

برآورد مقدار ذخیره کربن در زی توده کاربری‌های جنگل‌های زاگرس شمالی

مجید پاتو^{۱*}، علی صالحی^۲، قوام‌الدین زاهدی امیری^۳ و عباس بانج شفیعی^۴

^۱ دانشجوی دکتری علوم جنگل گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا

^۲ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا

^۳ استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

^۴ استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۲۶)

چکیده

اکوسیستم‌های وسیع نظیر جنگل‌ها با حجم زیادی از زی توده، تأثیر مهمی در ترسیب کربن و کاهش انتشار CO₂ دارند. پژوهش حاضر با هدف برآورد مقادیر وزنی ذخیره کربن در چهار کاربری (بکر، حفاظتی، بهره‌برداری و باغی) در جنگل‌های زاگرس شمالی، در استان آذربایجان غربی انجام گرفت. در هر کاربری در داخل واحدهای همسان، ۳۰ قطعه نمونه برای اندازه‌گیری‌ها و نمونه‌برداری‌های مورد نظر مشخص شد و در داخل قطعات نمونه برخی از مشخصات کمی درخت مانند قطر برابر سینه تمامی درختان قطعه نمونه از طبقه قطری ۱۰ سانتی‌متر و بالاتر اندازه‌گیری شد. ارتفاع کل (H) قطورترین درخت قطعه نمونه و نزدیک‌ترین درخت به مرکز قطعه نمونه و دو قطر عمود بر هم تاج نزدیک‌ترین و قطورترین درخت در هر قطعه نمونه اندازه‌گیری شد و نمونه‌برداری لاشبرگ براساس روش نمونه‌برداری مستقیم در قطعه نمونه‌هایی به ابعاد ۰/۵×۰/۵ متر در چهار گوشه و مرکز قطعه نمونه اصلی انجام گرفت. نتایج آزمایش‌ها و داده‌های میدانی نشان داد مقدار زی توده کل به ترتیب در کاربری‌های بکر، حفاظتی، بهره‌برداری و باغی ۴۵۰/۱۲، ۵۴/۹۵، ۱۲/۸۵ و ۵/۳۸ تن در هکتار است و مقدار کربن ذخیره‌شده در کاربری بکر ۲۵۸/۱۵ تن در هکتار، در کاربری حفاظتی ۳۵/۵۲ تن در هکتار، در کاربری بهره‌برداری ۹/۴۹ تن در هکتار و در کاربری باغی ۳/۴۸ تن در هکتار است. همچنین نتایج آزمون دانکن نشان داد که مقدار زی توده و ذخیره کربن کاربری‌های مورد بررسی از اختلاف آماری معنی‌داری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن، جنگل‌های زاگرس شمالی، زیست‌توده، کاربری زمین.

مقدمه

تأثیرات گازهای گلخانه‌ای از جدی‌ترین مسائل محیط زیستی کنونی دنیا به‌شمار می‌رود. افزایش گازهای گلخانه‌ای و به‌خصوص افزایش دی‌اکسید کربن اتمسفر یکی از دلایل افزایش دمای کره زمین است. به همین دلیل ترسیب کربن در اکوسیستم‌های جنگلی اهمیت زیادی دارد (Li and Tang, 2006; Han et al., 2005). زی توده درختان جنگلی از بخش‌های ضروری بسیاری از تحقیقات مربوط به علوم جنگل است. زی توده شاخصی مهم در توده‌های جنگلی است؛ که به علت مشخص شدن تأثیر و توانایی درختان در ذخیره کربن، تحقیقات در این زمینه افزایش یافته است (Cienciala et al., 2008). نتایج برخی از تحقیقات در زمینه مقدار ذخیره کربن در

تأثیرات گازهای گلخانه‌ای از جدی‌ترین مسائل محیط زیستی کنونی دنیا به‌شمار می‌رود. افزایش گازهای گلخانه‌ای و به‌خصوص افزایش دی‌اکسید کربن اتمسفر یکی از دلایل افزایش دمای کره زمین است. به همین دلیل ترسیب کربن در اکوسیستم‌های جنگلی اهمیت زیادی دارد (Li and Tang, 2006; Han et al., 2005). زی توده درختان جنگلی از بخش‌های ضروری بسیاری از تحقیقات مربوط به علوم جنگل است. زی توده شاخصی مهم در توده‌های جنگلی است؛ که به علت مشخص شدن تأثیر و توانایی درختان در ذخیره کربن، تحقیقات در این زمینه افزایش یافته است (Cienciala et al., 2008). نتایج برخی از تحقیقات در زمینه مقدار ذخیره کربن در

