



برآورد ارزش اقتصادی و مقایسه ذخیره کربن در رویشگاه‌های مختلف جنگلی استان کهگیلویه و بویراحمد

یوسف عسکری^{۱*}، یعقوب ایران‌منش^۲ و مهدی پورهایمی^۳

^۱استادیار، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران
^۲استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران
^۳دانشیار، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۸)

چکیده

جنگل‌ها از اکوسیستم‌هایی هستند که با انبوهی از ترسیب کربن اتمسفر سالانه در زی‌توده گیاهان چوبی و خاک، تأثیر مهمی در کاهش غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفر دارند. سه عامل تعیین‌کننده ذخیره کربن هر رویشگاه جنگلی عبارت است از خاک، پوشش گیاهی و لاشریزه. در این پژوهش برای محاسبه ذخیره کربن در جنگل‌های بلوط شهرستان‌های بویراحمد و دنا در اقلیم سردسیر استان کهگیلویه و بویراحمد، پس از جنگل‌گردشی، چهار قطعه‌نمونه یک هکتار مربعی در چهار رویشگاه معرف جنگل‌های استان انتخاب و متغیرهای مورد نظر (قطر برابر سینه، قطر جست‌گروه، ارتفاع و سطح تاج پوشش) آماربرداری شد. به‌منظور برآورد زی‌توده و ذخیره کربن گونه‌های درختی متناسب با فرم رویشی (دانه‌زاد و شاخه‌زاد)، از معادلات آلومتریکی مربوط استفاده شد. برای اندازه‌گیری ذخیره کربن خاک نیز در هر قطعه‌نمونه، پنج نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت و درصد کربن آلی و وزن مخصوص ظاهری در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس مقایسه ذخیره کربن درختان حاکی از اختلاف آماری معنی‌دار بین رویشگاه‌های مختلف بود، به‌نحوی که رویشگاه پریکدون با ۳۱ تن در هکتار بیشترین و رویشگاه قرق با ۱۷ تن در هکتار کمترین مقدار را به خود تخصیص دادند. میانگین ذخیره کربن لاشریزه ۷۳۰ کیلوگرم در هکتار و ارزش اقتصادی ذخیره کربن در هر هکتار از رویشگاه‌های تحت بررسی، ۱۸۸ میلیون تومان برآورد شد. مجموع میانگین ذخیره کربن خاک، پوشش گیاهی و لاشریزه در مناطق تحت مطالعه بیش از ۱۵۹ تن در هکتار برآورد شد، به‌طوری که منطقه (قرق) دارای بیشترین و رویشگاه سرآبتاوه (دامنه شمالی) دارای کمترین مقدار بودند.

واژه‌های کلیدی: خاک، زی‌توده، فرم رویشی، لاشریزه، معادلات آلومتری.

مقدمه

می‌شود. ترسیب (ذخیره) کربن در راستای مراحل مختلف چرخه کربن از جمله فتوسنتز، رشد گیاه، تراکم و انباشت کربن در خاک‌ها و انتشار کربن ناشی از تنفس اندام‌های زنده، نابودی درختان، تجزیه

به جذب دی‌اکسید کربن جو توسط اندام‌های هوایی، زمینی، جلبک‌ها و غیره به‌منظور کاهش آثار سوء پدیده گرمایش زمین، ترسیب کربن گفته

اینکه این گیاهان ساختار شاخساره‌ای پیچیده‌ای دارند و دوم اینکه بخش بزرگی از آنچه زی‌توده در نظر گرفته می‌شود، چوب غیرزنده (درون چوب) است. این دلایل، روابطی را که برای برآورد زی‌توده تعریف شده‌اند پیچیده می‌کند (Cole & Ewel, 2006)، اما از آنجا که در پژوهش حاضر معادلات آلومتریکی مستخرج از درختان منطقه، به کار گرفته شد، نتایج اطمینان‌بخش است. تغییرات مربوط به زی‌توده و ذخیره کربن که با معادلات آلومتریکی و دیگر روش‌های متداول مشخص می‌شود، در ارزیابی کاهش تأثیرات جنگل در زمینه تغییرات آب‌وهوایی و پیش‌بینی توانایی ترسیب کربن بسیار مهم و ضروری است (Picard et al., 2012; Alinejadi et al., 2016).

خاک عامل بعدی اثرگذار در ذخیره کربن اکوسیستم است. ترسیب کربن خاک بخش مهمی از ترسیب کربن در اکوسیستم خشکی است و تأثیر چشمگیری بر مقدار دی‌اکسید کربن اتمسفر دارد، به طوری که تغییرات کم در تراکم کربن خاک در اثر تغییر کاربری اراضی ممکن است تغییرات زیادی در تراکم دی‌اکسید کربن اتمسفر ایجاد کند. همچنین، کاهش ذخیره کربن آلی خاک با افزایش احتمال فرسایش‌پذیری و فشردگی خاک و افزایش رواناب اثر زیادی بر ساختمان خاک دارد (Varamesh et al., 2010). از نظر کربن، خاک‌ها شامل دو نوع کربن آلی و معدنی هستند. همه خاک‌های کشاورزی دارای کربن آلی است، در حالی که کربن غیرآلی در همه خاک‌ها وجود ندارد (Raheb et al., 2017). در بیشتر موارد، کربن آلی مهم‌ترین و اصلی‌ترین منبع کربن خاک در نظر گرفته می‌شود (MacDicken, 1997). بیشترین مقدار کربن آلی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تجمع دارد (IPCC, 2005). خاک بزرگ‌ترین مخزن کربن آلی اکوسیستم‌های خشکی در بیوسفر است که ذخیره کربن آن از گیاهان و اتمسفر بیشتر است (Schlesinger, 1977). مقدار کربن آلی خاک، هم تحت تأثیر مقدار تولید گیاهان بوده و هم بر مقدار

میکروبی لاشبرگ، اکسیداسیون کربن خاک و تخریب زمین انجام می‌گیرد (IPCC, 2005). پالایش کربن با روش‌های مصنوعی مانند فیلتر، هزینه‌های سنگینی دارد (Cannell, 2003). بنابراین به منظور کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفر و ایجاد تعادل در محتوای گازهای گلخانه‌ای، کربن اتمسفر باید به شیوه‌های گوناگون ترسیب شود (Naghipour Borj et al., 2009). ترسیب کربن در زی‌توده گیاهی و خاک‌های تحت این زی‌توده، ساده‌ترین و از نظر اقتصادی، علمی‌ترین راهکار ممکن برای کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری است. در حقیقت، یکی از مزایای جنگل، جذب کربن در درختان و اندام‌های مختلف گیاهی است (McNulty et al., 2018).

