

## برآورد موجودی ذخیره کربن گونه بانه (*Pistacia atlantica* Desf.) (مطالعه موردی: جنگل تحقیقاتی بانه و بادام فیروزآباد فارس)

طوبی روستا<sup>۱\*</sup>، اصغر فلاح<sup>۲</sup> و حمید امیرنژاد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

<sup>۲</sup>دانشیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
<sup>۳</sup>استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
(تاریخ دریافت: ۸۹ / ۱۱ / ۲۵، تاریخ پذیرش: ۹۱ / ۸ / ۲)

### چکیده

این تحقیق به منظور بررسی مقدار ترسیب کربن گونه بانه در جنگل تحقیقاتی بانه و بادام فیروزآباد انجام گرفت. با استفاده از آماربرداری اولیه به روش سیستماتیک- تصادفی و تعیین تعداد در هکتار، از هر طبقه قطری پنج سانتی متری، ۳ اصله درخت به صورت تصادفی مشخص و قسمتی از آنها قطع شد و پس از تبدیل، اندام‌های مختلف شامل تنه، سرشاخه، برگ و لاشبرگ به تفکیک وزن شدند. نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافت و درصد کربن آلی و ضریب تبدیل هر یک از آنها اندازه‌گیری شد. برای برآورد کربن ذخیره‌شده در خاک، نمونه‌های خاک به صورت تصادفی در جهت‌های جغرافیایی اصلی و مناطق مسطح برداشت و با مقایسه با نمونه‌های شاهد (خارج از منطقه جنگلی) مقدار کربن ذخیره‌شده برآورد شد. نتایج نشان داد که در هر هکتار از توده جنگلی ۱/۹۹ تن و در کل جنگل ۱۸۶۵۴/۳ تن کربن توسط گونه بانه ترسیب شد. کربن ذخیره‌شده در خاک این توده نیز ۱۲/۷۸ تن در هکتار به دست آمد. نتایج آزمون دانکن نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بین اجزای درخت است. بیشترین مقدار ذخیره کربن مربوط به تنه و کمترین مقدار، مربوط به برگ بانه است. همچنین در مقایسه ضریب تبدیل اندام‌های مختلف به کربن آلی، کمترین مقدار مربوط به برگ و بیشترین مربوط به لاشبرگ است. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش تراکم و حفظ موجودی کنونی و با توجه به سطح وسیع این جنگل‌ها در استان فارس، مقدار زیادی از کربن توسط گونه بانه جذب خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن، بانه، جنگل تحقیقاتی بانه و بادام، فیروزآباد.

## مقدمه و هدف

بسیاری از بررسی‌های علمی در جهان، شواهدی علمی از تغییر اقلیم هستند که یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه پایدار است. افزایش تدریجی میانگین گاز دی‌اکسید کربن در جو، سبب افزایش گرمای زمین، تشدید پدیده گلخانه‌ای، افزایش فعالیت میکروبی خاک، ذوب شدن یخ‌های قطبی و بالا آمدن سطح آب دریاها می‌شود. چنانچه نرخ فعلی افزایش دی‌اکسید کربن اتمسفر تداوم داشته باشد، غلظت دی‌اکسید کربن تا سال ۲۰۴۰، دو برابر خواهد شد که در نتیجه درجه حرارت کره زمین حدود ۲ درجه افزایش خواهد یافت (رحیمی، ۱۳۸۳). کشورهای مختلف جهان در پیمان‌نامه‌ها و پروتکل‌های مختلف زیست‌محیطی مانند استکهلم، ریو، ژوهانسبورگ و کیوتو به دنبال راهکاری برای برون‌رفت از مشکلات محیط زیستی هستند. به هر حال، بیشتر کشورهای جهان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را پذیرفته‌اند. اصلی‌ترین مسئله پیش‌رو، مدیریت مطلوب مقدار کربن است. از این‌رو افزایش کربن در مخازن بوم‌سازگان‌های خشکی (خاک و گیاهان) می‌تواند از نظر اقتصادی و محیط زیستی مفید باشد (بهشتی آل‌اقا و صیادیان، ۱۳۸۶). دی‌اکسید کربن یکی از گازهای اصلی گلخانه‌ای است که گرم شدن کره زمین را تسریع می‌کند. کربنی که از تغییر کاربری اراضی آزاد می‌شود نیز ممکن است سبب افزایش کربن اتمسفری شود (اردکانی، ۱۳۸۴). روش‌های زیادی برای پرداختن به مسئله ترسیب کربن اتمسفری وجود دارد. یکی از این روش‌ها جنگلداری و مدیریت جنگل است (Ross et al., 2000). جنگل، تثبیت‌کننده و ذخیره‌کننده کربن است. گیاهان سبز کربن اتمسفر را از طریق فتوسنتز ترسیب می‌کنند. به این صورت که با جذب دی‌اکسید کربن هوا و جداسازی اتم‌های اکسیژن و کربن، اکسیژن را به اتمسفر بر می‌گردانند و از کربن برای تولید بیوماس به صورت ریشه، ساقه، شاخه و برگ استفاده می‌کنند (Schlesinger, 1999). با رشد درختان در جنگل و با گذشت زمان، کربن در بافت‌های چوبی و ماده آلی خاک ذخیره می‌شود. توان ترسیب کربن بر حسب گونه گیاهی، مکان و شیوه مدیریت متفاوت است. اهمیت و نقش جنگل‌ها در بازگرداندن سهم چشمگیری از