سبب افزایش ذخیره کربن در حدود ۴۸۲/۵ و ۱۴۰ تن در هکتار شدند. (KabiriKoupai et al. (2010) در تحقیقی در جنگل خیرود، جنگل راش خالص با آمیخته را از نظر ترسیب کربن بخش چوبی در اندام‌های هوایی با استفاده از معادلات آلومتری بررسی کرد و نتیجه گرفت که اختلاف معنی‌داری از نظر متغیرهای زی توده سرپا و کربن اندوخته‌شده در این دو توده وجود ندارد. در این بررسی موجودی کربن بخش چوبی اندام‌های هوایی در توده خالص ۱۶۱/۲ تن در هکتار و در توده آمیخته ۱۶۷/۸ تن در هکتار برآورد شد. (Mahmoodi et al. (2008) به منظور بررسی تأثیر آمیختگی گونه‌ها و تیپ جنگل در مقدار ترسیب کربن خاک در حوضه ۴۵ جنگل‌های شمال کشور، مقدار کربن ترسیب‌شده در افق معدنی خاک با روش احتراق در کوره را در طرح جنگلداری دلدره ۲۸۳/۸ تن به دست آوردند و نشان دادند که حجم در هکتار، آمیختگی و تیپ جنگل رابطه مستقیمی با زی توده جنگل دارد و به افزایش ذخیره کربن خاک کمک می‌کند. جنگل‌های زاگرس با مدیریت درست، تأثیر اساسی در ذخیره کربن و به تبع آن در تعدیل تغییرات اقلیمی خواهند داشت. براساس بررسی‌های انجام‌گرفته، جنگل‌های زاگرس شمالی از مناطق منحصربه‌فرد و تأثیرگذار در اکوسیستم جنگلی زاگرس هستند که تاکنون تحقیق جامعی در زمینه تأثیر این جنگل‌ها در مقدار ذخیره کربن صورت نگرفته است. این تحقیق به منظور ارزیابی ذخیره کربن در چهار کاربری جنگلی در جنگل‌های زاگرس شمالی با هدف تعیین مقدار ذخیره کربن در حجم سرپا، پوشش لاشبرگی و اندام‌های زیرزمینی (ریشه) در جنگل‌های شهر میرآباد از توابع شهرستان سردشت استان آذربایجان غربی انجام گرفت. با اجرای این تحقیق می‌توان در وهله نخست تفاوت مدیریت‌های مختلف اراضی را در زمینه ذخیره کربن اعلام کرد و در نهایت با توجه به نگرش جهانی به ارزش‌های متعدد ذخیره کربن در دنیا، می‌توان به اهمیت جنبه

زی توده به شرح زیر است. (Andrew (2010) مقدار زی توده و کربن ذخیره‌شده در جنگل پهن‌برگ و سوزنی‌برگ Clatsop آمریکا را به ترتیب ۲۸/۱۱ و ۱۳۶/۷ تن در هکتار برآورد کرد. این مقدار کربن از اندازه‌گیری کربن موجود در برگ، سرشاخه، تنه و ریشه درختان به دست آمد. همچنین ذخیره کربن در زی توده گیاهان در جنگل‌های مدیریت‌شده، جنگل‌هایی با مدیریت سنتی و مراتع به ترتیب ۳۳۵، ۱۴۵ و ۴۶ تن در هکتار است (Kirby, 2007). در تحقیقی (Schuman et al. (2002) بیان شد که علت اصلی اختلاف در نتایج مقدار ذخیره کربن را می‌توان عوامل اقلیمی، وضعیت توپوگرافی، ویژگی‌های خاک، ترکیب جامعه گیاهی و اعمال مدیریت‌های مختلف دانست. (Panahi et al. (2011) با استفاده از معادلات آلومتری، در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران زی توده برگ گونه برودار، مازودار و ویول به ترتیب ۱۵۲/۳، ۲۱۶/۳، ۲۸۲/۱ کیلوگرم در هکتار و متوسط اندوخته کربن سه گونه یادشده نیز به ترتیب ۱۴۰/۲، ۱۷۰/۳، ۷۵/۶ کیلوگرم برآورد کردند. (Gadami, et al. (2011) در بررسی تأثیر جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط، متوسط زی توده برگ درختان در جنگل شاخه‌زاد بلوط (*Q. macranthera*) اندبیل خلخال در درصدهای مختلف تاج‌پوشش کمتر از ۵ درصد، بین ۵ تا ۲۵ درصد و بین ۲۵ تا ۵۰ درصد را به ترتیب ۱۳۲، ۷۰۲ و ۹۹۴ کیلوگرم در هکتار برآورد کردند. (Aria pak et al. (2012) در پژوهشی مقدار کربن ذخیره‌شده را با استفاده از روش (Subedi et al. (2010) برای زی توده هوایی و زیر زمینی و همچنین احتراق در کوره در دو پارک جنگلی طالقانی و چیتگر برای گونه کاج تهران (*Pinus eldarica*) به ترتیب ۲۵/۵۱ و ۲۰ تن در هکتار برای پارک‌های جنگلی طالقانی و چیتگر برآورد کردند. (Varamesh et al. (2011) در تحقیقی با عنوان برآورد نیروی جنگل شهری در ذخیره کربن اتمسفری به این نتیجه رسیدند که هر یک از توده‌های افاقیا و زبان گنجشک

