

# مقایسه میزان ذخیره کربن در گونه‌های بوته‌ای و علفی زیر پوشش درختان اقاچیا و کاج تهران (مطالعه موردی جنگل کاری بام ملایر)

امین خادمی<sup>۱\*</sup>، بهروز کرد<sup>۱</sup>

## چکیده

این تحقیق با هدف بررسی و مقایسه میزان ذخیره کربن و جذب CO<sub>2</sub> در گونه‌های علفی و بوته‌ای زیر پوشش گونه اقاچیا و کاج تهران در جنگل کاری بام ملایر انجام شد. پس از تلفیق نقشه‌های شیب، ارتفاع و جهت، تعداد و مساحت واحدهای همگن تعیین شد. واحدهای همگنی که گونه اقاچیا و کاج تهران در آن حضور داشتند بر روی نقشه مشخص و آماربرداری صد در صد از آنها صورت گرفت. گونه‌های علفی و بوته‌ای زیرپوشش ۴۰ پایه از گونه‌های اقاچیا و کاج تهران جمع‌آوری شدند. میزان کربن آلی نمونه‌های زیتوده پوشش علفی به روش احتراق در کوره الکتریکی تعیین گردید. برای تعیین ویژگی‌های خاک و بررسی ارتباط آن با میزان زیتوده و ذخیره کربن نمونه‌هایی از عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتری تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد که میانگین میزان زیتوده، ذخیره کربن و جذب CO<sub>2</sub> گونه‌های علفی و بوته‌ای در هر هکتار از توده اقاچیا به ترتیب ۰/۶۶، ۰/۵۴ و ۲ تن و در هر هکتار از توده کاج تهران به ترتیب ۰/۲۸، ۰/۲۳ و ۰/۸۳ تن می‌باشد. نتایج آزمون t نشان می‌دهد که میزان ذخیره کربن در هر هکتار از گونه‌های زیر پوشش اقاچیا و کاج تهران از اختلاف معنی‌داری برخوردار هستند. از بین مشخصه‌های خاک ازت کل، کربن آلی و اسیدیته (همبستگی مثبت) به ترتیب بیشترین همبستگی را با میزان ذخیره کربن داشتند.

**واژه های کلیدی:** ترسیب کربن، جذب CO<sub>2</sub>، جنگل کاری، اقاچیا، کاج تهران.

---

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ملایر، گروه مهندسی فضای سبز، ملایر، ایران.

\* نویسنده مسئول: Email: aminkhademi28@yahoo.com

## مقدمه

تغییرات اقلیمی و افزایش گرمای جهانی یکی از مهمترین چالش‌ها در توسعه پایدار بوده که تاثیر منفی بر اکوسیستم‌های خشکی و آبی دارد که سبب کاهش جذب کربن در گیاهان می‌شود و تولید خالص اولیه جنگل‌ها حدود ۱۸ درصد تا سال ۲۱۰۰ کاهش می‌یابد (چن و جو، ۲۰۰۷). در قرن گذشته فعالیت‌های توسعه اقتصادی بیشترین اثر را بر تمرکز غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر داشته که ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش سطح جنگل‌ها و مراتع برای گسترش کشاورزی است. کربن عمده‌ترین عنصر گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود که ترسیب آن توسط فرایند فتوسنتز و از طریق زیتوده گیاهی، ساده‌ترین و ارزان‌ترین راهکار ممکن برای کاهش سطح میزان این گاز اتمسفری است و پوشش گیاهی با بافت چوبی توانایی ترسیب بیشتری دارد (هاشیموتو و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲).

مراتع یکی از مهمترین اکوسیستم‌های خشکی برای ترسیب کربن به شمار می‌روند که مقدار ترسیب در زیتوده آنها در واحد سطح ناچیز است اما با توجه به وسعت بالای آنها، این اراضی دارای توانایی زیادی برای ترسیب کربن هستند. اکوسیستم‌های مرتعی به دلیل اینکه نیمی از خشکی‌های کره زمین را در بر گرفته‌اند، قابلیت بالایی در ترسیب کربن دارند و ذخیره کربن آنها ۱۰ درصد کل ذخایر کربن زیتوده اکوسیستم‌های

خشکی و ۳۰ درصد کربن آلی خاک را تشکیل می‌دهد (درنر و اسچومن<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷).