مواد منتشرشده توسط انسان، ضرورت مطالعات در زمینه جذب آلودگی‌ها از جمله دی‌اکسید کربن را بیش از پیش روشن می‌کند. ایران از نظر تقسیمات اقلیمی در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان قلمداد می‌شود. از نظر پوشش گیاهی با محدودیت شدید مواجه است و تراکم پوشش گیاهی به‌ویژه پوشش جنگلی در مقایسه با دیگر کشورها محدود است (پورا صغر سنگاچین، ۱۳۸۶)، با وجود این، به لحاظ برخورداری از تنوع گیاهی و ذخایر ژنتیکی بسیار چشمگیر در زمره کشورهای با اهمیت قلمداد می‌شود. وسیع‌ترین ناحیه رویشی کشور جنگل‌های خشک ایران در دو ناحیه رویشی ایران-تورانی و خلیجی-عمانی است و دامنه‌های جنوبی البرز، شمال شرق، شرق، قسمتی از جنوب شرقی و مناطق مرکزی کشور را شامل می‌شود. در بخش کوهستانی، دو گونه‌ای که سیما و ساختار اصلی جنگل‌های خشک کوهستانی کشور را تشکیل می‌دهند، عبارتند از بنه و بادامک که به صورت گسترده در این منطقه مشاهده می‌شود (مرادی، ۱۳۸۷). معرفی مقدار کربن ترسیب‌شده در درختان بنه در جنگل‌های کوهستانی این منطقه، معرف جایگاه و اهمیت این گونه از جنبه تصفیه هوا، جذب CO<sub>2</sub>، جلوگیری از فرسایش خاک و ... است. بردبار و مرتضوی جهرمی (۱۳۸۵) پتانسیل ذخیره کربن در جنگلکاری‌های اکالیپتوس (*Eucalyptus camadulensis*) و آکاسیا (*Acacia salicina*) را بررسی کردند و ذخیره کربن سالیانه در بخش پوشش گیاهی را ۷/۸ تن و کربن ترسیب‌شده در خاک را ۰/۲۵ تن در هکتار در سال گزارش کردند. همچنین محمودی طالقانی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی به منظور بررسی تأثیر آمیختگی گونه‌ها و تیپ جنگل در مقدار ترسیب کربن خاک در حوضه ۴۵ جنگل‌های شمال کشور مقدار کربن ترسیب‌شده در افق معدنی خاک را در طرح جنگلداری دلدره ۲۸۳/۸ تن به دست آوردند و نشان دادند حجم در هکتار، آمیختگی و تیپ جنگل رابطه مستقیمی با زی توده جنگل دارد و به افزایش ذخیره کربن خاک کمک می‌کند. عبدی و همکاران (۱۳۸۷) با هدف برآورد ظرفیت ترسیب کربن توسط جنس گون در گون‌زار-های استان مرکزی، مجموع کربن ترسیب‌شده در واحد

فیروزآباد و نشان دادن اهمیت این گونه از جنبه جذب آلودگی‌ها از جمله دی‌اکسیدکربن است.

### مواد و روش‌ها

#### - منطقه مورد بررسی

این بررسی در جنگل تحقیقاتی بنه و بادام فیروزآباد در جنوب شرقی استان فارس با طول جغرافیایی  $30^{\circ} 52'$  تا  $40^{\circ} 52'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $00^{\circ} 29'$  تا  $15^{\circ} 29'$  شمالی انجام گرفت. حداقل، حداکثر و متوسط ارتفاع از سطح دریا به ترتیب ۱۷۰۰، ۲۳۵۰ و ۲۰۲۵ متر است. محدوده طرح از شمال مشرف به روستای زنجیران، از غرب به دشت شوراب و از مشرق به جاده اصلی شیراز-فیروزآباد محدود می‌شود. میانگین بارندگی سالیانه این ناحیه حدود  $559/2$  میلی‌متر است. حداکثر دمای منطقه  $42$  درجه سانتی‌گراد، حداقل دما  $15-$  درجه سانتی‌گراد و مقدار تبخیر سالانه  $2474$  تا  $3082$  میلی‌متر است. بر اساس روش آمبرژه دو اقلیم نیمه‌خشک سرد و نیمه‌مرطوب سرد در این ناحیه مشاهده می‌شود. منطقه مورد بررسی با وسعتی حدود  $9374$  هکتار دارای ارتفاعات، تپه‌ماهور و دشت همراه با پوشش گیاهی مناسب با گونه‌های غالب بنه، ارژن کپالک، کلخونگ و انواع بادام است.

