Archive of SID

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۴ شماره ۲، صفحه ۲۱۳-۲۰۰، (۱۳۹۵)

اندوخته کربن روی زمینی و خاک کبوده (*Populus alba* L.) در فاصله کاشت‌های مختلف در استان چهارمحال و بختیاری

ابوذر حیدری صفری کوچی[۱]، یعقوب ایران‌منش[۲] و تیمور رستمی شاهراجی[۳*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران
۳*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران، پست الکترونیک: tsharaji@yahoo.co.uk

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۱۱

چکیده

ترسیب کربن اتمسفری در اندام‌های گیاهی و خاک‌های زیر آنها از سازوکارهای مقابله با بحران گرمایش زمین است. این مطالعه به‌منظور بررسی ترسیب کربن در ساختار زی‌توده و خاک تحت کشت صنوبر کبوده (*Populous alba* L.) در فواصل کشت مختلف در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. ابتدا چهار قطعه یک‌هکتاری صنوبرکاری‌شده با کبوده با سن یکسان (۱۰ ساله) و با فواصل کاشت مختلف (۰/۵×۰/۵، ۱×۱، ۲×۲ و ۴×۴ متر) در شرایط مشابه اقلیمی در استان چهارمحال و بختیاری انتخاب شدند. سپس از هر یک از مناطق، ۱۰ اصله درخت (درمجموع ۴۰ اصله درخت) انتخاب و قطع شدند. درختان قطع‌شده در عرصه بلافاصله وزن شدند و وزن تر درختان به‌تفکیک اندام‌های مختلف ثبت شد. پس از نمونه‌گیری از قسمت‌های مختلف درختان، با روش احتراق در کوره الکتریکی، کربن اندوخته‌شده در زی‌توده به‌دست آمد. همچنین از هر منطقه ۱۰ نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت شد و مقدار کربن خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین ذخیره کربن در اندام‌های درختان به‌ترتیب مربوط به تنه اصلی، شاخه، سرشاخه، پوست و برگ درختان بود. بیشترین اندوخته کربن روی زمینی مربوط به درختان با فاصله کاشت ۰/۵×۰/۵ متر به‌میزان ۲۲۶/۵ تن در هکتار به‌دست آمد. براساس نتایج، افزایش فاصله کاشت صنوبر باعث کاهش ۵۰ درصدی در میزان ترسیب کربن در خاک زیر آن شده بود، به‌طوری‌که در خاک توده‌های با فواصل ۰/۵ و یک‌متری به‌ترتیب ۷۹/۶ و ۷۶/۳ تن و در تراکم کم، ۳۷/۶ تن در هکتار کربن ترسیب شده بود.

واژه‌های کلیدی: اندوخته کربن، تراکم کاشت، چهارمحال و بختیاری، خاک، کبوده.

مقدمه

مسأله گرمایش جهانی منتج از اثر گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی ناشی از آن از مهم‌ترین معضلات محیط زیستی عصر حاضر به‌شمار می‌رود (Backeus *et al*., 2005). در میان گازهای گلخانه‌ای بیشترین تأثیر مربوط به گاز دی‌اکسیدکربن (CO_2) است (Pandey & Narayan, 2002). پالایش کربن با روش‌های مصنوعی ازجمله فیلتر، هزینه‌های سنگینی در پی دارد (Cannell, 2003). گیاهان سبز به‌ویژه درختان به‌وسیله فرآیند فتوسنتز، دی‌اکسیدکربن اتمسفر را طی مراحل چرخه کالوین (Calvin cycle) به مولکول‌های قند

www.SID.ir

Archive of SID

تبدیل می‌کنند و از این قند در ساخت زی‌توده به‌صورت ریشه، ساقه، برگ و میوه استفاده می‌کنند و بخشی از آنرا از طریق لاشبرگ به خاک زیرین خود منتقل می‌سازند (Moghaddam, 2001). از این‌رو ترسیب 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 انجام گیرد، منافع اقتصادی جانبی زودبازده هم در پی خواهد داشت (William, 2002)، بنابراین افزایش سطح جنگل‌ها و زراعت چوب ازجمله مناسب‌ترین راهکارها برای کاهش کربن اتمسفری به‌شمار می‌رود (Lal, 2004).

بسیاری از پروژه‌های جنگل‌کاری و زراعت چوب ازجمله صنوبرکاری‌ها از طریق ترسیب کربن، نقش عمده‌ای در حفظ توازن چرخه جهانی کربن ایفا می‌کنند، به‌طوری‌که هرساله مقدار زیادی (بیشتر از ۱۰۰ بیلیون تن) کربن در مقیاس جهانی ترسیب می‌شود. همچنین ذخیره کربن آلی خاک یکی از بزرگ‌ترین ذخایر کربن در سطح زمین است که این مقدار حدود ۱۵۰۰ گیگاتن برآورد شده است (Amundson, 2001).

تراکم کاشت بر میزان ترسیب کربن در زی‌توده و خاک زیر آن اثرگذار است، به‌طوری‌که Fang و همکاران (۲۰۰۷) بیان می‌کنند که با افزایش تراکم کاشت در صنوبرکاری‌ها، ترسیب کربن در زی‌توده و خاک بیشتر می‌شود. همچنین Zerva و همکاران (۲۰۰۴) با هدف بررسی زراعت چوب در بیشه‌های طبیعی به این نتیجه رسیدند که جنگل‌کاری در بیشه‌زارها، در ابتدا باعث کاهش ترسیب کربن در خاک می‌شود، اما با رشد درختان کاشته‌شده این کمبود کربن جبران می‌شود. Fortier و همکاران (۲۰۱۰) پتانسیل پنج کلن هیبرید صنوبر را برای به‌دست آوردن زی‌توده و حجم چوب در نواحی ساحلی و کنار رودخانه‌ای در چهار منطقه مختلف در کبک کانادا برآورد کردند. پس از شش سال رشد، حجم زی‌توده شاخ و برگ به‌مراتب کمتر از ساقه‌ها و شاخه‌های اصلی بود. حجم تنه چوبی نیز به ۲۳۷/۵ متر مکعب در هکتار رسید. بیشترین بازده و محصول در حاصلخیزترین محل‌ها مشاهده شد. در این تحقیق بیشترین مقدار زی‌توده روی زمینی و حجم تولیدی ساقه مربوط به کلن (*Populus nigra* × *P. maximowiczii*) به‌دست آمد. در پژوهش Hemmati و Modirrahmati (۲۰۰۵) در اراضی صنایع کاغذ غرب واقع در هرسین کرمانشاه مشخص شد که کلن‌های مختلف صنوبر در فاصله کاشت ۱×۲ متر بیشترین بازده تولید را داشتند. همچنین Parsapour و همکاران (۲۰۱۳) توانایی ترسیب کربن در چهار کلن از هیبریدهای صنوبر را در استان چهارمحال و بختیاری با یکدیگر مقایسه کردند و معادلات آلومتریک برای آنها ارایه کردند.