میزان ترسیب کربن در واحد زمان به خصوصیات رشد گونه‌های گیاهی، شیوه‌های مدیریت، تغییر کاربری اراضی، نوع عملیات احیایی، شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک و ذخیره قبلی کربن در خاک بستگی دارد (پست و کوان<sup>۴</sup>، ۲۰۰۰). احیاء مراتع تخریب شده و تجدید پوشش گیاهی آنها با گونه‌های علوفه‌ای و پوششی چند ساله می‌تواند ضمن جلوگیری از فرسایش خاک و هدر رفت کربن، تخریب‌های صورت گرفته را در بلند مدت جبران نماید. فرایند فرسایش خاک موجب هدر رفت کربن می‌گردد و هر گونه عملیات بیولوژیکی و مکانیکی که مانع سیر قهقرایی خاک و پوشش گیاهی شود، گام موثری در جهت مدیریت ترسیب کربن خواهد بود (چن و جو، ۲۰۰۷).

گونه‌های مختلف درختی با توجه به نیازهای اکولوژیک، نوع لاشبرگ و توانایی همزیستی با میکرو ارگانیسم‌ها، نقش متفاوتی در روند توسعه خاک و حضور گونه‌های مرتعی دارند. این تحقیق با هدف مقایسه میزان ذخیره کربن و جذب CO<sub>2</sub> در گونه‌های بوته‌ای و علفی زیر پوشش گونه اقاچیا و کاج تهران در طبقات قطری مختلف در جنگل کاری بام ملایر صورت گرفت.

<sup>3</sup> Derner & Schuman, 2007

<sup>4</sup> Post & Kwon, 2000

<sup>1</sup> Chen & Ju, 2007

<sup>2</sup> Hashimoto et al., 2002

## مواد و روش‌ها

### مشخصات منطقه

پارک جنگلی ملایر در شمال شرقی این شهر در موقعیت جغرافیایی  $48^{\circ} 30'$  تا  $49^{\circ} 00'$  طول شرقی و  $34^{\circ} 00'$  تا  $34^{\circ} 30'$  عرض شمالی و در ارتفاع ۱۸۰۶ تا ۱۹۳۰ متر از سطح دریا واقع شده است. بر اساس آمارهای هواشناسی میزان بارندگی سالیانه در منطقه ۳۰۰/۵ میلیمتر و متوسط درجه حرارت سالیانه  $13/2$  درجه سانتیگراد می‌باشد. پتانسیل تبخیر و تعرق سالانه ۱۲۰۰ میلیمتر و تعداد روزهای یخبندان  $67/5$  روز در سال است. نوع اقلیم منطقه با توجه به ضریب آمبرژه ( $Q_2 = 43/4$ ) نیمه‌خشک سرد می‌باشد. تعداد ماه‌های خشک ۵ ماه بوده و از اوایل خرداد ماه شروع و تا اوایل آبان ادامه دارد (سازمان هواشناسی کشور<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸).

این پارک در سال ۱۳۵۲ با هدف ایجاد فضای سبز و تفرجگاه در منطقه‌ای به مساحت ۸۹ هکتار با استفاده از گونه‌های اقاویا (*Robinia pseudacacia* L.)، زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior* L.)، عرعر (*Ailanthus altissima* Mill.)، کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica* Greenc.) با فاصله کاشت  $4 \times 4$  متر احداث گردید. منطقه مورد مطالعه در سه طبقه شیب کمتر از ۱۵، ۱۵ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۴۵ درصد به ترتیب با مساحت ۵۲/۶، ۲۹/۲ و ۷/۲ هکتار قرار دارد، همچنین حدود ۴۵ درصد از منطقه با شیب کمتر از ۱۰ درصد فاقد جهت جغرافیایی بوده و

سایر مناطق عمدتاً دارای جهت شرقی یا غربی هستند.

