برآورد ارزش پولی ترسیب کربن اندام هوایی درختان در پارک جنگلی چیتگر

حسن شفیعی[۱]*، سلیمان محمدی‌لیمائی[۲] و امیراسلام بنیاد[۲]

۱) دانشجوی دکتری رشته جنگلداری، گروه جنگلداری، پردیس دانشگاهی دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
*رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: h42.g49@yahoo.com
۲) استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۰

چکیده

درختان از مهمترین و بزرگ‌ترین مخازن کربن در اکوسیستم‌های جنگلی به شمار می‌روند و اندازه‌گیری و برآورد موجودی ذخایر کربن اندام‌های مختلف درختان از مهمترین موضوع‌های پژوهشی محققان بوم شناسی است. هدف این پژوهش، برآورد ارزش پولی ترسیب کربن اندام هوایی درختان در پارک جنگلی چیتگر تهران بود. بر اساس روش نمونه‌برداری منظم تصادفی، تعداد ۱۰۰ قطعه نمونه دایره‌ای شکل ۱۰ آری در شبکه‌ای به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر برداشت شد. در داخل هر قطعه نمونه مشخصه‌های نوع گونه، قطر برابر سینه و ارتفاع درختان اندازه‌گیری شد. به‌منظور برآورد ترسیب کربن گونه‌های مختلف درختان از معادلات آلومتریک استفاده شد. از آزمون‌های تجزیه واریانس و دانکن برای مقایسه ترسیب کربن بین گونه‌های مختلف استفاده شد. بر اساس نتایج میانگین ترسیب کربن در گونه‌های اقاقیا، توت، کاج تهران، زبان گنجشک و سرو نقره‌ای به‌ترتیب برابر ۴/۵۸، ۱/۹۲، ۵۸/۳۱، ۲/۰۸ و ۰/۸۶ تن در هکتار محاسبه شد. نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد اختلاف معنی‌داری بین میانگین ترسیب کربن بین گونه‌های مختلف وجود دارد. همچنین در هر هکتار از عرصه جنگل‌کاری ۶۷/۷۶ تن و در کل عرصه تحت مطالعه به مساحت ۸۰۰ هکتار، ۵۴۲۱۲ تن کربن توسط بخش هوایی گونه‌های مختلف ذخیره شده است. در مجموع، ارزش اقتصادی حاصل از ترسیب کربن در پارک جنگلی چیتگر ۱/۳۷ میلیون یورو محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: ارزش خالص فعلی، پارک جنگلی، زی‌توده، معادلات آلومتریک.

مقدمه

اطلاع از توان تولید جنگل‌ها برای مدیریت آن مهم است. در اکوسیستم‌های جنگلی، اهمیت مطالعه زی‌توده جنگلی از آنجا ناشی می‌شود که میزان آن بیانگر توان تولید در واحد سطح و یا زمان می‌باشد (عدل، ۱۳۸۶). اکوسیستم‌های خشکی ۸۰ درصد زی‌توده روی زمین و ۴۰ درصد زی‌توده زیرزمین را تشکیل می‌دهند. برآورد زی‌توده برای ارزیابی ساختار و وضعیت جنگل برآورد تولید و جریان زی‌توده و نیز بررسی حاصلخیزی رویشگاه اهمیت دارد (Navar, 2009). برآورد حجم تنه و زی‌توده درختان در برنامه‌ریزی پایدار جنگل و انجام مطالعات در زمینه جریان انرژی و مواد غذایی در اکوسیستم‌های جنگلی مورد نیاز است. به‌طوری که برنامه‌ریزان در سطوح استراتژیک و عملیاتی بر نیاز به برآورد قابل قبولی از حجم تنه و زی‌توده درختان تاکید کرده‌اند. از آنجایی که زی‌توده اندام‌های هوایی از مشخصه‌های کلیدی در درختان به شمار می‌رود، استفاده از روش‌های غیرمخرب به‌منظور برآورد دقیق آنها بسیار ضروری به نظر می‌رسد (Komiyama *et al*., 2008; Losi *et al*., 2003). دقیق‌ترین روش برای برآورد زی‌توده و محتوای کربن یک درخت آن است که درخت