با وجود اهمیت گونه‌های سریع‌الرشد ازجمله صنوبر، مطالعات چندانی در مورد تأثیر تراکم کاشت بر میزان ترسیب کربن خاک و زی‌توده صنوبرکاری‌های ایران وجود ندارد. با توجه به وفور منابع آبی و زمین‌های حاصلخیز حاشیه رودخانه‌ها، ظرفیت زیادی برای صنوبرکاری در استان چهار محال و بختیاری وجود دارد به‌طوری‌که در حال حاضر بیشتر از ۷۰۰۰ هکتار بیشه کبوده (اغلب *P. alba*) در سطح این استان گزارش شده است. این صنوبرکاری‌ها اغلب با فواصل کاشت سنتی (۰/۵×۰/۵ متر) هستند و کشاورزان بومی نیز اصرار بر اجرای این نوع فاصله کاشت دارند.

پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی اثر فواصل مختلف کاشت بر مقدار زی‌توده و اندوخته کربن صنوبر (که خود معیارهایی از میزان تولید هستند) و همچنین درنظر گرفتن پراکنش درختان در طبقات مختلف قطری مختلف و مصارف آنها در دوره برداشت ۱۰ ساله انجام شد. ارایه گزارشی از میزان ترسیب کربن صنوبرکاری‌های استان، ارزش ریالی آن و تأثیر آن بر کاهش گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن از اهداف دیگر این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

بخشی از این پژوهش در ایستگاه تحقیقات صنوبر و درختان سریع‌الرشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. این ایستگاه در پنج

www.SID.ir

Archive of SID

کیلومتری شهر بلداجی از توابع شهرستان بروجن و در محدوده طول جغرافیایی ″۴۶ ′۵ °۵۱ تا ″۳۶ ′۶ °۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ″۴۷ ′۵۴ °۳۱ تا ″۲۷ ′۵۵ °۳۱ شمالی قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه ۴۴۳ میلی‌متر، دمای متوسط ۱۱ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع از سطح دریای آن ۲۲۶۰ متر است (Talebi *et al*., 2008). خاک این منطقه سیلتی- رسی با بافت سنگین تا نیمه‌سنگین و دارای ۱۰ تا ۱۵ درصد سنگریزه است. ساختمان خاک از نوع بلوکی زاویه‌دار است. بخش دیگری از پژوهش پیش‌رو در روستای کران انجام شد. روستای کران از توابع شهرستان فارسان و در پنج کیلومتری مرکز شهرستان و در محدوده طول جغرافیایی ″۵۷ ′۳۴ °۵۰ تا ″۱۸ ′۳۶ °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی ″۷ ′۱۳ °۳۲ تا ″۱۸ ′۱۴ °۳۲ شمالی قرار گرفته است. ارتفاع متوسط این روستا از سطح دریا ۲۳۲۲ متر است. متوسط بارندگی نیز ۴۸۹ میلی‌متر در سال و دمای متوسط سالانه آن ۱۲ سانتی‌گراد است. خاک این منطقه رسی با بافت سنگین و دارای ۱۰ درصد سنگریزه است. ساختمان خاک این منطقه از نوع متراکم بلوکی است. هر دو منطقه مورد مطالعه اقلیم مشابهی (نیمه‌مرطوب معتدل سرد) دارند.

روش پژوهش

پس از جستجو و بررسی صنوبرکاری‌های موجود در استان، صنوبرکاری‌های ۱۰ ساله (سال کاشت: ۱۳۸۳) موجود در هر دو منطقه و با فواصل کشت متفاوت بررسی شد. در پژوهش پیش‌رو یک منطقه صنوبرکاری‌شده با فواصل کاشت ۰/۵×۰/۵ متری (کشت سنتی با تراکم زیاد)، یک منطقه با فواصل کاشت یک‌متری (فاصله کاشت کم) در حومه روستای کران و دو توده صنوبرکاری‌شده با فواصل کاشت ۲×۲ (فاصله کاشت متوسط) و ۴×۴ متری (فاصله کاشت زیاد) در ایستگاه تحقیقاتی بلداجی انتخاب شدند. شیوه آبیاری در چهار منطقه همسان (غرقابی) بود. کلن‌های مورد استفاده در پژوهش پیش‌رو کلن‌های بومی غالب کبوده موجود در استان بودند که با نام *P. alba*78.7 شماره‌گذاری شده بودند.

به‌منظور انجام بررسی‌ها در هر یک از مناطق با فاصله کشت مشخص، یک قطعه‌نمونه یک هکتاری انتخاب شد و آماربرداری از درختان موجود شامل متغیرهای قطر برابر سینه، ارتفاع و قطر متوسط تاج انجام شد. سپس با توجه به پراکنش قطری درختان در هر فاصله کاشت، ۱۰ اصله درخت در طبقات مختلف قطری و درمجموع ۴۰ اصله درخت در چهار فاصله کاشت به‌طور تصادفی انتخاب شدند. درختان انتخاب‌شده (از یک کلن) از فاصله ۲۰ سانتی‌متری از سطح زمین قطع شدند و بلافاصله به قسمت‌های مختلف شامل تنه اصلی، شاخه، سرشاخه (قطر کمتر از یک سانتی‌متر) تقسیم شدند (Snowdon *et al*., 2002). هرقسمت به‌وسیله ترازوی دیجیتالی توزین و وزن تر آنها در عرصه به‌دست آمد. از آنجایی‌که امکان خشک کردن همه قسمت‌ها (مانند شاخه) وجود نداشت، باید نمونه‌برداری انجام می‌شد. به‌منظور برآورد زی‌توده درختان قطع‌شده، نمونه‌هایی شامل یک دیسک به ضخامت چهار سانتی‌متر از محل قطر برابر سینه، پنج دیسک به ضخامت چهار سانتی‌متر از شاخه‌ها، ۱۰ نمونه سرشاخه به طول ۱۰ سانتی‌متر و ۷۰ نمونه برگ از چهار قسمت تاج برداشت شدند و پس از توزین با ترازوی دقیق دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم، به آزمایشگاه انتقال داده شدند (Fang *et al*., 1999). قابل ذکر است که ملاک جداسازی شاخه‌ها و سرشاخه‌ها، قطر آنها بود که برای شاخه‌های اصلی، قطر بیشتر از یک سانتی‌متر و برای سرشاخه‌ها قطر کمتر از یک سانتی‌متر درنظر گرفته شد (Walle *et al*, 2001).