مقدار زی‌توده و ذخیره کربن در اکوسیستم‌های جنگلی علاوه بر اینکه بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان (مقدار ذخایر کربن موجود در جنگل) است، بر چرخه‌های زیست‌زمین‌شیمیایی جنگل نیز تأثیر می‌گذارد (Husch et al., 2003). سه عامل مهم و تعیین‌کننده درباره ذخیره کربن هر اکوسیستم جنگلی عبارت است از پوشش گیاهی، خاک و لاشریزه. پوشش گیاهی اکوسیستم جنگلی شامل درختان و درختچه‌هایی است که در این رویشگاه‌ها وجود دارند. اندازه‌گیری و برآورد زی‌توده و ذخیره کربن پوشش گیاهی و به‌ویژه درختان یکی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی جنگل و بررسی‌های جریان انرژی در بوم‌سازگان به حساب می‌آید که در سالیان اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است (Zianis & Mencuccini, 2004).

برای تعیین ذخیره کربن درختان، از آنجا که امکان تخریب و قطع درختان وجود ندارد، با به‌کارگیری معادلات آلومتریکی که قبلاً از این جنگل‌ها تهیه شده، می‌توان برآورد کاملی از ذخیره کربن داشت. در مورد پهن‌برگان (درختان و درختچه‌های تحت مطالعه) که جزو دولپه‌ای‌های چوبی محسوب می‌شوند، اغلب دو مشکل در ایجاد روابط آلومتریکی وجود دارد: نخست

زی توده و ذخیره کربن در پوشش گیاهی یا بررسی مقدار ترسیب کربن در لایه‌های مختلف خاک بوده است. برای نمونه، در برآورد زی توده روی زمینی جنگل در جنگل‌های هیرکانی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، مشخص شد که مقادیر زی توده بین سه منطقه اصلی تحقیق و در طبقات ارتفاعی میان‌بند و بالابند، تفاوت‌های به نسبت زیادی داشت و بیشترین زی توده در منطقه اسالم و دامنه ارتفاعی بالابند برآورد شد (Ghanbari Motlagh et al., 2020). ارزیابی تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی بر ترسیب کربن خاک در منطقه چهارطاق اردل در استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که در بین کاربری‌های مختلف اراضی، جنگل قرق با ۴۷ و جنگل تخریب‌شده با ۱۳ تن در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین اندوخته کربن خاک را داشتند (Eskandari Shahraki et al., 2016). مقایسه مقدار ترسیب کربن در سه کاربری جنگل مدیریت‌شده، اگروفارستری سنتی و مرتع در شرق پاناما نشان داد که این مقدار در جنگل مدیریت‌شده ۳۳۵، در سیستم اگروفارستری سنتی ۱۴۵ و در مرتع ۴۶ تن در هکتار بود (Kirby, 2007). در پژوهشی دیگر، اثر قرق چرایی در دوره‌های ۷، ۱۲ و ۲۵ ساله در ذخیره‌سازی کربن آلی خاک در منطقه نیمه‌خشک تخریب‌شده شنی در چین ارزیابی شده و مشخص شد که قرق چرایی سبب افزایش ترسیب کربن خاک می‌شود (Chen et al., 2012)، اما خدمات و کارکردهای محیط زیستی جنگل‌ها از جمله ترسیب کربن رایگان نیست و ارزش اقتصادی نهفته‌ای دارند که بسیار مهم است. به‌منظور برآورد ارزش ترسیب کربن در بیشتر موارد، برآورد ارزش برحسب سودهایی است که اکوسیستم به‌واسطه کنترل پدیده گرمایش زمین در جهان ایجاد می‌کند. ارزش جذب دی‌اکسید کربن را می‌توان با استفاده از هزینه‌ها و منافع جنگلکاری یا از طریق مالیات بر کربن برآورد کرد (Xue & Tisdell, 2001).

با توجه به توضیحات بالا، هدف این پژوهش،

تولید گیاهان تأثیرگذار است. به‌عبارتی، ذخیره کربن آلی خاک، با توازن بین کربن ورودی از طریق تولیدات گیاهی و کربن خروجی از طریق تجزیه توسط میکروارگانیسم‌ها کنترل می‌شود. نحوه توزیع عمودی کربن آلی در لایه‌های خاک، با تفاوت در نوع گیاهان به‌صورت معنی‌داری تغییر می‌کند (Jobbagy & Jackson, 2000). به‌عبارتی، نوع گیاهان در مقدار ترسیب کربن در لایه‌های مختلف خاک تأثیرگذار است. افزون بر اهمیت کربن آلی خاک در موضوع گرمایش زمین و تغییر اقلیم، کربن آلی، ذخیره رطوبتی خاک را افزایش می‌دهد (Huntington, 2003) و نفوذپذیری و تصفیه آب را بهبود می‌بخشد و نیز تراکم و فشردگی خاک و در نتیجه، مقدار آبی را که از دسترس خارج می‌شود، کاهش می‌دهد.

در اکوسیستم‌های جنگلی، تولید لاشبرگ و فرایندهای تجزیه آن نیز بسیار مهم‌اند. ذکر شده است که لاشبرگ اثر معنی‌داری در مواد غذایی و چرخه زیست‌زمین‌شیمیایی و عملکرد سالم در اکوسیستم جنگلی مناطق استوایی دارد (Giweta, 2020). علاوه بر این، درک عوامل مختلف تأثیرگذار بر تجزیه لاشبرگ برای عملکرد اکوسیستم بسیار مهم است. در مقیاس جهانی، لاشبرگ‌ها حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد از وزن لاشریزه در اکوسیستم‌های جنگلی را تشکیل می‌دهند و باقی‌مانده شامل مواد چوبی (حدود ۳۰ درصد) و دیگر اندام‌های گیاهی (حدود ۱ تا ۲۰ درصد) است (Barnes et al., 1997). از وزن لاشریزه به‌عنوان شاخص سلامت و شاخص حاصلخیزی بوم‌سازگان جنگل استفاده شده است (Pedersen & Bille-Hansen, 1999).

براساس منابع موجود، پژوهش‌های جامع و مدون درباره محاسبه یا برآورد کل ذخیره کربن به‌ویژه در اندام‌های زیرزمینی در رویشگاه‌های مختلف جنگلی و نیز منطقه زاگرس بسیار محدود و انگشت‌شمار بوده است. بیشتر این پژوهش‌ها درباره ارزیابی مقدار

(Askari et al., 2016). پس از جنگل‌گردشی و استفاده از تجارب کارشناسان، چهار رویشگاه با ترکیب و فرم رویشی متفاوت انتخاب شدند که بیانگر اعمال شرایط مختلف حاکم بر رویشگاه‌های استان هستند (روستای توت‌نده، دامنه شمالی روستای سرآبتاوه، دامنه جنوبی روستای پریکدون و جنگل فرق روستای وزگ در شهرستان‌های دنا و بویراحمد) (جدول ۱). در انتها، بعد از جنگل‌گردشی، یک قطعه نمونه مربع شکل یک هکتاری (Yousefi et al., 2017) به صورت تصادفی انتخاب شد و نمونه‌برداری انجام گرفت. شایان ذکر است که میانگین دما در شهرستان بویراحمد ۱۵/۰۶ و در شهرستان دنا ۱۵/۶۲ درجه سانتی‌گراد است.