### روش بررسی

در این بررسی پس از تعیین محدوده جنگل-کاری، نقشه جهت‌های جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و شیب منطقه مورد مطالعه تهیه و بر این اساس واحدهای همگن تعیین گردید. محدوده حضور گونه اقاویا و کاج تهران در روی نقشه مشخص و سطح هر کدام تعیین شد. با آماربرداری صددرصد، قطر برابر سینه، دو قطر عمود بر هم تاج پوشش، ارتفاع و تعداد در هکتار پایه‌های اقاویا و کاج تهران تعیین و قطر متوسط پایه‌ها در طبقات قطری مختلف محاسبه گردید. سپس تعداد ۴۰ پایه از هر گونه (۱۰ پایه از هر طبقه قطری) با در نظر گرفتن شرایط محیطی یکسان (پایه‌های انتخاب شده هر دو گونه در هر طبقه قطری از لحاظ شیب، ارتفاع از سطح دریا و جهت‌های جغرافیایی شرایط مشابهی داشتند) انتخاب و اندام‌های هوایی و زیرزمینی تمامی گونه‌های علفی و بوته‌ای زیر پوشش جمع‌آوری، شناسایی و توزین گردید. برای تعیین میزان زیتوده، اندام‌های مختلف گونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند (فروزه و همکاران، ۱۳۸۷ و عبدی، ۱۳۸۵). میزان کربن آلی موجود در نمونه‌های پوشش علفی و بوته‌ای به روش احتراق در کوره الکتریکی تعیین شد (عبدی و همکاران، ۱۳۸۷). پس از اعمال ضریب  $44/12$  در میزان کربن آلی ذخیره شده در اندام‌های مختلف، میزان جذب

<sup>1</sup> Department of Meterology, 2008

کاج تهران شامل کنگر وحشی (*Silyoum*، *asteraceae L* شکر تیغال (*Echinops*، *asterales Bunge*، گلرنگ وحشی (*Roseda*، *Carthamus lanatus L.*)، ورک (*Astragalus steveni*)، جوی وحشی (*Hordeum sp*)، جوی دو سر (*Avena sativa*)، کیسه کش (*Capsella sp*)، فرفیون (*Euphobia macrocolea Boiss.*)، بومادران (*Achilea spp*) و گل گندم (*Centaurea virgata Lam.*) می‌باشد. با توجه به نتایج آزمایشگاه بافت خاک در بیشتر نمونه‌ها لومی، لومی \_ رسی و لومی \_ شنی می‌باشد. میزان فسفر قابل جذب در بیشتر نمونه‌ها کم و میزان پتاسیم قابل جذب و کربن آلی در عمده نمونه‌ها در حد مطلوب است. میزان نیتروژن قابل جذب در سطوح کم شیب نسبتاً بالاست، همچنین در مناطق پست و کم شیب میزان کربن آلی، نیتروژن و رس افزایش می‌یابد.

میانگین ذخیره زیتوده، کربن و جذب معادل  $CO_2$  در گونه‌های علفی و بوته‌ای موجود در زیر پایه‌های اقاچیا در هر هکتار از جنگل کاری مورد مطالعه به ترتیب ۰/۶۶، ۰/۵۴ و ۲ تن و در مورد گونه کاج تهران به ترتیب ۰/۲۸، ۰/۲۳ و ۰/۸ تن تعیین شد (جدول‌های ۳ و ۴).

نتایج آزمون دانکن در مورد اختلاف میانگین ذخیره کربن در گونه‌های علفی و بوته‌ای زیرپوشش گونه اقاچیا در هر هکتار از طبقات قطری مختلف نشان می‌دهد که میانگین ذخیره کربن در زیر پوشش طبقات قطری ۵ و ۱۰ سانتیمتری در یک گروه قرار می‌گیرند اما این

