Archive of SID

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۱ شمارهٔ ٤، صفحهٔ ۷۲۸-۷۱٦، (۱۳۹۲)

میزان توزیع ترسیب کربن تنه درختان بلوط (*Quercus castaneifolia* C.A. May.) در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی جنگل‌های طبیعی شمال ایران

علی اصغر واحدی[۱*] و اسداله متاجی[۲]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحدعلوم و تحقیقات تهران. پست‌الکترونیک: Ali.vahedi60@gmail.com

۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱٤ تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۹

چکیده

میزان ترسیب کربن درختان جنگلی و توزیع مکانی آنها ازجمله عوامل تأثیرگذار بر پویایی کربن جهانی محسوب شده و یک مبنای اساسی در پیش‌بینی تغییرات اقلیم تلقی می‌شود. به‌منظور مطالعه مورد نظر ابتدا در قطعه‌های شماره۲ و ٤ سری۳ جنگل گلندرود به‌ازای ۵-۲ متر طول تنه پایه‌های قطع شده بلوطT دیسک‌هایی با ضخامت دو سانتیمتر برداشت شد. متعاقباً تکه‌برداری با حجم ثابت و فاصله ثابت (دو سانتیمتر) از مقاطع مختلف دیسک انجام شد. به‌منظور تعیین چگالی خشک چوب قطعات تکه‌برداری شده به مدت ۲٤ ساعت در آون در دمای ^{c}۱۰۵ قرار گرفتند. همچنین ضریب کربن با استقرار نمونه‌های مورد نظر در کوره حرارتی و در نظر گرفتن نسبت وزنی کربن آلی و ماده آلی، محاسبه شد. برای تعیین میزان ترسیب کربن تنه درختان بلوط و توزیع مکانی آن در واحدهای فیزیوگرافی، قطعه ۳ با سطح معادل ۳۸ هکتار به‌عنوان قطعه شاهد در جنگل مذکور مبنای مطالعه قرار گرفت. سپس به صورت سیستماتیک قطعات نمونه ای با فواصل ۱۰۰ متر و مساحت ٤۰۰ متر مربع در آن پیاده گردیدند. در داخل هر قطعه مشخصات کمی ازجمله قطر برابر سینه و ارتفاع کل تنه درختان بلوط اندازه‌گیری گردیده و مقدار ترسیب کربن با ترکیب رابطه حجم، دانسیته خشک و ضریب کربن محاسبه شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقادیر وزن مخصوص خشک نشان داد که گرچه مقادیر بدست‌آمده از مرکز مقطع عرضی دیسک‌های تهیه شده درون پایه‌ای به سمت پوست دارای تغییرات معنی‌داری می‌باشند ($P < 0.01$)، ولی بین پایه‌های مختلف با ابعاد قطری مختلف اختلاف معنی داری مشاهده نشد. با توجه به نتایج حاصل، از آنجایی که میانگین وزن مخصوص خشک تنه بلوط ۰/۰۰۸۳ ± ۰/۸۱ گرم بر سانتی متر مکعب و میانگین ضریب کربن نیز ۱۰۸/ ۰ ± ۵۷/۳۷٪ می‌باشد نتایج آزمون تی جفتی در رابطه با مقایسه میزان ترسیب کربن محاسباتی (واقعی) و تخمینی، نشان داد که مقادیر محاسباتی به صورت معنی‌داری بیشتر از مقادیر تخمینی است ($P < 0.01$)؛ به‌طوری‌که اختلاف میانگین آنها ۱/۳۹ ± ٤/۲٦۷ تن در هکتار بود. رویهمرفته، نتایج آنالیز واریانس نشان داد که توزیع مقادیر ترسیب کربن تنه درختان بلوط در واحدهای مختلف فیزیوگرافی دارای اختلاف معنی دار نمی‌باشند که نشان می‌دهد توزیع ترسیب کربن تنه درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه مستقل از تأثیرات فیزیکی محیط می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: چگالی خشک چوب، قطر، ارتفاع، ضریب کربن، تغییر اقلیم، توزیع مکانی کربن

مقدمه

افزایش گرمایش جهانی (global warming) و تغییرات اقلیم (climate change) یکی از مهمترین مسائل و چالشهای سالهای اخیر بوده و پژوهش در مورد دینامیک کربن در اکوسیستم‌های جنگلی یکی از مهمترین زمینه‌های تحقیقاتی عصر حاضر محسوب می‌گردد (Jia & Akiyama, 2005). در واقع اهمیت اندازه‌گیری میزان ترسیب کربن در جنگلها به دلیل تعهدات و الزامات تعیین شده در چارچوب کنوانسیون سازمان ملل تحت عنوان United Nations Framework Convention (UNFCC