زیست‌محیطی این جنگل‌ها بیش از پیش پی برد.

(د) عرصه تغییر کاربری داده‌شده برای فعالیت‌های باغی به مساحت ۳۸۹/۲۹ هکتار (کاربری باغی)

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

محدوده تحقیق در شرق رودخانه زاب کوچک شهر میرآباد از توابع شهرستان سردشت در استان آذربایجان غربی در محدوده طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی قرار دارد و مساحت آن ۲۷۳۰/۹۵ هکتار است (شکل ۱). نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه، ایستگاه هواشناسی سردشت است که از نوع سینوپتیک بوده و به علت نزدیکی به منطقه از آمار هواشناسی این ایستگاه برای تجزیه و تحلیل اقلیمی منطقه استفاده شده است. این ایستگاه در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۸ دقیقه واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۵۷ متر است. بر این اساس، متوسط بارندگی سالیانه ثبت‌شده در این ایستگاه ۹۶۵/۱ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه آن ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد است. براساس اهداف تحقیق پس از پیمایش منطقه و استفاده از اطلاعات موجود، چهار کاربری متفاوت از زمین به شرح زیر شناسایی و انتخاب شد:

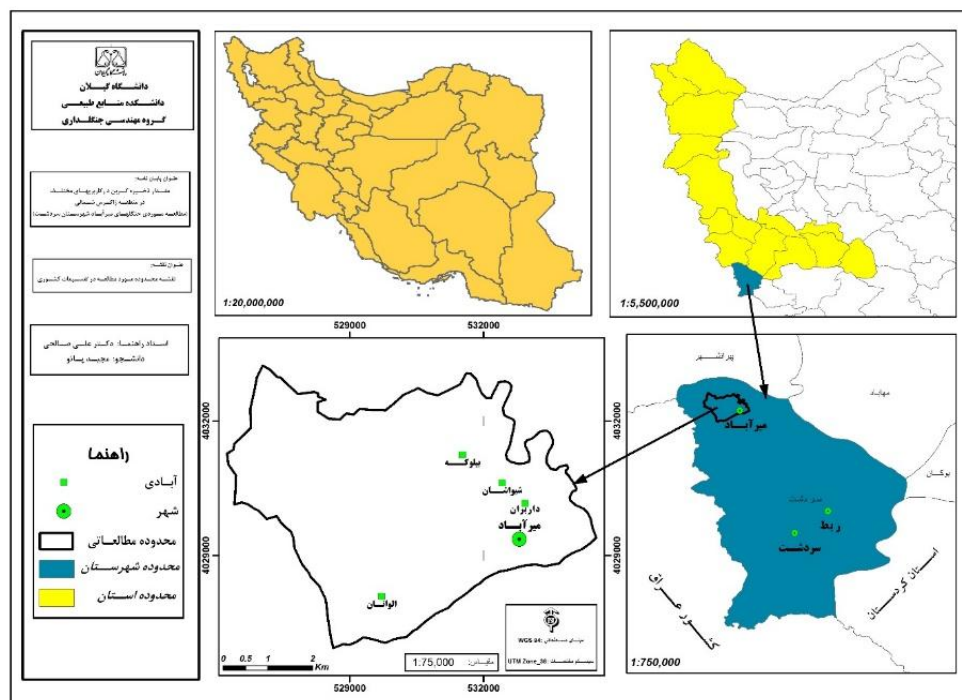
(الف) عرصه جنگلی کمتر دست‌خورده، به مساحت ۶/۴۱ هکتار (کاربری بکر)؛

(ب) منطقه بهره‌برداری رایج (گلازنی، چوب سوخت و چرای دام) به مساحت ۲۰۱۹/۵۷ هکتار (کاربری بهره‌برداری)؛