را قطع و به اجزای مختلف تقسیم نمود و با نمونه‌گیری، ماده خشک و محتوای کربن هر جز را محاسبه و در نهایت محتوای کربن کل درخت را برآورد نمود (Basuki *et al.*, 2009). اما این روش بسیار دشوار، پرهزینه و ناسازگار با ضوابط زیست محیطی است. از طرفی محاسبه زی‌توده و محتوی کربن درختان و سایر رستنی‌ها با توجه به اهمیت موضوع گرمایش زمین و تغییر اقلیم (Ebuy *et al.*, 2011) و نیز به‌عنوان شاخصی برای تشریح حاصلخیزی رویشگاه ضروری است (Navar, 2009). به همین دلیل برای برآورد میزان ترسیب کربن از معادلات آلومتریک استفاده می‌شود. گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی به خاطر انتشار گازهای گلخانه‌ای از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی عصر حاضر به شمار می‌رود (Backeus *et al.*, 2005). در میان گازهای گلخانه‌ای بیشترین تاثیر مربوط به گاز دی‌اکسیدکربن است (Pandey & Narayan, 2002). پالایش کربن با روش‌های مصنوعی از جمله فیلتر، هزینه‌های سنگینی در پی دارد (Cannell, 1992). گیاهان سبز به‌ویژه درختان به وسیله فرآیند فتوسنتز، دی‌اکسیدکربن اتمسفر را طی مراحل چرخه کالوین به مولکول‌های قند تبدیل کرده و از این قند در ساخت زی‌توده به صورت ریشه، ساقه، برگ و میوه استفاده می‌کنند و بخشی از آن را از طریق لاشبرگ به خاک زیرین خود منتقل می‌سازند (مقدم، ۱۳۸۰). از این رو ذخیره کربن در زی‌توده گیاهی و خاک‌هایی که در این زی‌توده هستند، ساده‌ترین و ارزان‌ترین راهکار برای کاهش کربن اتمسفر است که اگر در قالب زراعت چوب صورت گیرد، منافع اقتصادی جانبی هم در پی خواهد داشت (William, 2002). پژوهش‌های مختلفی در زمینه کارآیی ترسیب کربن در زی‌توده هوایی برخی گونه‌های جنگل‌کاری شده انجام شده است.

Meenakshi Kaul و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی میزان کربن ترسیب یافته در زی‌توده هوایی گونه‌های جنگل‌کاری شده صنوبر دلتوئیدس، اکالیپتوس (*Eucalyptus tereticornis*) و درخت ساج (*Tectona grandis*) بیان کردند که هر کدام از این گونه‌ها در طول مدت رشد خود به‌ترتیب مقدار ۷۶۵، ۸۳۴ و ۱۰۵۱ کیلوگرم کربن در هکتار ذخیره می‌کنند. Mohammadi و همکاران (۲۰۱۷) به برآورد ترسیب کربن هوایی و ارزش اقتصادی جنگل‌های طبیعی اسالم گیلان پرداختند. نتایج آنها نشان داد میانگین ترسیب کربن ۲/۳۰ تن در هکتار و ارزش اقتصادی آن ۷۶ یورو در هکتار در سال برآورد شده است.

مقصودلونژاد و همکاران (۱۳۹۸) در رویشگاه چهارباغ گرگان بیان کردند میانگین ترسیب کربن گونه ارس ۴/۴۲ تن در هکتار و ارزش اقتصادی آن ۲۵،۰۳۴،۸۸۰ ریال در هر هکتار می‌باشد. جهان‌پور و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی مقدار ترسیب کربن در زی‌توده هوایی برخی ارقام جنگل‌کاری شده صنوبر در دو گروه کلن (تاج باز و بسته) پرداختند و نتایج نشان داد بیشترین مقدار ترسیب کربن در گروه تاج بسته مربوط به رقم *P. nigra 42.53* با مقدار ۲/۴۶ تن در هکتار و در گروه تاج باز مربوط به رقم *P. X. pacher* با مقدار ۱/۹۸ تن در هکتار بوده است. عابدی و همکاران، (۱۳۹۹)به تعیین سن بهینه بهره‌برداری جنگل‌کاری صنوبر دلتوئیدس با توجه به ارزش اقتصادی ترسیب کربن پرداختند. نتایج نشان داد با افزایش هزینه بهره‌برداری سن بهینه بهره‌برداری نیز افزایش و ارزش خالص فعلی کاهش می‌یابد و با افزایش قیمت کربن، سن بهره‌برداری بهینه کاهش و ارزش خالص فعلی افزایش می‌یابد. پارک جنگلی چیتگر از نظر محیط زیستی بسیار دارای اهمیت است و نمونه بارزی از جنگل شهری موفقیت‌آمیز می‌باشد. بنابراین سوال آن است که آیا می‌توان با استفاده از معادلات آلومتریک موجود میزان ترسیب کربن و ارزش اقتصادی آن را در پارک جنگلی چیتگر محاسبه کرد؟ هدف اصلی این پژوهش، برآورد ارزش اقتصادی میزان ترسیب کربن اندام هوایی درختان در پارک جنگلی چیتگر است که برای این منظور ابتدا میزان ترسیب کربن برای گونه‌های درختی موجود در منطقه شامل کاج تهران، سرو نقره‌ای، اقاقیا، توت و زبان گنجشک با استفاده از معادلات آلومتریک موجود محاسبه و سپس ارزش اقتصادی ترسیب کربن برای کل پارک جنگلی چیتگر برآورد شد.