$CO_2$  محاسبه گردید (خادمی و همکاران، ۱۳۸۹ و هیات بین الدول تغییر آب و هوا<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶). جهت تعیین مشخصه‌های فیزیکی (درصد رس، سیلت و ماسه) و شیمیایی (درصد نیتروژن، پتاسیم و فسفر قابل جذب، درصد کربن آلی، اسیدیته، درصد اشباع بازی) خاک، ۳ نمونه از هر طبقه قطری از زیر تاج پوشش اقاچیا و کاج تهران و از دو عمق صفر تا ۳۰ و ۱۰ تا ۶۰ سانتیمتری (در مجموع ۴۸ نمونه) برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید (خادمی و همکاران، ۱۳۸۹ و مارلن<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای آماری Excel و SPSS انجام شد و برای مقایسه اختلاف میانگین ذخیره کربن در طبقات قطری مختلف از آزمون دانکن و برای مقایسه اختلاف میانگین ذخیره کربن در زیر پوشش دو گونه مطالعه شده از آزمون t استفاده شد. به منظور تعیین تاثیر عوامل محیطی بر روی زیتوده اندام‌ها از آزمون مربع کای و برای تعیین همبستگی بین میزان ذخیره زیتوده با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از معادله‌های رگرسیون استفاده گردید.

## نتایج

بر اساس نتایج بدست آمده میانگین قطر برابر سینه و ارتفاع گونه اقاچیا ۱۰/۸ سانتیمتر و ۳/۷ متر و کاج تهران به ترتیب ۱۰/۹ سانتیمتر و ۳/۵ متر می‌باشد (جدول‌های ۱ و ۲). گونه‌های علفی و بوته‌ای جمع‌آوری شده از زیر پایه‌های اقاچیا و

<sup>1</sup> Intergovernmental panel on Change Climate, 1996

<sup>2</sup> Marlen, 2002

میانگین در زیر پوشش طبقات قطری ۱۵ و ۲۰ سانتیمتری از اختلاف معنی‌داری برخوردار هستند (جدول‌های ۵ و ۶). نتایج آزمون دانکن در مورد مقایسه اختلاف میانگین میزان ذخیره کربن گونه‌های علفی و بوته‌ای زیرپوشش گونه کاج تهران در هر هکتار از طبقات قطری مختلف نشان می‌دهد که میانگین ذخیره کربن در هیچ یک از طبقات قطری از اختلاف معنی‌داری برخوردار نیستند (جدول‌های ۷ و ۸).

نتایج آزمون t در مورد مقایسه اختلاف میانگین ذخیره کربن در گونه‌های زیر پوشش کاج تهران و افاقیا نشان می‌دهد که میزان ذخیره کربن در گونه‌های علفی و بوته‌ای زیر تاج پوشش این دو گونه از اختلاف معنی‌داری برخوردار است (جدول ۹).

نتایج آزمون مربع کای نشان می‌دهد که از بین شرایط محیطی، درصد طبقات شیب ارتباط معنی‌داری با میزان ذخیره کربن در هر هکتار از گونه‌های زیر پوشش افاقیا و کاج تهران را نشان می‌دهد (جدول ۱۰).

از بین مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، نیتروژن قابل جذب با ضریب همبستگی ( $R = 0,821$ ) و سطح معنی‌داری ( $\alpha = 0,001$ )، کربن آلی با ضریب همبستگی ( $R = 0,768$ ) و سطح معنی‌داری ( $\alpha = 0,01$ ) و اسیدیته خاک با ضریب همبستگی ( $R = 0,542$ ) و سطح معنی‌داری ( $\alpha = 0,03$ )، بیشترین همبستگی را با میزان ذخیره کربن دارند.

جدول ۱. نتایج حاصل از مطالعات کمی گونه افاقیا

میانگین ارتفاع (متر)	میانگین قطر برابرسینه (سانتیمتر)	مساحت (هکتار)	تعداد در هکتار	طبقه قطری (سانتیمتر)
۲,۸۶	۶,۰۷	۲,۸	۵۷۵	۵
۳,۴۸	۹,۶۶	۸,۴۶	۵۴۲	۱۰
۴,۳۴	۱۴,۷۶	۳,۶۲	۵۰۶	۱۵
۴,۷۹	۱۸,۲۲	۱,۵	۴۵۱	۲۰
۳,۶۸	۱۰,۸	میانگین توده		