www.SID.ir

Archive of SID

on Climate) جهت دستیابی به راه‌حل‌های مناسب به‌منظور کاهش روند تغییرات اقلیمی و اجرای موازین موجود در پروتکل کیوتو می‌باشد (Brown, 2002). از آن جا که افزایش گازهای گلخانه‌ای و به خصوص افزایش میزان دی اکسید کربن در اتمسفر یکی از دلایل افزایش درجه حرارت کره زمین محسوب می‌شود به همین دلیل در رابطه با افزایش میزان ترسیب کربن در اکوسیستم‌های جنگلی اهمیت زیادی می‌توان قائل شد (Li *et al.*, 2006 و Han *et al.*, 2005). جنگل‌های طبیعی شمال ایران یکی از مهمترین ذخایر ژنتیکی بیوسفر زمین بشمار می‌روند و با قدمتی بیش از یک میلیون سال جزء جنگل‌های طبیعی و کهن عرصه‌های جهانی محسوب می‌شوند (Kia-Daliri *et al.*, 2011 و Marvi-Mohajer, 2004). با این اوصاف جنگل‌های مذکور یکی از مهمترین و بزرگترین ذخایر کربن جهان می‌باشد که سهم عمده‌ای را در ترسیب کربن اتمسفری بر عهده دارد. یکی از بزرگترین حوضچه‌های کربن در جنگل زیتوده های گیاهی (plant Biomass) می‌باشند که در حقیقت بیش از ۸۰٪ از ذخایر کربن هوایی (above-ground carbon) را به خود اختصاص می‌دهند (Jandl *et al.*, 2007). یکی از مهمترین تأثیرات افزایش تولید زیتوده گیاهان ترسیب هرچه بیشتر کربن و کاهش میزان دی اکسید کربن اتمسفری می‌باشد که این امر بالطبع، باعث کاهش روند درجه حرارت و تغییرات اقلیمی میشود (Kirby & Potvin, 2007). در اکوسیستم-های جنگلی درختان در مقایسه با سایر رستنیها نقش بیشتری را در مقدار زیتوده و ترسیب کربن ایفا می کنند. در میان درختان جنگلی گونه‌های غالب تاثیرهای بیشتری در مقادیر مختلف ترسیب کربن دارند (Murphy et al., 2008). بنابراین در این مطالعه بلوط به‌عنوان یکی از مهمترین گونه‌های غالب با موجودی حجمی بالا به‌عنوان یکی از حوضچه‌های کربن در جنگل‌های طبیعی شمال ایران برای مطالعه انتخاب گردید. گونه بلوط یکی از مهمترین گونه‌های اقتصادی، اکولوژیکی و ارزشمند جنگل‌های شمال ایران محسوب می‌شود که پراکنش آن در جنگل‌های مذکور عمدتا آمیخته به صورت پایه‌های مادری و غالب می‌باشد (مروی مهاجر، ۱۳۸٤). در این تحقیق بیشتر تنه درختان بلوط جهت برآورد زیتوده و ترسیب کربن مورد ارزیابی قرار گرفت و از سایر اجزاء درختان صرف‌نظر شد. البته برای مطالعه تخمین هرچه دقیق‌تر مقدار وزن زیتوده، اجزاء بزرگ درختان مثل تنه دارای قابلیت بیشتر و پایدارتری نسبت به دیگر اجزاء ازجمله شاخه‌ها و برگ‌ها می‌باشند(Navar, 2009). به دنبال این موضوع بیشتر مطالعات دیگر نیز به این نتیجه رسیده‌اند که در اکوسیستم‌های جنگلی زیتوده‌های هوایی ۸۰/۹٪ از کل زیتوده گیاهی را به خود اختصاص می‌دهد که در این راستا یک سوم، یعنی بیشترین سهم از زیتوده‌های هوایی مربوط به تنه درختان می‌باشد (Xiao & Ceulemans, 2004 و Peichl & Arain, 2006). همچنین Vann *et al.* (1998) تأکید می‌کنند از آنجایی‌که وزن تنه در حدود ۸۰ درصد از وزن کل درخت را به خود اختصاص می‌دهد، بنابراین برآورد میزان زیتوده مربوط به تنه درختان برای ارزیابی میزان ذخیره کربن ارجحیت دارد. این پژوهشگران Henry *et al.* (2010) نیز اذعان کردند که تنه درختان حداکثر زیتوده هوایی مربوط به یک درخت را به خود اختصاص می‌دهد که تحت عنوان زیتوده تنه (Bole Mass) در نظر گرفته می‌شود. برای اندازه‌گیری زیتوده هوایی جهت تخمین ذخیره کربن در جنگل از دو روش غیر تخریبی (non-destructive method) و تخریبی (destructive method) می‌توان استفاده کرد (Henry *et al.*, 2010). بدون شک وزن کردن درختان در عرصه جهت اندازه‌گیری زیتوده یکی از دقیق‌ترین روش‌ها می‌باشد ولی این امر مستلزم هزینه زیادتر، وقت زیادتر و روش‌های تخریبی می‌باشد و از طرفی این روش اکثرا مختص به درختانی با ابعاد کوچکتر و مناطقی با سطوح محدود و کوچک می‌باشد (Ketterings *et al.*, 2001). با این اوصاف این عمل در جنگل‌های طبیعی با شرایط توپوگرافی سخت و حتی محدودیت‌های قطع مثل جنگل‌های شمال ایران بسیار سخت و در بعضی از موارد ناممکن است. به‌منظور تعیین زیتوده با استفاده از روش‌های غیر تخریبی قطر، ارتفاع و چگالی چوب بهترین و با ارزشترین متغیرهای کاربردی محسوب می‌شوند (Aboal *et al.*, 2005، Djomo *et al.*,

www.SID.ir

Archive of SID

2010 و Fehse *et al*., 2002). بیشتر مطالعات انجام شده در رابطه با تخمین هرچه دقیق‌تر زیتوده‌های هوایی نشان دادند که از بین تمامی متغیرهای بکار گرفته شده قطر، ارتفاع و چگالی چوب دارای بیشترین کاربرد و بالاترین همبستگی می‌باشند (Djomo *et al*., 2010، Henry *et al*., 2010 و Joosten *et al*., 2004) که البته در این میان چگالی چوب یک فاکتور مهم جهت تبدیل برای برآورد هرچه دقیق‌تر زیتوده محسوب می‌شود که این متغیر می‌تواند به رویشگاه، اقلیم و احتمالا حتی به مدیریت جنگل نیز بستگی داشته باشد (Mani & Parthasarathy, 2007). تعیین حداقل و یا حداکثر میزان توزیع ترسیب کربن در زیتوده‌های گیاهی جنگل می‌تواند راهکارهای تازه ای را در جهت مدیریت بهینه جنگل در راستای توسعه پایدار و حفظ اصول زیست محیطی پیش رو قرار دهد (Iverson *et al*., 1993). البته در نتایج حاصل از این نوع مطالعات هنوز هم دستاوردهای متفاوتی وجود دارد که این امر می‌تواند ناشی از افزایش فعالیتهای بشری و به‌ویژه ناهمگنیهای محیطی باشد (Wang *et al*., 2008 و Houghton, 2005). میکروکلیما و توپوگرافی بر توزیع مکانی ذخایر کربن تأثیرگذار بوده و باعث تغییرات در آن می‌شود (Fang *et al*, 2001 و Jia & Akiyama, 2005). فاکتورهای محیطی، ازجمله عوامل فیزیکی زمین تأثیر متفاوتی روی ساختار جنگل و بالطبع در میزان زیتوده‌های هوایی دارند (Mani & Parthasarathy, 2007). برای مثال Marshall *et al*. (2012) از بین کلیه عوامل فیزیوگرافی، گرادیان ارتفاع از سطح دریا را به دلیل دربر گرفتن کلیه شرایط محیطی برای تعیین توزیع مکانی زیتوده‌های هوایی دارای بالاترین ارزش می‌دانند. همچنین Zhu *et al*. (2010) نیز در مطالعه موردی در کوهستانهای چنگبایی در شمال‌شرقی چین ارتفاع از سطح دریا را تأثیرگذارترین فاکتور تغییرات زیتوده گیاهی معرفی می‌کنند، به‌طوری‌که با افزایش ارتفاع از سطح دریا میزان ترسیب کربن گیاهان به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. با توجه به این که در رابطه با توزیع مکانی و عدم یکنواختی میزان زیتوده گیاهی و ذخایر کربن در اکوسیستم‌های جنگلی نمی‌توان به قطعیت کامل دست یافت (Mund *et al*., 2002)، بنابراین هدف این مطالعه تعیین توزیع مکانی ترسیب کربن تنه بلوط در عوامل مختلف فیزیوگرافی در یکی از رویشگاه‌های طبیعی آن در جنگل‌های شمال ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

تحقیق مورد نظر در قطعه شاهد سری ۳ جنگل‌های گلندرود نور واقع در حوزه آبخیز ٤٨ جنگل‌های شمال ایران انجام شده است. محدوده این رویشگاه معروف به سری سه سرگلند در بین عرض جغرافیایی ۳۰ ً ۲۷ ٌ ۳٦ ، ۱۵ ً ۳۲ ٌ ۳٦ و طول جغرافیایی ۲۵ ً ۵۳ ٌ ۵۱ ، ۲۵ ً ۵۷ ٌ ۵۱ قرار دارد. مساحت قطعه مورد مطالعه ۳۸ هکتار است که به‌عنوان قطعه ۳ سری ۳ گلندرود نور محسوب می‌گردد. برای انجام نمونه‌برداری تخریبی قطعه‌های ۲ و ٤ که هم مرز با قطعه شاهد هستند در زمان بهره‌برداری انتخاب شدند که عملیات قطع در قطعه‌های مذکور توسط دستگاه‌های اجرایی در بهمن سال ۱۳۸۹ انجام شد. محدوده ارتفاع از سطح دریا در این سری بین ۹٤۰ تا ۱۵۲۰ متر ارتفاع از سطح دریا می‌باشد که محدوده ارتفاعی قطعه مورد مطالعه ۹٦۰ تا ۱۳٤۰ متر از سطح دریا می‌باشد. در رویشگاه مورد مطالعه گونه بلوط به صورت آمیخته با راش، ممرز، افرا پلت و نمدار رویش دارد. سنگ مادر رویشگاه آهک- مارن بوده و تیپ خاک قهوه‌ای جنگلی تا راندزین می‌باشد (Anonymous, 2008). یکی از مهمترین دلایلی که قطعه شاهد به‌عنوان قطعه هدف برای مطالعه توزیع ذخیره کربن بلوط مورد انتخاب واقع شد به این دلیل می‌باشد که قطعه مذکور دارای شرایط حفاظتی و طبیعی به دور از هرگونه دخالتهای انسانی می‌باشد. بنابراین نتایج حاصل از توزیع مکانی ترسیب کربن گونه بلوط در منطقه مورد نظر در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی می‌تواند دارای عدم قطعیت کمتری باشد. برای دریافت اطلاعات مربوط به هواشناسی منطقه مورد نظر به طور مستقیم از جدیدترین اطلاعات به‌دست آمده در نزدیکترین ایستگاه هواشناسی که واقع در شهرستان نوشهر می باشد استفاده شد. آمار دریافتی طی