(ج) منطقه حفاظتی (عرصه کوهستانی و پرشیب) به مساحت ۳۱۵/۶۸ هکتار (کاربری حفاظتی)؛

شیوه اجرای پژوهش

ابتدا در هر چهار کاربری، نقشه واحدهای شکل زمین تهیه شد و سپس در داخل واحدهای همسان ۳۰ قطعه نمونه با ابعاد ۲۵×۲۵ متر به روش تصادفی، برای اندازه‌گیری‌ها و نمونه‌برداری‌های مورد نظر مشخص شد و در داخل قطعات نمونه برخی از مشخصات کمی درخت مانند قطر برابر سینه تمامی درختان قطعه نمونه از طبقه قطری ۱۰ سانتی‌متر (فاصله طبقات ۵ سانتی‌متر) و بالاتر اندازه‌گیری شد. ارتفاع کل (H) قطورترین درخت قطعه نمونه و نزدیک‌ترین درخت به مرکز قطعه نمونه و دو قطر عمود بر هم تاج (L و W) نزدیک‌ترین و قطورترین درخت در هر قطعه نمونه اندازه‌گیری شد، و نمونه‌برداری لاشبرگ در اسفند ماه و قبل از شروع فصل رویش براساس روش نمونه‌برداری مستقیم در قطعه نمونه‌هایی به ابعاد ۰/۵×۰/۵ متر در چهار گوشه و مرکز قطعه نمونه اصلی انجام گرفت (Hernandez et al., 2004). به منظور جلوگیری از قطع درخت، برای محاسبه وزن مخصوص چوب گونه‌های درختی، ابتدا قطعات مکعب‌شکل به ابعاد تقریبی ۲×۲×۲ سانتی‌متر از گونه‌های درختی موجود در محدوده تحقیق تهیه شد و سپس این قطعات در کوره الکتریکی در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت تا رطوبت آن به صفر برسد. نمونه‌ها پس از خارج کردن از کوره، در دسیکاتور حاوی مواد جاذب رطوبت قرار داده شد تا سرد شوند.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

(Kirby, 2007).

$$A. \text{ Biomass} = V \times WD \times 1000 \quad \text{رابطه ۳}$$

در رابطه ۳، A. Biomass بیومس روی زمینی به کیلوگرم، WD چگالی چوب خشک به گرم به سانتی متر مکعب، و V حجم تنه به متر مکعب است (Peichl, 2006).

برای تعیین کربن لاشبرگ و درصد رطوبت مقداری از نمونه های لاشبرگ در آون و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا خشک شوند و درصد رطوبت محاسبه شد. سپس با استفاده از روش احتراق کوره الکتریکی در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. با تعیین وزن خاکستر و با در دست داشتن وزن اولیه و نسبت کربن آلی به مواد آلی بر اساس رابطه ۴، مقدار کربن آلی لاشبرگ محاسبه شد (McDicken, 1997; Hernandez et al., 2004).

دیسک های نمونه ها پس از آغشته شدن به پارافین در درون ظرف بشر مدرج حاوی آب فرو برده شدند و حجم قطعه نمونه چوب به دست آمد (رابطه ۱)؛ سپس با استفاده از رابطه ۲، چگالی قطعه چوب نمونه محاسبه شد.

$$V = g \times h \times f \quad \text{رابطه ۱}$$

V حجم برحسب متر مکعب، g سطح مقطع برحسب متر مربع، h ارتفاع برحسب متر و f ضریب شکل مقدار آن ۰/۵۴ است.

$$WD = M / V \quad \text{رابطه ۲}$$

M وزن دیسک تهیه شده برحسب گرم، V حجم برحسب سانتی متر مکعب و WD چگالی چوب برحسب گرم بر سانتی متر مکعب است.

به منظور انجام محاسبات زی توده روی زمینی (Above Biomass) از رابطه ۳ استفاده شد

موجود در کاربری بهره‌برداری شده و با استفاده از رابطه ۲، حجم کاربری بهره‌برداری در هکتار محاسبه شد.

مقدار وزن جست‌گروه‌ها در کاربری بهره‌برداری با استفاده از رابطه ۸ محاسبه شد (Mahmoud et al., 1996).

رابطه ۸

$$W = -0.6740322 + 0.0001473996 \times (D_1 + D_2) / 2 \times H_1 + 0.000000587094 \times (D_1 + D_2) / 2 \times H_2^2$$

W وزن جست‌گروه برحسب کیلوگرم، D_1 قطر تاج جست‌گروه در جهت شمال و جنوب برحسب متر، H_1 ارتفاع غالب جست‌گروه برحسب متر و H_2 ارتفاع حداکثر جست‌گروه برحسب متر است.