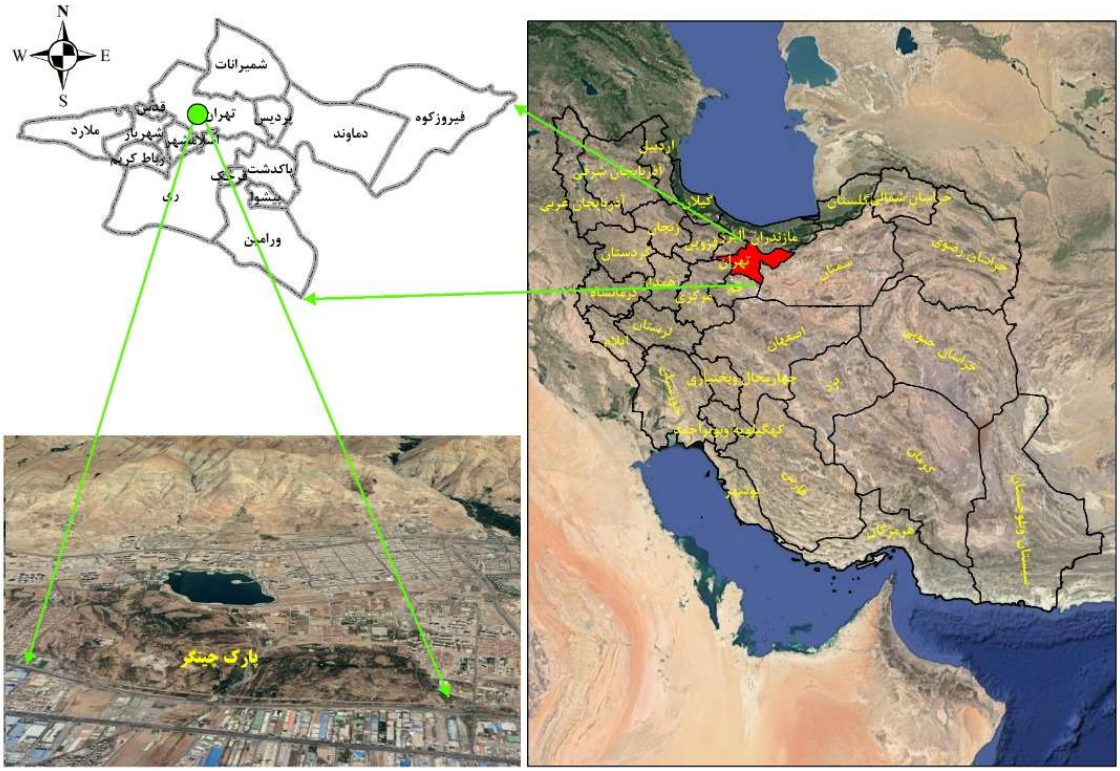
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه پارک جنگلی چیتگر بود که در محدوده ′۱۰ °۵۱ تا ′۱۴ °۵۱ طول شرقی و ′۴۲ °۳۵ تا ′۴۴ °۳۵ عرض شمالی به وسعت ۸۰۰ هکتار در غرب شهر تهران و در منطقه چیتگر واقع شده است (شکل ۱). جهت کلی منطقه جنوب‌غربی

است ولی در محدوده پارک جهات غالب شیب، جنوب‌غربی و شمال‌شرقی می‌باشند. منطقه‌ای که پارک جنگلی چیتگر در آن واقع شده است بسته به نقاط مختلف آن دارای عوارض، پستی و بلندی‌های بسیاری است. به همین نسبت نوسانات شیب آن زیاد و از صفر شروع و تا هشتاد درصد نیز متغیر است. امتداد اصلی پارک در جهت غربی– شرقی قرار گرفته و پستی و بلندی‌های عمده را تپه ماهور تشکیل می‌دهند. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱،۲۲۵ متر و حداکثر ارتفاع آن ۱،۳۱۳ متر بوده و متوسط ارتفاع آن ۱۲۶۹ متر می‌باشد (آزادی‌نژاد، ۱۳۸۸).