www.SID.ir

Archive of SID

۳۰ سال گذشته نشان داد که میانگین حداکثر و حداقل دما به‌ترتیب در اواسط مرداد ماه تا اواخر شهریور به میزان ۲۸/۸ و در ماه بهمن به میزان ۳/۹ درجه سانتیگراد می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه ۱۲۹۳/۵ میلیمتر می‌باشد که میانگین حداقل بارندگی در مرداد ماه و میانگین حداکثر بارندگی در اواخر آبان ماه تا اوایل آذر ماه گزارش شده است.

روش بررسی

به‌منظور انجام مطالعه مورد نظر، ابتدا در زمان نشانه‌گذاری درختان منتخب در قطعه‌های ۲ و ٤ که به‌عنوان قطعه‌های همجوار رویشگاه مورد هدف (قطعه شاهد) محسوب می‌شوند، برای تعیین دیسک و انجام نمونه‌برداری تخریبی تعیین گردیدند. بعد از قطع درختان و حذف کلیه سرشاخه‌ها، از تنه درختان پس از انجام تجدید حجم، دیسک تهیه شد. دیسک‌برداری از ۷ پایه افتاده با ابعاد قطری مختلف انجام شد. جهت برداشت دیسک از انتهای هر قسمت از گرده‌بینه حاصل شده حتی‌الامکان پس از اندازه‌گیری طول تنه به‌ازای ۵ – ۲ متر (Henry *et al*., 2010، Aboal *et al*., 2005 و Zhu *et al*., 2010) یک دیسک کامل به ضخامت دو سانتی‌متر برداشت شد (Peichl & Arain, 2006 و Zhu *et al*., 2010). دیسک‌های برداشت شده پس از جمع‌آوری بر روی ترازو توزین شده و بعد از دو طرف مخالف دیسک برای تعیین چگالی خشک قطعات با ابعاد مساوی تکه‌برداری شدند (Ribeiro *et al*., 2011). سپس به‌منظور بررسی بیشتر روند تغییرات چگالی چوب از مرکز دیسک به‌عنوان مغز چوب به سمت بیرونی دیسک به‌عنوان برون چوب به فاصله ۲ سانتی‌متر قطعات چوبی با ابعاد مساوی جدا گردیده و هر یک به طور جداگانه پس از توزین در آون قرار داده شدند تا وزن خشک آنها بدست آید (Henry *et* al., 2010). برای سهولت اندازه‌گیری، قطعات برداشت شده با ابعاد ۳ × ۳ × ۳ سانتی‌متر مکعب به‌منظور تعیین حجم و توزین مورد استفاده قرار گرفتند. کلیه نمونه‌های چوبی به مدت ٢٤ ساعت در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد خشک شدند (Aboal *et al*., 2005، Zhu *et al*., 2010، Henry *et al*., 2010 و Rebeiro *et al*., 2011). برای تعیین دانسیته چوب از رابطه زیر استفاده شد (Henry *et al*., 2010).

$$WD = M / V \qquad : (1)$$

در این رابطه M : وزن خشک نمونه چوب مورد نظر (گرم) و V : حجم تر نمونه چوب مورد نظر (سانتی‌متر مکعب) و WD : چگالی خشک چوب (گرم بر سانتی متر مکعب) می‌باشد.

معمولا۵۰ درصد از وزن زیتوده خشک به‌عنوان میزان ترسیب کربن زیتوده مورد نظر مورد استناد قرار می‌گیرد (Zhu *et al*., 2010، Singh *et al*., 2011، Zhang *et al*., 2009 و Brown & Lugo, 1982). در این تحقیق برای تعیین ترسیب کربن واقعی زیتوده تنه درختان بلوط ضریب کربن (carbon concentration, carbon factor, carbon percentage) [C] به طور مستقیم محاسبه گردید. به این صورت که پس از تعیین مقدار مشخص و مساوی از نمونه‌های چوبی تکه‌برداری شده از دیسک تنه، نمونه‌های مورد نظر توزین شده و پس از استقرار در کوره حرارتی و پس از خاکستر شدن دوباره توزین شدند و با در دست داشتن وزن اولیه و وزن خاکسترهای ایجاد شده و نسبت کربن آلی به ماده آلی در نهایت درصد کربن محاسباتی یا همان ضریب کربن [C] برای هر نمونه چوبی حاصل گردید (Bordbar & Mortazavi, 2006).

به‌منظور نمونه برداری برای دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده قطعات نمونه به صورت سیستماتیک به فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر در سطح منطقه مورد نظر پیاده شدند (Rubio *et al*., 2011) سطح قطعات نمونه با توجه به مطالعات صورت گرفته در جنگل‌های معتدله ، ٤۰۰ متر مربع در نظر گرفته شد (Eshaghi Rad *et al*., 2009 و Peichl and Arain, 2005). سپس در مرکز هر قطعه نمونه مشخصات فیزیکی از قبیل شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا یادداشت شد. متعاقبا قطر برابر سینه و ارتفاع کل تنه درختان بلوط در هریک از پلات‌های مورد برداشت به‌ترتیب بر حسب سانتی‌متر و متر مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای درختانی که دارای گورچه بودند اندازه‌گیری قطر برابر سینه از انتهای گورچه انجام

www.SID.ir

Archive of SID

شد (Henry *et al*., 2010) و ارتفاع کل تنه هم تا حد واسط آن تا اول تاج مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Kirby & potvin, 2007). به‌منظور انجام محاسبات مربوط به تعیین ترسیب کربن از رابطه زیر استفاده گردید (Peichl & Arain, 2006 ،Aboal *et al*., 2005 و Kirby & Potvin, 2007).

$$\text{‹ AGB ›}_{bole} = \text{л dbh}^2 / 4 \times h \times f \times WD \times [C] \longrightarrow \text{‹ AGB ›}_{bole} = V \times WD \times [C] \quad :(2)$$

در این رابطه ‹ AGB ›_{bole}: بیومس هوایی تنه (کیلوگرم)، dbh: قطر برابرسینه (سانتی‌متر)، h: ارتفاع تنه (متر)، f: ضریب شکل، WD: چگالی خشک چوب (کیلوگرم در متر مکعب)، V: حجم تنه (متر مکعب) و [C] : درصد کربن (٪). در بیشتر تحقیقات و مطالعات مربوط به ضریب شکل درختان در رابطه با جنگل‌های طبیعی شمال ایران و یا خارج از آن ضریب شکل را به طور میانگین ۰/۵ در نظر می‌گیرند (Cannell, 1984، Peichl& Arain, 2006 و Namiranian, 2003).