نمونه‌ها ابتدا به مدت یک هفته در هوای آزاد خشک شدند. سپس نمونه‌های برگ و سرشاخه به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و نمونه‌های تنه و شاخه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بلافاصله پس از خروج از آون توزین شدند و وزن خشک آنها ثبت شد (Sohrabi & Shirvani, 2012).

با استفاده از نتایج مرحله پیشین، نسبت وزن خشک به تر نمونه‌ها محاسبه شد. از ضرب کردن نسبت به‌دست‌آمده در وزن تر اندام‌های مختلف، وزن خشک اندام‌های هر درخت محاسبه شد (رابطه ۱) (Bakhtiarvand Bakhtiari & Sohrabi, 2012). از مجموع وزن شاخه‌ها، سرشاخه‌ها و برگ‌ها نیز وزن تاج به‌دست آمد. درنهایت، از مجموع وزن

www.SID.ir

Archive of SID

تاج و وزن تنه درختان، وزن خشک کل درختان به‌دست آمد.

$$WDc = \frac{WFc * WDs}{WFs}$$ رابطه (۱)

که در آن: WDC وزن خشک هر جزء از درخت، WFc وزن تر هر جزء از درخت، WDs وزن خشک هر نمونه و WFs وزن تر هر کدام از نمونه‌ها است.

با استفاده از نمونه‌های خشک‌شده درصد اندوخته کربن در هر جزء از درخت با روش احتراق در کوره الکتریکی به‌دست آمد. با توجه به نتایج این آزمایش و با استفاده از رابطه ۲ اندوخته کربن هر بخش از درختان محاسبه شد و با توجه به نتایج آماربرداری، اعداد به هکتار تعمیم داده شدند (Bakhtiarvand Bakhtiari & Sohrabi, 2012).

$$Wc = \frac{Wdc * Cc\%}{100}$$ رابطه (۲)

که در آن: Wc وزن کربن هر قسمت از درخت، Wdc وزن خشک هر قسمت از درخت و Cc% درصد کربن ماده خشک هر قسمت از درخت است.

به‌منظور پراکنش مناسب نمونه‌های خاک در سطح هر منطقه، ابتدا هر کدام از مناطق به دو قسمت ۵۰۰۰ متر مربعی تقسیم شدند و در هر قسمت پنج نمونه ترکیبی به‌طور تصادفی برداشت شد. بدین‌منظور در هر محل نمونه‌برداری خاک، به‌جای برداشت یک نمونه، پنج نمونه از قسمت‌های مختلف محل قطعه‌نمونه برداشت شد و با هم مخلوط شد. برای حذف اثرات حاشیه‌ها، از نمونه‌برداری خاک در ردیف‌های اول درختان از هر چهار طرف قطعات خودداری شد. نمونه‌ها از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت شدند (Gao *et al.*, 2007). ۱۰ نمونه ترکیبی از هر ناحیه و درمجموع ۴۰ نمونه از چهار منطقه مورد مطالعه برداشت شد و در کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک شدند و پس از جدا کردن بقایای گیاهی و ریشه‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. وزن مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه به‌دست آمد. همچنین درصد کربن آلی خاک با استفاده از روش والکی- بلاک (Walkley-black) اندازه‌گیری شد (Zarinkafsh, 1993). مقدار کربن آلی بر حسب کیلوگرم بر هکتار از طریق رابطه ۳ محاسبه شد (Lemma *et al.*, 2006).

$$Cs = 10000 \times \% OC \times Bd \times E$$ رابطه (۳)

در این رابطه: Cs کربن آلی بر حسب کیلوگرم بر هکتار، OC% درصد کربن نمونه‌ها، Bd وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm3) و E عمق نمونه‌برداری (cm) است.

تجزیه و تحلیل آماری

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- سمیرنوف بررسی شد. همچنین از آزمون واریانس یک‌طرفه برای بررسی اثر فاصله کاشت بر میانگین ترسیب کربن در توده‌های مختلف استفاده شد. برای انجام محاسبات آماری و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای $SPSS_{19}$ و Excel استفاده شد.

نتایج

جدول ۱ ویژگی‌های توصیفی درختان کبوده را در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد.

www.SID.ir

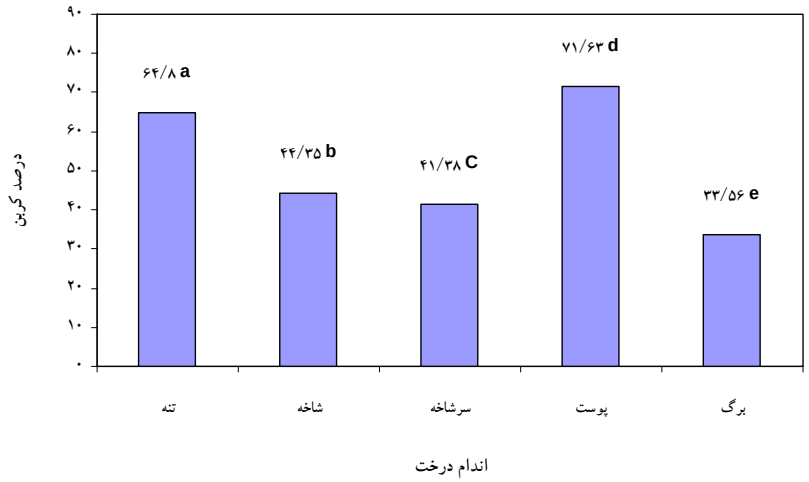
Archive of SID

جدول ۱- ویژگی‌های توصیفی درختان کبوده مورد بررسی در فواصل کاشت متفاوت

متغیر	فاصله کاشت (متر)	کمینه	بیشینه	میانگین± اشتباه معیار
قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	۰/۵×۰/۵	۵	۱۸/۵	۱۲/۵±۰/۴۲۸
	۱×۱	۵	۲۱	۱۳/۹±۰/۴۱۷
	۲×۲	۵	۲۲/۴	۱۵/۸±۰/۴۲۱
	۴×۴	۵	۲۳	۱۴/۲±۰/۳۸۷
ارتفاع (متر)	۰/۵×۰/۵	۵/۹	۲۰/۵	۱۴/۵±۰/۳۰۳
	۱×۱	۶	۲۱	۱۷/۷±۰/۵۷۴
	۲×۲	۴/۳	۱۳/۸	۱۱±۰/۲۶۶
	۴×۴	۴/۸	۱۱/۵	۸/۵±۰/۲۰۵
قطر تاج (متر)	۰/۵×۰/۵	۰/۳۵	۱/۴	۰/۷۵±۰/۰۵۸
	۱×۱	۰/۵۲	۱/۹	۱/۴±۰/۰۶۴
	۲×۲	۰/۵۸	۳/۴	۲/۳±۰/۱۲۱
	۴×۴	۰/۹	۴/۱	۲/۱±۰/۱۱۹

اندوخته کربن در زی‌توده گیاهی

مقایسه درصد کربن در اندام‌های مختلف در شکل ۱ مشاهده می‌شود. بیشترین مقدار فاکتور کربن مربوط به پوست و تنه به‌ترتیب با ۷۱/۶۳ و ۶۴/۸ درصد و کمترین مقدار فاکتور کربن مربوط به برگ به میزان ۳۳/۵۶ درصد بود. چنانچه مشاهده می‌شود تفاوت بین درصد کربن در اندام‌های مختلف صنوبر کبوده ازنظر آماری معنی‌دار بود. همچنین بین ضریب کربن هر یک از اجزاء درختان در فواصل کاشت مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت که امری بدیهی است و در این مطالعه به آن پرداخته نشد.