جنگل‌کاری در پارک جنگلی چیتگر در چند مرحله انجام پذیرفت: در مرحله اول ۶۰۰ هکتار از عرصه مورد جنگل‌کاری قرار گرفت، سپس در مراحل بعدی دو منطقه به وسعت ۶۰۰ و ۴۰۰ هکتار جنگل‌کاری شدند که با احتساب سایر تاسیسات و جاده‌ها، سطح کل عرصه در حدود ۱،۴۵۰ هکتار رسید، اما توسعه فضاهای شهری و نفوذ آن به پارک سبب کاهش مساحت پارک شد، به‌طوری که مساحت پارک جنگلی چیتگر در حال حاضر در حدود ۸۰۰ هکتار است. از نظر پوشش گیاهی نیز ۵۳ و ۴۷ درصد از سطح عرصه به‌ترتیب شامل گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ هستند و بیشترین گونه‌های درختی کاشته شده کاج تهران، سرو نقره‌ای، زبان گنجشک، اقاقیا و توت می‌باشند. همچنین در برخی نقاط به‌صورت خالص و در برخی نقاط به صورت آمیخته جنگل‌کاری انجام شده است (آزادی‌نژاد، ۱۳۸۸).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

باتوجه به اینکه مساحت پارک جنگلی ۸۰۰ هکتار است، بنابراین برای نمونه‌برداری با توجه به هزینه و ساختار جنگل، تعداد ۱۰۰ قطعه نمونه دایره‌ای شکل ۱۰ آری با ابعاد شبکه آماربرداری ۱۰۰×۱۰۰ متر طراحی و مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در داخل هر قطعه نمونه مشخصات نوع گونه، قطر برابرسینه و ارتفاع درختان اندازه‌گیری شد. سپس با توجه به معادلات آلومتریک ارایه شده برای گونه‌های مختلف توسط محققان میزان ترسیب کربن به‌دست آمد. لازم به ذکر است که از بین مدل‌های ارایه شده برای بخش‌های مختلف درختان، مدلی انتخاب شد که دارای بیشترین مقدار ضریب تبیین (R^2)

بوده باشد.

روابط مورد استفاده به‌منظور برآورد میزان ترسیب کربن در گونه‌های کاج تهران، سرو نقره‌ای، توت، اقاقیا و زبان گنجشک در جدول (۱) ارایه شده است:

جدول ۱. روابط مورد استفاده برای برآورد ترسیب کربن گونه‌های درختی

گونه‌ها	معادله	ضریب تبیین (R^2)	منبع
کاج تهران	$Y = 0.1019\ (x^{2.191})$	۰/۹۶	بختیاروندبختیاری و سهرابی (۱۳۹۱)
سرو نقره‌ای	$Y = 0.2222\ (x^{2.098})$	۰/۹۶	
توت	$Y = 0.037\ (x^{3.662})$	۰/۹۳	
اقاقیا	$Y = 0.023\ (H^{4.06})$	۰/۸۹	
زبان گنجشک	$Y = 6.0508 + 0.0704\ G$	۰/۹۴	خادمی و کرد (۱۳۹۰)

که در این روابط Y میزان ترسیب کربن برحسب کیلوگرم، X مشخصه قطر برابرسینه درخت برحسب سانتی‌متر، H مشخصه ارتفاع درخت برحسب متر و G مشخصه سطح مقطع برابرسینه بر حسب سانتی‌مترمربع می‌باشد.

سپس با توجه به قیمت جهانی کربن یعنی ۲۵/۳ یورو به ازای هر تن، ارزش این مقدار کربن ترسیب‌یافته نیز به‌دست آمد. با توجه به زمان انجام پژوهش (اردیبهشت ماه ۱۴۰۰)، نرخ تبدیل یورو برابر ۲۵۰،۰۰۰ ریال به ازای هر یورو در نظر گرفته شد (Central Bank of the I.R.I., 2021).

نتایج

نتایج مشخصه‌های کمی اندازه‌گیری شده نشان داد بیشترین فراوانی درختان مربوط به گونه کاج تهران با تعداد در هکتار ۳۹۰/۳ اصله بود. بیشترین میانگین مشخصه‌های قطر برابرسینه و ارتفاع درختان نیز به‌ترتیب مربوط به درختان سرو نقره‌ای و زبان گنجشک با مقادیر ۳۰/۳۱ سانتی‌متر و ۱۱/۲۶ متر بود (جدول ۲).

جدول ۲. میانگین مشخصه‌های کمی اندازه‌گیری به تفکیک گونه‌های درختی

گونه‌ها	تعداد در هکتار (اصله)	میانگین قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	میانگین ارتفاع (متر)
اقاقیا	**۴۶/۲**	**۲۰/۶۹**	**۶/۵۵**
توت	**۱۱/۸**	**۲۰/۲۶**	**۹/۵۵**
کاج تهران	**۳۹۰/۳**	**۲۶/۷۸**	**۱۱/۱۶**
زبان گنجشک	**۴۲/۴**	**۲۶/۷۷**	**۱۱/۲۶**
سرو نقره‌ای	**۲/۹**	**۳۰/۳۱**	**۱۰/۶۹**