#### - روش پژوهش

برای تعیین تعداد درختان بنه در طبقه‌های قطری، آماربرداری به روش سیستماتیک-تصادفی با استفاده از شبکه آماربرداری  $1000 \times 400$  متر با قطعات نمونه  $2000$  متر مربعی انجام گرفت. با توجه به نتایج آماربرداری و وضعیت پراکنش درختان در طبقات قطری، از هر طبقه قطری ۳ اصله درخت به صورت تصادفی انتخاب و مشخصه‌های قطر برابر سینه، ارتفاع و قطر تاج درخت اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین وزن تر اندام‌های مختلف درخت (برگ، سرشاخه و تنه) با توجه به ممنوعیت قطع درختان، قسمتی از درختان نمونه (یک‌هشتم یا یک‌چهارم) انتخاب و قطع شد و وزن اجزای مختلف آن با ترازو اندازه‌گیری شد (عدل ۱۳۸۶؛ Satoo & Madgwick, 1982). به دلیل مخرب بودن نمونه‌برداری از ریشه و همچنین نبود رابطه دقیق بین

سطح را با استفاده از روش قطع و توزین و احتراق در کوره الکتریکی،  $32/95$  تن در هکتار به دست آوردند.  $87/43$  درصد از کل ترسیب کربن را کربن آلی خاک تشکیل داد. ورامش (۱۳۸۸) مقدار کربن ترسیب‌شده در پارک جنگلی چیتگر تهران را در زی‌توده گونه‌های کاج تهران، سرو نقره-ای، افاقیا و زبان‌گنجشک برآورد کرد. در این بررسی کاج تهران بیشترین مقدار ترسیب کربن را داشت. این توده پس از ۴۰ سال  $948$  تن زی‌توده تولید کرد. افاقیا، سرو نقره‌ای و زبان‌گنجشک نیز به ترتیب با ترسیب کربن حدود  $412/34$ ،  $264/2$  و  $83/72$  تن در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. سهم خاک از کل ترسیب کربن در توده کاج تهران  $10/8$  درصد و در دیگر توده‌ها به ترتیب  $18/29$ ،  $15/85$  و  $32/15$  درصد به دست آمد.

Peichle & Arian (2006) زی‌توده روی زمینی را در توده‌های جنگلکاری‌شده کاج سفید (*Pinus strobes*) در سن‌های ۲، ۱۵، ۳۰ و ۶۵ ساله در انتاریوی کانادا به ترتیب ۳، ۴۸، ۵۲ و ۱۰۰ تن در هکتار برآورد کرد. مقدار کربن ذخیره‌شده در خاک نیز به ترتیب  $37/2$ ،  $33/9$ ،  $39/1$  و  $36/1$  تن در هکتار به دست آمد. تأثیر سن بر مقدار ذخیره کربن در افق معدنی معنی‌دار نبود و به عواملی چون مدیریت گذشته رویشگاه، ویژگی‌های خاک، پوشش گیاهی و اقلیم مربوط می‌شد. (Wauters et al., 2008) مقدار ترسیب کربن را در توده دستکاشت ۱۴ ساله *Hevea brasiliensis* در دو منطقه با شرایط آب‌وهوایی یکسان در غرب کشور غنا و منطقه ماتوگروسو در برزیل اندازه‌گیری کردند و به این نتیجه رسیدند که جنگلکاری‌های مذکور به ترتیب سبب ترسیب کربن به مقدار  $153$  و  $135$  تن در هکتار شدند. همچنین میانگین تراکم کربن خاک در عمق  $60-0$  سانتی‌متر بین  $39-69$  درصد از کل ترسیب کربن بود. (Andrew 2010) مقدار زی‌توده و کربن ذخیره‌شده در جنگل پهن‌برگ و سوزنی‌برگ Clatsop آمریکا را به ترتیب  $28/11$  و  $136/7$  تن در هکتار برآورد کردند. این مقدار کربن از اندازه‌گیری کربن موجود در برگ، سرشاخه، تنه و ریشه درختان به دست آمد. هدف از این پژوهش برآورد مقدار کربن ترسیب‌شده در اندام‌های مختلف گونه بنه در جنگل تحقیقاتی بنه و بادام

از خشک شدن بدون قرارگیری در معرض نور خورشید به آزمایشگاه انتقال یافت و با استفاده از روش والکی-بلاک مقدار کربن آلی آن اندازه‌گیری شد. در نهایت مقدار کربن ترسیب‌شده در خاک با استفاده از رابطه ۲ به‌دست آمد (Boone, 1999؛ محمودی طالقانی و همکاران ۱۳۸۶).

$$OC = 10000 \times \% OC \times E \times Bd \quad \text{رابطه ۲}$$

OC: کربن آلی

$E$  عمق (cm)

$Bd$ : چگالی ظاهری خاک

در نهایت از نرم‌افزار EXCEL به‌عنوان بانک اطلاعاتی و از نرم‌افزار SPSS برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

### نتایج

نتایج بررسی داده‌ها در تجزیه و تحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده به‌صورت جدول‌های زیر ارائه شد. ضریب تبدیل زی‌توده اندام‌های مختلف گونه بنه به کربن آلی در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱- ضریب تبدیل زی‌توده اندام‌های مختلف بنه به کربن

| اندام      | آلی به درصد |            |        |
|------------|-------------|------------|--------|
|            | تنه         | سرشاخه برگ | لاشبرگ |
| ضریب تبدیل | ۳۱/۷        | ۳۲/۹       | ۳۹/۱   |