جدول ۲. نتایج حاصل از مطالعات کمی گونه کاج تهران

میانگین ارتفاع (متر)	میانگین قطر برابرسینه (سانتیمتر)	مساحت (هکتار)	تعداد در هکتار	طبقه قطری (سانتیمتر)
۲,۴۳	۵,۶۳	۵,۵۳	۵۳۹	۵
۳,۶۲	۱۰,۳۱	۴,۲۸	۴۹۶	۱۰
۴,۶۲	۱۵,۸	۲,۸۷	۴۵۸	۱۵
۴,۸۸	۲۰,۰۵	۱,۹۴	۴۱۲	۲۰
۳,۵۳	۱۰,۹۱	میانگین توده		

جدول ۳. میزان ذخیره زیتوده، کربن آلی و جذب CO<sub>2</sub> گونه‌های زیر پوشش در طبقات قطری مختلف افاقیا

طبقه قطری (سانتیمتر)	زیتوده (تن در هکتار)	کربن (تن در هکتار)	CO <sub>2</sub> (تن در هکتار)
۵	۰,۴۰۲	۰,۳۳۰	۱,۲۱
۱۰	۰,۵۳۴	۰,۴۲۲	۱,۵۵
۱۵	۰,۷۷۸	۰,۶۳۸	۲,۳۴
۲۰	۰,۹۳۴	۰,۷۶۶	۲,۸۱
میانگین توده	۰,۶۶۲	۰,۵۳۹	۱,۹۸

جدول ۴. میزان ذخیره زیتوده، کربن آلی و جذب CO<sub>2</sub> گونه‌های زیر پوشش در طبقات قطری مختلف کاج تهران

طبقه قطری (سانتیمتر)	زیتوده (تن در هکتار)	کربن (تن در هکتار)	CO <sub>2</sub> (تن در هکتار)
۵	۰,۲۷۰	۰,۲۱۹	۰,۸
۱۰	۰,۳۰۵	۰,۲۴۷	۰,۹۱
۱۵	۰,۲۸۳	۰,۲۲۹	۰,۸۴
۲۰	۰,۲۵۷	۰,۲۰۸	۰,۷۶
میانگین توده	۰,۲۷۹	۰,۲۲۶	۰,۸۳

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گونه‌های زیر پوشش افاقیا

سطح معنی - داری	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون F
تیمار	۱,۱۹۲	۳	۰,۳۹۷	۳۴,۵۹۵
خطا	۰,۴۱۳	۳۶	۰,۰۱۱	
کل	۱,۶۰۵	۳۹		

جدول ۶. نتایج آزمون دانکن در مورد میزان ذخیره کربن گونه‌های زیر پوشش اقاچیا در هر هکتار از طبقات قطری

سطح اطمینان ۹۵ درصد			فراوانی	طبقات قطری
۳	۲	۱	نمونه‌ها	(سانتیمتر)
		۰,۳۳۰A	۱۰	۵
		۰,۴۲۲A	۱۰	۱۰
	۰,۶۳۸B		۱۰	۱۵
۰,۷۶۶C			۱۰	۲۰
۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۱۰۵۵	سطح معنی داری	

جدول ۷. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گونه کاج تهران

سطح معنی - داری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	
۰,۲۴۳	۰,۴۵۴	۰,۰۰۲	۳	۰,۱۰۰۵	تیمار
		۰,۰۰۱	۳۶	۰,۱۰۴۴	خطا
			۳۹	۰,۱۰۵۰	کل

جدول ۸. نتایج آزمون دانکن در مورد میزان ذخیره کربن گونه‌های زیر پوشش کاج تهران در هر هکتار از طبقات قطری

سطح اطمینان ۹۵ درصد	فراوانی نمونه‌ها	طبقات قطری (سانتیمتر)
۰,۲۱۹A	۱۰	۵
۰,۲۴۷A	۱۰	۱۰
۰,۲۲۹A	۱۰	۱۵
۰,۲۰۸A	۱۰	۲۰
۰,۰۷۷	سطح معنی داری	

جدول ۹. نتایج آزمون t برای مقایسه میانگین میزان ذخیره کربن در هر هکتار از گونه‌های زیر پوشش اقاچیا و کاج تهران