نتایج ترسیب کربن به تفکیک گونه‌های درختی در جدول ارایه شده است. با توجه به نتایج، بیشترین و کمترین مقدار کربن ترسیب‌یافته به‌ترتیب به گونه‌های کاج تهران و سرو نقره‌ای اختصاص داشت. همچنین مجموع کربن ترسیب‌یافته همه گونه‌های درختی در منطقه مورد مطالعه، ۶۷/۷۶ تن در هکتار محاسبه شد (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج ترسیب کربن به تفکیک گونه‌های درختی (به ازای هر اصله)

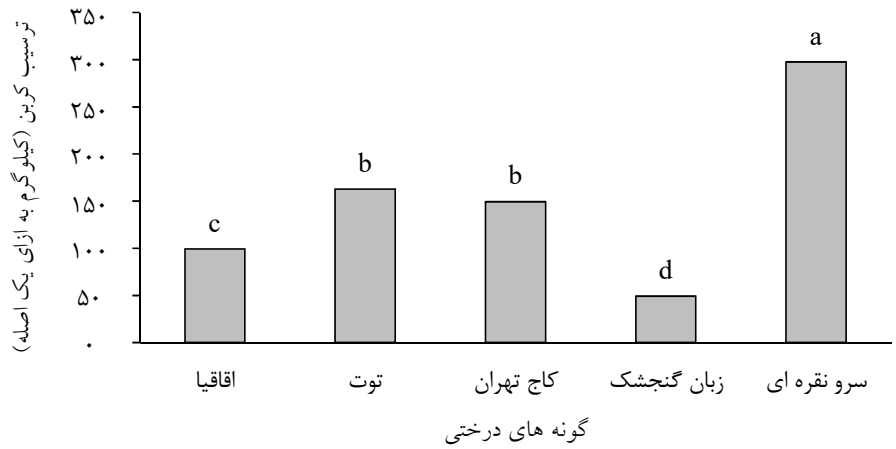
گونه‌ها	ترسیب کربن (کیلوگرم به ازای یک اصله)	ترسیب کربن (تن در هکتار)
اقاقیا	**۹۹/۱۸**	**۴/۵۸**
توت	**۱۶۲/۹۱**	**۱/۹۲**
کاج تهران	**۱۴۹/۴**	**۵۸/۳۱**
زبان گنجشک	**۴۹/۲**	**۲/۰۸**
سرو نقره‌ای	**۲۹۷/۷۴**	**۰/۸۶**
کل	**۷۵۸/۳۸**	**۶۷/۷۶**

نتایج آزمون تجزیه واریانس کربن ترسیب‌یافته بین گونه‌های درختی موجود در منطقه مورد مطالعه نشان داد اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف وجود دارد (جدول ۴). همچنین نتایج آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان داد اختلاف معنی‌داری بین دو گونه کاج تهران و توت با دیگر گونه‌های بررسی شده وجود دارد (شکل ۲).

جدول ۴. نتایج آزمون تجزیه واریانس ترسیب کربن بین گونه‌های مختلف درختی

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
بین گروه‌ها	۵۳۵۸۶۳۵/۱	۴	۱۳۳۹۶۵۸/۷	۱۶۶/۲	۰/۰۰
درون گروه‌ها	۳۹۷۴۵۱۹۰/۷	۴۹۳۱	۸۰۶۰/۲		
کل	۴۵۱۰۳۸۲۵/۸	۴۹۳۵			

* معنی‌داری در سطح خطای ۰/۰۱



شکل ۲. مقایسه میانگین ترسیب کربن در گونه‌های درختی

ارزش‌اقتصادی کربن ترسیب شده محاسبه گردید و نتایج آن در پارک جنگلی چیتگر به تفکیک گونه‌های درختی در جدول (۵) ارایه شد. همان طور که نتایج نشان می‌دهد، ارزش اقتصادی کربن ترسیب‌شده برابر ۱۷۱۴/۴۴ یورو در هکتار یا معادل ۴۲۸،۶۱۰،۸۸۰ ریال در هکتار برآورد شده است.

جدول ۵. ارزش کربن ترسیب‌یافته در پارک جنگلی چیتگر به تفکیک گونه‌های درختی

گونه‌ها	ترسیب کربن (تن در هکتار)	ارزش کربن ترسیب‌یافته (ریال)
اقاقیا	۴/۵۸	۲۸۹۸۱۸۸۴
توت	۱/۹۲	۱۲۱۵۸۰۴۲
کاج تهران	۵۸/۳۱	۳۶۸۸۱۵۹۳۷
زبان گنجشک	۲/۰۸	۱۳۱۹۴۴۵۶
سرو نقره‌ای	۰/۸۶	۵۴۶۰۵۶۲
کل	۶۷/۷۶	۴۲۸۶۱۰۸۸۰

با توجه به سطح پارک جنگلی چیتگر (۸۰۰ هکتار) میزان ترسیب کربن اندام‌های هوایی درختان در کل منطقه برابر ۵۴۲۱۲ تن برآورد شد که ارزش کربن ترسیب‌یافته در کل منطقه برابر ۱/۳۷ میلیون یورو محاسبه شد.