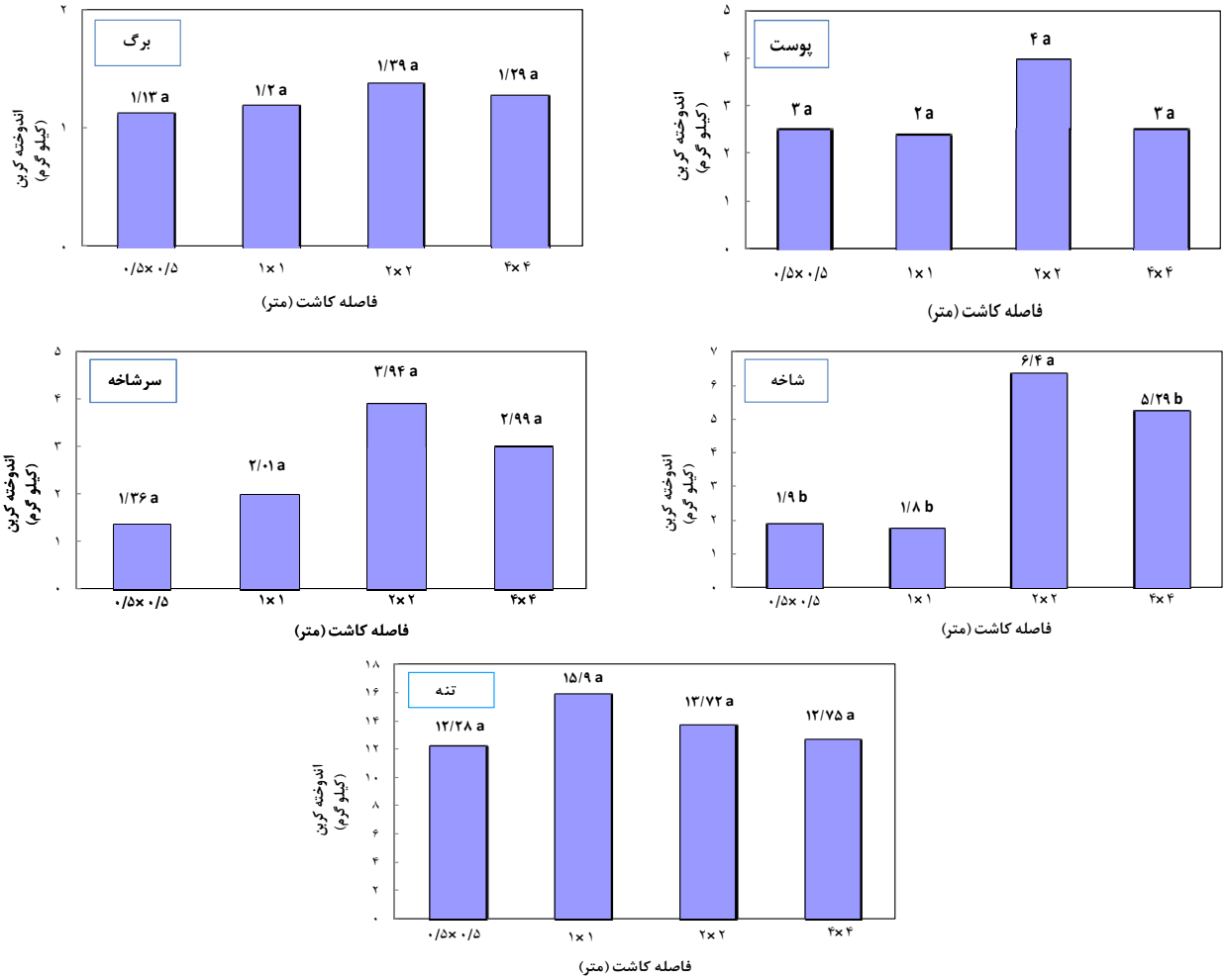


شکل ۱- مقایسه فاکتور کربن در اندام‌های مختلف کبوده

www.SID.ir

Archive of SID

به‌دلیل زیاد بودن حجم محاسبات و تعداد داده‌ها، نتایج مربوط به اندوخته کربن در قالب نمودارهایی به‌ترتیب برای اندام‌های مختلف هر درخت آورده شده است (شکل ۲). نتایج نشان داد که مقدار اندوخته کربن برای تنه اصلی درختان به ترتیب در فواصل کاشت ۱×۱ و ۲×۲ متر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده بود. در مورد اندام‌های دیگر (شاخه، سرشاخه، پوست و برگ) نیز میانگین کربن اندوخته‌شده برای فاصله کاشت ۲×۲ متر بیشترین مقدار را داشت. به‌طور متوسط بیشترین ذخیره کربن در اندام‌های درختان به‌ترتیب مربوط به تنه اصلی، شاخه، سرشاخه، پوست و برگ درختان بود (شکل ۲).



شکل ۲- مقدار اندوخته کربن در اندام‌های مختلف درختان و در فواصل کاشت مختلف

نتایج تجزیه واریانس میانگین‌های کربن ترسیب‌شده در ساختار درختان نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر ترسیب کربن در اندام‌های درختی چهار فاصله کاشت بود (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس ذخیره کربن درختان در فواصل مختلف کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	معنی داری
بین گروه‌ها	۳	۹۳۶/۴۶۵	۳۱۲/۱۵۵	۰/۸۶۳	۰/۴۶۹ ns
درون گروه‌ها	۳۶	۱۳۰۲۷/۱۴۴	۳۶۱/۸۸۵		
کل	۳۹	۱۳۶۹۳/۶۰۹			

ns غیرمعنی‌دار

با توجه به تراکم درختان در هر کدام از فواصل کاشت، مقدار اندوخته کربن درختان در واحد سطح محاسبه شد. نتایج بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تن در هکتار اندوخته کربن درختان در چهار فاصله کاشت بود. بیشترین میانگین اندوخته کربن معادل ۲۲۶/۴۶۵ تن در هکتار مربوط به فاصله کاشت ۰/۵×۰/۵ متری و کمترین میانگین اندوخته کربن به میزان ۹/۶۹۲ تن در هکتار مربوط به فاصله کاشت ۴×۴ متر بود (جدول ۳).