نمونه‌های مستقل					
سطح معنی داری	F	درجه آزادی	ارزش t	انحراف معیار	میانگین
۰,۰۰۱	۲۰۴,۱۰۱	۷۸	- ۱۱,۱۱۶	۰,۲۸۱۸	- ۰,۳۱۱۳

میانگین میزان ذخیره کربن در هر هکتار از گونه‌های زیر پوشش اقاچیا و کاج تهران

جدول ۱۰. آزمون مربع کای میزان ذخیره کربن گونه‌های زیر پوشش در هر هکتار و درصد شیب

درصد شیب	فراوانی نمونه‌ها	ارزش برآوردی پیرسون	سطح معنی داری
< ۱۵	۴۶		
۱۵ - ۳۰	۲۶	۱۳۲,۶۴۵	۰,۰۱۶
۳۰ - ۴۵	۸		
تعداد کل	۸۰		

## بحث

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میانگین میزان ذخیره کربن در گونه‌های علفی و بوته‌ای زیر پوشش اقلیا ۰/۵۴ تن در هکتار می‌باشد که با افزایش طبقات قطری بر میزان ذخیره کربن افزوده می‌شود بطوریکه نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد که میانگین ذخیره کربن در ۲ طبقه قطری اول (۵ و ۱۰ سانتیمتری) و طبقات قطری ۱۵ و ۲۰ سانتیمتری از اختلاف معنی داری برخوردار هستند. عوامل متعددی بر حفظ و پایداری گونه‌های درختی تاثیر می‌گذارند. علاوه بر آب و عناصر غذایی موجود در خاک، حضور میکروارگانیسم‌های مفید مانند قارچ‌های میکوریزی بعنوان یکی از عوامل تاثیرگذار بر بقای اکوسیستم‌ها و گسترش گونه‌های گیاهی مطرح است (شریفی و همکاران، ۱۳۸۶)، بطوریکه نتایج بررسی شنیروا و کالوا<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴ نیز نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریز از همزیستی مفید در ریشه اکثر گیاهان بویژه خانواده لگومینوز بوده و نقش کلیدی در چرخه عناصر غذایی، افزایش فتوسنتز گیاهان و مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی دارند.

همچنین در مطالعه‌ای که توسط گونگل و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) صورت گرفته گونه‌های مرتعی همزیست با قارچ‌های میکوریز در یک خاک لوم شنی فقیر از نظر مواد غذایی دارای وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی بیشتری بوده و جذب نیتروژن و فسفر نیز بیشتر می‌باشد. میانگین ذخیره کربن در گونه‌های علفی و بوته‌ای زیر پوشش کاج تهران ۰/۲۳ تن در هکتار می‌باشد که این میزان در طبقه قطری ۱۰ سانتیمتری بیش از سایر طبقات بوده ولی با توجه به آزمون دانکن اختلاف معنی داری از لحاظ میزان ذخیره کربن در طبقات قطری مختلف وجود ندارد. نتایج نشان می‌دهد که میانگین میزان کربن در هر هکتار از گونه‌های زیر پوشش اقلیا و کاج تهران در تمام طبقات قطری مشابه و در مورد میانگین دو گونه از اختلاف معنی داری برخوردار است. از بین مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، ازت کل، کربن آلی و اسیدیتته خاک به ترتیب بیشترین همبستگی را با میزان ذخیره کربن دارند. نتایج بررسی خادمی و همکاران (۱۳۸۹) نیز نشان می‌دهد که نیتروژن قابل جذب با میزان ذخیره کربن در خاک و اندام-

<sup>2</sup> Gonigle et al., 2005

<sup>1</sup> Shnyerva & Kulaev, 2004



ضمن داشتن یک نوع کود بیولوژیک می‌توان از آنها برای اهداف مشخص مانند مقاومت به شوری، جذب عناصر غذایی و مقاومت به خشکی استفاده کرد.

