Archive of SID

مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال یازدهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۸
ص ۱۹۵-۲۰۵

مقاله پژوهشی

بررسی مقدار ترسیب کربن در زی‌تودهٔ هوایی برخی ارقام جنگلکاری‌شدهٔ صنوبر

فرهاد جهانپور[۱]، ضیاءالدین باده‌یان[۲*] و جواد سوسنی[۳]

[۱] کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
[۲] استادیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
[۳] دانشیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۰)

چکیده

یکی از مهم‌ترین راهکارهای شناخته‌شده در کاهش کربن اتمسفر، ترسیب کربن توسط درختان است. پژوهش حاضر در باغ کشاورزی شهرستان خرم‌آباد انجام گرفت. با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در هر واحد آزمایشی تعداد سه درخت پنج‌ساله انتخاب و در دو گروه و در مجموع ۱۲ رقم صنوبر در سه تکرار انتخاب شدند. برای مقایسهٔ میانگین و انتخاب تیمار یا تیمارهای برتر هر گروه از داده‌ها از آزمون چنددامنهٔ دانکن و برای مقایسهٔ نتایج دو گروه نیز از روش T مستقل استفاده شد. نتایج نشان داد که در هر دو گروه کلن (تاج باز و بسته) صنوبر از نظر میزان رویش و مقدار ترسیب کربن اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود دارد. به‌طوری که در گروه تاج بسته رقم *P.nigra* 42.53 با مقدار ۲/۶۷۱۴ متر مکعب رویش و ترسیب سالانهٔ ۲۴۶۰/۸ کیلوگرم (حدود ۲/۵ تن) کربن در هکتار بیشترین کارکرد را به خود اختصاص دادند و در گروه تاج باز کلن *P. X. pacher* با ۳/۰۶۱۸ متر مکعب رویش و با ترسیب ۱۹۸۷/۹۰۹کیلوگرم (حدود ۲ تن) کربن در هکتار بیشترین بازدهی را داشتند. همچنین با اینکه گروه صنوبرهای تاج باز رویش بیشتری نسبت به گروه تاج بسته داشتند، از نظر ترسیب کربن بین دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که دلیل آن را شاید بتوان کمتر بودن چگالی درختان تاج باز دانست. تحقیقات بیشتری دربارهٔ ترسیب کربن گونه‌های مختلف درختی و جنگلکاری با گونه‌های تندرشد با پتانسیل زیاد ذخیرهٔ کربن در زمینهٔ کمک به کنترل دی‌اکسید کربن جو توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارقام مختلف صنوبر، ترسیب کربن، جنگلکاری، خرم‌آباد، رویش.

مقدمه

درختان صنوبر دامنهٔ اکولوژیکی وسیعی دارند و می‌توانند در شرایط مختلف اکولوژیکی رشد کنند. با توجه به این ویژگی‌ها و نیز دورهٔ بازدهی کوتاه، شناخت کشاورزان از آنها و وجود رویشگاه‌های مناسب برای برخی ارقام، در طرح‌های تولید چوب در خارج از جنگل از این درختان استفاده می‌شود (Amani, 2007). با توجه به دوپایه بودن صنوبر، دورگه‌گیری و تولید هیبریدهای صنوبر که دارای صفات مشخصی باشند امکان‌پذیر است، به‌طوری که هیبریدهای صنوبر به‌طور معمول سازگاری زیاد و دامنهٔ وسیع اکولوژیکی دارند و در برابر آفات و امراض نیز مقاوم‌اند (Amani, 2007). از سوی دیگر، با توجه به روند کاهش روزانهٔ سطح جنگل‌های طبیعی کشور

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۱۷۷۳۰۳۹۷۷
ایمیل: Badehian.z@Lu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