بحث و نتیجه‌گیری

تعیین زی‌توده گونه‌های درختی گذشته از اینکه در مدیریت پایدار منابع طبیعی حایز اهمیت است، سهم مناطق جنگلی و جنگل‌کاری را نیز در چرخه جهانی کربن نمایان می‌کند. اهمیت و تاثیر درختان در زمینه جذب آلودگی‌ها به خصوص آلودگی‌هایی که توسط انسان صورت می‌گیرد، از جمله دی‌اکسیدکربن، بیش از پیش مشخص و آشکار است (Murphy *et al*., 2008). از این‌رو می‌توان بیان کرد ترسیب کربن در مناطق جنگلی و جنگل‌کاری از مهمترین راهکارهای کاهش گازهای گلخانه‌ای است (Nijnik *et al*., 2013). نتایج این بررسی نشان داد میانگین ترسیب کربن در اندام‌های هوایی گونه‌های درختی منطقه مورد مطالعه ۶۷/۷۶ تن در هکتار می‌باشد که نشان‌دهنده پتانسیل بسیار زیاد مناطق جنگل‌کاری شده در جذب کربن اتمسفری و ترسیب آن در زی‌توده اندام‌های هوایی می‌باشد. (خادمی و کرد، ۱۳۹۰) با بررسی میزان ترسیب کربن اندام هوایی گونه زبان گنجشک در پارک جنگلی خلخال بیان کردند که میزان ترسیب کربن اندام هوایی این گونه برابر ۱۰/۲۳ تن در هکتار در طول رشد برآورد شده است که با نتایج این پژوهش در مورد گونه زبان گنجشک تفاوت دارد. از دلایل تفاوت نتایج می‌توان به تعداد در هکتار درختان در منطقه مورد مطالعه اشاره کرد. در پژوهش حاضر تعداد درختان زبان گنجشک ۴۲/۴ اصله در هکتار بود در حالی‌که تعداد در هکتار درختان زبان گنجشک در پژوهش فوق با فاصله کاشت ۴×۴ متر برابر ۶۲۵ اصله بود. از دیگر دلایل تفاوت نتایج می‌توان به ترکیب گونه‌های درختی موجود در مناطق جنگل‌کاری شده اشاره کرد. در پژوهش (خادمی و کرد ۱۳۹۰) جنگل‌کاری تنها با گونه زبان گنجشک انجام شده بود، درحالی‌که در پژوهش حاضر از گونه‌های متنوعی استفاده شد و همین مسئله نیز سبب شد که میزان ترسیب کربن اندام‌های هوایی درختان بیشتر از پژوهش فوق به‌دست آید.

Binkley و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهش خود بیان کردند کشت آمیخته گونه‌ها پتانسیل تولید بیشتری نسبت به کشت خالص دارد که تاییدکننده نتایج این پژوهش است. نتایج بررسی میزان ترسیب کربن در گونه‌های مختلف نشان داد اختلاف معنی‌داری بین ترسیب کربن اندام هوایی در گونه‌های مختلف وجود دارد. در پژوهشی دیگر (نریمانی و همکاران، ۱۳۹۴) با بررسی ترسیب کربن اندام هوایی درختان سرو نقره‌ای و کاج تهران در اطراف کارخانه ذوب آهن اصفهان بیان کردند میزان ترسیب کربن اندام هوایی درختان سرو نقره‌ای نسبت به کاج تهران بیشتر بوده که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. بنابراین نتایج نشان داد گونه سرو نقره‌ای از لحاظ ترسیب کربن و سایر ارزش‌های شناخته شده جنگل‌کاری‌ها حایز اهمیت فراوانی است. (ورامش و همکاران، ۱۳۹۳) نیز نشان دادند میزان ترسیب کربن در توده اقاقیا بیشتر از توده سرو نقره‌ای می‌باشد که با نتایج این پژوهش همخوانی ندارد. از دلایل تفاوت نتایج می‌توان به نحوه نمونه‌برداری درختان اشاره کرد که در پژوهش اشاره شده، نمونه‌برداری به صورت جداگانه و در داخل توده‌های خالص اقاقیا و سرو نقره‌ای انجام شد، درحالی‌که نمونه‌برداری در پژوهش حاضر در کل عرصه به تعداد ۱۰۰ قطعه نمونه به صورت تصادفی منظم پیاده شد. به همین دلیل تعداد در هکتار درختان اقاقیا و سرو نقره‌ای در پژوهش (ورامش و همکاران،۱۳۹۳) به مراتب بیشتر از تراکم درختان در پژوهش حاضر بود و در نتیجه میزان ترسیب کربن این گونه‌ها نیز متفاوت به‌دست آمد. همان طور که نتایج نشان داد ارزش میزان کربن ترسیب‌یافته در کل منطقه برابر با ۱/۳۷ میلیون یورو محاسبه شد که مقدار قابل توجهی می‌باشد. (خادمی و کرد،۱۳۹۰) و همچنین Pan و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهش‌های خود بیان کردند ارزش ترسیب کربن مناطق جنگل‌کاری شده بسیار بالاتر از هزینه احداث و نگهداری جنگل‌کاری می‌باشد که با توجه به ارزش ریالی ترسیب کربن به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان به اهمیت وجود مناطق جنگل‌کاری پی برد. Jackson و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی تاثیر جنگل‌کاری بر ترسیب کربن در آمریکا بیان کردند ذخیره کل کربن اکوسیستم با جنگل‌کاری افزایش یافته است.