جدول ۳- تن در هکتار اندوخته کربن درختان در چهار فاصله کاشت

فاصله کاشت (متر)	متوسط ترسیب کربن در زیتوده (تن در هکتار)
۰/۵×۰/۵	۲۲۶/۴۶۵[a]
۱×۱	۱۸۱/۷۸۶[b]
۲×۲	۶۰/۲۶۵[c]
۴×۴	۹/۶۹۲[d]

حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

اندوخته کربن در خاک

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین کربن ترسیب‌شده در خاک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین فواصل کاشت مختلف بود (جدول ۴). نتایج آزمون دانکن برای این مقایسه در جدول ۵ ارایه شده است.

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس مقدار ترسیب کربن در تراکم های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	معنی‌داری
بین گروه‌ها	۳	۱۵۰/۶۴۳	۵۰/۲۱۴	۵۲/۲۸۲	۰/۰۰۰ **
درون گروه‌ها	۳۶	۳۴/۵۷۶	۰/۹۶		
کل	۳۹	۱۸۵/۲۱۹			

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- نتایج آزمون دانکن در مقایسه ترسیب کربن در چهار تراکم کاشت

فاصله کاشت (متر)	تعداد	ترسیب کربن (kg/m^2)
۰/۵×۰/۵	۱۰	۷/۹۵۱[a]
۱×۱	۱۰	۷/۶۳۲[a]
۲×۲	۱۰	۴/۱۲۳[b]
۴×۴	۱۰	۳/۷۵۶[b]

حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد را نشان می‌دهد.

میانگین مقدار ترسیب کربن خاک در فواصل کاشت مختلف برحسب تن در هکتار در جدول ۶ نشان داده شده است. این مقادیر در فواصل ۰/۵×۰/۵ و ۱×۱ با میزان ترسیب کربن در فواصل کاشت ۲×۲ و ۴×۴ اختلاف معنی‌دار داشتند. نتایج نشان داد که میزان ترسیب کربن در خاک توده متراکم‌تر (۰/۵×۰/۵ متر) بیشترین مقدار و معادل ۷۹/۵ تن در هکتار بود. همچنین در فواصل کاشت یک، دو و چهار متر مقدار اندوخته کربن به ترتیب ۷۶/۳، ۴۱/۲ و ۳۷/۶ تن در هکتار به‌دست آمد که نشان‌دهنده کاهش قابل ملاحظه آن در فواصل کاشت زیاد (چهار متر) بود.

جدول ۶- میانگین ترسیب کربن خاک در چهار فاصله کاشت

فاصله کاشت	عمق خاک (cm)	میانگین کربن (OC %)	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3) (Bd)	ترسیب کربن (kg/m^2)	ترسیب کربن (ton/ha)
۰/۵×۰/۵	۳۰	۱/۵۵۹	۱/۷	۷/۹۵۱	۷۹/۵۱۹[a]
۱×۱	۳۰	۱/۵۲۹	۱/۷	۷/۶۳۲	۷۶/۳۲۷[a]
۲×۲	۳۰	۱/۱۳۲	۱/۳	۴/۱۲۳	۴۱/۲۳[b]
۴×۴	۳۰	۰/۹۸۸	۱/۳	۳/۷۵۶	۳۷/۵۶۷[b]

حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

پراکنش درختان در طبقات مختلف قطری در فواصل کاشت مختلف

به‌منظور مقایسه رشد قطری درختان در فواصل کاشت مختلف، درصد حضور درختان در طبقات مختلف قطری به‌دست آمد (جدول ۷). براساس نتایج، با افزایش فاصله کاشت، تعداد درختان در طبقه‌های قطری بیشتر افزایش یافته است.

جدول ۷- درصد حضور درختان در طبقات مختلف قطری در چهار فاصله کاشت

طبقه قطری (سانتی‌متر)	فاصله کاشت			
	۰/۵×۰/۵ متر	۱×۱ متر	۲×۲ متر	۴×۴ متر
۵-۱۰	۴۵	۲۴	۵	۶
۱۰-۱۵	۳۶	۴۴	۴۶	۵۰
۱۵-۲۰	۱۵	۲۲	۳۵	۲۴
۲۰-۲۵	۴	۱۰	۱۴	۲۰

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

اندازه‌گیری و برآورد زی‌توده گیاهان و به‌ویژه زی‌توده درختان یکی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی جنگل و بررسی جریان انرژی در بوم‌سازگان به‌حساب می‌آید و طی سال‌های اخیر این موضوع مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است (Zianis *et al*., 2005). در گذشته اندازه‌گیری‌های درصد کربن بیشتر در مورد بخش چوبی درختان انجام می‌شد، زیرا بافت‌های چوبی درخت، بخش عمده ذخیره کربن درختان را به‌خود اختصاص می‌دهند (Gower *et al*., 2001). در بسیاری از پژوهش‌های انجام‌شده، مقدار کربن ۵۰ درصد زی‌توده درختی درنظر گرفته شده است، درحالی‌که تحقیقات اخیر نشان داده است که به‌دلیل تغییرات مقدار کربن در گونه‌های مختلف گیاهی و اندام‌های مختلف یک گیاه، این فرضیه از دقت لازم برخوردار نیست. بررسی‌های دیگر نیز بیان‌گر این موضوع است که استفاده از فرضیه ۵۰ درصد، برآورد ذخیره کربن درختان را با پنج درصد خطا مواجه می‌کند (Martin & Thomas, 2011). در یک بررسی جامع از مقدار کربن موجود در گونه‌ها و بافت‌های زنده درختان مشخص شد که محتوی کربن در اندام‌های مختلف گونه‌های درختی از ۳۷ تا ۸۱ درصد متغیر است (Martin & Thomas, 2011). در پژوهش پیش‌رو نیز درصد کربن از ۳۳/۵ تا ۷۱/۶ به‌دست آمد. علت اختلاف در مقدار کربن موجود در هر اندام، علاوه بر این‌که به وظایف عملکردی هر قسمت مربوط می‌شود، به ویژگی‌های شیمیایی هر کدام از بافت‌های چوبی نیز ارتباط دارد. وزن مخصوص چوب نیز بر مقدار کربن درخت تأثیر می‌گذارد (Elias & Potvin, 2003).