برآورد ذخیره کربن در پوشش گیاهی (اندام هوایی و ریشه)، خاک و لاشریزه و همچنین برآورد ارزش اقتصادی آن در رویشگاه‌های مختلف جنگلی در استان کهگیلویه و بویراحمد است.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

استان کهگیلویه و بویراحمد با ۱۶/۲۴۹ کیلومتر مربع وسعت در جنوب غربی ایران، بین ۳۰ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی واقع شده و دارای هشت شهرستان است. مساحت جنگل‌های استان حدود ۸۷۴ هزار هکتار است که بیش از ۹۰ درصد آن بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) است

جدول ۱- مشخصات رویشگاه‌های تحت بررسی

اسم منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	تیپ جنگل
پریکدون (دامنه جنوبی)	۵۵۸۹۱۷	۳۳۷۷۹۵۳	۲۰۴۵	برودار - بادام
سرآبتاوه (دامنه شمالی)	۵۵۵۶۱۸	۳۳۸۲۰۳۰	۱۸۹۰	برودار - بنه
وزگ (فرق)	۵۶۳۴۰۵	۳۳۸۱۳۸۲	۲۱۳۰	برودار
توت‌نده (شهرستان دنا)	۵۳۵۶۶۱	۳۴۱۶۷۰۲	۱۹۷۰	برودار

شیوه اجرای پژوهش
به منظور برآورد زی‌توده و ذخیره کربن گونه‌هایی که معادلات آلومتری آنها موجود بودند، مانند بنه

شیوه اجرای پژوهش

به منظور برآورد زی‌توده و ذخیره کربن گونه‌هایی که معادلات آلومتری آنها موجود بودند، مانند بنه

جدول ۲- مدل برآورد زی‌توده درختان تک‌پایه برودار بر مبنای متغیر مستقل قطر برابر سینه و درختان شاخه‌زاد بر مبنای متغیر مستقل ارتفاع درخت (Askari et al., 2017)

فرم رویشی	اندام	معنی‌داری	F	اشتباه معیار	R ²	رابطه
شاخه‌زاد	روی زمینی	***	۳۱۵	۰/۱۴۹	۰/۹۸	$Y = 1/40.5 \times X^{2/637}$
	ریشه	***	۱۷۵	۰/۱۶۵	۰/۹۶	$Y = 2/1867 \times X^{2/183}$
دانه‌زاد	روی زمینی	***	۴۸۸	۰/۱۶۳	۰/۹۹	$Y = 0/324 \times X^{2/027}$
	ریشه	***	۴۶۷	۰/۱۳۳	۰/۹۸	$Y = 0/975 \times X^{1/620}$

Y زی‌توده اندام درخت به کیلوگرم، X متغیر مستقل (به تفکیک؛ قطر برابر سینه، ارتفاع درخت)، R² ضریب تبیین، *** معنی‌دار در سطح خطای ۰/۰۰۱

رطوبت خاک نیز به روش خشک کردن مقدار معینی از خاک تر در آن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (Jafari Haghghi, 2004). مقدار ترسیب کربن برحسب کیلوگرم بر متر مربع با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

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

که در آن: OC ترسیب کربن آلی برحسب کیلوگرم بر متر مربع، %OC درصد کربن آلی، BD وزن مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و E عمق نمونه‌برداری خاک برحسب سانتی‌متر است.

- نمونه‌برداری از لاشریزه

لاشریزه‌ها شامل دو دسته مجزا هستند. دسته اول شامل همه لاشبرگ‌ها، لایه‌های هوموس و همه قطعات چوبی کوچک (قطر کمتر از ۱ سانتی‌متر) و دسته دوم نیز دربرگیرنده قطعات چوبی بزرگ (قطر بیشتر از ۱ سانتی‌متر) است (Palosuo, 2005). نمونه‌برداری لاشبرگ در اسفندماه و پیش از شروع فصل رویش براساس روش نمونه‌برداری مستقیم در قطعه‌نمونه‌هایی به ابعاد ۰/۵ در ۰/۵ متر در چهار گوشه و مرکز قطعه‌نمونه اصلی در دو تکرار انجام گرفت (Hernandez et al., 2004) (شکل ۱) و هر دو گروه لاشریزه‌های موجود در آنها به‌طور جداگانه جمع‌آوری شدند. نمونه‌های لاشریزه بلافاصله در عرصه توزین شده و در بسته‌بندی‌های جداگانه، به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک و مقدار کربن به آزمایشگاه منتقل شدند.

برای تعیین کربن لاشبرگ و درصد رطوبت، مقداری از نمونه‌های لاشبرگ در آن و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا خشک شوند. سپس با استفاده از روش احتراق کوره الکتریکی در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. با تعیین وزن خاکستر و با در

برای دیگر گونه‌های درختی موجود (که حالت تک‌پایه داشتند) با داشتن قطر یقه و قطر تنه در محل شروع تاج و با استفاده از فرمول هوپر یا اسمالین حجم تنه محاسبه شد. سپس در یک نمونه از چوب تنه (با برداشت یک قطعه نمونه ۲ سانتی‌متر مکعبی از محل‌های برش بدنه درخت که به‌طور معمول در جنگل وجود دارد) چگالی چوب اندازه‌گیری شد. با داشتن حجم و وزن مخصوص (Bulk Density) زی‌توده تنه محاسبه شد. زی‌توده، می‌تواند با تبدیل حجم تنه به ضریب چگالی (Density factor) محاسبه شود. حجم تاج نیز با توجه به ضریب شکل تاج و استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Frank, 2010).

$$\text{رابطه ۱} = \text{حجم تاج} \times \text{قطر کوچک تاج} \times \text{قطر بزرگ تاج} \times \text{ضخامت تاج} \times \text{ضریب شکل تاج}$$

- نمونه‌برداری خاک

نمونه‌ها از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت شدند (Gao et al., 2007). پنج نمونه ترکیبی از چهار گوشه و مرکز هر قطعه‌نمونه و در مجموع ۲۰ نمونه از چهار منطقه تحت بررسی در فصل رویش مربوط به سال ۱۳۹۸ برداشت و در کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌های خاک به کمک اوگر و در مواردی که به دلیل سنگلاخی بودن عرصه، امکان استفاده از اوگر وجود نداشت، با حفر گودال و برداشت تراشه انجام گرفت. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه در هوای آزاد خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری (۲۰ مش) عبور داده شدند (Jafari Haghghi, 2004).

بافت خاک (درصد اجزای تشکیل‌دهنده خاک) با استفاده از روش هیدرومتری، اسیدیته خاک با کمک دستگاه pH متر، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه سنجش هدایت الکتریکی، کربن آلی به روش والکی-بلک و درصد

آلی لاشبرگ محاسبه شد (MacDicken, 1997; Hernandez et al., 2004).