روش تحلیل

در ابتدا داده‌های به‌دست‌آمده در نرم‌افزار اکسل به‌عنوان بانک اطلاعاتی ذخیره شد. سپس به‌منظور تجزیه و تحلیل و مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس آنها با آزمون لون بررسی شد. برای مقایسه زی‌توده و محتوای کربن در کاربری‌های مختلف از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) و برای مقایسه چندگانه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت.

نتایج

وزن تر لاشبرگ بلافاصله پس از جمع‌آوری با ترازوی دیجیتال تا دقت صدم گرم محاسبه شد. سپس با خشک کردن قسمتی از لاشبرگ در دمای ۱۰۵ درجه در آون، درصد رطوبت به‌دست آمد و آن‌گاه وزن خشک محاسبه شد.

$$\text{رابطه ۴} \quad C_{LHG} = 0.5 \times OM$$

$$C_{LHG} = \text{کربن آلی لاشبرگ}$$

$$OM = \text{ماده آلی لاشبرگ}$$

در این تحقیق نیز به‌علت هزینه زیاد نمونه‌گیری در ریشه‌ها و مخرب بودن این نوع نمونه‌گیری، زی‌توده ریشه با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد (Hernandez et al., 2004).

$$\text{رابطه ۵} \quad \text{Belowground biomass} = 0.30 \times \text{Aboveground biomass}$$

مجموع زی‌توده روی زمین و زیر زمین، کل زی‌توده گیاه محسوب می‌شود که برای هر قطعه نمونه اندازه‌گیری شده و به‌صورت تن در هکتار عنوان شد. به این صورت که کل زی‌توده برای هر درخت شامل زی‌توده روی زمینی (مجموع زی‌توده تنه و تاج درخت) و زی‌توده زیر زمینی (زی‌توده ریشه‌های درخت) از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{رابطه ۶} \quad B_{\text{total}} = B_{\text{AGB}} + B_{\text{BGB}}$$

تعیین موجودی کربن در زی‌توده شامل حاصل‌ضرب کل زی‌توده در ضریبی است که نشان‌دهنده محتوای متوسط کربن در زی‌توده است. این ضریب تبدیل به‌طور معمول ۰/۵۵ است به اضافه مقدار کربن آلی لاشبرگ که توسط (Hernandez et al., 2004) ارائه شده است:

رابطه ۷

$$C_{\text{total}} = 0.55 \times \text{Biomass}_{\text{(total)}} + C_{LHG}$$

با توجه به اینکه گونه‌های درختی در کاربری بهره‌برداری بیشتر شاخه‌زاد بودند، با استفاده از روش نمونه‌برداری شاخه تصادفی با توجه به وزن جست‌گروه‌ها و چگالی نمونه‌ای چوب مکعب‌شکل به ابعاد تقریبی ۲×۲×۲ سانتی‌متر از گونه‌های درختی

جدول ۱- نتایج آزمون دانکن برای مقدار وزن لاشبرگ (تن/هکتار) کاربری های مختلف

کاربری	تعداد	سطح اطمینان ۵ درصد		
		۱	۲	۳
باغی	۲۸	۳/۴۷		
بهره برداری	۲۹	۶/۰۹		
حفاظتی	۳۰		۲۳/۷۰	
بکر	۲۹			۲۹/۹۳
سطح معنی داری		۰/۰۸۹	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

مطابق نتایج جدول ۱، وزن خشک لاشبرگ در کاربری بکر و باغی به ترتیب بیشترین و کمترین است و وزن لاشبرگ کاربری های مورد بررسی برحسب (تن/هکتار) اختلاف معنی داری دارند.

جدول ۲- نتایج آزمون دانکن برای مقدار کربن لاشبرگ (تن/هکتار) کاربری های مختلف

کاربری	تعداد	سطح اطمینان ۵ درصد			
		۱	۲	۳	۴
باغی	۲۸	۰/۶۳			
بهره برداری	۳۰		۲/۲۳		
حفاظتی	۲۸			۵/۲۸	
بکر	۲۹				۱۰/۳۸
سطح معنی داری		۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

مطابق نتایج جدول ۲، مقدار کربن لاشبرگ در کاربری بکر و باغی به ترتیب بیشترین و کمترین است و وزن لاشبرگ کاربری های مورد بررسی برحسب (تن/هکتار) از لحاظ آماری اختلاف معنی داری دارند.