نتایج آزمون مربع کای حاکی از این است که از بین عوامل فیزیوگرافیک، شیب ارتباط معنی-داری را با میزان ذخیره کربن در گونه‌های علفی و بوته‌ای زیرپوشش اقاچیا و کاج تهران از خود نشان می‌دهد که این امر با نتایج بررسی گونیگل و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) مطابقت دارد. در مناطق کم شیب خاک از حاصل‌خیزی بهتری برخوردار بوده و این امر باعث شده تا میزان رویش و در نتیجه میزان زیتوده و ذخیره کربن افزایش یابد که نتایج بررسی امیر اصلانی (۱۳۸۲) نیز نشان می‌دهد که حاصل‌خیزی خاک اثر مثبت و مستقیمی بر ترسیب کربن دارد. بنابراین کاشت گونه‌های بومی که در تثبیت ازت و حاصل‌خیزی خاک موثر هستند در جنگل‌کاری بایستی از اولویت برخوردار باشند. فرایند فرسایش خاک موجب هدر رفت کربن می‌گردد، بنابراین از هرگونه عملیات بیولوژیکی و مکانیکی که باعث تسریع سیر قهقرایی خاک و پوشش گیاهی شود، بایستی اجتناب گردد.

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق گونه‌های زیر پوشش اقاچیا و کاج تهران به ترتیب ۲ و ۰٫۸ تن در هکتار دی اکسید کربن جذب کرده‌اند که در سطوح وسیع می‌تواند در کاهش گازهای گلخانه‌ای موثر باشد. بنابراین لحاظ کردن ارزش‌ها و کارکردهای زیست‌محیطی جنگل‌کاری

های گیاهی رابطه مستقیم و مثبت دارند. همچنین نتایج تحقیق هوندا و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۰) نشان می‌دهد که ترسیب کربن در گونه‌های گیاهی با نیتروژن و کربن آلی خاک رابطه مثبت و معنی‌دار دارد. پست و کوان<sup>۲</sup> (۲۰۰۰) عنوان می‌کنند که میزان ترسیب کربن در واحد زمان به خصوصیات رشد گونه‌های گیاهی، شیوه‌های مدیریت، تغییر کاربری اراضی، نوع عملیات احیایی، شرایط فیزیکی، شیمیایی (بویژه نیتروژن و کربن آلی) و بیولوژیکی خاک و ذخیره قبلی کربن در خاک بستگی دارد. همچنین طبق نتایج بدست آمده توسط هاچینسون و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۷) افزایش کربن خاک می‌تواند منجر به افزایش حاصل‌خیزی زمین‌های زراعی و مراتع گردد.

نتایج تحقیقات کوتهاری و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۱) و شنیروا و کولاو<sup>۵</sup> (۱۹۹۴) نیز نشان می‌دهد که در اکثر موارد تلفیق ریشه گیاهان با قارچهای میکوریز منجر به افزایش رشد و زیتوده گیاه می‌گردد، که این افزایش می‌تواند ناشی از تاثیر قارچ میکوریز بر جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، کلسیم، پتاسیم، مس و روی باشد. همچنین در صورت همزیستی قارچهای میکوریز با اکثر گیاهان میزان مصرف کودهای شیمیایی از جمله کود فسفره کاهش می‌یابد و از طرفی این همزیستی می‌تواند مقاومت گیاه به تنش‌های مختلف از جمله شوری را افزایش دهد. لذا با کشت گونه‌های همزیست با این قارچ‌ها

<sup>1</sup> Honda *et al.*, 2000

<sup>2</sup> Post & Kwon

<sup>3</sup> Hutchinson *et al.*, 2007

<sup>4</sup> Kothari *et al.*, 2001

<sup>5</sup> Shnyerva & Kulaev, 1994

<sup>6</sup> Gonigle *et al.*, 2005

و طرح‌های مرتعداری بخصوص جذب و ترسیب کربن و برآورد ارزش اقتصادی این نوع کارکردها در بیان طرح ضروری به نظر می‌رسد. همچنین چنانچه که از گونه‌های ساقه چوبی برای گسترش پوشش گیاهی مناطق خشک استفاده شود، می‌توان ترسیب کربن منطقه را بهبود بخشید (سان و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱).