دست داشتن وزن اولیه و نسبت کربن آلی به مواد آلی ، مقدار کربن آلی لاشبرگ براساس ۵۰ درصد ماده



شکل ۱- نمونه برداری از خاک (سمت راست) و لاشریزه (سمت چپ)

لاشریزه از اتمسفر جذب می‌شود، محاسبه شد. با توجه به قیمت جهانی کربن یعنی ۴۷/۲ دلار آمریکا به ازای هر تن (Yazdani & Abbasi, 2010) و قیمت هر دلار بر مبنای ارزش روز (۲۵ هزار تومان)، مقدار کربن جذب شده در هر هکتار ارزش گذاری شد.

نتایج

-آمار توصیفی

تراکم و نسبت شاخه‌زادی (جست‌گروه) و دانه‌زادی (تک‌پایه) در هکتار بلوط ایرانی و دیگر گونه‌های درختی و درختچه‌ای در رویشگاه‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس آماره‌های توصیفی در فرم‌های تک‌پایه و شاخه‌زاد در رویشگاه‌های تحت مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است. براساس نتایج، در فرم رویشی تک‌پایه آماره‌های توصیفی بین رویشگاه‌های مختلف اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند، اما اختلاف میانگین قطر جست‌گروه، ارتفاع بلندترین شاخه و قطر متوسط تاج

روش تحلیل

در ابتدا داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار اکسل به عنوان بانک اطلاعاتی ذخیره شد. سپس به منظور تجزیه و تحلیل و مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد و برای مقایسه ترسیب کربن در فرم‌های رویشی مختلف درختان، خاک و لاشریزه در رویشگاه‌های مختلف از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) و برای مقایسه چندگانه میانگین‌ها از آزمون Games-Howell استفاده شد. همه آنالیزهای آماری در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و رسم نمودارها از طریق نرم‌افزار EXCEL 2007 صورت گرفت.

-ارزش اقتصادی

پس از مشخص شدن مقدار زی‌توده و ذخیره کل کربن (درختان، خاک و لاشریزه) در مناطق تحت بررسی، با در نظر گرفتن ضریب ۳/۶۷ (Hunt & Colin, 2009; Li et al., 2006)، مقدار دی‌اکسید کربنی که توسط پوشش گیاهی، خاک و

در فرم رویشی شاخه‌زاد در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است.

جدول ۳- درصد حضور گونه‌های درختی و درختچه‌ای و فرم‌های مختلف رویشی در مناطق تحت بررسی

منطقه	تک‌پایه		شاخه‌زاد		مجموع	سایر گونه‌ها*
	برودار	سایر	برودار	سایر		
توت‌نده	۴۵/۸	۱/۷	۵۱/۷	-	۱۰۰	۰/۸
وزگ	۲۲/۴	-	۷۶/۷	-	۱۰۰	۰/۸
پریکدون	۲۳/۳	۱/۲	۶۲	۱/۸	۱۰۰	۱۱/۷
سرآبتاوه	۱۲/۶۲	۰/۹۷	۸۰/۵	-	۱۰۰	۵/۸۲

□ بنه وحشی، کیکم □ بادام کوهی، زالزالک، شن و دافنه

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس آمار توصیفی رویشگاه‌های مختلف

فرم رویشی	آماره	سرآبتاوه	پریکدون	وزگ	توت‌نده	آماره F
میانگین قطر جست‌گروه (سانتی‌متر)	۱۴/۴۵ ^{ab}	۱۵/۲۷ ^{ab}	۱۳/۷۵ ^b	۱۶/۵۲ ^a	۰/۰۱۷ ^{**}	
ارتفاع (متر)	۶/۸۵ ^a	۷/۰۶ ^a	۵/۷۲ ^b	۵/۵۸ ^b	۰/۰۰۰ ^{**}	
قطر متوسط تاج (متر)	۶/۱۷ ^{ab}	۷/۰۵ ^a	۶/۲۴ ^{ab}	۵/۹۳ ^b	۰/۰۱۲ ^{**}	شاخه‌زاد
سطح تاج (متر مربع)	۳۳/۲۷ ^a	۴۲/۱۱ ^a	۳۴/۷۱ ^a	۳۲/۰۸ ^a	۰/۰۶۶	
تعداد جست	۵/۱۳ ^a	۵/۱۵ ^a	۶/۳۸ ^a	۲/۸۲ ^b	۰/۰۰۰ ^{**}	
قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	۲۲/۶۹	۱۷/۴۱	۱۷/۶۸	۲۲/۴۸	۰/۱۲۴	
ارتفاع (متر)	۵/۸۰	۶/۶۵	۵/۲۰	۶/۰۰	۰/۱۱۸	تک‌پایه
قطر متوسط تاج	۳/۹۷	۴/۹۷	۳/۸۸	۵/۳۶	۰/۰۸۵	
سطح تاج (متر مربع)	۱۶/۸۷	۲۲/۸۰	۱۶/۱۷	۲۷/۷۴	۰/۲۷۱	

حروف مختلف انگلیسی در یک ردیف نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد هستند.

-زی توده و ذخیره کربن پوشش گیاهی

گونه‌های درختی در رویشگاه دارد، مجموع زی توده درختان در منطقه پریکدون بیشترین و در رویشگاه قرق (وزگ) کمترین مقدار بود.

ذخیره زی توده با استفاده از معادلات آلومتریکی در رویشگاه‌های تحت بررسی برآورد شد (جدول ۵). طبق نتایج به دست آمده که ارتباط مستقیمی با تراکم

جدول ۵- زی توده درختان در فرم‌های رویشی و اندام‌های مختلف در رویشگاه‌های تحت بررسی (کیلوگرم در هکتار)