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که بیشترین اندوخته کربن در اندام درختان مورد بررسی به‌ترتیب در ساختار تنه، شاخه، سرشاخه، پوست و برگ وجود داشت. Fang و همکاران (۱۹۹۹) مطالعه مشابهی را در صنوبرکاری‌های چین با دوره برداشت کوتاه‌مدت انجام دادند و نتایج به‌دست‌آمده در مورد ترتیب ذخیره کربن در اندام‌های درختی در مطالعه آنها با نتیجه به‌دست آمده در این مطالعه به‌طور کامل مشابهت دارد. همچنین این مقدار در فاصله کاشت ۲×۲ متر در مقایسه با فواصل کاشت دیگر بیشتر بود که Cornic و Massacci (۱۹۹۶) نیز در مطالعه خود در مورد فواصل کاشت صنوبر به این نتیجه دست یافتند.

نتایج پژوهش پیش‌رو بیان‌گر حضور کربن بیشتر در اندام‌های چوبی درختان (تنه و شاخه) در فواصل کاشت کم (۰/۵×۰/۵ و ۱×۱) بود. بیشترین کربن ترسیب‌شده ازنظر جرمی در ساقه درختان و کمترین آن در ساختار برگ درختان (حداکثر چهار کیلوگرم در فاصله کاشت ۲×۲متر) بود. همچنین برگ درختان فاقد ترکیبات پیچیده کربن‌دار ازجمله لیگنین هستند که این باعث کم بودن ذخیره کربن در این بخش درخت می‌شود. درصورتی‌که ازنظر درصد کربن‌گیری، پوست درختان با متوسط ترسیب ۷۱ درصد بیشترین میزان اندوخته کربن را داشته است و دلیل این موضوع وفور ترکیبات پیچیده و کربن‌دار لیگنین در پوست ساقه و شاخه‌های درختان است (Fortier *et al*., 2010). این نتایج با نتایج مطالعه Fang و همکاران (۱۹۹۹) مطابقت دارد. این تفاوت میزان کربن به این علت است که از مجموع کربن ترسیب‌شده در وزن خشک اندام‌های درختان بیشترین میزان در اندام‌هایی مانند تنه اصلی و شاخه‌ها که درصد وزن بیشتری از وزن کل تنه را به خود اختصاص می‌دهند، ذخیره شده است.

نتایج تعمیم کربن ترسیب‌شده در ساختار درختان به هکتار نشان داد که با افزایش تراکم کاشت بر میزان اندوخته کربن در واحد سطح نیز افزوده می‌شود، به‌طوری‌که در فاصله کاشت ۰/۵×۰/۵ متر معادل ۲۲۶ و در فاصله کاشت ۴×۴ معادل نه تن در هکتار ترسیب کربن در بخش روی زمینی کبوده انجام شده است که بیان‌گر اختلاف قابل ملاحظه و معنی‌دار بین این دو تراکم است. Riahifar و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی که بر رویش پایه‌های پنج‌ساله صنوبر و پالونیا در مازندران با سه فاصله کاشت (۳×۳، ۴×۴ و ۵×۵ متر) انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بین فاصله کاشت‌ها اختلاف معنی‌داری در مقدار رویش وجود دارد، به‌طوری‌که با کاهش فاصله کاشت، رویش افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

یافت و با توجه به تراکم بیشتر توده، تولید در هکتار نیز افزایش یافت که با نتایج پژوهش پیش‌رو هم‌خوانی دارد.

در حالت انتخاب کاربری زراعت چوب با صنوبر برای ترسیب کربن و پالایش هوا در حاشیه کارخانه‌ها، کاشت این گونه در تراکم‌های زیاد توصیه می‌شود، اما در حالت هدف‌گذاری برای برداشت چوب تجاری مانند فیبر و تخته‌خرده‌چوب در کوتاه‌مدت و با قطرهای ۱۵ سانتی‌متر و بیشتر به‌منظور عرضه به بازار چوب، کاشت این گونه در فواصل کاشت ۲×۲ متر توصیه می‌شود (Corona, 2000). درصورتی‌که کاشت این گونه در فواصل کاشت ۴×۴ متر به‌دلیل تولید حجمی پایین در هکتار قابل توصیه نیست. با این تفاسیر فاصله کاشت ۱×۱ پس از دوره ۱۰ ساله ازنظر ترسیب کربن در هکتار وضعیت مناسبی دارد، اما درصد قابل توجهی از چوب‌های تولیدشده در طبقات قطری زیاد قرار نمی‌گیرند. همچنین در فواصل کاشت کم یعنی ۰/۵×۰/۵ متر اگرچه ترسیب مقادیر قابل توجه کربن وجود دارد، اما به‌دلیل پراکنش قطری درختان در طبقات قطری کم، از قابلیت لازم برای عرضه به بازار برخوردار نیست (Ray *et al.*, 2012). علاوه‌براین، با افزایش تراکم کاشت در قلمستان‌های صنوبر میزان ترسیب کربن در خاک این صنوبرکاری‌ها افزایش می‌یابد. با افزایش فاصله کاشت از ۰/۵×۰/۵ متر به ۱×۱ متر این تغییر برابر دو درصد است، اما با افزایش فاصله کاشت به ۴×۴ متر، ۵۲ درصد از میزان ترسیب کربن کاهش می‌یابد. درنتیجه تغییرات بارز در میزان ترسیب کربن خاک از فواصلی که تاج درختان به‌طور کامل از هم جدا می‌شوند، آغاز می‌شود. مطالعات زیادی تأثیر اساسی جنگل‌کاری در کربن خاک را اثبات کرده‌اند؛ از جمله Hu و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه تأثیر جنگل‌کاری با گونه‌های تندرشد کاج و صنوبر در علف‌زارها به این نتیجه رسیدند که در این مناطق، افزایش تراکم موجب افزایش لاشبرگ و درنتیجه غنای کربن خاک شده است (Cannell & Dewar, 1993).