با استفاده از ضریب تبدیل زی‌توده به کربن آلی در اندام‌های مختلف گونه بنه، مقدار کربن آلی در هر کدام از اندام‌ها به صورت جداگانه محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

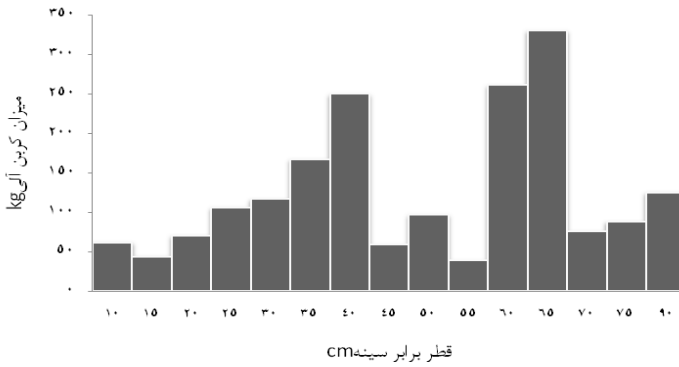
اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه بنه، از آوردن بخش ریشه خودداری شد. به‌منظور تخمین مقدار لاشریزه و محاسبه کربن آلی لاشبرگ در زیر درختان، ۳۰ پلات یک متر مربعی پیاده و تمام لاشبرگ جمع‌آوری شد و پس از توزین به آزمایشگاه انتقال یافت (بردبار و مرتضوی جهرمی، ۱۳۸۵؛ ورامش، ۱۳۸۸؛ Hernandez et al., 2004؛ McDicken, 1997).

به‌منظور دستیابی به ضریب تبدیل وزن تر اندام‌های مختلف به مقدار کربن از هرکدام از اندام‌ها، ۳ نمونه تهیه و با انتقال به آزمایشگاه و سوزاندن در کوره الکتریکی در دمای ۳۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت، وزن خاکستر اندازه‌گیری شد (Verloo, 1996). با در دست داشتن وزن اولیه و نسبت کربن آلی به مواد آلی، مقدار کربن آلی (رابطه ۱) در هر کدام از اندام‌های درختان به‌صورت جداگانه محاسبه شد. در نهایت با در دست داشتن وزن اولیه و درصد کربن آلی برای هر کدام از اندام‌ها به‌صورت جداگانه ضریب تبدیل محاسبه شد (Birdsey, 1992؛ بردبار و مرتضوی جهرمی، ۱۳۸۵؛ عبدی، ۱۳۸۴؛ ورامش، ۱۳۸۸).

رابطه ۱ مواد آلی ۰/۵۴ = کربن آلی  
به‌منظور برآورد مقدار ترسیب کربن در خاک درخت بنه، چهار نمونه خاک از چهار گوش میکروپلات ۵×۵ متری از مناطق مختلف توده و در جهات جغرافیایی اصلی و مناطق مسطح، برداشت شده (برای در نظر گرفتن اثر تاج، نمونه‌ها هم از زیر تاج و هم خارج از تاج برداشت شد)، سپس با هم مخلوط شد. در مجموع ۱۵ نمونه خاک برداشت شد و پس

جدول ۲- مقدار کربن آلی اندام‌های مختلف گونه بنه

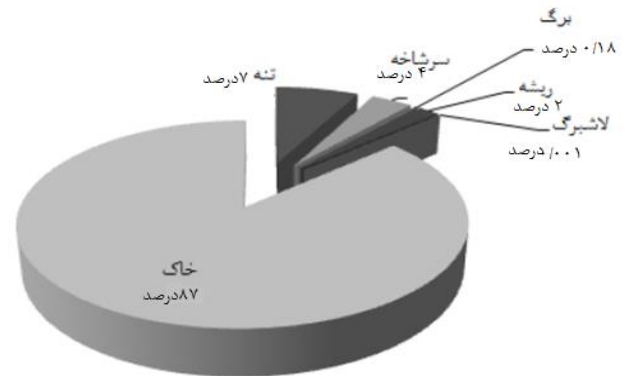
| تنه      | سرشاخه برگ | لاشبرگ | جمع    | خاک       | مجموع  |
|----------|------------|--------|--------|-----------|--------|
| ۱/۴۶     | ۰/۵۰۸      | ۰/۰۲۵  | ۰/۰۰۱۱ | ۱۲/۷۸     | ۱۴/۷۷  |
| ۱۳۶۸۶/۰۴ | ۴۷۶۲       | ۲۳۴/۳۵ | ۱۰/۳۱  | ۱۱۹۷۹۹/۷۲ | ۱۳۸۴۵۴ |



شکل ۲- مقدار کربن آلی در قطرهای مختلف بنه در هکتار در جنگل فیروزآباد

به منظور مقایسه مقدار ترسیب کربن اندام‌های چهارگانه (برگ، سرشاخه، تنه و ریشه) تجزیه واریانس مقدار ترسیب کربن بین اندام‌ها به تفکیک در گونه بنه انجام گرفت و نتایج آن در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شد. در بررسی و مقایسه مقدار کربن آلی (کیلوگرم) در قطرهای مختلف بنه از آزمون دانکن استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس در جدول ۵ نمایش داده شده است.