و افزایش سالانهٔ نیاز به چوب، باید برای تأمین این نیاز، به جنگلکاری با گونه‌های تندرشدی چون صنوبر پرداخت تا در کنار تأمین چوب و جلوگیری از خروج ارز، از تخریب جنگل‌های طبیعی کشور پیشگیری شود. از طرفی شایان ذکر است که دی‌اکسید کربن از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است که موجب تشدید پدیدهٔ تغییر اقلیم می‌شود (Naghipour et al., 2015). گرم شدن هوا تأثیرات مخربی بر حیات کرهٔ زمین دارد و سبب تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، وقوع سیل و خشکسالی و بر هم خوردن تعادل اقلیمی و اکولوژیکی (Panahi, 2011)، پیشروی بیابان‌ها، کاهش حاصلخیزی خاک‌ها، کاهش مساحت جنگل‌ها و همچنین بارش باران‌های اسیدی می‌شود (Parsa pour, 2012). مقدار دی‌اکسید کربن در چرخهٔ طبیعت، ۲۰۰ میلیارد تن در سال است که گیاهان و اقیانوس‌ها، از اتمسفر دریافت می‌کنند و در این بین حدود ۷۵ درصد کربن توسط خشکی‌ها جذب می‌شود (Henderson, 1995). در خشکی نیز درختان از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین مخازن کربن در اکوسیستم‌های طبیعی هستند که در کاهش انتشار کربن اتمسفری بسیار مؤثرند (Sun et al., 2004)؛ به‌طوری که از ۱۸۱۴ بیلیون تن کربن ذخیره‌شده در اکوسیستم‌های زمینی، جنگل‌ها با ۱۰۸۸ بیلیون تن، بیشترین مقدار کربن را به شکل درختان زنده، لاشبرگ، کربن خاک و محصولات چوبی ذخیره می‌کنند (Huang & Kronrad, 2001). درختان دی‌اکسید کربن را که مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است جذب کرده و در برگ‌ها، شاخه‌ها، پوست، تنه و ریشهٔ خود برای مدت به‌نسبت طولانی ذخیره می‌کنند. به‌عبارت دیگر درختان در نتیجهٔ فرایند فتوسنتز از کربن ساخته می‌شوند و این دلیلی است که جنگل‌ها از مهم‌ترین منابع ترسیب کربن قلمداد شوند. در حال حاضر برآورد کمّی جنگل‌ها از نظر زی‌توده و ذخیرهٔ کربن به چالش بزرگی تبدیل شده است، زیرا اختلافات فراوانی در روش‌های برآورد زی‌توده وجود دارد و از این‌رو، برآوردها عدم قطعیت زیادی دارند (Alinejadi et al., 2014). ترسیب کربن در زی‌تودهٔ گیاهی به دو روش تخریبی و غیرتخریبی اندازه‌گیری می‌شود. دقیق‌ترین روش اندازه‌گیری کربن تودهٔ سرپا، روش تخریبی یا به‌عبارت دیگر قطع و توزین است؛ اما این روش هزینه‌بر و محدود است و فقط در مقیاس کوچک کاربرد دارد. در مقابل آن، روش غیرتخریبی با استفاده از رابطهٔ محاسباتی بین حجم، چگالی ویژه و ضریب کربن وجود دارد که به‌صورت برآوردی مقادیر ترسیب کربن را محاسبه می‌کند. روش مذکور از روش اندازه‌گیری مستقیم کم‌هزینه‌تر و آسان‌تر محسوب می‌شود، اما عدم قطعیت بیشتری دارد (Vahedi & Mattaji, 2015؛ Vahedi & Mattaji, 2017). تعیین هرچه دقیق‌تر زی‌تودهٔ درختان جنگل، گذشته از اینکه در مدیریت پایدار منابع طبیعی حائز اهمیت است، سهم جنگل را نیز در چرخهٔ جهانی کربن نمایان می‌کند. درخت دارای اجزای مختلف از جمله ریشه، کنده، تنه، شاخه و برگ است، ولی بیشتر وزن آن متعلق به تنه است که در برخی تحقیقات به آن توجه می‌شود (Panahi, 2011)، با گذشت زمان و با رشد درختان در جنگل، کربن در بافت‌های چوبی ذخیره و ترسیب می‌شود (که برحسب گونهٔ گیاهی، مکان و شیوهٔ مدیریت متفاوت است). اهمیت و تأثیر درختان در زمینهٔ جذب آلودگی‌ها به‌خصوص آلودگی‌هایی که توسط انسان صورت می‌گیرد، ازجمله دی‌اکسید کربن، بیش از پیش مشخص و آشکار است (Murphy et al., 2008). از این‌رو می‌توان بیان کرد که ترسیب کربن در جنگل از مهم‌ترین راهکارهای کاهش گازهای گلخانه‌ای است (Nijnik et al., 2013).

تحقیقات مختلفی در زمینهٔ کارایی ترسیب کربن در زی‌تودهٔ هوایی برخی ارقام جنگلکاری‌شده انجام گرفته است. برای نمونه، پیش‌بینی پتانسیل ذخیره‌سازی کربن در طول مدت رشد در سه گونهٔ درختی صنوبر (*Populus deltoides*)، اکالیپتوس (*Eucalyptus tereticornis*) و درخت ساج