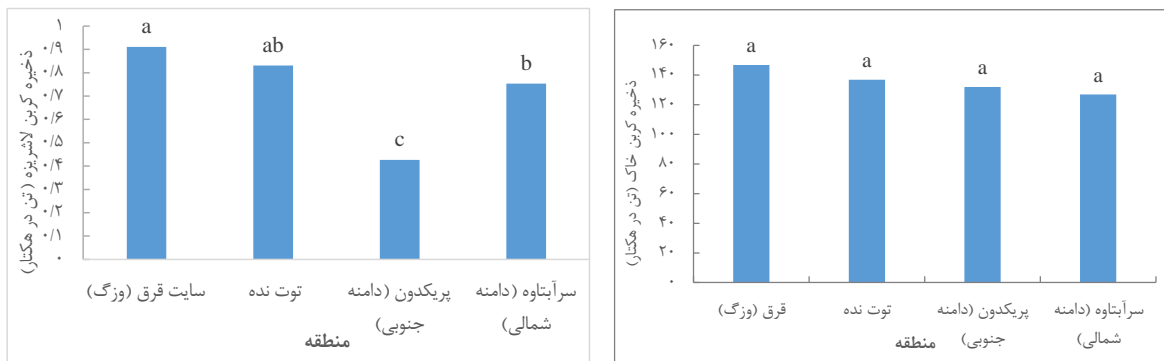
فرم رویشی	اندام	سرآبتاوه	پریکدون	وزگ	توت‌نده
تک‌پایه	روی زمینی	۴۶۳۵ ^{ab}	۶۱۳۷ ^{ab}	۳۶۰۰ ^b	۱۲۰۱۲ ^a
	ریشه	۲۸۹۶ ^a	۴۶۷۲ ^a	۳۰۹۵ ^a	۹۲۱۵ ^a
شاخه‌زاد	روی زمینی	۲۱۶۴۴ ^a	۲۹۰۵۵ ^a	۱۴۹۴۹ ^b	۹۷۶۶ ^b
	ریشه	۱۷۳۹۳ ^a	۲۲۸۴۰ ^a	۱۳۲۴۲ ^b	۸۴۷۳ ^b
مجموع		۴۶۵۶۸	۶۲۷۰۴	۳۴۸۸۶	۳۹۴۶۶

حروف مختلف انگلیسی در یک ردیف نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد هستند.

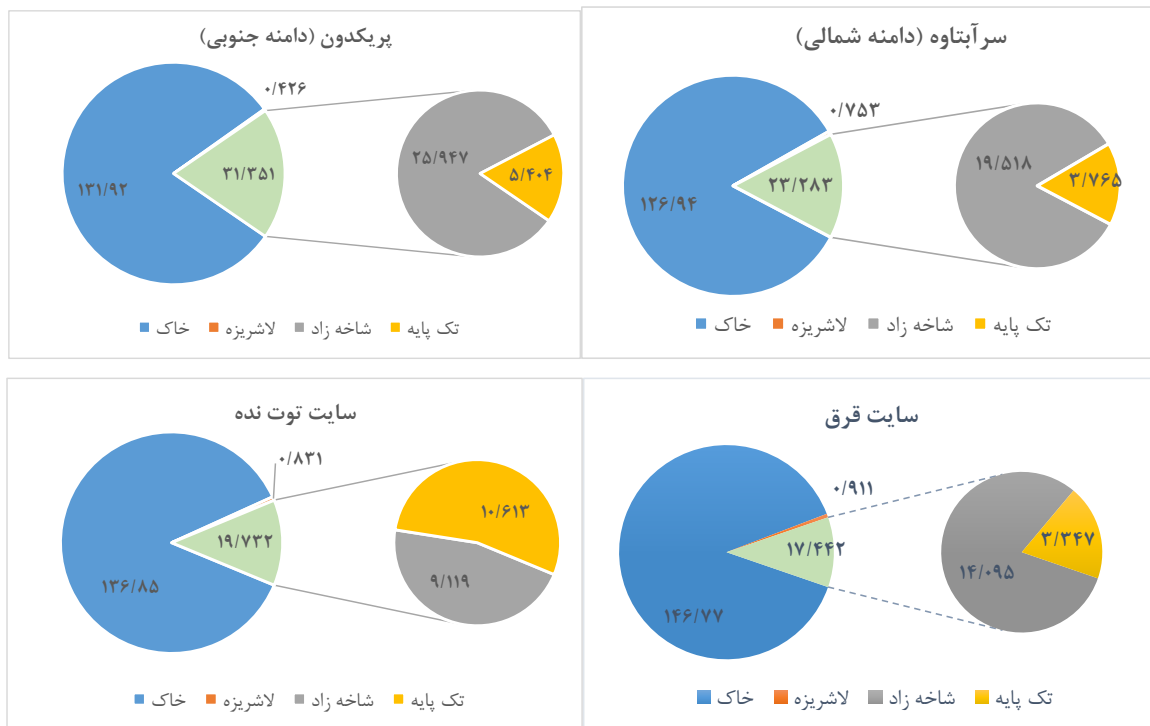
آماري معنی دار بین مناطق تحت مطالعه بود که براساس آن، منطقه قرق (وزگ) دارای بیشترین و منطقه پریکدون حاوی کمترین مقدار کربن لاشریزه بودند (شکل ۳).

ذخیره کربن خاک و لاشبرگ

نتیجه تجزیه واریانس مقدار ماده آلی و ذخیره کربن خاک در رویشگاه‌های مختلف حاکی از نبود اختلاف آماری معنی دار بین رویشگاه‌های مختلف بود (شکل ۲). نتایج ذخیره لاشبرگ نیز حاکی از اختلاف



شکل ۲- نتیجه تجزیه واریانس حاصل از مقدار ذخیره کربن خاک (راست) و لاشبرگ (چپ) در مناطق تحت بررسی



شکل ۳- ذخیره کل کربن (تن در هکتار) در رویشگاه‌های مختلف

خاک در جنگل قرق وزگ و کمترین آن در سرآبتاوه (دامنه شمالی) برآورد شد. در سه رویشگاه قرق وزگ، سرآبتاوه و پریکدون ذخیره کربن درختان شاخه‌زاد

ذخیره کل کربن

در شکل ۳ نتایج مجموع ذخیره کربن در مناطق تحت بررسی ارائه شده است. بیشترین اندوخته کربن

-ارزش اقتصادی

میانگین ارزش اقتصادی ترسیب کربن در هر هکتار از مناطق جنگلی بررسی شده در جدول ۵ ذکر شده است. براساس نتایج به دست آمده، رویشگاه وزگ دارای بیشترین ارزش و رویشگاه توت‌نده دارای کمترین مقدار برآوردی است. میانگین ارزش گذاری حدود ۷۵۱۹ دلار یا ۱۸۸ میلیون تومان (به تاریخ ۱۳۹۹/۱۲/۱۸) در هکتار برآورد شد.

بیشتر از درختان دانه‌زاد بود. فقط در رویشگاه توت‌نده این آمار متفاوت است، در مجموع، ذخیره کربن درختان در منطقه پریکدون بیشترین مقدار را داشت. کربن لاشریزه نیز در رویشگاه قرق بیشترین و در منطقه پریکدون دارای کمترین مقدار بود. به‌طور کلی، زی‌توده و ذخیره کربن خاک، درختان و لاشریزه در سایت قرق دارای بیشترین مقدار و در منطقه سرآبتاوه (دامنه شمالی) دارای کمترین مقدار بود و میانگین ذخیره کربن در هکتار مناطق تحت مطالعه بیش از ۱۵۹ تن برآورد شد.