با در نظر گرفتن مقدار کربن آلی هر کدام از اجزای در اکوسیستم جنگل تحقیقاتی فیروزآباد، درصد سهم هر کدام از اجزا در شکل ۱ مشاهده می‌شود.



شکل ۱- درصد سهم هر کدام از قسمت‌های مختلف اکوسیستم در ترسیب کربن

با توجه به تعداد در هکتار گونه بنه در هر طبقه قطری، مقدار کربن آلی در قطرهای مختلف گونه بنه در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین ذخیره کربن در اندام‌های مختلف گونه بنه در جنگل تحقیقاتی فیروزآباد

| مقدار f  | درجه آزادی | میانگین مربعات | مجموع مربعات |              |
|----------|------------|----------------|--------------|--------------|
| ۲۸,۰۶۴** | ۳          | ۲۶۹۰۵۳,۲۹۶     | ۸۰۷۱۵۹,۸۸۸   | داخل گروه‌ها |
|          | ۱۷۶        | ۹۵۸۷,۲۵۹       | ۱۶۸۷۳۵۷,۵۳۵  | بین گروه‌ها  |
|          | ۱۷۹        |                | ۲۴۹۴۵۱۷,۴۲۳  | کل           |

\*\* سطح معنی‌داری یک درصد

جدول ۴- نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین ذخیره کربن در اندام‌های مختلف گونه بنه در جنگل تحقیقاتی فیروزآباد

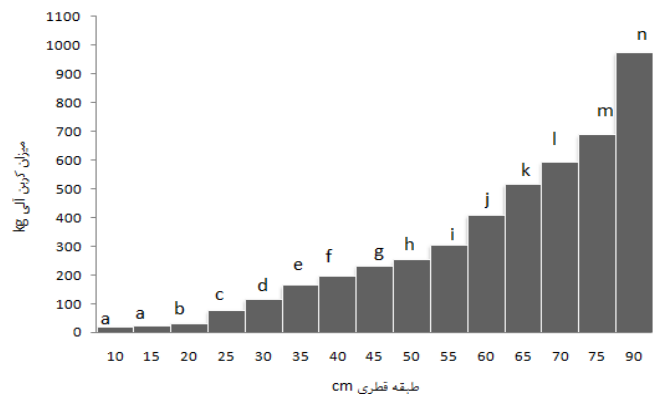
| اندام  | میانگین وزن کربن ذخیره‌شده (کیلوگرم) | کلاس |
|--------|--------------------------------------|------|
| تنه    | ۱۸۳,۷۸                               | a    |
| سرشاخه | ۷۴,۲۱                                | b    |
| برگ    | ۳,۷۶                                 | c    |

جدول ۵- تجزیه واریانس میانگین ذخیره کربن در قطرهای مختلف گونه بنه در جنگل تحقیقاتی فیروزآباد

| مقدار f | درجه آزادی | میانگین مربعات | مجموع مربعات |              |
|---------|------------|----------------|--------------|--------------|
| ۱۹۸۶۰** | ۱۴         | ۲۳۴۴۴۸,۱۳۷     | ۳۲۸۲۲۷۳,۹۲۳  | داخل گروه‌ها |
|         | ۳۰         | ۱۱,۸۰۵         | ۳۵۴,۱۴۱      | بین گروه‌ها  |
|         | ۴۴         |                | ۳۲۸۲۲۸,۰۶۴   | کل           |

افزایش تراکم و حفظ موجودی کنونی، مقدار زیادی از کربن توسط گونه بنه جذب خواهد شد. با توجه به اینکه مساحت این جنگل‌ها در استان فارس وسیع است (حدود ۳۰۰ هزار هکتار)، توجه به این جنگل‌ها، سبب جذب و ترسیب مقدار زیادی از دی‌اکسید کربن اضافی جو خواهد شد. همچنین ورامش (۱۳۸۸) در نتایج خود مقدار زی‌توده تولیدی کاج تهران را پس از ۴۰ سال ۹۴۸ تن به‌دست آورد. اقاچیا، سرو نقره‌ای و زبان‌گنجشک نیز به‌ترتیب حدود ۴۱۲/۳۴، ۲۶۴/۲ و ۸۳/۷۲ تن در هکتار کربن را ترسیب کرده‌اند که در مقایسه با مقدار کربن ترسیب‌شده گونه بنه (۱/۸۷ تن در هکتار) تفاوت زیادی نشان می‌دهد. دلیل این اختلاف آنها، تراکم زیاد درختان جنگلکاری‌شده کاج، اقاچیا، سرو نقره‌ای و زبان‌گنجشک و تراکم کم درختان بنه در هکتار است. Andrew (2010) مقدار زی‌توده و کربن ذخیره‌شده در جنگل پهن‌برگ و سوزنی‌برگ Clatsop آمریکا را به‌ترتیب ۲۸/۱۱ و ۱۳۶/۷ تن در هکتار به‌دست آورد و نشان داد که مقدار ترسیب کربن در جنگل سوزنی‌برگ نسبت به پهن‌برگ بیشتر است. در تحقیق ورامش (۱۳۸۸) نیز نتیجه مشابهی به‌دست آمد. Peichle & Arian (2006) در بررسی مقدار زی‌توده و ذخیره کربن در توده کاج سفید در کانادا، کربن روی زمین را در توده ۶۵ ساله، ۱۰۰ تن در هکتار و کربن ذخیره‌شده در خاک این توده را ۳۶/۷ تن در هکتار به‌دست آوردند که در مقایسه با جنگل تحقیقاتی فیروزآباد (۱۲/۷۸ تن در هکتار) مشخص شد که توده سوزنی‌برگ در بخش پوشش گیاهی و خاک کربن بیشتری ذخیره می‌کند. آنها همچنین نشان دادند که تأثیر سن بر کربن معدنی خاک ناچیز است و مقدار ترسیب به مدیریت قبلی رویشگاه، ویژگی‌های خاک، پوشش گیاهی و اقلیم بستگی دارد. عبدی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیق خود در گون‌زارهای استان مرکزی پی بردند که ۸۷/۴۳ درصد از کل ترسیب کربن را کربن آلی خاک تشکیل می‌دهد که در مقایسه با جنگل تحقیقاتی فیروزآباد، سهم خاک (۸۷ درصد) اعداد مشابهی را نشان داد و از دلایل آن می‌توان به شباهت رویشگاه‌ها از نظر اقلیم و تراکم کم پوشش گیاهی اشاره کرد. مقدار ترسیب کربن خاک در جنگل طبیعی و کهن بنه طی صدها سال ایجاد شده است و منطقی است که

نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین ذخیره کربن در قطرهای مختلف بنه در جنگل تحقیقاتی فیروزآباد در شکل ۳ نشان داده است.



شکل ۳- میانگین ذخیره کربن در قطرهای مختلف بنه در جنگل تحقیقاتی فیروزآباد

## بحث

در تحقیق حاضر، جنگل تحقیقاتی بنه و بادام فیروزآباد به‌عنوان نمونه‌ای از جنگل‌های بنه و بادام در استان فارس برای برآورد مقدار ترسیب کربن در نظر گرفته شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار کربن ترسیب‌شده در هکتار از جنگل تحقیقاتی فیروزآباد که از مجموع ترسیب کربن در خاک و اندام‌های گیاهی حاصل می‌شود، ۱۴/۷ و در کل جنگل ۱۳۸۴۵۴ تن است. مقدار سهم خاک در ترسیب کربن در اکوسیستم جنگل تحقیقاتی حدود ۸۷ درصد و سهم درخت بنه (تنه، سرشاخه، برگ و لاشبرگ) ۱۳ درصد است، عمده زی‌توده تولیدی، مربوط به گونه‌های درختی، درختچه‌ای و مرتعی است و سهم زیاد ترسیب کربن در خاک جنگل ناشی از سن زیاد توده جنگلی، تجزیه لاشبرگ گونه‌های همراه مانند بادامک، ارژن، دافنه، انواع گون‌ها و ... است. کم بودن سهم بنه در ترسیب کربن نیز به‌دلیل کم بودن تراکم این گونه در هکتار است. مقدار کربن ترسیب‌شده در گونه بنه، ۱/۹۹ تن در هکتار و در کل جنگل ۱۸۶۵۴/۳ و کربن ذخیره‌شده در خاک ۱۲/۷۸ تن در هکتار است. مقدار ترسیب کربن در گونه بنه در این تحقیق در مقایسه با نتایج تحقیق بردبار و مرتضوی جهرمی (۱۳۸۵) که مقدار ترسیب کربن را در توده جنگلکاری‌شده با گونه اکالیپتوس ۷/۸ تن به‌دست آورد، کمتر است، اما با

درصد زیادی از کربن ترسیب‌شده مربوط به خاک جنگل باشد که در نتیجه اهمیت خاک در فرایند ذخیره کربن در چرخه اکوسیستم آشکار می‌شود. محمودی طالقانی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیق خود بیان کردند که یک روش پیشنهادشده برای کاهش گازکربنیک، افزایش ذخیره جهانی کربن در خاک‌هاست، چرا که حدود ۷۵ درصد ذخایر کربن در خشکی را داراست (حدود سه برابر ذخیره کربن در گیاهان و جانوران)، بنابراین خاک‌ها در حفظ توازن چرخه جهانی کربن نقش مهمی دارند.

نتایج آزمون دانکن نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بین اجزای درخت است. بیشترین مقدار ترسیب مربوط به تنه و کمترین مقدار، مربوط به برگ است که زی‌توده بیشتر در تنه و ناچیز بودن مقدار کربن ذخیره‌شده در برگ را نشان می‌دهد. در مقایسه بین مقدار ترسیب کربن در طبقات قطری مختلف بنه در هکتار، بیشترین مقدار ترسیب مربوط به طبقات قطری ۴۰، ۶۰ و ۶۵ سانتی‌متری است که دلیل آن، تراکم بیشتر این طبقات در هکتار است. همچنین در مقایسه طبقات قطری با یکدیگر، اختلاف معنی‌داری بین طبقات ۱۰ و ۱۵ مشاهده نشد، ولی در طبقات ۲۰ تا ۹۰ اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد.