www.SID.ir

Archive of SID

(*Tectona grandis*) نشان داد که هر کدام از این گونه‌ها در طول مدت رشد خود کربن زیادی را ذخیره می‌کنند. بیشترین مقدار را درختان صنوبر، اکالیپتوس و درخت ساج (به‌ترتیب ۷۶۵، ۸۳۴ و ۱۰۵۱ کیلوگرم در هکتار) ذخیره می‌کنند (Meenakshi Kaul, 2010). در پژوهشی برای برآورد مقدار ذخیرهٔ کربن بین شش گونهٔ درختی شامل چهار گونهٔ جنگلی (*Shorea robusta, Pinus roxburghii, Tectona grandis, Cinnamomum camphora*) و دو گونهٔ جنگلکاری‌شده (*Populus deltoides, Eucalyptus treticornish*) نتایج نشان داد که گونهٔ جنگلکاری‌شدهٔ اکالیپتوس *Eucalyptus treticornish* و گونهٔ جنگلی *Shorea robusta* بیشتر از گونه‌های دیگر با مقادیر جذب ۱۲۳۵ و ۸۷۸ کیلوگرم در هکتار سبب جذب و ترسیب کربن شدند (Pandey et al., 2016). تحقیقی دربارهٔ دو گروه جنگلکاری‌شدهٔ گونه‌های زیتون، اکالیپتوس، گز و کاج تهران و مقایسهٔ آنها با منطقهٔ شاهد (زمین‌های بایر) در منطقهٔ چاه‌نیمهٔ سیستان انجام گرفت. نتایج نشان داد که گونهٔ کاج با ۱۱۶۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین و منطقهٔ شاهد (زمین‌های بایر) با ۵۲۵ کیلوگرم در هکتار کمترین ترسیب کربن را داشتند (Azarian pour, 2013). نتایج بررسی نقش ترسیب کربن خاک بر شش کاربری مختلف شامل جنگل قرق‌شده، جنگل طبیعی، جنگل تخریب‌شده، باغ، مرتع و کشاورزی، در منطقهٔ چهارطاق استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که در بین کاربری‌های مختلف، اراضی جنگلی قرق‌شده با ۴۷/۴۶ تن در هکتار بیشترین ترسیب کربن خاک را داشت. کمترین مقدار کربن ذخیره‌شده حدود ۱۳/۶۸ تن در هکتار مربوط به جنگل‌های تخریب‌شده بود. نتایج بیانگر آن است که اگر اکوسیستم جنگلی از دخالت‌های انسانی در امان مانده باشد، تأثیر زیادی در اندوختهٔ بلندمدت کربن در خاک خواهد داشت. هر گونه دخالت در شرایط طبیعی اکوسیستم، تأثیر منفی خود را به‌شکل محسوسی در اندوختهٔ کربن خاک نشان می‌دهد (Eskandari Shahraki, 2016).

با توجه به بررسی‌های انجام‌گرفته و جایگاه مهم درختان در ذخیرهٔ کربن اتمسفری و همچنین با توجه به اهمیت صنوبرکاری در کارکردهای مختلفی از قبیل تولید چوب، ترسیب کربن و ...، این تحقیق با هدف تعیین و مقایسهٔ مقدار ترسیب کربن در زی‌تودهٔ هوایی کلن‌های مختلف صنوبر و با فرض تفاوت مقدار ترسیب کربن در ارقام مختلف صنوبر تاج باز و تاج بسته صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

این تحقیق در زمینی چهارده‌هکتاری در محوطهٔ باغ کشاورزی شهرستان خرم‌آباد انجام گرفت. این منطقه در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه و ۴۹ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه و ۴ ثانیه واقع شده است. خاک منطقه از نوع آهکی، متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۱۵۰ متر و میانگین بارندگی بیست‌ساله ۵۲۱ میلی‌متر است. میانگین حداکثر دما، ۲۵/۲ درجهٔ سانتی‌گراد و میانگین حداقل دما، ۹/۱ درجهٔ سانتی‌گراد است. این جنگلکاری، یک طرح تحقیقاتی است که براساس طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی، ۲۰ رقم برای آزمایش و سازگاری انتخاب شد که از این تعداد ۱۰ رقم، صنوبرهای تاج بسته و ۱۰ رقم، تاج باز بودند. از هر رقم ۷۵ نهال در زمین اصلی به مساحت ۳/۲ هکتار براساس نقشهٔ طرح و به فواصل ۴×۴ متر کاشته شدند. کاشت نهال‌ها در اسفند ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات چهارده‌هکتاری یا باغ کشاورزی واقع در شهرستان خرم‌آباد انجام گرفت. در این طرح ارقام تاج باز و تاج بسته در قالب دو طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به‌طور جداگانه کاشته شدند. تعداد نهال‌های استفاده‌شده از هر رقم، ۷۵ اصله نهال یکساله بود، به‌طوری که از هر رقم در هر تکرار ۲۵ اصله نهال به‌صورت گروهی کشت شد.

www.SID.ir

Archive of SID

روش پژوهش

این پژوهش با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. در هر واحد آزمایشی سه درخت برای نمونه‌برداری انتخاب شد. در این طرح ۱۲ تیمار صنوبر (پنج رقم تاج باز و هفت رقم تاج بسته) که در سه تکرار وجود داشتند، انتخاب شدند. بنابراین در هر تکرار ۳۶ نمونه و درمجموع در سه تکرار ۱۰۸ نمونه برای آزمایش و بررسی انتخاب شد. نمونه‌های انتخاب‌شده (درختان صنوبر پنج‌ساله) ابتدا کف‌بر و سپس تنه‌ها و شاخه‌ها جداگانه وزن شدند. سپس از ابتدا، میانه و انتهای هر درخت دیسک‌هایی تهیه شد که برای خشک شدن اولیه در فضای باز (سایه) قرار داده شدند. از دیسک‌های جداشده، قطعات مکعب‌شکل به ابعاد ۳×۳×۳ سانتی‌متر برش داده شده و طول، عرض و ارتفاع مکعب‌ها با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای خشک کردن مجدد، نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت گذاشته و وزن خشک آنها محاسبه شد. سپس نمونه‌ها در کوره با حرارت ۴۰۰ درجه قرار داده شده و خاکستر حاصل دوباره توزین شد. بدین ترتیب مقدار کربن موجود و نسبت کربن به زی‌توده با دقت مناسبی محاسبه شد (Vahedi & Mattaji, 2017). برای محاسبهٔ مقدار ضریب کربن محاسباتی از فرمول‌های زیر استفاده شد (Tavakoli, 2016):