جدول ۶- برآورد ذخیره کربن، مقدار جذب CO₂ (تن در هکتار) و ارزش ذخیره کربن در رویشگاه‌های مختلف

مشخصه	پریکدون	سرآبتاوه	وزگ	توت‌نده
ذخیره کربن (تن در هکتار)	۱۶۳/۷۰	۱۵۰/۹۸	۱۶۵/۱۳	۱۵۷/۴۱
مقدار جذب CO ₂ (تن)	۶۰۰/۸	۵۵۴/۱	۶۰۶/۰۳	۵۷۷/۷
ارزش (دلار)	۷۷۲۶	۷۱۲۶	۷۷۹۴	۷۴۳۰

بحث

شد (شکل ۳). آنچه شرح داده شد در زمینه اندام روی زمینی درختان برودار در دو فرم رویشی تک‌پایه و شاخه‌زاد بود، اما کمبود اطلاعات به‌ویژه در زمینه اندام زیرزمینی (ریشه) یکی از ضعف‌های اساسی است که در بیشتر پژوهش‌ها وجود دارد و ذخیره زی‌توده و کربن درختان را فقط در رابطه با اندام‌های روی زمینی (ساقه و تاج) برآورد می‌کنند. در پژوهش حاضر این مشکل وجود نداشت و ذخیره کربن درختان با احتساب ریشه برآورد شد. نتایج تحقیق Askari et al. (2017) نشان داد که نسبت موجودی کربن ریشه به اندام روی زمینی گونه برودار در زاگرس جنوبی حدود ۰/۸ است که با نتایج این پژوهش همسوست (جدول ۵). در این تحقیق، مقدار کربن آلی موجود در خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در رویشگاه‌های تحت مطالعه از ۱۲۶ تا ۱۴۶ تن در هکتار متغیر بود، اما این تفاوت معنی‌دار نشد (شکل ۲). به‌رغم اعمال نشدن شرایط حفاظتی (وجود دام و قطع

در زمینه پوشش گیاهی در جنگل‌های زاگرس که بیش از ۹۰ درصد آن از گونه بلوط تشکیل شده، فرم رویشی (تک‌پایه و شاخه‌زاد) ارتباط مستقیمی با مقدار زی‌توده و ذخیره کربن دارد. در سطح تک‌درخت در هر چهار منطقه تحت بررسی، مقدار ذخیره کربن در درختان تک‌پایه بیشتر از جست‌گروه بود. در پژوهشی درباره زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی در دو فرم رویشی بلوط ایرانی در جنگل‌های لردگان استان چهارمحال و بختیاری، نتایج نشان‌دهنده ۲/۵ برابر بودن متوسط زی‌توده درختان تک‌پایه نسبت به پایه‌های شاخه‌زاد بود (Iranmanesh et al., 2014) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. اما با توجه به اینکه تراکم درختان در فرم شاخه‌زاد خیلی بیشتر از درختان تک‌پایه بود (جدول ۳)، در بیشتر رویشگاه‌ها مجموع ذخیره کربن درختان در فرم شاخه‌زاد بیشتر از فرم تک‌پایه برآورد

جنگل‌های زاگرس شمالی مقدار کربن ذخیره‌شده در لاشبرگ کاربری بکر ۱۰/۳۸ تن در هکتار، در کاربری حفاظتی ۵/۲۸ تن در هکتار، در کاربری بهره‌برداری ۲/۲۳ تن در هکتار و در کاربری باغی ۰/۶۳ تن در هکتار به‌دست آمد (Pato et al., 2017) که یافته‌های پژوهش حاضر را تأیید می‌کند، یعنی هرچه دخالت در جنگل کمتر باشد، وزن و تراکم زی‌توده لاشبرگ بیشتر خواهد شد. بیان شده است که در صورت وجود سنگ مادر یکسان در جهت جنوبی و شمالی، خاک مناطق قرق و شیب شمالی دارای اسیدیته، مواد ارگانیک، غلظت نیتروژن قابل استفاده و مواد غذایی بیشتر است (Boerner, 1984). حاصلخیزی بیشتر خاک در دامنه شمالی می‌تواند سبب افزایش مقدار مواد معدنی در لاشبرگ و پیرو آن افزایش خاکستر لاشبرگ در جهت شمالی دامنه باشد که تا حدود زیادی منطبق بر نتایج شکل ۲ پژوهش پیش‌رو است.

اگر به‌صورت مجزا ذخیره کربن رویشگاه‌های مختلف بررسی شود، برخلاف انتظار، مقدار ذخیره کربن درختان در رویشگاه وزگ (قرق) کمترین مقدار است (شکل ۳). اینکه رویشگاه قرق از نظر ذخیره کربن خاک و لاشبرگ بیشترین مقدار را به خود تخصیص داده و از نظر ذخیره پوشش گیاهی دارای کمترین مقدار است، با مستندات علمی در تناقض است. به نظر می‌رسد روند تخریب جنگل که در طی دهه‌های اخیر رخ داده و در عرصه تحت بررسی نیز به‌وضوح قابل مشاهده بود (فراوانی بسیار زیاد درختان شاخه‌زاد نسبت به تک‌پایه)، تأثیر بسزایی در ترکیب، تراکم و همچنین ذخیره کربن پوشش گیاهی داشته است (جدول ۳). پس به احتمال زیاد تأثیر قرق در درازمدت، موجب ثبات یا کاهش خیلی جزئی ذخیره کربن خاک در این رویشگاه شده است، اما اگر شرایط به همین منوال پیش رود، در آینده‌ای نزدیک ذخیره کربن خاک این رویشگاه‌ها نیز روند کاهشی خواهد گرفت. در پژوهشی بیان شده است که علت اصلی اختلاف در نتایج مقدار ذخیره کربن، عوامل اقلیمی، وضعیت توپوگرافی، ویژگی‌های خاک،

درختان)، بیشترین ذخیره کربن خاک در منطقه قرق به‌دست آمد که با نتایج (Yari & Rostami 2019) در رویشگاه جنگلی حفاظت‌شده تنگ دالاب ایلام مطابقت دارد. در پژوهش اشاره‌شده، مقادیر ترسیب کربن در خاک منطقه جنگلی قرق شده با ۶۰ تن در هکتار بیشتر از خاک منطقه غیرقرق و تحت چرا با مقدار ۴۱ تن در هکتار بود. نتایج پژوهش پیش‌رو با یافته‌های (Wang et al., 2014) نیز مطابقت دارد. نتایج تحقیق آنها در منطقه یوژانگ ایالت گانسو نشان داد که اعمال شرایط حفاظتی (قرق)، سبب افزایش محتوای کربن درختان و خاک خواهد شد. مقدار ترسیب کربن خاک در طرح جنگلداری دلدره در منطقه گل‌بند شمال کشور ۲۸۳ تن در هکتار برآورد شده است که از نظر ذخیره کربن (تن در هکتار) با نتایج پژوهش پیش‌رو مغایرت دارد. البته عمق نمونه‌برداری در تحقیق آنها ۱۰۰ سانتی‌متر بود، هرچند که حد نمونه‌برداری مناسب را برای سنجش ترسیب کربن ۵۰ سانتی‌متر معرفی کردند. آنها عامل تنوع در ترکیب و آمیختگی گونه‌ها را موجب فعال بودن بوم‌سازگان و در نتیجه ترسیب کربن بیشتر در خاک ذکر کردند (Mahmoudi Taleghani et al., 2008). تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که مقدار کربن آلی خاک در پوشش‌های درختی تراکم زیاد است که این موضوع نشان‌دهنده پتانسیل زیاد ذخیره کربن توسط آنهاست (Rostami et al., 2019). تحقیق (Pato et al. 2017) نیز نشان داد که تعداد در هکتار، آمیختگی و تیپ جنگل، رابطه مستقیمی با زی‌توده جنگل دارد و به افزایش ذخیره کربن خاک کمک می‌کند.