عوامل فیزیوگرافی در این تحقیق شامل شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا معرفی می‌شوند. شیب در ۳ طبقه (۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و بیش از ۶۰ درصد)، ارتفاع از سطح دریا در ۳ طبقه (۱۱۰۰-۱۰۰۰، ۱۲۰۰-۱۱۰۰ و ۱۳۰۰-۱۲۰۰ متر) و جهت‌های دامنه بصورت جنوب‌غربی، غربی و شمال‌غربی تعیین شد. به‌منظور بررسی نرمالیته داده‌ها از آزمون کولوموگرف- اسمیرنوف و همگنی داده‌ها از آزمون لون و برای بررسی اختلاف‌های کلی در هر یک از طبقات فیزیکی از آنالیز واریانس یکطرفه استفاده شد. برای بررسی مقادیر مختلف چگالی خشک در مقاطع مختلف دیسک تنه نیز از آنالیز واریانس یکطرفه استفاده شد. از آزمون دانکن نیز برای مقایسه چندگانه میانگین استفاده گردید. برای مقایسه ترسیب کربن تخمینی (estimated carbon sequestration) و ترسیب کربن محاسبه شده (calculated carbon sequestration) با استفاده از ضریب [C] از آزمون t جفتی استفاده گردید.

نتایج

چگالی خشک چوب

برای بررسی مقادیر مختلف دانسیته خشک تنه درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه، ابتدا مقاطع مختلف دیسک‌های برداشت شده طی فواصل ثابت (حتی الامکان ۲ سانتی‌متر) از یکدیگر تفکیک شدند. مقاطع مختلف دیسک از طریق کدهای مذکور در جدول۱ مشخص شده است. نتایج آنالیز واریانس در رابطه با بررسی مقادیر چگالی خشک در فواصل مختلف از دیسک‌های برداشت شده از قسمت‌های مختلف تنه هر پایه افتاده نشان داده که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر بدست‌آمده وجود دارد (جدول۲). به دنبال این موضوع نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد که میانگین مقادیر چگالی خشک در مغز دیسک نسبت به بقیه مقاطع کمتر می‌باشد. علاوه بر آن مقادیر مورد نظر از حوالی مرکز به قسمت‌های میانی دیسک افزایش یافته و دوباره از مقاطع میانی به طرف پوست تنه مقادیر آن کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند (شکل۱).

جدول۱- کدهای مربوط به دانسیته‌های نمونه‌برداری شده از نواحی مختلف دیسک

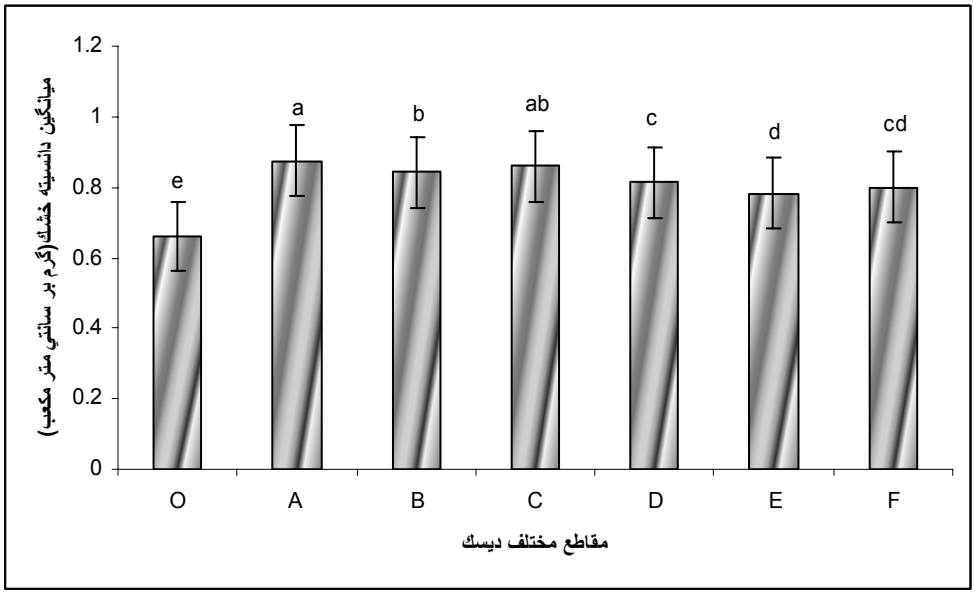
کد	O	A	B	C	D	E	F
مقاطع مختلف دیسک	مرکز دیسک	نزدیکترین مقطع به مرکز	اولین مقطع میانی	دومین مقطع میانی	سومین مقطع میانی	مقطع خارج دیسک	ناحیه پوست

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس دانسیته خشک مقاطع مختلف داخل هر دیسک از تنه درختان بلوط

منبع تغییرات	F	سطح معنی‌داری
دانسیته خشک	۱۰٤ / ۱٦۱	۰ / ۰۰۰



شکل۱- مقایسه میانگین مقادیر دانسیته خشک در نواحی مختلف دیسک‌های برداشت شده از تنه درختان بلوط

همچنین نتایج حاصل در رابطه با مقادیر به‌دست آمده از چگالی خشک مقاطع مختلف دیسک‌های حاصل از تنه‌های افتاده با ابعاد و اندازه‌های مختلف (۹۳ – ۳۰ سانتی متر) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین پایه‌های مختلف وجود ندارد (جدول۳) و روند تغییرات چگالی تمام پایه‌ها به صورت شکل۱ می‌باشد. نتایج محاسبات آماری نشان داد که مقدار متوسط چگالی خشک پایه‌های مختلف درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه ۰/۰۰۸۳ ± ۰ / ۸۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد.

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس چگالی خشک مقاطع مختلف از دیسک‌های مختلف تنه‌های درختان بلوط

منبع تغییرات	F	سطح معنی‌داری
O	۰ / ۲۸٦	۰ / ۹۳٤ ns
A	۰ / ۱٦۷	۰/ ۹۸۲ ns
B	۰ / ۱۰٥	۰/ ۹۹٤ ns
C	۰ / ۱٤۳	۰/ ۹۸۸ ns
D	۰ / ۳۷۰	۰/ ۸۸٦ns
E	۱ / ۱۲۸	۰/ ۳۲٦ ns
F	۱ / ۸۱٥	۰/۱٦۸ns

ns:= عدم اختلاف معنی‌دار

www.SID.ir

Archive of SID

ضریب کربن محاسباتی

به‌منظور توصیف بیشتر نتایج حاصل از تحقیق مورد نظر جهت مقایسه ضرایب کربن محاسباتی [C] نتایج مربوط به آنالیز تجزیه واریانس نشان داد که بین ضرایب کربن تنه‌های مختلف درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و میانگین فاکتور کربن محاسباتی منحصر به تنه درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه ۰/۱۰۸ ± ۰/۳۷ ٪۵۷ می‌باشد (جدول۸).