$$ASh\,\% = \frac{w_3 - w_1}{w_2 - w_1} \times 100 \qquad \text{رابطهٔ ۱}$$

$$C\,\% = (100 - Ash\,\%) \times 0.58 \qquad \text{رابطهٔ ۲}$$

در روابط بالا، Ash % درصد خاکستر به‌دست‌آمده پس از سوزاندن کامل لایهٔ چوبی، W1 وزن ظرف (بوتهٔ چینی)، W2 وزن خشک نمونه، W3 مجموع وزن خاکستر و بوتهٔ چینی مورد استفاده و C % ضریب کربن محاسباتی است. در نهایت با توجه به وزن خشک محاسبه‌شده برای ارقام مختلف و نیز درصد کربن محاسبه‌شده برای هر رقم، مقدار ترسیب کربن محاسبه شد.

روش تحلیل

پس از جمع‌آوری داده‌ها و محاسبهٔ فرمول‌های مورد نظر با نرم‌افزار اکسل، برای تجزیه‌وتحلیل نهایی از نرم‌افزار آماری SPSS 19 استفاده شد و قبل از آن، برای اطمینان از نرمال بودن داده‌های آماری از آزمون کولموگرف- اسمیرنوف[1] استفاده شد. همچنین برای مقایسهٔ میانگین تیمارها از آزمون چنددامنهٔ دانکن استفاده شد. برای آنالیز واریانس نیز از روش بلوک‌های کامل تصادفی با بیش از یک مشاهده در هر واحد آزمایشی بهره گرفته شد و در ادامه برای مقایسهٔ میانگین صفات تحت بررسی نتایج دو گروه درختان صنوبر تاج باز و بسته، از آزمون T مستقل[2] استفاده شد.

نتایج

- متوسط رویش در ارقام تاج بسته و تاج باز

همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، بین تیمارهای (ارقام) صنوبر تاج بسته از نظر متوسط رویش در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

مقایسهٔ میانگین تیمارها در شکل ۱ نشان می‌دهد که رقم P. nigra42.53 (در گروه a) با ۲/۶۷۱۴ متر مکعب بیشترین رویش در هکتار در سال و رقم P. nigra72.53 (در گروه e) با ۰/۵۴۸۲ متر مکعب کمترین رویش در هکتار در سال را دارند و ارقام دیگر بین این دو قرار گرفته‌اند.

- مقدار ترسیب کربن در ارقام تاج بسته

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، بین تیمارهای (ارقام) صنوبر تاج بسته از نظر مقدار ترسیب کربن در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

۱. Kolmogrov-Smirnov

۲. Independed sample T-Test

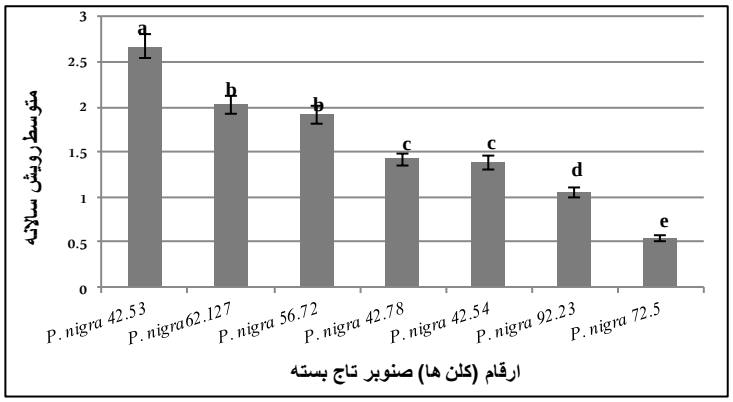
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیهٔ واریانس متوسط رویش در ارقام تاج بسته صنوبر

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
تیمار	۶	۱۲/۴۲۲	۱۰/۱۴۹	۰/۰۴۱ ns
بلوک	۲	۰/۰۰۱	۰/ ۰۰۱	۰/۰۳۷ns
نمونه	۲	۰/۳۱۲	۰/۲۵۵	۰/۰۰۰
اشتباه نمونه‌برداری	۱۲	۰/۰۰۱	۰ /۰۰۱	۰/۰۶۸ns
اشتباه آزمایشی	۴۰	۰/۰۰۰۲	-	
کل	۶۲	–	–	

ns: نبود اختلاف معنی‌دار



شکل ۱- نمودار ارقام تاج بسته براساس متوسط رویش سالانه در هکتار

** حروف مشابه بالای ستون‌ها بیانگر نبود تفاوت معنی‌دار و حروف متفاوت بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت بین ارقام مختلف است.