در این تحقیق بر اساس محاسبات انجام‌گرفته، ضریب تبدیل اندام‌های مختلف به کربن آلی اعداد متفاوتی را نشان داد. کمترین درصد مربوط به برگ‌ها و بیشترین درصد مربوط به لاشبرگ است که به‌نظر می‌رسد کاهش ضریب تبدیل در برگ‌ها به‌علت دارا بودن مواد معدنی بیشتر در برگ‌هاست. در مورد مقدار ذخیره کلی کربن در توده‌های مختلف جنگلی، بین کربن ذخیره‌شده با نوع گونه، حاصلخیزی رویشگاه و نوع جنگل (جنگلکاری یا جنگل طبیعی) رابطه مستقیمی وجود دارد (بردبار و مرتضوی جهرمی، ۱۳۸۵).

۶۸۴۶۱/۳ تن دی‌اکسید کربن جذب می‌شود که نشان می‌دهد ارزش کارکرد جذب آلاینده‌ها از جمله دی‌اکسید کربن در گونه بنه با توجه به این مقدار بسیار شایان توجه و مهم باشد.

در منطقه فیروزآباد، باران‌های سیلابی و فصلی در پاییز و زمستان، به‌علت خزان درختان در این فصل‌ها و اثر باران-ربایی کمتر، سبب افزایش فرسایش می‌شود که این عامل ممکن است سبب از دست رفتن کربن ذخیره‌شده در جنگل شود. آتش‌سوزی نیز از دیگر عوامل نابودی ذخایر کربن در اکوسیستم‌هاست. این عوامل در کنار هم در جنگل تحقیقاتی فیروزآباد وجود دارد و به‌طور کلی با توجه به مسائل پیچیده در اکوسیستم‌های طبیعی و مشکلات معدنی شدن مواد آلی، تأثیر عوامل اقلیمی و دیگر عوامل بر جذب دی‌اکسیدکربن در درختان، به تحقیقات گسترده‌تری در این زمینه نیاز است. پیشنهاد می‌شود برنامه‌های حفاظتی برای جنگل‌های بنه به‌منظور حفظ سطح و موجودی تدوین شده و از تبدیل این جنگل‌ها به زمین‌های زراعی و فعالیت‌های صنعتی جلوگیری شود. می‌توان با احیای اراضی مخروبه و تصرفی از طریق کاشت گونه‌های بومی و افزایش سطح جنگل مقدار ترسیب کربن را افزایش داد. باید توانمندی‌های این جنگل‌ها را در ترسیب کربن به مجامع بین‌المللی گزارش داد و اعتبارات لازم را برای اجرای پروژه‌ها دریافت کرد. ضروری به‌نظر می‌رسد که روند روزانه جذب کربن در گونه مورد مطالعه بررسی شود، ولی به‌دلیل نبود دستگاه‌های مجهز، این کار تا کنون در ایران انجام نگرفته است.

### منابع

اردکانی، محمدرضا، ۱۳۸۴. اکولوژی، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۴۰ ص.

بردبار، سیدکاظم و سیدمرتضی مرتضوی جهرمی، ۱۳۸۵. بررسی پتانسیل ذخیره کربن در جنگلکاری‌های اکالیپتوس و اکاسیا در مناطق غربی استان فارس، پژوهش و سازندگی، ۷۰: ۱۰۳-۹۵.

بهشتی آل‌آقا، علی و کیومرث صیادیان، ۱۳۸۶. سامانه‌های کربن‌گیری، انتشارات دانشگاه رازی، ۱۷۶ ص.

در این تحقیق بر اساس محاسبات انجام‌گرفته، ضریب تبدیل اندام‌های مختلف به کربن آلی اعداد متفاوتی را نشان داد. کمترین درصد مربوط به برگ‌ها و بیشترین درصد مربوط به لاشبرگ است که به‌نظر می‌رسد کاهش ضریب تبدیل در برگ‌ها به‌علت دارا بودن مواد معدنی بیشتر در برگ‌هاست. در مورد مقدار ذخیره کلی کربن در توده‌های مختلف جنگلی، بین کربن ذخیره‌شده با نوع گونه، حاصلخیزی رویشگاه و نوع جنگل (جنگلکاری یا جنگل طبیعی) رابطه مستقیمی وجود دارد (بردبار و مرتضوی جهرمی، ۱۳۸۵).

با توجه به اینکه هر تن کربن در هکتار برابر با ۳/۶۷ تن دی‌اکسیدکربن است (عاقلی کهنه‌شهری، ۱۳۸۲)، بر اساس نتایج حاصل از محاسبه مقدار کربن ترسیب‌شده در جنگل تحقیقاتی فیروزآباد، حدود ۵۲/۴ تن دی‌اکسیدکربن در هکتار جذب می‌شود. با در نظر گرفتن مساحت جنگل،