جدول٤- نتایج تجزیه واریانس ضریب کربن محاسباتی تنه پایه‌های مختلف درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه

منبع تغییرات	F	سطح معنی‌داری
ضریب کربن محاسباتی	۱/۰۰۷	۰/٤٥٩^{ns}

: عدم اختلاف معنی‌دار

مقایسه ترسیب کربن محاسباتی و تخمینی

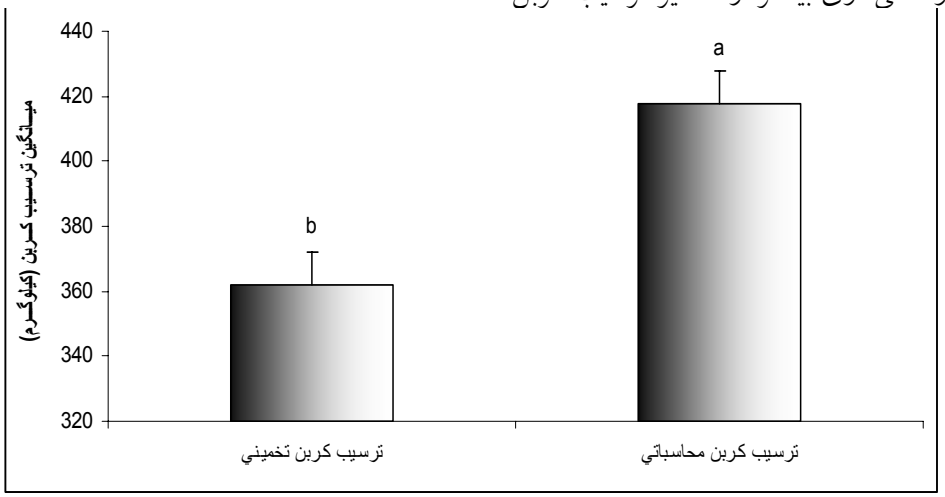
به‌منظور دسترسی به اطلاعات دقیق‌تر در رابطه با میزان ترسیب کربن محاسباتی در منطقه مورد مطالعه، از آزمون t جفتی جهت مقایسه مقادیر ترسیب کربن تخمینی و ترسیب کربن محاسباتی استفاده گردید که نتیجه مورد نظر نشان داد که بین مقادیر حاصل از محاسبه (واقعی) و تخمین (ضریب کربن ۵۰٪) اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.01$) (جدول۷) که در این رابطه اختلاف میانگین ترسیب کربن محاسباتی (واقعی) و تخمینی ۱/۳۹ ± ٤/٦٢٧ تن در هکتار با توجه به توزیع مختلف ترسیب کربن درختان بلوط در عوامل مختلف فیزیوگرافی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (جدول۵). توجه: شماره جدولها بررسی و اصلاح شود.

جدول۵- نتایج حاصل از آزمون t جفتی مربوط به مقایسه مقادیر ترسیب کربن محاسباتی و تخمینی (تن درهکتار) در منطقه مورد مطالعه

منبع تغییرات	اختلاف میانگین	t	سطح معنی‌داری
ترسیب کربن محاسباتی و تخمینی	۱/۳۹ ± ٤/٦٢٧ -	۳/۰٦۰ -	۰/۰۰۷***

*** : معنی‌داری در سطح ۰/۰۱

شکل۲ نشان می‌دهد که میانگین ترسیب کربن محاسباتی به طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر ترسیب کربن تخمینی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.



شکل۲- مقایسه میانگین ترسیب کربن تخمینی و محاسباتی در منطقه مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

ترسیب کربن تنه بلوط در واحدهای مختلف فیزیوگرافی

با توجه به نتایج ارائه شده در جدولهای مربوط به بررسی مقادیر مختلف ترسیب کربن مربوط به تنه درختان بلوط در واحدهای مختلف فیزیوگرافی، نتایج حاصل از تجزیه واریانس حکایت از آن داشت که میزان ترسیب کربن در هریک از عوامل ذکر شده دارای اختلاف معنی‌داری نبوده که این مطلب حکایت از آن دارد که توزیع ترسیب کربن تنه درختان بلوط تحت تأثیر شرایط فیزیکی محیط نمی‌باشد (جدول٦).

جدول٦- نتایج تجزیه واریانس ترسیب کربن تنه درختان بلوط در هریک از واحدهای فیزیوگرافی

منبع تغییرات	F	سطح معنی‌داری
شیب	۰ / ۹٦۹	۰ / ٤۰٤ ns
ارتفاع از سطح دریا	۱ / ٥٥۳	۰ / ۲٤٦ ns
جهات دامنه	۱ / ٦۷۷	۰ / ۲۲۲ ns

ns= عدم اختلاف معنی‌دار

جدول۷ مقادیر مختلف میانگین، کمینه و بیشینه ترسیب کربن محاسباتی تنه درختان بلوط را در هریک از طبقات مختلف واحدهای فیزیوگرافی نشان می‌دهد.

جدول۷- میانگین (± اشتباه معیار)، کمینه و بیشینه ترسیب کربن تنه بلوط (تن در هکتار) در هریک از طبقات فیزیوگرافی

طبقات شیب	کمینه	بیشینه	میانگین
۰ – ۳۰	۱/۹۸	٤٦/۸٦	۱٦/۰۳ ± ۱۰/٥۲
۳۰ – ٦۰	۱/٤۰	۱٦٥/۰٤	٤٥/۷۱ ± ۱۸/۲٥
> ٦۰	۲/۲۱	۳۱/۸۲	۱۷/۰۰۷ ± ۸/۰٤
طبقات ارتفاع از سطح دریا			
۱۰۰۰ – ۱۱۰۰	۱/٤۱	۳/۱٥	۲/۱۸ ± ۰/٥۱
۱۱۰۰ – ۱۲۰۰	۲/۸۳	۱٦٥/۰٤	٤۷/٦۱ ± ۱۷/۹۳
۱۲۰۰ – ۱۳۰۰	۲/۲۱	٤٦/۱۱	۲۱/٦۹ ± ۷/٥٤
جهات دامنه			
جنوب غربی	۲/۸۳	۱٦٥/۰٤	٥۱/۲٤ ± ۱۹/۷۱
غربی	۱/۹۸	۳۱/۸	۱۲/۱۹ ± ٥/۹۳
شمال غربی	۱/٤۰	٤٦/۸٦	۲۰/۱۳ ± ۱۳/۷۱

نتایج نشان می‌دهد که کربن ترسیب شده تنه درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه در دامنه‌های با شیب ملایم حداکثر ٤٦/۸٦ تن در هکتار می‌باشد و در دامنه‌های پر شیب بیشینه آن به ۳۱/۸۲ تن در هکتار می‌رسد. همچنین این میزان در ارتفاعات میانی حداکثر تا ۱٦٥/۰٤ تن در هکتار و به طور میانگین میزان آن ٤۷/٦۱ تن در هکتار می‌باشد. دامنه‌های مشرف به جنوب‌غربی به طور میانگین با ٥۱/۲٤ تن در هکتار از ذخایر کربن بلوط را نسبت به سایر دامنه‌های دیگر به خود اختصاص می‌دهد.