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس متوسط ترسیب کربن در ارقام تاج بستهٔ صنوبر

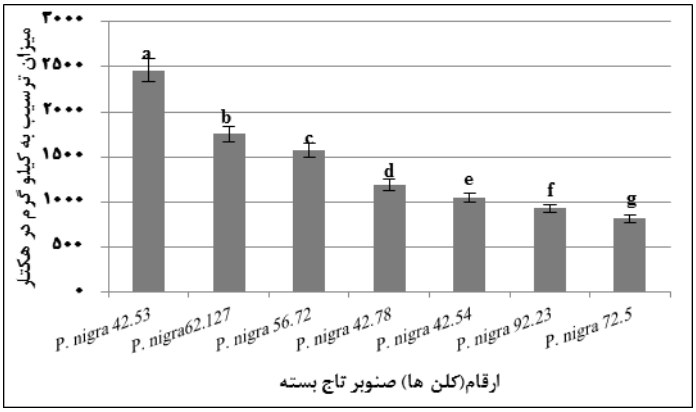
منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
تیمار	۶	۳۰۰۲۲۱۸/۷۳۲	۱۱۵۸۸۳۸۲۲۰	۰/۰۵۱ns
بلوک	۲	۰/۰۰۱	۰/ ۰۰۱	۰/۰۷۴ns
نمونه	۲	۰/۰۵	۱۹/۳۷۱	۰/۰۰۰
اشتباه نمونه‌برداری	۱۲	۰/۰۰۱	۰ /۰۰۱	۰/۰۶۷ns
اشتباه آزمایشی	۴۰	۰	-	
کل	۶۲	–	–	

ns: نبود اختلاف معنی‌دار

مقایسهٔ میانگین تیمارها در شکل ۲ نشان می‌دهد که رقم P. nigra42.53 (در گروه a) با ۲۴۶۰/۸ کیلوگرم (حدود ۲/۵ تن) بیشترین مقدار ترسیب کربن در هکتار در سال و رقم P. nigra72.5 (در گروه g) با ۸۱۹/۰۶۶ کیلوگرم (حدود ۰/۸ تن) کمترین مقدار ترسیب کربن در هکتار در سال را دارند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نمودار ارقام تاج بسته براساس مقدار ترسیب کربن در هکتار

** حروف مشابه بالای ستون‌ها بیانگر نبود تفاوت معنی‌دار و حروف متفاوت بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت بین ارقام مختلف است.

همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، بین تیمارهای (ارقام) صنوبر تاج باز از نظر متوسط رویش در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۳- تجزیهٔ واریانس متوسط رویش در ارقام تاج باز صنوبر

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
تیمار	۴	۲/۰۰۷	۱۱/۴۰۲	۰/۰۰۰
بلوک	۲	۰/۰۱۸	۰/ ۱۰۴	۰/۰۸۰ns
نمونه	۲	۰/۰۲۰	۰/۱۱۶	۰/۰۶۹ ns
اشتباه نمونه‌برداری	۱۲	۰/۱۷۶	۲/۵۹۶	۰/۰۶۷ns
اشتباه آزمایشی	۴۳	۰/۴۵۷	-	
کل	۵۹	-	-	

ns: نبود اختلاف معنی‌دار

مقایسهٔ میانگین تیمارها در شکل ۳ نشان می‌دهد که ارقام P. X. pacher و P. deltoides69.55 (درگروه a) با ۳/۰۶۱۸ و ۲/۹۸۶۲ متر مکعب بیشترین رویش و P. X. interamericanes (درگروهc) با ۰/۳۸۸۰ متر مکعب رویش در هکتار در سال، کمترین رویش در هکتار در سال را دارند و ارقام دیگر، بین این دو قرار گرفته‌اند.

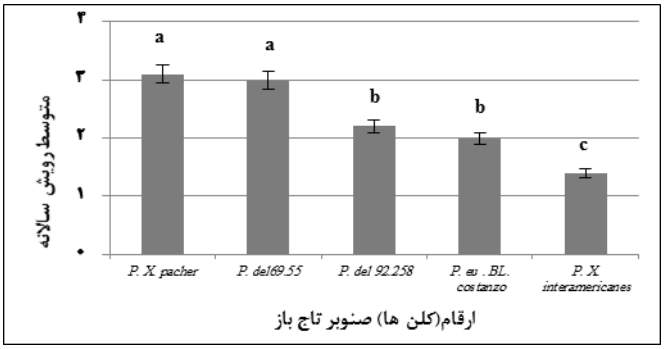
- مقدار ترسیب کربن در ارقام تاج باز

همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، بین تیمارهای (ارقام) صنوبر تاج باز از نظر مقدار ترسیب کربن در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

مقایسهٔ میانگین تیمارها در شکل ۴ نشان می‌دهد که رقم P.X. pacher (در گروه a) با ۱۹۸۷/۹۰۹کیلوگرم (حدود ۲ تن) بیشترین رویش و رقم‌های P.eu. BL.Costanzo و P. X. interamericanes (در گروه c) به ترتیب با ۱۰۸۳/۶۹۱ و ۱۰۳۱/۹۶۴ کیلوگرم در هکتار در سال کمترین ترسیب کربن را دارند و ارقام دیگر بین این دو قرار گرفته‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID



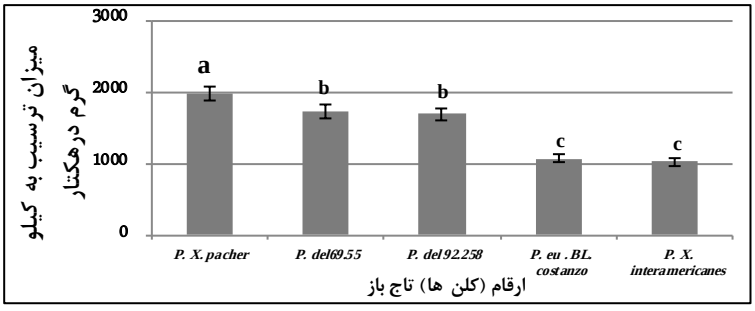
شکل ۳- ارقام تاج باز براساس متوسط رویش سالانه در هکتار

** حروف مشابه بالای ستون‌ها بیانگر نبود تفاوت معنی‌دار و حروف متفاوت بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت بین ارقام مختلف است.

جدول ۴-تجزیهٔ واریانس متوسط ترسیب کربن در ارقام تاج باز صنوبر

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
تیمار	۴	۲۸۴۷۹۳۸/۳۶۱	۱۲/۵۲۲	۰/۰۰۰
بلوک	۲	۴۱۳۶۴۸/۹۹۴	۱/ ۸۱۹	۰/۰۷۵ns
نمونه	۲	۰/۰۶۴	۰/۰۰۱	۰/۰۶۴ ns
اشتباه نمونه‌برداری	۱۲	۲۲۷۴۳۶/۱۱۴	۲ /۲۳۳	۰/۰۳۳ns
اشتباه آزمایشی	۴۳	۵۰۷۸۲۲/۲۹۴	-	
کل	۵۹	-	-	

ns: نبود اختلاف معنی‌دار



شکل ۴- ارقام تاج‌باز براساس میزان ترسیب کربن به کیلوگرم در هکتار

** حروف مشابه بالای ستون‌ها بیانگر نبود تفاوت معنی‌دار و حروف متفاوت بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت بین ارقام مختلف است.

- مقایسهٔ متوسط رویش در دو گروه ارقام تاج بسته و باز صنوبر

همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، بین تیمارهای (ارقام) صنوبر تاج بسته و تاج باز از نظر متوسط رویش در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

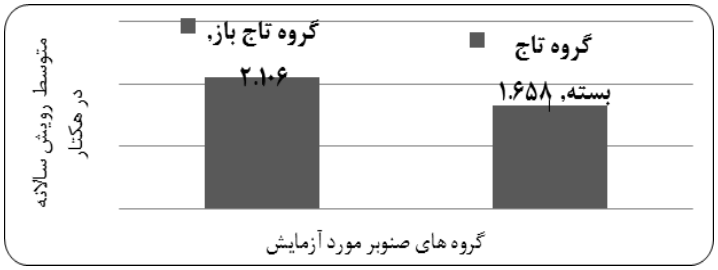
مقایسهٔ میانگین تیمارها در شکل ۵ نشان می‌دهد که رویش حجمی ارقام گروه صنوبر تاج باز با متوسط ۲/۱۰۶ متر مکعب بیشتر از گروه صنوبر تاج بسته با ۱/۶۵۸ متر مکعب رویش در هکتار در سال بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- تجزیهٔ واریانس متوسط رویش در بین دو گروه ارقام صنوبر تاج بسته و تاج باز صنوبر

صفت تحت مطالعه	گروه تحت مطالعه	میانگین و انحراف معیار	مقدار t	معنی‌داری
میزان رویش سالانه در هکتار	ارقام صنوبر تاج بسته	۲/۱۰۶۱±۰/۵۳۹۳۵	۴/۴۰۴	۰/۰۰۲
	ارقام صنوبر تاج باز	۱/۵۷۰۶ ±۰/ ۶۸۵۹۱	۴/۴۱۳	۰/۰۰۰



شکل ۵- مقایسهٔ دو گروه صنوبر تاج باز و تاج بسته

مقایسهٔ مقدار ترسیب کربن در دو گروه از ارقام تاج بسته و تاج باز صنوبر

نتایج آزمون آماری تجزیهٔ واریانس (جدول ۶) نشان می‌دهد که میانگین ترسیب گروه صنوبر تاج باز و تاج بسته به‌ترتیب ۱۶۶۵/۰۴ و ۱۵۶۰/۹۴ کیلوگرم در هکتار است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در مقدار کربن ترسیب‌شده بین گروه ارقام صنوبر تاج باز و تاج بسته اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۶- تجزیهٔ واریانس متوسط ترسیب کربن بین دو گروه از ارقام صنوبر تاج بسته و تاج باز صنوبر