جدول ۳- نتایج آزمون دانکن مقدار زی توده رویه زمینی (تن/هکتار) کاربری ها

کاربری	تعداد	سطح اطمینان ۵ درصد		
		۱	۲	۳
باغی	۲۸	۴/۱۳		
بهره برداری	۳۰	۹/۸۸		
حفاظتی	۲۸		۴۲/۲۷	
بکر	۲۹			۲۴۶/۲۵
سطح معنی داری		۰/۰۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰

مطابق نتایج جدول ۳، مقدار زی توده در کاربری بکر و باغی به ترتیب بیشترین و کمترین است و مقدار زی توده کاربری های مورد بررسی برحسب (تن/هکتار) از لحاظ آماری اختلاف معنی داری دارند و

در کاربری باغی و بهره‌برداری تفاوت مقدار زی‌توده مطابق نتایج آزمون دانکن معنی‌دار نیست.

جدول ۴- نتایج آزمون دانکن برای مقدار زی‌توده زیر زمینی (تن/هکتار) کاربری‌ها

کاربری	تعداد	سطح اطمینان ۵ درصد		
		۱	۲	۳
باغی	۲۸	۱/۲۳		
بهره‌برداری	۳۰	۲/۹۶		
حفاظتی	۲۸		۱۲/۶۸	
بکر	۲۹			۱۰۳/۸۷
سطح معنی‌داری		۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

معنی‌داری دارند و در کاربری باغی و بهره‌برداری تفاوت مقدار زی‌توده زیر زمینی مطابق نتایج آزمون دانکن معنی‌دار نیست.

مطابق جدول ۴، مقدار زی‌توده زیر زمینی در کاربری بکر و باغی به ترتیب بیشترین و کمترین است و مقدار زی‌توده زیر زمینی کاربری‌های مورد بررسی برحسب (تن/هکتار) از لحاظ آماری اختلاف

جدول ۵- نتایج آزمون دانکن برای مقدار زی‌توده کل (تن/هکتار) کاربری‌ها

کاربری	تعداد	سطح اطمینان ۵ درصد		
		۱	۲	۳
باغی	۲۸	۵/۳۸		
بهره‌برداری	۳۰	۱۲/۸۵		
حفاظتی	۲۸		۵۴/۹۵	
بکر	۲۹			۴۵۰/۱۲
سطح معنی‌داری		۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

محتوای کربن در هکتار با استفاده از رابطه ۷ محاسبه شد که مطابق جدول ۶، مقدار آن در کاربری بکر بیشترین و در کاربری باغی کمترین است. براساس نتایج آزمون دانکن (جدول ۶)، بین مقدار محتوای کربن زی‌توده کاربری‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد، اما در کاربری‌های باغی و بهره‌برداری از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دیده نشد.

مطابق نتایج آزمون دانکن جدول ۵، مقدار زی‌توده کل حاصل جمع زی‌توده روی زمینی و زی‌توده زیرزمینی است که در کاربری بکر بیشترین و در کاربری باغی کمترین مقدار است. بین زی‌توده کل کاربری‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد، اما در کاربری‌های باغی و بهره‌برداری، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۶- نتایج آزمون دانکن برای مقدار محتوای کربن زی توده (تن/هکتار) کاربری‌ها

کاربری	تعداد	سطح اطمینان ۵ درصد		
		۱	۲	۳
باغی	۲۸	۳/۴۸		
بهره‌برداری	۳۰	۹/۴۹		
حفاظتی	۲۸		۳۵/۵۲	
بکر	۲۹			۲۵۸/۱۵
سطح معنی‌داری		۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

در جدول ۷، حجم در هکتار کاربری بکر با حجم در هکتار کاربری‌های حفاظتی و بهره‌برداری اختلاف معنی‌داری نداشت.

مقدار حجم کاربری‌های بکر و حفاظتی با استفاده از رابطه ۱ و حجم کاربری بهره‌برداری با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد که براساس نتایج آزمون دانکن

جدول ۷- مقایسه حجم (متر مکعب / هکتار) کاربری‌ها

کاربری	تعداد	سطح اطمینان ۵ درصد	
		۱	۲
بهره‌برداری	۳۰	۱۲/۶۶	
حفاظتی	۲۸	۵۴/۲۰	
بکر	۳۰		۴۶۰/۴۰
سطح معنی‌داری		۰/۰۶۵	۱/۰۰۰