متغیر دیگری که ذخیره کربن اکوسیستم به آن وابسته است، لاشریزه موجود در پوشش کف جنگل است. مقدار ذخیره کربن لاشبرگ در منطقه قرق ۰/۹۱۱ تن در هکتار، در رویشگاه توت‌نده ۰/۸۳۱، در رویشگاه پریکدون (دامنه شمالی) ۰/۷۵۳ و در رویشگاه سرآب‌تاهو (دامنه جنوبی) ۰/۴۲۶ برآورد شد. در

در نظر گرفتن دیگر خدمات جنگل‌ها. در ارزش‌گذاری اقتصادی مهم‌ترین خدمات اکوسیستمی جنگل‌های حوضه آبخیز میشخاص شهرستان ایلام مشخص شد که مجموع ارزش اقتصادی سالانه محصول‌های غیرچوبی جنگل‌های منطقه یعنی ارزش کارکرد تولید آنها، ۳۸۵۰۸ میلیون ریال و ارزش اقتصادی سالانه برای هر هکتار ۹/۳۷ میلیون ریال است (Jafarzadeh et al., 2020). نتایج پژوهش‌های مبتنی بر ارزش‌گذاری نشان داد که خدمات و کارکردهای محیط زیستی جنگل از جمله ذخیره کربن رایگان نیستند و در بسیاری از موارد، ارزش ریالی خیلی بیشتری از ارزش‌های بازاری و تبادل‌پذیر در بازار دارند و مدیران و متولیان عرصه‌های منابع طبیعی استان و کشور باید به این موضوع توجه کنند.

ترکیب جامعه گیاهی و اعمال مدیریت‌های مختلف است (Schuman et al., 2002) که به‌وضوح در پژوهش پیش‌رو نتایج مدیریت غیراصولی در رویشگاه قرق مشاهده شد.

میانگین ارزش اقتصادی ترسیب کربن در هر هکتار از رویشگاه‌های جنگلی بررسی شده براساس هر تن ذخیره کربن ۴۷/۲ دلار و ارزش هر دلار ۲۵ هزار تومان (۱۳۹۹/۱۲/۱۸)، حدود ۱۸۸ میلیون تومان برآورد شد (جدول ۶). اگر این مقدار در سطح ۸۷۰ هزار هکتاری جنگل‌های استان ضرب شود، عدد به‌دست‌آمده ۱۶۳ هزار و ۵۶۰ میلیارد تومان خواهد بود. این اطلاعات، ارزش محیط زیستی جنگل‌های استان را بیش از پیش برای مدیران و برنامه‌ریزان عرصه منابع طبیعی آشکار می‌سازد، آن‌هم فقط در زمینه ذخیره کربن در اکوسیستم‌های جنگلی و بدون

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. stands in Balout Boland, Dehdez. *Iranian Journal of Forest*, 8(2), 129-139.
- Askari, A., Soltani, A., Akhavan, R., & Tahmasebi Kohyani, P. (2016). Comparison between above and belowground biomass and carbon stocks of *Quercus brantii* in central and south zagrosian forests. *IIOAB Journal*, 7(4), 30-37.
- Askari, A., Soltani, A., Akhavan, R., & Tahmasebi Kohyani, P. (2017). Assessment of root-shoot ratio biomass and carbon storage of *Quercus brantii* Lindl. in the central Zagros forests of Iran. *Journal of forest science*, 63(6), 282-289.
- Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R., & Spurr, S.H. (1997). *Forest ecology*, 4th Edition. John Wiley and Sons, 774p.
- Boerner, R.E.J. (1984). Nutrient fluxes in litterfall and decomposition in four forests along a gradient of soil fertility in southern Ohio. *Canadian Journal of Forest Research*, 14, 794-802.
- 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.
- Chen, Y., Yu Qiang, L.I., Awada, T., Han, J., & Qing, Y. (2012). Carbon sequestration in the total and ligh fraction soil organic matter along a chronosequence in grazing exclosures in a semiarid degraded sandy site in China. *Journal of Arid Land*, 4(4), 411-419.
- Cole, T.G., & Ewel, J.J. (2006). Allometric equations for four valuable tropical tree species. *Forest Ecology and Management*, 229, 351-360.
- Eskandari Shahraki, A., Kiani, B., & Iranmanesh, Y. (2016). Effects of different landuse types on soil organic carbon storage. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(3), 379-389.

- Frank, E.D. (2010). *Crown Volume Estimate*. Eastern Native Tree Society, 29p.
- Ghanbari Motlagh, M., Babaie Kafaky, S., Mataji, A., & Akhavan, R. (2020). Estimation of Forest Above Ground Biomass in Hyrcanian Forests Using Satellite Imagery. *Journal of Environmental Sciences and Technology*, 22(5), 1-13.
- Gao, Y.H., Luo, P., Wu, N., Chen, H., & 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.
- Giweta, M. (2020). Role of litter production and its decomposition, and factors affecting the processes in a tropical forest ecosystem: a review. *Journal of Ecology and Environment*, 44(11), 1-9.
- Hernandez, R., Koochafkan, P., & Antoine, J. (2004). Assessing carbon stocks and modeling win-win, scenarios of carbon sequestration through land-use change. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 166p.
- Hunt, G., & Colin, A. (2009). *Carbon sinks and climate change*, Cheltenham, UK. Edward Elgar press, Northampton, USA. 188p.
- Huntington, T.G. (2003). Available Water Capacity and Soil Organic Matter. *Encyclopedia of Soil Science*, Second Edition. Taylor and Francis, New York, 139-143.
- Husch, B., Beers, T.W., & Kershaw, J.A. (2003). *Forest mensuration*. 4th Edition, John Wiley and Sons Inc, 443p.
- IPCC. (2005). *Carbon Dioxide Capture and Storage*. B. Metz, O. Davidson, H. de Coninck, M. Loos & L. Meyer, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 431 p.
- Iranmanesh, Y., Sagheb Talebi, Kh., Sohrabi, H., Jalali, S.Gh., & Hosseini, S.M. (2014). Biomass and carbon Stocks of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) in two vegetation forms in Lordegan, Chaharmahal & Bakhtiari Forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(4), 749-762.
- Jafarzadeh, A.A., Mahdavi, A., Fallah Shamsi, S.R., & Yousefpour, R. (2020). Economic evaluation of some of the most important ecosystem services in Zagros Forests. *Environmental Science*, 18(1), 137-150.
- Jafari Haghghi, M. (2004). *Methods of soil analysis sampling and important physical & chemical analysis with emphasis on theoretical and practical principles*. Nedaye Zoha Press, 240p.
- Jobbagy, E.G., & Jackson, R.B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*. 10(2), 14p.
- Kirby, K.R., & 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(2-3), 208-221.
- Li, X.Y., & Tang, H.P. (2006). Carbon sequestration: manners suitable for carbon trade in China and function of terrestrial vegetation. *Plant Ecology*, 32, 200-209.
- MacDicken, K.G. (1997). *A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agro forestry Projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program. 91.
- Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, GH., Adeli, E., & Sagheb-Talebi, Kh. (2008). Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(3), 241-252.
- McNulty, S., Treasure, E., Jennings, L., Merriwether, D., Harris, D., & Arndt, P. (2018). Translating national level forest service goals to local level land management: Carbon sequestration. *Climate Change*, 146, 133-144.
- Naghypour Borj, A.A., Dianati Tilaki, Gh.A., Tavakoli, H., & Haidarian Aghakhani, M. (2009). Grazing intensity impact on soil carbon sequestration and plant biomass in semi-arid rangelands (Case study: Sisab rangelands of Bojnord). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 16(3), 375-385.