- Andrew, Y., 2010. Carbon estimating of forest biomass for the Clatsop State Forest, *Resources Planning Program*, 31 pp.
- Birdsey, R.A., 1992. Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems, Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office, 51pp.
- Hernandez, R., P. Koochafkan & J. Antoine, 2004. Assessing Carbon Stocks and Modeling Win-win Scenarios of Carbon Sequestration through Land-use Change, 166 pp.
- Peichle, M. & A. Arain, 2006. Above and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pin plantation forest, *Agricultural and Forest Meteorology*, 140: 51-63.
- McDicken, K.G., 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agro-forestry projects, Winrock International Institute for Agricultural Development, Washington D.C., 357 pp.
- Ross, D.J., K.R. Tate, N.A. Scott, R.H. Wilde, N.J. Rodda & J.A. Townsend, 2002. Afforestation of pastures with pinus radiata influences soil carbon and nitrogen pools and mineralization and microbial properties, *Australian Journal of Soil Research*, 40(8): 1303-1318.
- Satoo, T. & H.A.I. Madgwick, 1982. Forest Biomass, *Forestry sciences*, 152 pp.
- Schlesinger, N., 1999. Soil Organic matter a Source of atmospheric CO<sub>2</sub>, Department of Botany, North Carolina, USA., 111-125.
- Verloo, M., 1996. Soil chemistry and fertility, Ghent university press, 100 pp.
- Wauters, J., B. Coudert, S. Grallien, E. Jonard & M. Ponette, 2008. Carbon stock in rubber tree plantations in Western Ghana and Mato Grosso (Brazil), *Forest Ecology and Management*, 7: 2347-2361.
- پوراصغر سنگاچین، فرزام، ۱۳۸۶. نگاهی به وضعیت تخریب جنگل‌ها در ایران و جهان، پژوهش‌نامه توسعه پایدار محیط زیست، ۱(۳): ۳۶-۶۹.
- رحیمی، نسترن، ۱۳۸۳. تغییرات آب‌وهوا و اثرات زیست‌محیطی آن، انتشارات اخوان تهران، ۲۶۲ ص.
- عاقلی کهنه‌شهری، لطفعلی، ۱۳۸۲. محاسبه تولید ناخالص ملی سبز و درجه پایداری درآمد ملی در ایران، رساله دکتری علوم اقتصادی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۲۵ ص.
- عبدی، نوراله، ۱۳۸۴. برآورد ظرفیت ترسیب کربن توسط جنس گون (زیرجنس *Tragacanth*) در استان‌های مرکزی و اصفهان، رساله دکتری علوم مرتع. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۹۴ ص.
- عبدی، نوراله، حسن مداح عارفی و قوام‌الدین زاهدی امیری، ۱۳۸۷. برآورد ترسیب کربن در گون‌زارهای استان مرکزی (مطالعه موردی منطقه مالمیر شهرستان شازند)، تحقیقات مرتع و بیابان، ۲(۲): ۲۸۲-۲۶۹.
- عدل، حمیدرضا، ۱۳۸۶. برآورد زی‌توده برگ و شاخص سطح برگ دو گونه عمده در جنگل‌های یاسوج، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵(۴): ۴۲۶-۴۱۷.
- محمودی طالقانی، عبادله، قوام‌الدین زاهدی امیری، ابراهیم عادل و خسرو ناقب‌طالبی، ۱۳۸۶. برآورد مقدار ترسیب کربن خاک در جنگل‌های تحت مدیریت (مطالعه موردی جنگل گلبن در شمال کشور)، فصلنامه جنگل و صنوبر ایران، ۱۵(۳): ۲۵۲-۲۴۱.
- مرادی، مهرداد، ۱۳۸۷. مطالعه اقتصادی-زیست‌محیطی جنگل‌های زاگرس ایران (مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویراحمد)، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۸۳ ص.
- ورامش، سعید، ۱۳۸۸. برآورد مقدار ترسیب کربن در جنگل شهری (مطالعه موردی پارک چیتگر تهران)، پایانه‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۰ ص.



## Estimation of carbon storage for *Pistachio atlantica* Desf. (Case study: Firuzabad Pistachio and Amygdalus forest research, Fars province)

T. Rousta<sup>\*1</sup>, A. Fallah<sup>2</sup> and H. Amirnejad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MSc. Student, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I. R. Iran

<sup>2,3</sup>Associate and Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I. R. Iran  
(Received: 13 February 2011, Accepted: 23 October 2012)

### Abstract

This research investigates the carbon sequestration potential for *Pistachio atlantica* Desf in Firuzabad Pistacia and amygdalus forest research in Fars province. Using Random-systematic inventory for determining the number of trees in 5-cm diameter classes, 3 trees were selected in each diameter class, they were cut and trunk, branches, leaves and litter were weighted separately. Samples were transferred to laboratory. Organic carbon and its conversion ratio were measured. In order to estimate the organic carbon storage in soil, samples were randomly taken in aspects and flat terrains. Their contents were compared with control samples. The results showed that carbon sequestration potential for *Pistacia atlantica* Desf is 1.99 tons per hectare and 18654.3 tons in total. Soil carbon storage is 12.78 tons per hectare. Duncan test showed that there is a significant difference among the tree components ( $p < 0.01$ ). The highest and lowest Sequestration belongs to the trunk and leaves, respectively. Leaves and litters have the lowest and highest conversion ratio organic carbon, respectively. These results show that by increasing the density and conserving these forests, much carbon Sequestration can be done by *Pistacia atlantica* Desf due to their vast distribution.

**Key words:** Carbon sequestration, *Pistacia atlantica* Desf, Firuzabad, Pistacia and Amygdalus forest research.