بحث

در تحقیق حاضر برای محاسبه چگالی خشک گونه بلوط از روش تخریبی استفاده شد، نتایج نشان داد که مقادیر مختلف چگالی خشک بین پایه‌های مختلف گونه بلوط در منطقه مورد مطالعه حتی با ابعاد متفاوت دارای تغییرات معنی‌داری نمی‌باشد. اگرچه استفاده از مقدار میانگین

www.SID.ir

Archive of SID

چگالی به جای چگالی مطلق مربوط به هر پایه در رابطه محاسباتی وزن خشک زیتوده می‌تواند تا حد قابل ملاحظه‌ای منجر به ایجاد خطا بشود (Aboal *et al*., 2005) ولی به دلیل اینکه تغییرات مقادیر مختلف چگالی خشک به‌دست آمده از پایه‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌داری نبوده، بنابراین استفاده از دانسیته میانگین در رابطه ذکر شده برای تخمین زیتوده خشک تنه از عدم قطعیت خیلی کمتری برخوردار می‌باشد، بر این اساس که دامنه تغییرات مقادیر مربوط به چگالی خشک تنه بلوط در حد قابل توجهی ناچیز بوده (۰/۰۰۸۳ ±) که بالطبع احتساب میانگین آن در جهت محاسبه ترسیب کربن زیتوده تنه بلوط نمی‌تواند منجر به ایجاد خطا بشود. نتایج حاصل از این تحقیق در رابطه با تعیین ارزش چگالی خشک نشان داد اگرچه چگالی بین پایه‌ها دارای تفاوت معنی‌دار نبوده ولی در راستای مقطع عرضی تنه دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد؛ البته با توجه به فاصله‌های تکه‌برداری از شعاع عرضی تنه‌های افتاده تغییرات چگالی نشان داد که با تغییرات سن درختان تغییرات معنی‌داری پیدا می‌کند، به‌طوری‌که حدودا از سمت مرکز قطاع (Pith) به سمت طرفین پوست (bark) به شکل سینوسی دارای تغییرات معنی‌داری می‌باشد که البته این امر می‌تواند ناشی از تأثیرات ژنتیکی، فیزیولوژیکی و رقابت‌های اکولوژیکی باشد و یا اینکه ناشی از اثرات مراحل تحولی و آشفتگیهایی که در جنگل مورد مطالعه اتفاق افتاده است باشد. البته نتایج تحقیقات مختلف نشان داده که چگالی خشک چوب می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند آب و هوا، رشد متوسط، مواد غذایی مورد نیاز و حتی تحت تأثیر فاکتورهای خاک نیز قرار بگیرد (Mani & Parthasarathy , 2007 و Green *et al*., 2007). همچنین باید در نظر داشت چگالی چوب مهمترین متغیری است که ساختار جنگل، میزان رشد قطری و تاریخچه مراحل تحولی منطقه را نشان می‌هد (Baker *et al*., 2004 و Ribeiro *et al*., 2011).

سهم کربن چوب (فاکتور کربن) نیز می‌تواند در میان گونه‌های چوبی دارای تغییرات معنی‌داری باشد (Elias & Potvin, 2003 و Zhang *et al*., 2009) در مطالعات خود در رابطه با بررسی ضریب کربن محاسباتی نشان دادند که ضریب تبدیل کربن بین ٤٤/٤٪ تا ٥٥/٧٪ براساس گونه درختی و بافتهای زیتوده تغییر می‌کند که اگر به طور میانگین میزان ۵۰٪ به‌عنوان ضریب تبدیل و به‌عنوان ضریب ثابت جهت تخمین ترسیب کربن زیتوده‌های گیاهی معرفی شود، با این اوصاف درمجموع ضریب مربوطه دارای ۱۰٪ خطا می‌باشد. درصورتی‌که در تحقیق حاضر (قابل توجه است که) ضریب کربن حاصل ۱۰۸ /۰ ± ۳۷ /۵۷٪ می‌باشد که در مقایسه با ضریب (۵۰٪) جهت تخمین ترسیب کربن زیتوده‌های گیاهی دارای بیش از ۱۰٪ خطا می‌باشد که این موارد مذکور اهمیت محاسبه ضریب کربن جهت محاسبات هرچه دقیق‌تر ترسیب کربن زیتوده‌های گیاهی ازجمله زیتوده‌های کلان همانند تنه‌های قطور را نشان می‌دهد. در نتایج حاصل از بررسی ضریب کربن در تحقیق حاضر نتایج نشان داد که ضریب کربن تنه درختان بلوط در قسمت‌های مختلف بلوط و در راستای پایه‌های مختلف دارای تغییرات معنی‌داری نمی‌باشد. البته عوامل زیادی در مورد ضریب تبدیل کربن اجزاء مختلف درختان درون گونه‌ای و برون گونه‌ای نقش دارند که از مهمترین آنها می‌توان به روابط بین ژن درختان و محیط، ویژگیهای رویشگاه، سن درختان، جایگاه اجتماعی درختان و عملیات مدیریتی اشاره کرد (Zhang *et al*., 2009).

در ارتباط با بررسی میزان توزیع ترسیب کربن زیتوده‌های گیاهی در واحدهای مختلف فیزیوگرافی Marshall *et al* (2012) اذعان کردند که در میان همه عوامل محیطی، عوامل فیزیکی شیب و ارتفاع از سطح دریا تا حدود ٦٣/٧٪ تغییرات میزان ترسیب کربن هوایی را شامل می‌شوند. همچنین تحقیقات دیگر به خصوص در جنگل‌های معتدله نشان داد که بین تولیدات زیتوده جنگل و تنوع زیستی جنگل با احتراز و دخالت شرایط رویشگاهی ازجمله عوامل فیزیوگرافی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (Paquette & Messier, 2011، Healy *et al*.,2008 و Vila *et al*., 2007). درصورتی‌که برخلاف این امر دیگر تحقیقات نشان دادند که بین مقادیر مختلف زیتوده گیاهی و واحدهای مختلف فیزیوگرافی ارتباط

