفا می‌کنند.

با در نظر گرفتن این‌که مساحت منطقه دست-کاشت تاغ حدود 2435 هکتار است، با احتساب این‌که هر هکتار احیاء با گونه‌های فوق 24/1 تن در هکتار مقدار ترسیب کربن را نسبت به منطقه شاهد افزایش داده‌است، بنابراین تاغ‌کاری، در مقایسه با منطقه شاهد اطراف باعث افزایش ترسیب کربن به مقدار 58683/5 تن شده است.

چنانچه در این تحقیق ارزش هر تن کربن ترسیب شده، حداقل 200 دلار در نظر گرفته شود (11)، در این صورت ارزش اقتصادی حاصل از ترسیب کربن انجام گرفته درکل مساحت تاغ-کاری، حدود 12 میلیون دلار خواهد بود. احیاء اراضی بیابانی می‌تواند علاوه بر نقش مؤثری که در افزایش پوشش گیاهی، افزایش تولید و حفاظت خاک دارد، در دستیابی به ارزش اقتصادی از طریق ترسیب کربن نیز از اهمیت بالایی برخوردار باشد.

با توجه به این که سهم خاک در ترسیب کربن کل بیش از 45% بود، بنابراین می‌توان با اطمینان بیان داشت که در این اکوسیستم‌ها، خاک مهمترین مخزن کربن آلی به‌شمار می‌آید. نتایج تحقیقات آرادوتیر[1] و همکاران (2000)؛ جائو[2] و همکاران (2007) و نقی‌پور برج و همکاران (1388) نیز مؤید این نتیجه است.

همچنین میزان ترسیب کربن در عمق اول خاک در مقایسه با عمق دوم بیشتر بود. رایس[3] (2000) با مطالعه تأثیر عمق خاک برمیزان ترسیب کربن، به این نتیجه رسید که بین مقدار ترسیب کربن خاک در نواحی خشک و نیمه-خشک و عمق خاک رابطه غیرمستقیم وجود دارد. این نتیجه با یافته‌های شومن[4] و همکاران (2002) و نقی‌پور برج[5] و همکاران (2011) نیز مطابقت دارد و دلیل بالا بودن ترسیب کربن خاک در عمق اول مناطق مورد مطالعه نسبت به عمق دوم، را می‌توان به دلیل حجم زیاد لاشبرگ در این عمق دانست (9).

[1] Aradottir
[2] Gao
[3] Rice
[4] Schuman
[5] Naghipour borj

به این دلیل که قسمت اعظم کربن ترسیب شده، در خاک قرار دارد، فرآیند فرسایش خاک موجب هدررفت کربن می‌گردد و هرگونه عملیات بیولوژیکی و مکانیکی که مانع سیر قهقرایی خاک و پوشش گیاهی شود، قطعاً گام مثبتی در جهت مدیریت ترسیب کربن خواهد بود (6). بنابراین، احیا اراضی بیابانی به دلیل افزایش پوشش گیاهی، نقش مؤثری در جلوگیری از هدررفت خاک دارد.

همان‌گونه که نتایج این تحقیق نشان‌داد احیا و اصلاح اراضی بیابانی شامل مجموعه عملیاتی است که به‌منظور افزایش پتانسیل تولید بیولوژیک اراضی در آن‌ها انجام می‌گردد. این عملیات به‌طور عمده بر روی افزایش پوشش گیاهی متمرکز می‌باشد که خود موجب افزایش تجمع کربن در زیتوده هوایی و زیرزمینی و خاک این اراضی می‌گردد (12). احیا اراضی تخریب شده و بایر به دلیل این‌که منجر به کاهش فرسایش، افزایش تولید بیولوژیک و بهبود کیفیت آب و خاک می‌شود، می‌تواند نقش بسیار مهمی نیز در راستای توسعه پایدار و سلامت اکوسیستم ایفا نماید. ترسیب کربن در زیتوده و خاک نیز که باعث تعدیل اثر گلخانه‌ای می‌گردد، می‌تواند به‌عنوان منفعت و سود اضافی حاصل از فعالیت‌ها و عملیات احیا اراضی تخریب‌شده مطرح گردد (6، 11 و 14).

سپاسگزاری

از باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان برای تامین هزینه مطالعات و تامین امکانات پژوهشی این مطالعه در قالب پروژه "تاثیر جنگل‌های دست‌کاشت بر میزان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مناطق خشک (مطالعه موردی: تاغزارهای منطقه زواره شهرستان اردستان)" تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1- امانی، م، ح. مداح عارفی، 1382. بررسی قابلیت ترسیب کربن در تاغزارهای دست‌کاشت کشور و استراتژی آینده، مجموعه مقالات اولین همایش تاغ و تاغکاری، تابستان 82، کرمان.

2- بی‌نام، 1385. طرح مدیریت جنگل‌های دست‌کاشت در منطقه زواره شهرستان اردستان، اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، وزارت جهاد کشاورزی. 189 ص.

3- زرین کفش، م، 1372. خاکشناسی کاربردی ارزیابی و مورفولوژی و تجزیه‌ی کمی خاک-آب-گیاه، انتشارات دانشگاه تهران، 342 ص.