جدول ۸- تجزیه واریانس کاربری‌ها

متغیر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	sig
وزن لاشبرگ (تن/هکتار)	۳	۱۴۶۵۳/۴۳۹	۴۸۸۴/۴۸۰	۱۴۴/۲۶۱	۰/۰۰۰
زی توده روی زمینی (تن/هکتار)	۳	۲۳۵۲۵۶۹/۹۳۸	۷۸۴۱۸۹/۹۷۹	۳۷۷/۴۱۱	۰/۰۰۰
زی توده زیرزمینی (تن/هکتار)	۳	۲۱۱۷۳۱/۳۲۷	۷۰۵۷۷/۱۰۹	۳۷۷/۴۱۱	۰/۰۰۰
زی توده کل (تن/هکتار)	۳	۳۹۷۵۸۴۳/۳۳۶	۱۳۲۵۲۸۱/۱۱۲	۳۷۷/۴۱۱	۰/۰۰۰
کربن لاشبرگ (تن/هکتار)	۳	۱۵۷۹/۶۹۷	۵۲۶/۵۶۶	۲۱۵/۲۵۹	۰/۰۰۰
محتوای کربن (تن/هکتار)	۳	۱۲۷۶۸۴۳/۹۷۴	۴۲۵۶۱۴/۶۵۸	۳۹۴/۹۳۰	۰/۰۰۰
حجم (متر مکعب/هکتار)	۲	۳۶۴۱۶۲۳/۰۴۳	۱۸۲۰۸۱۱/۵۲۲	۲۵۱/۳۲۶	۰/۰۰۰

و زیرزمینی، زی توده کل و کربن لاشبرگ، محتوای کربن و حجم وجود دارد.

مطابق جدول ۸، در سطح ۰/۹۵ اختلاف معنی‌داری بین متغیرهای وزن تر لاشبرگ، زی توده رو

جدول ۹- نتایج آزمون t

متغیر	درجه آزادی	t	sig
قطر (متر)	۵۸	۲۱/۶۲۳	۰/۰۰۰
سطح مقطع (مترمربع/هکتار)	۵۱	۱۸/۸۸۳	۰/۰۰۱
ارتفاع (متر)	۵۸	۲۱/۶۲۳	۰/۰۰۰

و چرای دام به فراوانی وجود دارد؛ از این رو وزن تر لاشبرگ ۶/۰۹ تن در هکتار است. در کاربری باغی به علت تبدیل جنگل و اراضی جنگلی به باغ (انگورسیاه) و قطع یکسره تمامی گونه های جنگلی و شخم و هرس هرساله این باغ ها، مقدار لاشبرگ ۳/۴۷ تن در هکتار است و به تبع آن مقدار کربن ذخیره شده در لاشبرگ کاربری بکر ۱۰/۳۸ تن در هکتار، در کاربری حفاظتی ۵/۲۸ تن در هکتار، در کاربری بهره برداری ۲/۲۳ تن در هکتار و در کاربری باغی ۰/۶۳ تن در هکتار است. در تحقیقات پیشین، متوسط زی توده برگ درختان شاخه زاد چهارده ساله بلوط آوری (*Q. macranthera*) در جنگل های اندبیل خلخال در درصدهای مختلف تاج پوشش کمتر از ۵ درصد، بین ۵ تا ۲۵ درصد و بین ۲۵ تا ۵۰ درصد را به ترتیب ۱۳۲، ۷۰۲ و ۹۹۴ کیلوگرم در هکتار برآورد کردند (Gadami et al. 2010) که این تحقیقات یافته های پژوهش حاضر را تأیید می کند، یعنی هر چه دخالت در جنگل کمتر باشد، وزن و تراکم زی توده لاشبرگ بیشتر است. در تحقیقی با استفاده از معادلات آلومتری، در باغ گیاه شناسی ملی ایران، زی توده کربن برگ گونه برودار، مازودار و ویول به ترتیب ۱۵۲/۳، ۲۱۶/۳، ۲۸۲/۱ کیلوگرم در هکتار و متوسط اندوخته کربن سه گونه یاد شده نیز به ترتیب ۱۴۰/۲، ۱۷۰/۳ و ۷۵/۶ کیلوگرم برآورد شد (Panahi et al. 2011). نتایج پژوهش حاضر اختلاف زیادی با یافته های این محققان دارد که ممکن است ناشی از اختلاف اقلیمی و ادیفیکی دو رویشگاه باشد. همان گونه که (Schuman et al. (2002 نیز بیان

مطابق جدول ۹، بین متغیرهای قطر، سطح مقطع و ارتفاع دو کاربری بکر و حفاظتی اختلاف معنی داری وجود دارد.