- Palosuo, T., Liski, J., Trofymow, J.A., & Titus, B.D. (2005). Litter decomposition affected by climate and litter quality - testing the Yasso model with litterbag data from the Canadian intersite decomposition experiment. *Ecological Modelling*, 189, 183-198.
- Pato, M., Salehi, A., Zahedi Amiri, Q., & Banj Shafiei, A. (2017). The economic value of carbon storage functions in different land uses of northern Zagros forests. *Journal of Forest Research and Development*, 2(4), 367-377.
- Pato, M., Salehi, A., Zahedi Amiri, Q., & Banj Shafiei, A. (2017). Estimating the amount of carbon storage in biomass of different land uses in Northern Zagros Forest. *Iranian Journal of Forest*, 9(2), 159-170.
- Picard, N., Henry, M., Trotta, C., & Saint-andre, L. (2012). Using Bayesian Model Averaging to Predict Tree Aboveground Biomass in Tropical Moist Forests. *Forest Science*, 58, 15-23.
- Pedersen, L.B., & Bille-Hansen, J. (1999). A comparison of litterfall and element fluxes in even aged Norway spruce, Sitka spruce and beech stands in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 114(1), 55-70.
- Raheb, A., Heidari, A., & Mahmoodi, S. (2017). Organic and inorganic carbon changes in size fractions of soils developed in an Arid-Semihumid Climosequence. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 48(1), 125-135.
- Rostami, Z., Ghasemi Aghbash, F., & Pazhouhan, I. (2019). Assessment of carbon sequestration rate in biomass and soil of Iranian oak stands under charcoal production (Case study: Bastam area of Al-shater city). *M.Sc. thesis of Forestry, Malayer University*, 100p.
- Schlesinger, W.H. (1977). Carbon balance in terrestrial detritus. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8, 51-81.
- Schuman, G.E., Janzen, H., & Herrick, J.E. (2002). Limited carbon Information and Potential Carbon Sequestration by Rangelands. *Environmental Pollution*, 116, 391-396.
- Sohrabi, H., & Shirvani, A. (2012). Allometric equations for estimating standing biomass of Atlantic Pistache (*Pistacia atlantica* var. *mutica*) in Khojir National Park. *Iranian Journal of Forest*, 4(1), 55-64.
- Varamesh, S., Hosseini, S.M., Abdi, N., & Akbarinia, M. (2010). Increment of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil. *Iranian Journal of Forest*, 2(1), 25-35.
- Xue, D., & Tisdell, C. (2001). Valuing ecological functions of biodiversity in Changbasha mountain biosphere reserve in Northeast china, *Biodiversity and conservation*, 10, 467-481
- Wang, D., Lin Wu, G., Jun Zhu, Y., & Hua Shi, Z. (2014). Grazing exclusion effects on above and below ground C and N pools of typical grassland on the Loess Plateau (China). *Catena*, 123, 113-120.
- Yari, S., & Rostami, A. (2019). Effect of protection on carbon sequestration and some edaphic properties of soil in Tang Dalab Forests in Ilam. *Journal of Environmental Sciences and Technology*, 21(4), 189-202.
- Yazdani, S., & Abbasi, A. (2010). Estimating Economic and Environmental Values of Forests: A Case Study of Kheirood Forest in Novshahr. *Journal of Agricultural Economics Research*, 2(7), 33-54.
- Yousefi, M., Khoramivafa, M., Mahdavi Damghani, A., Mohammadi, G., & Beheshti Alagha, A. (2017). Assessment of carbon sequestration and its economic value in Iranian Oak Forests: Case study Bisetoon protected area. *Environmental Sciences*, 15(3), 123-134.
- Zianis, D., & Mencuccini, M. (2004). On simplifying allometric analyses of forest biomass. *Forest Ecology and Management*, 187(2/3), 311-320.



Research Article

The economic value and comparison of carbon storage in different forest areas in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province

Y. Askarii^{1*}, Y. Iranmanesh², and M. Pourhashemi³

¹ Assistant Prof., Research Division of Forest, Rangeland and Watershed, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, I. R. Iran

² Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, I. R. Iran

³ Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran

(Received: 8 March 2021, Accepted: 18 May 2021)

Abstract

Forests as one of the important ecosystems plays a noticeable role in reducing the carbon dioxide by the annual atmospheric carbon sequestration into the biomass of woody plants and soil. The three determining factors for estimating the carbon storage in a forest ecosystem are soil, vegetation, and litters. This study was carried out to investigate the carbon storage and its sequestration in four 1 ha square sample plots in forests of Boyer-Ahmad and Dena counties, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province. Relevant allometric equations were used to estimate the biomass and carbon storage of the tree species in two vegetative form of coppice and high forests. For the measurement of soil carbon storage, five soil samples were taken from depths of 0- 30 cm, and percentage of organic matter and bulk density were measured in the laboratory. Analysis of variance showed that the total carbon storage in the trees, soil and litter had no significant difference amongst different sites, but the total carbon storage among the trees showed a significant difference (Parikadon site with 31 and Vezg site with 17 tons/ha, respectively). According to the results, the enclosed area (Vezg) had the highest carbon storage and the Sarabtaveh (northern aspect) had the lowest carbon storage. The average carbon storage of the studied areas was more than 159 tons/ha. The average of carbon storage in litters was about 730 kg/ha and the mean economic value of total carbon storage per ha was estimated 188 million Tomans.

Keywords: Allometric equations, Biomass, Growth form, Litter, Soil, Vegetative form