به‌طور کلی آگاهی از مقادیر ترسیب کربن گونه‌های درختی که جهت جنگل‌کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند، اهمیت زیادی در ارزش‌گذاری این نواحی و نیز برنامه‌های مدیریتی خواهند داشت. نتایج این پژوهش نشان داد میزان ترسیب کربن بین گونه‌های مورد بررسی متفاوت بود، بنابراین تعیین و

به‌کارگیری مدیریت مناسب در انتخاب گونه‌ها برای بهبود حاصلخیزی و در نتیجه افزایش ترسیب کربن و کاهش اثرات منفی با دیدگاه اقتصادی، نوع هدف و فرضیه تحقیق مثبت خواهد بود، با توجه به ارزش اقتصادی به‌دست آمده برای پارک جنگلی چیتگر (۱/۳۷ میلیون یورو) می‌توان بیان داشت احداث و توسعه پارک‌های جنگلی در نقاط مختلف شهرها سبب افزایش اثرات محیط زیستی، تفرجی و اقتصادی زیادی خواهد شد. این امر می‌تواند یک نگرش سیستمی به اصلاح و احیا اراضی باشد، چرا که ضمن تامین حفاظت کمی و کیفی شرایط خاک و افزایش تولید، می‌تواند راهکاری جهت مقابله با افزایش کربن اتمسفری و بحران تغییر اقلیم و در نهایت دستیابی به توسعه پایدار تلقی گردد.

منابع

آزادی‌نجات، س. (۱۳۸۸) کاربرد تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی جنگلکاری‌های انجام شده در پارک جنگلی چیتگر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۲۲صفحه.

بختیاروندبختیاری، س. و سهرابی، ح. (۱۳۹۱) معادلات آلومتریک برای تخمین ذخیره کردن بالا و زیرزمینی چهار درخت پهن‌برگ و سوزنی‌برگ. مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۰(۳): ۴۹۲-۴۸۱.

جهان‌پور، ف.، باده‌یان، ض. و سوسنی، ج. (۱۳۹۸) بررسی مقدار ترسیب کربن در زی‌توده هوایی برخی ارقام جنگلکاری شده صنوبر. مجله جنگل ایران، ۱۱(۲): ۲۰۵-۱۹۵.

خادمی، ا. و کرد، ب. (۱۳۹۰) برآورد میزان ذخیره کربن در بیوماس گونه زبان گنجشک، مطالعه موردی پارک جنگلی خلخال. مجله علوم و فنون منابع طبیعی، ۶(۴): ۲۴-۱۳.

عابدی، ط.، محمدی‌لیمائی، س.، بنیاد، ا.ا. و ترکمن، ج. (۱۳۹۹) تعیین سن بهینه بهره‌برداری جنگلکاری صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides*) با توجه به ارزش اقتصادی ترسیب کربن. مجله بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۸(۱۵): ۳۱-۲۲.

عدل، ح.ر. (۱۳۸۶) برآورد زیست‌توده برگ و شاخص سطح برگ دو گونه اصلی جنگل‌های یاسوج. مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵(۴): ۴۲۶-۴۱۷.

مقدم، م.ر. (۱۳۸۰) بوم‌شناسی آماری توصیفی پوشش گیاهی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۲۸۵ صفحه.

مقصودلونژاد، م.، بنیاد، ا.ا. و شتایی، ش. (۱۳۹۸) برآورد موجودی و ارزش اقتصادی ذخیره کربن گونه ارس (*Juniperus excelsa* M. Bieb) در رویشگاه چهار باغ گرگان. مجله جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۲(۴): ۳۱۱-۳۰۱.

نریمانی، ح.، ایران‌نژادپاریزی، م.ح، کیانی، ب. و قربانعلی، ر. (۱۳۹۴) تأثیر جنگلکاری با گونه‌های سوزنی‌برگ بر ترسیب کربن اتمسفری، پژوهش موردی جنگلکاری‌های کارخانه ذوب آهن اصفهان. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۳(۱): ۶۳-۵۳.