---

<sup>۱</sup> Sun *et al.* 2001

## منابع

- 7- Chen, M. and Ju, W.M., 2007. Future carbon balance of china's forest under climate change and in crasing CO<sub>2</sub>, Journal of Environmental management, 156:241-252.
- 8- Department of Meteorology., 2008. Internal Report, "Data and Files of the Department of Meteorology" Tehran , Iran.
- 9 - Derner, J. and Schuman, E., 2007. Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of land management and precipitation effects. Journal of Soil and Water Conservation, 62: 77-85.
- 10- Gonigle, T., Miller, M., Evans, D. and Swan, J., 2005. A new method, which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Plant Soil, 185:495-501.
- 11- Hashimoto, M., Nose, T. and Muriguchi, Y. 2002. Wood products: potential carbon sequestration and impact on net carbon emissions of industrialized countries. Environmental Science and Policy, 5: 183-193.
- 12- Honda, Y., Yamamoto, H. and Kajiwara K., 2000 . Biomass Information in Central Asia. Environmental Remote Sensing, 263: 1-33.
- 13- Hutchinson, J.J., Campbell, C.A. and Desjardins, R.L. 2007. Some perspectives on carbon sequestration in agriculture. Agricultural and Forest Meteorology, 142: 288 – 302 .
- 14- IPCC, 1996. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, 60 P.
- 15- Kothari, S., Marschner, H. and Romheld, V., 2001. Contribution of the VA mycorrhiza hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown
- ۱- امیر اصلانی، ف.، ۱۳۸۲. ترسیب کربن در اراضی بیابانی. نشریه جنگل و مرتع، ۶۲: ۷-۱.
- ۲- خادمی، ا.، بابایی کفاکی، س. و متاجی، ا.، ۱۳۸۹. نقش جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط در ذخیره کربن و جذب CO<sub>2</sub> (مطالعه موردی جنگل‌های اندبیل خلخال). فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۴۰ (۲): ۲۵۲-۲۴۲.
- ۳- شریفی، م.، قربانعلی، م. و براتی، م. ۱۳۸۶. بررسی پارامترهای خاک و عوامل زیستی در ریزوسفر درختان کاج و افاقیا در پارک‌های طالقانی و چیتگر استان تهران. مجله محیط‌شناسی ایران، ۲۰(۱): ۴۹-۴۲.
- ۴- عبدی، ن.، ۱۳۸۵. معرفی ترسیب کربن به عنوان شاخصی جهت سنجش توسعه پایدار منابع طبیعی، سومین همایش راهکارهای تحقق توسعه پایدار در کشاورزی و منابع طبیعی، اراک، ۵ دی: ۸ صفحه.
- ۵- عبدی، ن.، عارفی، ح. و زاهدی، ق. ۱۳۸۷. برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گون-زارهای استان مرکزی. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۵ (۲): ۲۸۲-۲۶۹.
- ۶- فروزه، م.، حشمتی، غ.، قنبریان، غ. و مصباح، ح.، ۱۳۸۷. مقایسه توان ترسیب سه گونه بوته‌ای گل آفتابی، سیاه گینه و درمنه دشتی در مراتع خشک ایران. مجله محیط‌شناسی، ۴۶: ۷۲-۶۵.

16- Marlen, D., Sperow, M., Paustian, K. and Follett, R. 2002. National-scale estimation of changes in soil carbon stocks on agricultural lands. *Environmental Pollution*, 116: 431-438.

17- Post, M. and Kwon, K.C., 2000. Soil carbon sequestration and land-use change, processes and potential. *Global Change Biology*, 6: 317-327.

18- Shnyerva, A. and Kulaev, S., 2004. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza on phosphorus metabolism

in a calcareous soil. *Plant soil*, 171:177-185.

in agricultural plants. *Microbiological Research*, 149: 139-143.

19- Sun, R., Chen, J.M., Zhu, Q.J., Zhou, Y.Y., Liu, J., Li, J.T., Liu, S.H., Yan, G.J. and Tang, S.H. 2004. Spatial distribution of net primary productivity and evapotranspiration in Changbaishan natural reserve, China, using Landsat ETM+ data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 30:731-742.