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌داری وجود ندارد (Balvanera & Aguirre, 2006 و Nguyen *et al*., 2012). متعاقب نتایج به‌دست آمده در تحقیقات اشاره شده، تحقیق حاضر در ارتباط با توزیع ترسیب کربن تنه درختان بلوط نشان داده که توزیع زیتوده تنه درختان بلوط و متعاقبا ترسیب کربن آن تحت تأثیر تغییرات فیزیکی محیط نمی‌باشد. در رابطه با این نوع نتایج به‌دست آمده Nguyen *et al*. (2012) پیشنهاد کردند که مهمترین فرضیه‌ای که می‌تواند وجود داشته باشد این است که توزیع ترسیب کربن زیتوده‌های گیاهی به احتمال زیاد در یک شرایط ایده‌آل رویشگاهی تحت تأثیر عوامل فیزیوگرافی قرار می‌گیرد ولی در غیر اینصورت کلیه شرایط رویشگاهی ازجمله رژیم‌های آشفتگی (disturbance) و مراحل تحولی جنگل ازجمله عوامل تأثیرگذار در توزیع زیتوده‌های گیاهی و ترسیب کربن آنها می‌باشد. هرچند عوامل فیزیوگرافیک ازجمله متغیرهای ثابت در پیش‌بینی میزان زیتوده هوایی هستند ولی عواملی ازجمله آب و هوا و آشفتگیهای ادافیکی فاکتورهای تأثیرگذار بر میزان زیتوده هوایی می‌باشند (Aboal *et al*., 2005 و Marshall *et al*., 2012). در تحقیق حاضر نیز می‌توان نتایج به‌دست آمده را این طور تفسیر کرد، اگرچه توزیع ترسیب کربن زیتوده بلوط تحت تأثیر واحدهای فیزیکی زمین نمی‌باشد ولی این امر می‌تواند تأثیرگرفته از مراحل تحولی و رژیم‌های آشفتگی در مقیاس کوچک یا وسیع، شرایط آب و هوایی ازجمله میکروکلیمای موجود در مناطق مختلف رویشگاه و ویژگیهای خاک، ریشه‌دوانی و فعالیت‌های میکروارگانیسمی خاک باشد که همه این عوامل به نحوی خاص و با سهمی قابل توجه دارای تأثیرات مختلف می‌باشند. در میان نتایج و پیشنهادهای مختلف McEwan *et al*. (2011) در رابطه با مطالعه توزیع زیتوده گیاهی و ذخایر کربن در رابطه با عوامل فیزیوگرافی تأکید دارند که قابلیت دستیابی درختان به عناصر غذایی، حاصلخیزی خاک و آشفتگیهای رخ داده در جنگل مهمترین عواملی هستند که نقش عوامل فیزیوگرافی را در مورد توزیع زیتوده‌های گیاهی و میزان ترسیب کربن آنها مورد پوشش قرار می‌دهد. برخی از مطالعات دیگر در رابطه با میزان توزیع ترسیب کربن اذعان کرده‌اند که حوضچه‌های بزرگ کربن مثل تنه‌های قطور گونه‌های مختلف عموما دارای توزیع نامناسبی هستند (Basuki *et al*., 2009) که این امر می‌تواند به دلیل رقابت بیولوژیکی و تراکم کمتر آنها نسبت به گونه‌های دیگر باشد (Nguyen *et al*., 2012). با توجه به اینکه در منطقه مورد مطالعه که به‌عنوان قطعه شاهد محسوب می‌گردد، علاوه بر حکمفرما بودن شرایط طبیعی درختان بلوط به طور آمیخته با درختان راش که دیگر گونه اصلی منطقه محسوب می‌شود و پراکنش قابل توجهی را نیز به خود اختصاص می‌دهد پراکنش دارد که بالطبع تحت تأثیر رقابتی ازجمله دستیابی به عناصر غذایی قرار می‌گیرد و همین امر باعث ایجاد تغییر در میزان تراکم درختان بلوط در شرایط فیزیکی رویشگاه مذکور می‌شود. البته با توجه به این که جنگل مورد مطالعه به‌عنوان راشستان آمیخته مورد مطالعه قرار گرفته و در این راستا غالبیت پراکنش و تراکم نیز با درختان راش می‌باشد، بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده در رابطه با عدم تغییرات معنی‌داری چگالی خشک و درصد کربن بین پایه‌های مختلف درختان بلوط، می‌توان به این نتیجه رسید که شرایط رویشگاهی ازجمله آشفتگی، آب و هوا، شرایط ادافیکی و در نهایت پروسه‌های اکولوژیکی ازجمله شرایط رقابتی موجود تأثیر بارزی بر روی چگالی و درصد کربن درختان بلوط نداشته‌اند و تنها تأثیر بارز و مشهود میزان موجودی حجمی و تراکم درختان بلوط می‌باشد که باعث توزیع نامتناسب و در نهایت باعث تغییرات غیرمعنی‌دار زیتوده‌های بلوط و ترسیب کربن تنه آن در واحدهای مختلف فیزیوگرافی در جنگل‌های مذکور شده است.

سپاسگزاری

این تحقیق با همکاری پرسنل اداره نظارت طرح رویان نور انجام شده است که در این راستا از کلیه عزیزان بدلیل همکاری و انجام نمونه‌برداری صحرایی تشکر و قدردانی می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

References

- Aboal, R.J., Arevalo, R.J. and Fernandez, A., 2005. Allometric relationships of different tree species and stand above ground biomass in the Gomera laurel forest (Canary Islands). Flora 200: 264–274.
- Anonymous, 2008. Glandrood Forest management project, district3, Noor, Mazandarn (second renewal view). General Office of Natural Resources and Watershed Management of Mazandaran province, Nowshahr.
- Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Erwin, T., Killeen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Lloyd, J., Monteagudo, A., Neill, D.A., Patio, S., Pitman, N.C.A., Silva, J.N.M., and Martnez, R.V., 2004. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. Global Change Biology, 10: 545–562.
- Balvanera, P. and Aguirre, E., 2006. Tree diversity, environmental heterogeneity, and productivity in a Mexican tropical dry forest. Biotropica, 38: 479–491.
- 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.
- Bordbar, S.K., and Mortazavi Jahromi, S.M., 2006. Carbon sequestration potential of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and *Acacia salicina* Lindl. plantation in western areas of Fars province. Pajouhesh and Sazandegei, 70: 95-103.
- Brown, S., 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. Environmental Pollution, 116: 363–372.
- Brown, S and Lugo, A.E., 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in global carbon cycle. Biotropica, 14: 161–18.
- Cannell, M.G.R., 1984. Woody biomass of forest stands. Ecology and Management, 8: 299–312.
- Djomo, A.N., Adamou, I., Joachim, S. and Gode, G., 2010. Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. Forest Ecology and Management, 260: 1873–1885.
- Elias, M., and Potvin, C., 2003. Assessing inter- and intra-specific variation in trunk carbon concentration for 32 neotropical tree species. Canadian Journal of Forest Research, 33: 1039–1045.
- Eshaghi Rad, J., Zahedi Amiri, G.H., Marvi Mohajer, M.R. and Mataji, A., 2009. Relationship between vegetation and physical and chemical properties of soil in Fagetum communities (Case study: Kheiroudkenar forest). Iranian Journal of Forest and Poplar Research 17: 174-187.
- Fang, J.Y., Chen, A.P., Peng, C.H., Zhao, S.Q. and Ci, L.J., 2001. Change in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998. Science, 292: 2320–2322.
- Fehse, J., Hofstede, R., Aguirre, N., Paladines, C., Kooijman, A., and Sevink, J., 2002. High altitude tropical secondary forests: a competitive carbon sink? Forest Ecology and Management, 163: 9–25.
- Green, C., Tobin, B., O'Shea, M., Farrell, E.P. and Byrne, K.A., 2007. Above- and below ground biomass measurements in an unthinned stand of Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong) Carr). European Journal of Forest Research, 126: 179–188.
- Han, B., Wang, X.K. and Ouyang, Z.Y., 2005. Saturation levels and carbon sequestration potentials of soil carbon pools in farmland ecosystems of China. Rural Eco-Environment, 21(4): 6–11.
- Healy, C., Gotelli, N.J. and Potvin, C., 2008. Partitioning the effects of biodiversity and environmental heterogeneity for productivity and mortality in a tropical tree plantation. Journal of Ecology, 96: 903–913.
- Henry, M., Besnard, A., Asante, W.A., Eshun, J., Adu-Bredu, S., Valentini, R., Bernoux, M and Saint-André, L., 2010. Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. Forest Ecology and Management 260: 1375–1388.
- Houghton, R.A., 2005. Above ground forest biomass and the global carbon balance. Global Change Biology, 11: 945-958.
- Iverson, L.R., Brown, S., Grainger, A., Prasad, A. and Liu, D., 1993.Carbon sequestration in tropical Asia: assessment of technically suitable forest lands using geographic information systems analysis. Climate Research, 3: 23-38, 1993.
- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D.W., Minkkinen, K., and Byrne, K.A., 2007. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? Geoderma, 137: 253–268.
- Jia, S., and Akiyama, T., 2005. A precise, unified method for estimating carbon storage in cool-temperate deciduous forest ecosystems. Agricultural and Forest Meteorology, 134: 70–80.
- Joosten, R., Schumacher, J., Wirth, C., and Schulte, A., 2004. Evaluating tree carbon predictions for beech (*Fagus sylvatica* L) in western Germany. Forest Ecology and Management, 189: 87- 96.
- Ketterings, Q.M., Coe, R., Noordwijk, M.V., Ambagau, Y and Palm, C.A, 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. Forest Ecology and Management, 146: 199-209.
- Kia-Daliri, H., Akhavan, R., and Anissi, I., 2011. Timber marking and its impact on forest stand (Case study: Shourab district of Golband region). Iranian Journal of Forest, 3: 49-59.
- Kirby, K.R. and Potvin, C., 2007. Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project. Forest Ecology and Management, 246: 208–221.