4- زندی اصفهان، ا، س.ج. خواجه‌الدین، م. جعفری، ح.ر. کریم‌زاده و ح. آذرنیوند، 1386. بررسی ارتباط رشد گیاه سیاه تاغ (*Haloxylon ammodendron* C.A. Mey) با خصوصیات خاک در دشت سگزی اصفهان، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره 40: ص 449-463.

5- صفرنژاد، ع، 1384. مقایسه خصوصیات گونه-های تاغ (*Haloxylon spp*) جهت اصلاح و گسترش آن در عرصه‌های بیابانی، پژوهش و سازندگی، شماره 67: ص 51-57.

6- - عبدی، ن، 1384. برآورد ظرفیت ترسیب کربن توسط جنس گون (زیرجنس *Tragacantha*) در دو استان مرکزی و اصفهان، رساله دکتری علوم مرتع، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم تحقیقات، 194ص.

7- عبدی، ن، و آ.س. میرطالبی، 1390. مقایسه میزان ترسیب کربن آلی خاک در تیپ‌های گیاهی *Haloxylon persicum* و *Halocnemum strobilaceum* در شمال‌شرقی کویر میقان، مجموعه مقالات دومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران. ص 725-728.

8- نقی‌پور برج، ع، م. حیدریان آقاخانی، ق.ع. دیانتی تیلکی، و ح. توکلی، 1387. نقش مراتع کشور در جذب گازهای گلخانه‌ای، چکیده مقالات دومین کنفرانس ملی روز جهانی محیط-زیست، تهران، 21-20 خرداد، ص 219.

9- نقی‌پور برج، ع.ا، م. حیدریان آقاخانی، و م. نصری، 1391. بررسی ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مراتع طبیعی و دست‌کاشت (مطالعه موردی: منطقه سیساب بجنورد)، پژوهش-های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره 94: ص 19-26

10- نقی‌پور برج، ع.ا، ق.ا. دیانتی‌تیلکی، ح. توکلی، و م، حیدریان آقاخانی، 1388. تأثیر شدت چرا بر میزان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی مراتع نیمه‌خشک (مطالعه موردی: مراتع سیساب بجنورد)، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران،ج 16 (3): ص 375-385.

11- ورامش س.، حسینی م.، عبدی ن.، 1389: برآورد نیروی جنگل شهری در ترسیب کربن اتمسفری، مجله محیط شناسی، شماره 37 (57): ص 113-120.

12- Aradottir, A., Savarsdottir, L., Kristian, H., Jonsson, P. & Gudbergson, G., 2000. Carbon accumulation in vegetation and solids by reclamation of degraded areas. Icelandic AgriculturalSciences,13:99-113.

13-Buras. A., Wucherer. W., Zerbe. S., Noviskiy. Z., Muchitdinov. N., Shimshikov. B., Zverev. N., Schmidt. S., Wilmking. M. & Thevs. N., 2012. Allometric variability of Haloxylon species in Central Asia. Forest Ecology and Management, 274 (2012): 1-9.

14-Canadell, J.G. & Raupach, M.R., 2008. Managing forests for climate change mitigation. Science, 320: 1456–1457.

15-Cannell, G.R., 2003. Carbon sequestration and biomass energy offset theoretical, potential and achievable capacities globally in Europe and UK. Biomass and Bioenergy, 24: 97-116.

16-Gao, Y.H., Luo, p., Wu, N., Chen, H. & Wang, G.X., 2007. Grazing intensity impacts on carbon sequestration in an alpine meadow on the Eastern Tibetan Plateau. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3(6): 642-647.

17-Hamburg, S.P., Harris, N., Jaeger, J., Karl, T.R., McFarland, M., Mitchell, J.F.B., Oppenheimer, M., Santer, S., Schneider, S., Trenberth, K.E. & Wigley, T.M.L., 1997. Common questions about climate change. United Nation Environment Program, World Meteorology Organization.11pp.

18-Hernandez, R., koohafkan, p. & Antoine, J., 2004. Assessing carbon stocks and modeling win-win Scenarios of carbon sequestration through land-use change,166 pp.

19-Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123: 1-22.

20-Naghipour borj, A.A., Haidarian Aghakhani, M., Nasri, M. & Radnezhad, H., 2011. Changes in soil organic carbon, nitrogen and phosphorus in modified and native rangeland communities (Case study: Sisab rangelands, Bojnord), Journal of Rangeland Science, 1 (4): 309-315.

21-Rice C.W., 2000. Soil Organic C and N in rangeland soils under elevation CO2 and land management. Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, Measurements and Monitoring Conference in Raleigh, North Carolina, October 3-5, 2000, 15-24.

22-Schuman, G.E., Janzen, H. & Herrick, J.E., 2002. Soil carbon information and potential carbon sequestration by rangelands. Environmental Pollution, 116: 391-396.

23-William, E., 2002. Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils. Agricultural and Forest Meteorology, 116: 91-102.

24-Zhong Su, Y. Wang, X.F. Yang, R. & Lee, J. 2010. Effects of sandy desertified land rehabilitation on soil carbon sequestration and aggregation in an arid region in China, Journal of Environmental Management, 91: 2109-2116.