صفت موردمطالعه	گروه تحت مطالعه	میانگین و انحراف معیار	مقدار t	معنی‌داری
میزان رویش سالانه در هکتار	ارقام صنوبر تاج بسته	۱۵۶۰/۹۴±۴۴۴/۴۱	۱/۷۰۰	۰/۰۵۵ ns
	ارقام صنوبر تاج باز	۱۶۶۵/۰۴ ±۴۳۶/۴۸	۱/۷۰۱	۰/۰۳۶ ns

ns: نبود اختلاف معنی‌دار

بحث

در این تحقیق، مقدار ترسیب کربن زی‌تودهٔ هوایی دو گروه از ارقام مختلف صنوبر تاج باز و تاج بسته بررسی شد. برپایهٔ تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج، در هر گروه، ارقام صنوبر (تاج باز یا بسته)، از نظر رویش حجمی و مقدار ترسیب کربن با دیگر ارقام هم‌گروه خود در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. دلیل را می‌توان از طرفی رویش سالانهٔ زیاد صنوبر (تندرشد بودن) و از طرف دیگر تعداد زیاد درختان در هکتار دانست. این نتیجه همسو با تحقیقی است که دربارهٔ رویش پایه‌های پنج‌سالهٔ صنوبر و پالونیا در مازندران انجام گرفت و نتایج نشان داد که بین فاصلهٔ کاشت و مقدار رویش اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری که با کاهش فاصلهٔ کاشت، میزان رویش افزایش می‌یابد. در نتیجه با توجه به جذب زیاد کربن به‌دلیل تراکم درختان و رویش زیاد، می‌توان در حاشیهٔ کارخانه‌ها از این گونه استفاده کرد که با توجه به تنوع کشت صنوبر در سراسر کشور و تحقیق حاضر

www.SID.ir

Archive of SID

شایان توجه است. دربارهٔ مقدار ترسیب کربن، چون این رقم سازگاری بیشتری با اقلیم و شرایط اکولوژی منطقه نشان داده، توانسته با رشد بیشتر، بیش از دیگر ارقام هم‌گروه خود کربن را ترسیب کند (Riahi et al., 2011).

همان‌طور که اشاره شد، رویش بیشتر که بیانگر سازگاری بیشتر با محیط و شرایط اکولوژیکی منطقه است، سبب این اختلاف شده است. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که عوامل محیطی و اکولوژیکی سبب می‌شوند که مقدار کربن حتی در ارقام مختلف یک گونه در مناطق مختلف با یکدیگر متفاوت باشند و نمی‌توان عدد خاصی را برای مقدار ترسیب یک گونه در مناطق مختلف و همچنین در ارقام مختلف آن گونه در نظر گرفت. در مرحلهٔ بعد، تجزیه‌وتحلیل دو گروه صنوبر تاج باز و بسته به‌صورت برون‌گروهی مقایسه شد. گروه تاج باز از میانگین رویش بیشتری برخوردار بودند، اما در مقدار ترسیب کربن این دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. می‌توان گفت دلیل این موضوع، بیشتر بودن چگالی اندازه‌گیری‌شده در این تحقیق در ارقام تاج بسته است. در نتیجه با توجه به فرمول برآورد ترسیب کربن، این تفاوت موجب ترسیب بیشتر کربن نسبت به گروه تاج باز با حجم یکسان خواهد شد. از این‌رو گرچه رویش گروه تاج باز بیشتر از گروه تاج بسته است، از نظر ترسیب اختلاف معنی‌داری ندارند. این نتایج همسو با یافته‌های Khademi (2014) در پژوهش روی گونهٔ اوری (*Quercus macranthera*) در جنگل‌های اندبیل خلخال است. Eskandari Shahraki & Iranmanesh (2016) نشان دادند که گونه‌های با چگالی بیشتر از محتوای نسبی کربن بیشتری برخوردارند. Riahifar et al. (2009) در تحقیقی دربارهٔ رویش پایه‌های پنج‌سالهٔ صنوبر و پالونیا در مازندران به این نتیجه رسیدند که با افزایش چگالی، ترسیب کربن نیز افزایش می‌یابد. همچنین در تحقیق ذکرشده عنوان شد که چگالی ارقام تاج بسته بیشتر از ارقام تاج باز است و چگالی رابطهٔ مستقیمی با مقدار ترسیب کربن دارد. این نتایج مشابه تحقیق Elias & Potvin (2003) بر روی گونه‌های مختلف است. آنها استنباط کردند که چگالی چوب بر مقدار ترسیب کربن تأثیر دارد که این نتیجه با توجه به عامل‌های مؤثر در برآورد ترسیب کربن انتظار می‌رود.

References

Alinejadi, S., Basiri, R., Tahmasebi Kohyani, P., Askari, Y., & Moradi, M. (2016). Estimation of biomass and carbon sequestration in various forms of Quercus brantii Lindl. standsin Balout Boland, Dehdez. *Iranian Journal of Forest*, *8*(2), 129-139.

Amani, M. (2007). *Popular cultivation environments*. Publication of Road Sobhan, Tehran Publication, 9.

Azarian Moghadam, F. (2013). *Effects of Different Forest Cultivars on Carbon Sequestration*, (*Case study: Chah-e-Sistan*). Master's thesis, Faculty of Water and Wine, Department of Range and Water Management, University of Zabol.

Eskandari Shahraki, A., Kiani, B., & Iranmanesh, Y. (2016). Effects of different land use types on Soil carbon sequestration. *Journal of Research in Forest and Poplar Iran*, *24*(3), 379-38.

Tavakoli H. (2016). Potential of Carbon Sequestration of Hammada salicornica Vegetation Type in Desert Areas (Case Study: South Khorasan, Iran). *Journal of Rangeland science*; 6(1): 24-32.