با توجه به این‌که استان چهارمحال و بختیاری دارای بیشتر از ۷۰۰۰ هکتار صنوبرکاری است که به‌طور عمده با کبوده و به‌طور سنتی کشت شده‌اند، براساس نتایج به‌دست‌آمده، این سطوح صنوبرکاری‌شده رقمی معادل ۱۸۵۵۲۵۵ تن کربن را در سطح استان ترسیب کرده‌اند که ارزش این کربن ترسیب‌شده با محاسبه ۱۲/۶ یورو برای هر تن برابر با ۱۹۹۹۷۴۲۱۳ یورو است که علاوه‌بر توجیه اقتصادی، ازنظر محیط زیستی نیز بسیار باارزش است. این در حالی است که پالایش کربن با روش‌های مصنوعی مانند فیلتر، هزینه‌های سنگینی را دربردارد، به‌طوری‌که در آمریکا این هزینه را حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰ دلار برای هر تن کربن برآورد کرده‌اند (Finer, 1996). قابل توجه است که ترسیب این مقدار کربن به‌وسیله فیلترهای مصنوعی، هزینه‌ای بالغ بر ۹۲۷۶۲۷۵ دلار را در پی خواهد داشت داشت (با درنظر گرفتن میانگین ۲۰۰ دلار برای ترسیب مصنوعی هر تن کربن). همچنین این قلمستان‌ها رقمی بالغ بر ۵۵۶۶۳۳ تن کربن را در سطح استان در خاک خود ترسیب کرده‌اند، بنابراین ارزش اقتصادی کربن ذخیره‌شده در خاک صنوبرکاری‌های استان معادل ۷۰۱۳۵۷۶ یورو است که اگر قرار باشد که این مقدار کربن به روش مصنوعی پالایش شود، هزینه‌ای معادل ۱۱۱۳۲۶۶۰۰ دلار را در پی خواهد داشت.

صنوبرهای مورد بررسی در محدوده قطری کمتر از ۳۰ سانتی‌متری قرار می‌گیرند که به اصطلاح آنها را گرده‌های کم‌قطر می‌نامند (Howard, 2001; Willits & Ross, 2004). به‌طور کلی درجه‌بندی و گروه‌بندی اقتصادی به‌ترتیب شامل گروه درجه یک با قطرهای ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر، گروه درجه دو با قطرهای ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر، گروه درجه سه با قطرهای ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر و گروه درجه چهار با قطرهای ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر بسته به کشور مصرف‌کننده است. در حالت پیشرفته بودن صنعت، قطرهای سه تا ۱۰ سانتی‌متر نیز به‌عنوان گروه اقتصادی با درجه پنج محسوب می‌شوند که نیاز به فناوری پیشرفته با سرعت و بازدهی زیاد دارند (Bayatkashkoli *et al.*, 2008). براساس این تقسیم‌بندی، درختان در فاصله کاشت ۰/۵×۰/۵ با توجه به جدول ۷ در طبقه قطری آخر قرار

www.SID.ir

Archive of SID

می‌گیرند که با توجه به مناسب نبودن وضعیت کارخانه‌های کشور ازنظر فناوری و بازده تولید، کاشت کبوده با این فاصله کاشت و در کوتاه مدت (۱۰ ساله) توجیه اقتصادی ندارد. در فاصله کاشت ۴×۴ متر بیشترین پراکنش درختان در محدوده چوب‌های درجه یک (۲۰ درصد) وجود دارد، اما با توجه به تولید در هکتار پایین و تولید بینه‌های کوتاه و پرشاخه، این فاصله کاشت نیز توصیه نمی‌شود. در فاصله کاشت ۱×۱ متر طول گرده‌بینه‌های مورد بررسی مناسب است، اما ازنظر قطری درمجموع ۳۳ درصد درختان جزء طبقه‌های قطری با درجه دو و سه قرار می‌گیرند. فاصله کاشت ۲×۲ متر با تراکم در هکتار ۲۵۰۰ اصله درخت در هکتار و با تولید گرده‌بینه‌هایی با طول و کیفیت مناسب بیشترین حضور را در طبقه‌های قطری درجه دو و سه دارد که می‌توان آن را برای صنوبرکاری‌های با دوره برداشت کوتاه معرفی کرد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش پیش‌رو پیشنهاد می‌شود که در صنوبرکاری‌های با دوره برداشت کوتاه (۱۰ ساله) فاصله کشت سنتی (۰/۵×۰/۵) استفاده نشود، زیرا میزان چوب تولیدی قابل برداشت با توجه به نوع مصارف، اپتیمم تولید، اپتیمم ترسیب کربن و کیفیت گرده‌بینه‌ها در مقایسه با فاصله کاشت ۲×۲ متر کمتر است و نیازمند اختصاص زمان بیشتر برای قطرگیری درختان است. با توجه به تراکم زیاد و ارتفاع مناسب، به‌کارگیری فاصله کاشت سنتی صنوبر برای ایجاد بادشکن در اطراف مزارع و مناطق مسکونی توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از آقای ابوطالب حیدری که در اجرای عملیات عرصه‌ای زحمات بسیاری را متقبل شدند قدردانی می‌شود. همچنین از همکاری پرسنل محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری به‌دلیل همکاری در پیشبرد اهداف این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌شود.

References

- Amundson, R., 2001. The carbon budget in soils. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 29: 535-562.
- Backeus, S., Wikstrom, P. and Lamas, T., 2005. A model for regional analysis of carbon sequestration and timber production. Forest Ecology and Management, 216: 28-40.
- Bakhtiarvand Bakhtiari, S. and Sohrabi, H., 2012. Allometric equations for estimating above and below-ground carbon storage of four broadleaved and coniferous trees. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(3): 481-492 (In Persian).
- Bayatkashkoli, A., Amiri, S., Faezipour, M. and Dosthosyne, K., 2008. Economical classification of small-diameter poplar utilization in the particle board and ply wood industries. Iranian Journal of Natural Resources, 81: 87-99 (In Persian).
- Cannell, M.G.R., 2003. Carbon sequestration and biomass energy offset theoretical, potential and achievable capacities globally in Europe and UK. Biomass and Bioenergy, 24(2): 97-116.
- Cannell, M.G.R. and Dewar, R.C., 1993. The Carbon Sinks Provided by Plantation Forests and Their Products in Britain. Published by Institute of Terrestrial Ecology, Scotland, 124p.
- Cornic G. and Massacci, A., 1996. Leaf photosynthesis under drought stress: 347-366. In: Baker, N.R., (Ed.). Photosynthesis and the Environment. Kluwer Academic Publisher, Springer, Netherlands.
- Corona, P., 2000. Introduction to the sample survey of forest resources. CUSL, Florence, 284p.
- Elias, M. and Potvin, C., 2003. Assessing inter and intra-specific variation in trunk carbon concentration for 32 neo tropical tree species. Canadian Journal of Forest Research, 33: 1039-1045.
- Fang, S., Xue, J. and Tang, L., 2007. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns. Journal of Environmental Management, 85(3): 672-679.
- Fang, Sh., Xu, X., Lu, Sh. and Tang, L., 1999. Growth dynamics and biomass production in short-rotation poplar plantations: 6-year results for three clones at four spacing's. Biomass and