ورامش، س.، حسینی، س.م. و سفیدی، ک. (۱۳۹۳) ارزیابی مقدار ترسیب کربن در بیومس، لاشبرگ و خاک توده‌های اقاقیا و سرو نقره‌ای اطراف تهران. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۶(شماره ویژه): ۳۵۲-۳۴۳.

Basuki, T.M., Van Laake, P.E., Skidmore, A.K. and Hussin, Y.A. (2009) Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. Forest Ecology and Management, 257: 1684-1694.

Binkley, D., Senock, R., Bird, S. and Cole, T.G. (2003) Twenty years of stand development in pure and mixed stands of Eucalyptus saligna and nitrogen fixing Facaltaria moluccana. Forest Ecology and Management, 182: 93–102.

Cannell, R., Dewar, R.C. and Thornley, J.H.M. (1992) Carbon flux and storage in European forests. In: A. Teller, P. Mathy and J.N.R. Jeffers (Eds.) Responses of forest ecosystems to environmental changes, Elsevier, New York: 256-271.

Central Bank of The Islamic Republic of Iran. (2021) Weighted Average Market Exchange Rate.

Ebuy, J., Lokombe, J.P., Ponette, Q., Snwa, D. and Picard, N. (2011) Allometric equations for predicting above ground biomass of

CO_2 flux. Forest Ecology and Management, 255: 257–258.

Navar, J. (2009) Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. Forest Ecology and Management, 257(2): 427-434.

Nijnik, M., Pajot, G., Moffat, A.J. and Slee, B. (2013) An economic analysis of the establishment of forest plantations in the United Kingdom to mitigate climatic change. Forest Policy and economics, 26: 34-42.

Pan, Y., Birdsey, R., Hom, J. and McCullough, K. (2009) Separating effects of changes in atmospheric composition, climate and land-use on carbon sequestration of U.S. Mid-Atlantic temperate forests. Forest Ecology and Management, 259: 151–164.

Pandey F. and Narayan, D. (2009) Global climate change and carbon management in multifunctional forests. Current Science, 83: 593-602.

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

three tree species. Journal of Tropical Forest Science, 23(2): 125-132.

Jackson, R.B., Banner, J.L., Jobbagy, E.G., Pockman, W.T. and Wall, D.H. (2002) Ecosystem carbon loss with woody plant invasion of grasslands. Nature, 418: 623-626

Komiyama, A., Ong, J.E. and Poungparn, S. (2008) Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. Aquatic Botany, 89(2): 128-137.

Losi, C.J., Siccama, T.G., Condit, R. and Morales, J.E. (2003) Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. Forest Ecology and Management, 184(1-3): 355-368.

Meenakshi Kaul, G.M., Mohren, J. and Dadhwal, V.K. (2010) Carbon storage and sequestration potential of selected tree species in India. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 15: 489–510.

Murphy, M., Balser, T., Buchmann, N., Hahn, V. and Potvin, C. (2008) Linking tree biodiversity to belowground process in a young tropical plantation: Impacts on soil

Estimation of monetary value of aboveground carbon sequestration of tree species in Chitgar forest park

Hassan Shafiee[1*], Soleiman Mohammadi Limaei[2] and Amireslam Bonyad[2]

1) PhD Student, Department of Forestry, University Campus 2, University of Guilan, Rasht, Iran.
[*]Corresponding Author Email Address: h42.g49@yahoo.com
2) Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh sara, Iran.

Date of Submission: 2021/11/14 Date of Acceptance: 2022/03/01

Abstract

Trees are one of the most important and largest carbon reservoirs in forest ecosystems and measuring and estimating carbon reserves in different organs of trees is one of the most important research topics for ecologists. The aim of this study was to estimate the monetary value of aboveground carbon sequestration of tree species in Chitgar forest park. Based on a systematic random sampling method, a total of 100 circular sample plots were collected in a grid with dimensions of 100×100 m. In each plot, species type, diameter at the breast height, and the height of trees were measured. Allometric equations were used to estimate the carbon sequestration of different tree species. The analysis of variance and Duncan tests were used to compare carbon sequestration between different species. The results showed that the mean carbon sequestration in *Robinia pseudoacacia*, *Malus sp*., *Pinus taeda*, *Fraxinus s*p. and *Juniperus sp*. were 4.58, 1.92, 58.31, 2.08 and 0.86 ton/ha, respectively. The results of the analysis of variance showed that there was a significant difference between the mean carbon sequestrations between different species. Besides, the results also showed that the above ground sequestered carbon was 67.76 tons per hectare and in the whole studied area with 800 hectares, the sequestered carbon was 54212 tons. The economic value of carbon sequestration in Chitgar forest park was calculated at 1.37 million EUR.

Keywords: Allometric equation, Biomass, Forest park, Net present value.