www.SID.ir

Archive of SID

- Li, X.Y., and Tang, H.P., 2006. Carbon sequestration: manners suitable for carbon trade in China and function of terrestrial vegetation. Journal of Plant Ecology, 32: 200–209.
- Mani, S. and Parthasarathy, N., 2007. Above-ground biomass estimation in ten tropical dry evergreen forest sites of peninsular India. Biomass and Bioenergy, 31: 284–290
- Marshall, A.R., Willcock, S., Platts, P.J., Lovett, J.C., Balmford, A., Burgess, N.D., Latham, J.E., Munishi, P.K.T., Salter, R., Shirima, D.D. and Lewis, S.L., 2012. Measuring and modeling above-ground carbon and tree allometry along a tropical elevation gradient. Biological Conservation, Article in press.
- Marvie Mohajer, M.R., 2004. Silviculture. University of Tehran Press, Iran, 378 p.
- McEwan, R.W., Lin, Y.C., Xian, J., Hsieh, C.F., Su, S.H., Chang, L.W., Song, G.Z.M., Wang, H.H., Hwong, J.L., Lin. K.C. and Yang, K.C., 2011. Topographic and biotic regulation of above ground carbon storage in subtropical broad-leaved forests of Taiwan. Forest Ecology and Management, 262: 1817–1825.
- Mund, M., Kummetz, E., Hein, M., Bauer, G.A. and Schulze, E.D., 2002. Growth and carbon stocks of a spruce forest chronosequence in central Europe. Forest Ecology and Management, 171: 275–296.
- 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 CO2 flux. Forest Ecology and Management, 255: 2577–258.
- Namiranian, M., 2003. Forest biometry and tree measurement. University of Tehran Press, Iran, 574 p.
- Navar, J., 2009. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. Forest Ecology and Management, 257: 427–434.
- Nguyen, H., Herbohn, M.J., Firn, J., and Lamb, D., 2012. Biodiversity–productivity relationships in small-scale mixed-species plantations using native species in Leyte province, Philippines. Forest Ecology and Management, 274: 81–90.
- Paquette, A. and Messier, C., 2011. The effect of biodiversity on tree productivity: from temperate to boreal forests. Global Ecology and Biogeography, 20: 170–180.
- Peichl, M. and Arain, M.A., 2006. Above- and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests. Agricultural and Forest Meteorology, 140: 51–63.
- Ribeiro, C.S., Fehrmann, L., Pedro Boechat Soares, C., Antônio Gonçalves Jacovine, L., Kleinn, C., and de Oliveira Gaspar, R., 2011. Above- and below ground biomass in a Brazilian Cerrado. Forest Ecology and Management, 262: 491–499.
- Rubio, A., Gavilan Montes, R.G., Gutiérrez-Girn, F., Daz-Pines, A. and Mezquida, E.T., 2011. Biodiversity measures applied to stand-level management: Can they really be useful? Ecological Indicators, 11: 545–556.
- Singh, V., Tewari, A., Kushwaha, S.P.S., and Dadhwal, V.K., 2011. Formulating allometric equations for estimating biomass and carbon stock in small diameter trees. Forest Ecology and Management, 261: 1945–1949.
- Vann, D.R., Palmiotto, P.A and Richard, S., 1998. Allometric equations for two South American conifers: Test of a non-destructive method. Forest Ecology and Management, 106: 55–71.
- Vilà, M., Vayreda, J., Comas, L., Iboez, J.J., Mata, T., and Obn, B., 2007. Species richness and wood production: a positive association in Mediterranean forests. Ecology Letter, 10: 241–250.
- Wang, X., Fang, J., and Zhu, B., 2008. Forest biomass and root–shoot allocation in northeast China. Forest Ecology and Management, 255: 4007-4020.
- Xiao, Q.Z. and Deying, X.U., 2003. Potential carbon sequestration in China's forest. Environmental Science & Policy, 6: 421-432.
- Zhang, Q., Wang, C., Wang, X. and Quan, X., 2009. Carbon concentration variability of 10 Chinese temperate tree species. Forest Ecology and Management, 258: 722–727.
- Zhu, B., Wang, X., Fang, W., Piao, S., Shen, H., Zhao, S. and Peng, C., 2010. Altitudinal changes in carbon storage of temperate forests on Mt Changbai, Northeast China. Carbon cycle process in East Asia, 123: 439–452.

www.SID.ir

Archive of SID

Amount of carbon sequestration distribution associated with oak tree's (*Quercus castaneifolia* C.A. May) bole in relation to physiographical units of Hyrcanian natural forests of Iran

A.A. Vahedi[1*] and A.A. Mattagi[2]

1*- Corresponding Author, PhD Student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Azad Eslamic University, Tehran Science and Research Unit, Tehran, I.R. Iran. Email: Ali.vahedi60@gmail.com.

2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Azad Eslamic University, Tehran Science and Research Unit, Tehran, I.R. Iran.

Received: 04.03.2013 Accepted: 30.05.2013

Abstract

Carbon sequestration rate of forest trees and their spatial pattern are prominent factors which affect global carbon dynamic and can be basically applied to predict climate change. For this reason, compartments2 and 4 of district3 of Glandrood Forest were selected for this study and few disks (2 cm thick) were sampled from each felled oak tree at 2-5 m. interval of its bole. Further samplings were made from each disk at constant volumes (3x3x3 cm) and intervals (2 cm). The samples were oven dried in lab for 24 hours (105°C) in order to determine their dry density. Carbon factor was obtained directly by exposing the wood samples in the oven and was estimated, based on organic carbon/organic material ratio. Compartment3 of district3 (38 hectares) was selected as a control due to its undisturbed and virgin characteristics, to determine carbon sequestration of the oak trees and their spatial pattern in relation to the physiographical units. After that, 400 m2 sampling plots were allocated in the compartment, using the random systematic method at 100 m. grids, then diameter at breast height and total height of the aimed trees were measured. Carbon sequestration was estimated, using the volume x dry density x carbon ratio equation. The results of one-way Anova analysis showed that although there was significant difference between the dry wood density values at different intervals, with respect to pith to periphery (bark) of cross-section of disks ($P < 0.01$), but there was no significant difference between the individual oak trees at different diameter dimensions ($P > 0.05$). As the average value of oak wood dry density is 0.81± 0.0083 g.cm^{-3} and average carbon factor is % 57.37 ± 0.108, so according to the results of Paired-Samples t test, the values of calculated carbon sequestration were significantly more than the estimated values ($P < 0.01$) and their difference was 4.267 ± 1.39 t / ha. Overall, the result of one-way Anova analysis showed that there was not significant difference among the carbon sequestration values of the oak trees at various physiographical units ($P >0.05$) which indicates that the spatial pattern of carbon sequestration values in the oak bole trees at the aimed study area were not associated with the environmental physical affects.

Key Words: Dry wood density, diameter, height, carbon ratio, climate change, carbon spatial pattern

www.SID.ir