www.SID.ir

Archive of SID

- Moghaddam, M.R., 2001. Statistical and Descriptive Ecology of Vegetation. Tehran University Press, Tehran, 285p (In Persian).
- Pandey F. and Narayan, D., 2002. Global climate change and carbon management in multi–functional forests. Current Science, 83: 593-602.
- Parsapour, M.K., Sohrabi, H., Soltani, A. and Iranmanesh, Y., 2013. Allometric equations for estimating biomass for four poplar species at Charmahal and Bakhtiari province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(3): 528-517 (In Persian).
- Ray, R., Majumder, N., Chowdhury, C. and Jana, T.K., 2012. Wood chemistry and density: An analog for response to the change of carbon sequestration in mangroves. Carbohydrate Polymers, 90: 102-108.
- Riahifar, N., Fallah, A., Mohammadi Samani, K. and Gorji Mahlebani, Y., 2009. Comparing the growth of *Paulownia fortune* and *Populus deltoids* plantations under different spacing in northern Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(3): 444-454 (In Persian).
- Snowdon, P., Raison, J., Keith, H., Ritson, P., Grierson, P., Adams, M., Montagu, K., Bi, H., Burrows, W. and Eamus, D., 2002. Protocol for Sampling Tree and Stand Biomass. Published by Australian Greenhouse Office, 67p.
- Sohrabi, H. and Shirvani, A., 2012. Allometric equations for estimating standing biomass of Atlantic Pistache (*Pistacia atlantica* var. *mutica*) in Khojir National Park. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 4(1): 55-64 (In Persian).
- Talebi, M., Modir Rahmati, A., Jahanbazi Gojani, H. and Haghighian, F., 2008. Final trial on adaptability of different poplar clones to introduce suitable ones for executive section. Final Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests & Rangelands, Tehran, 43p (In Persian).
- Walle, I.V., Mussehe, S., Samson, R., Last, N. and Lemeur, R., 2001. The above- and below ground Carbon pools of tow mixed deciduous forest located in East-Flanders, Belgium. Forest Science, 58: 507-517.
- William, E., 2002. Carbon Dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate Soils. Agricultural and Forest Meteorology, Bioenergy, 17: 415–425.
- Finer, L., 1996. Variation in the amount and quality of litter fall in a *pinus sylvestris* L. stand growing on a bog. Forest Ecology and Management, 80(1-3): 1-11.
- Fortier, J., Gagnon, D., Truax, B. and Lambert, F., 2010. Nutrient accumulation and carbon sequestration in 6-year-old hybrid poplars in multi clonal agricultural riparian buffer strips. Agriculture Ecosystems and Environment, 137: 276-287.
- Gao, Y.H., Luo, P., Wu, N., Chen, H. and Wang, G.X., 2007. Grazing intensity impacts on carbon sequestration in an alpine meadow on the Eastern Tibetan Plateau. Agricultural and Biological Sciences, 3(6): 642-647.
- Gower, S.T., Krankina, O., Olson, R.J., Apps, M., Linder, S. and Wang, C., 2001. Net primary production and carbon allocation patterns of boreal forest ecosystems. Ecological Applications, 11(5): 1395-1411.
- Hemmati, A. and Modirrahmati, A.R., 2005. Effects of planting space on production per hectare of different *P. nigra* poplar spacies. Iranian Journal of Natural Resources, 13(3): 343-352 (In Persian).
- Howard, J.L., 2001. U.S. Timber Production, Trade, Consumption and Price Statistics 1965-1999. Published by Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory, Madison, Wisconsin, 90p.
- Hu, Y.L., Zeng, D.H., Fan, Z.P., Chen, G.S., Zhao, Q. and Pepper, D., 2008. Changes in ecosystem carbon stocks following grassland afforestation of semiarid sandy soil in southeastern Keerqin Sandy Lands, China. Journal of Arid Environments, 72(12): 2193-2200.
- Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123(1-2): 1-22.
- Lemma, B., Kleja, D.B., Nilsson, I. and Olsson, M., 2006. Soil carbon sequestration under different exotic tree species in the south western highlands of Ethiopia. Geoderma, 136: 886-898.
- Martin, A.R. and Thomas, S.C.A., 2011. Reassessment of carbon content in tropical trees. PLOS One, 6(8):1-9.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Afforestation and Forest Management on Soil Carbon Dynamic and Trace Gas Emission in a Stika Spruce (*Picea sitchensis*) Forest. Published by Institute of Atmospheric and Environmental Science, Edinburgh, 271p.

- Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R. and Mencuccini, M., 2005. Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe. Silva Fennica Monographs 4, the Finish Forest Research Institute, 63p.

116: 91-102.

- Willits, S. and Ross, R., 2004. Veneer Recovery from Small Diameter Stands in South Western Oregon. USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station and Forest Products Laboratory, Portland, Oregon.
- Zarinkafsh, M., 1993. Applied Soil Science, Soil Survey and Quantity Analysis of Soil- Water-Plant. Tehran University Press, Tehran, 342p (In Persian).
- Zerva, A., Mencuccini, M. and Smith, K., 2004.

www.SID.ir

Archive of SID

Above-ground and soil carbon sequestration of white poplar (*Populus alba* L.) species in four different planting spaces in Chaharmahal and Bakhtiari province

A. Heidari Safari Kouchi[1], Y. Iranmanesh[2] and T. Rostami Shahraji[*3]

1- M.Sc. Student Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some`eh Sara, Iran

2- Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran

3*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some`eh Sara, Iran. E-mail: tsharaji@yahoo.co.uk

Received: 02.07.2015 Accepted: 02.09.2015

Abstract

Sequestration of atmospheric carbon in plant and the underlying soil is a mechanism to encounter the global warming. This study investigated carbon sequestration in biomass and soils of Chaharmahal and Bakhtiari's poplar plantations. To this aim four one-ha regions were initially selected, in which *Populus alba* seedlings were planted. The 10-year individuals were planted at four different planting spaces (0.5×0.5, 1×1, 2×2 and 4×4 m). From each of the areas 10 trees (total number of 40 trees) were selected and felled. They were immediately weighted, and the wet weights for different tree parts were recorded separately. Biomass was derived after sampling carbon stocks, which revealed that the highest sequestration rates in tree organs is accumulated in trunk, branches, twigs and leaves, respectively. The sequestrated carbon in the biomass was derived by burning in electrical kiln. In addition, 10 soil samples were randomly drawn from two different depths (0 to 15 and 15 to 30 cm) across each region. The Walkley-Black method was applied to obtain the amount of carbon sequestration in the soil. The highest amount of sequestrated carbon (226.465 ton per ha) was recorded for 0.5×0.5 m planting space. The results indicated a 50% decrease in carbon sequestration along with increasing the planting space, with 79.6 and 76.3 tons per ha in 0.5 m and 1 m space, whereas 37.6 tons per ha was sequestrated in low-density plantation.

Keywords: Carbon stock, planting density, Chaharmahal and Bakhtiari, soil, *Populus alba.*

www.SID.ir