Khademi, A.A. (2014). Study on carbon sequestration in an area afforested by Black Locust (Robinia pseudoacacia L.). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(2).

www.SID.ir

Archive of SID

Meenakshi Kaul., G. M., Mohren, J., & Dadhwal, V. K. (2010). Carbon storage and sequestration potential of selected tree species in India. *Mitig Adapt Strateg Glob Change 15*, 489–510.

Murphy, M., Balser, T., Buchmann, N., Hahn, V. & 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.

Naghipour, A. A., Khajeddin, S.J., Bashari, H., Iravani, M., & Tahmasebi, P. (2015). Effect of afforestation on carbon sequestration of soil and vegetation in arid regions (Case study: Bakhtiarsht Forest Park of Isfahan). *Quarterly journal of forest and poplar research*. 52-39.

Nijnik, M., Pajot, G., Moffat, A.J., & 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.

Parsa pour, M. (2012). Biomass and carbon sequestration of various poplar species planted in Boldaji Poplar Research Center, Master's Degree in Natural Resources Engineering – Forestry, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences. University of Kurdistan Page 12, 1390.

Panahi, P., Pourhashemi, M., & Hassani Nejad, M. (2011). Estimation of leaf biomass and leaf carbon sequestration of Pistacia atlantica in National Botanical Garden of Iran. *Iranian Journal of Forest, 3*(1), 1-12.

Rosta, T. (2012). Estimation of Economic Value of Carbon Sequestration in Mashhad and Camel Species in Baneh-Alam Research Forest of Firoozabad, Fars. Master's thesis, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Faculty of Natural Resources, Sari, 2011.

Ribeiro, S. C., Fehrmann, L., Soares, C., Jacovine, L., Kleinn, C., & Gaspar, R. (2011). Above and below ground biomass in a Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management, 262*, 491-499.

Pandey, R., & Kumar, S., Harrison, S., & Yadav, V. (2016). Mitigation potential of important farm and forest trees: a potentiality for clean development mechanism, Afforestation reforestation (CDMA R) project and reducing emissions from rreforestation and degradation, along with conservation and enhancement of carbon stocks ($REDD^{+}$). *Mitig Adapt Strateg Glob Change, 21*, 225–232.

Riahifar, N., Fallah, A., Mohammadi Samani, K., & Gorji Mahlebani, Y. (2009). Comparing the growth of Paulownia fortunei and Populus deltoids plantations under different spacing in northern Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16*(3), 444-454.

Sun, R.J., Chen, M., Zhou, Y., & Liu, Y. (2004). Spatial distribution of net primary productivity and evapotranspiration in Changbaishan natural reserve, China using Landsat ETM^{+} data. *Canadian Journal of Remote Sensing, 30*, 731-742.

Vahedi, A.A., & Mattaji, A.A. (2015). Assessing the possible estimation of bole carbon sequestration of beech (Fagus orientalis) in the Hyrcanian forests using non-destructive methods. *Iranian Journal of Forest, 7*, 447-457.

Vahedi, A.A., & Mattaji, A.A. (2017). Variations of organic carbon sinks in the forests floor of mixed oriental beech in relation to plant diversity and physiographic factors. *Iranian Journal of Forest, 8*(4), 459-478.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Forest
Vol. 11, No. 2, Summer 2019
pp. 195-205

Research Article

Investigating the efficiency of the carbon sequestration in above-ground biomass of some *populous* clones

F. Jahanpour[1], Z. Badehian[2]*, and J. Soosani[3]

[1] M.Sc. in Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran
[2] Assistant Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran
[3] Associate Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran

(Received: 27 June 2018, Accepted: 9 April 2019)

Abstract

Carbon sequestration through trees is one of the most important strategies to mitigate the carbon emission. The present study was conducted in Khorramabad Agricultural Orchard as randomized complete block design. In each experimental unit, three five-year-old trees were investigated in two groups and 12 poplar colonies or cultivars in three replications. Duncan multiple range test was used to find the mean comparison of the treatments and T test was applied to observe the differences between two groups. The results showed that there is a significant difference in the increment rate and amount of carbon sequestration in the two poplar groups (P<0.01). *P. nigra* 42.53 revealed the maximum increment in the closed crown group to be 2.6714 m^3, and also the highest annual sequestration as 2460.8 kg/ha. In open crown group, the highest increment and carbon sequestration were observed in *P.X Pacher* to be 3.0618 m^3 and 1987.909 kg/ha, respectively. Additionally, the open crown group had a higher increment rate compared to the closed crown group. However, there was no significant difference between the two groups in terms of the amount of carbon sequestration. It can be interpreted that the density of open crown group is less than the closed crown one. According to our findings, further studies on carbon sequestration of various tree species and afforestation with fast-growing species with high carbon storage potential is recommended to control the concentration of CO_2 in the atmosphere.

Keywords: Carbon Sequestration, Increment Rate, Forestation, Poplar colonies, Khorramabad.

∗Corresponding author Tel: +989177303977 Email: Badehian.z@Lu.ac.ir

www.SID.ir