بحث

جنگل های غرب کشور به دلیل وجود گونه غالب بلوط با دو فرم رویشی دانه زاد و شاخه زاد ظاهر می شوند. آگاهی از مقدار زی توده و اندوخته کربن این جنگل ها و به ویژه فرم جست گروه (فرم رویشی غالب منطقه)، اهمیت زیادی در برنامه ریزی های مدیریتی جنگل های زاگرس دارد. مقدار زی توده در اکوسیستم های جنگلی علاوه بر اینکه بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان (مقدار ذخایر کربن موجود در جنگل) است، بر چرخه های بیوژئوشیمیایی جنگل نیز تأثیر می گذارد (Schuman et al. 2002). در کاربری بکر به علت اینکه بهره برداری های رایج منطقه (از قبیل قطع درختان برای سوخت، گلازنی و چرای دام) انجام نمی گیرد و خاک حاصلخیز است و درختان اغلب از طبقات قطری بالا و تاج پوشش انبوه و جنگل ناهمسال اند، وزن تر لاشبرگ ۲۹/۹۳ تن در هکتار و بیشتر از دیگر کاربری هاست. در کاربری حفاظتی به دلیل دوری از روستا و شیب زیاد و جنگل همسال این کاربری، که تقریباً از ۴۰ سال قبل بهره برداری هایی از قبیل قطع درختان برای سوخت، گلازنی و چرای دام در آن خیلی کم شده، وزن تر لاشبرگ ۲۳/۷۰ تن در هکتار است. در کاربری بهره برداری شده به علت نزدیکی به روستاهای منطقه، بهره برداری مانند قطع درختان برای سوخت، گلازنی

۳/۴۸ تن در هکتار است؛ دلایل اختلاف ذخیره کربن کاربری ها در این پژوهش به استناد یافته های Varamesh et al. (2011) این است که هر چه توان تولید زی توده هوایی و زیر زمینی در گونه ها، عرصه ها و رویشگاه های مختلف بیشتر باشد، ذخیره کربن در پیکره درختان، لاشبرگ و خاک نیز بیشتر است. مقدار حجم در هکتار سه کاربری جنگلی بکر، حفاظتی و بهره برداری به ترتیب ۴۶۰/۴۰، ۵۴/۲۰ و ۱۲/۶۶ متر مکعب در هکتار است. بنابراین حجم هکتار رابطه مستقیم با زی توده دارد و در نتیجه حجم بیشتر، سبب افزایش ذخیره کربن در هکتار در کاربری هایی که حجم بیشتری در هکتار دارند شده است که تحقیق Mahmoodi et al. (2008) نیز این موضوع را تأیید می کند. مطابق جدول ۸، بین متغیرهای بررسی شده با تجزیه واریانس در چهار کاربری و مطابق جدول ۹ بین متغیرهای قطر، سطح مقطع و ارتفاع دو کاربری بکر و حفاظتی اختلاف معنی داری وجود دارد که بنابر یافته های پژوهش Schuman et al. (2002) این اختلافات ناشی از مدیریت های مختلف حاکم بر این کاربری هاست که بر مقدار تولید رویشگاه ها تأثیر می گذارد.

با توجه به چالش بزرگ بشر در آینده، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک (محدودیت شرایط اکولوژیکی برای رویش گیاهان)، تغییر اقلیم و گرم شدن در اثر تولید گازهای گلخانه ای نظیر دی اکسید کربن به علت گسترش فعالیت های صنعتی و قطع جنگل ها و از طرفی با توجه به یافته های پژوهش حاضر مبنی بر چندبرابری بودن مقدار ذخیره کربن در زی توده کاربری های جنگلی نسبت به کاربری های جنگلی بهره برداری شده و تغییر کاربری داده شده، ضروری است که با مدیریت و حفاظت جنگل های باقی مانده زاگرس، گام مثبتی برای کاهش تراکم کربن اتمسفری و در نتیجه کاهش گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی برداشته شود.

کردند، علت اصلی این اختلاف در نتایج را می توان عوامل اقلیمی، وضعیت توپوگرافی، ویژگی های خاک، ترکیب جامعه گیاهی و اعمال مدیریت مختلف دانست. در کاربری بکر با توجه به ناهمسال بودن جنگل و حاصلخیزی خاک، درختان اغلب در طبقات قطری بالا قرار دارند و متوسط ارتفاع بیشتری نسبت به دیگر کاربری ها دارند. با توجه به اینکه مقدار زی توده تابعی از قطر برابرسینه است، زی توده روی زمینی در این کاربری ۳۴۶/۲۵ تن در هکتار است؛ در کاربری های حفاظتی نیز به دلیل عدم بهره برداری رایج از ۴۰ سال قبل مقدار روی زمینی این کاربری ۴۲/۲۷ تن در هکتار و در کاربری بهره برداری به دلیل انواع بهره برداری رایج منطقه در این کاربری مقدار روی زمینی ۹/۸۸ تن در هکتار است؛ در کاربری باغی به علت تبدیل جنگل و اراضی جنگلی، مقدار روی زمینی ۴/۱۴ تن در هکتار است. مقدار زی توده زیرزمینی که ۳۰ درصد مقدار زی توده روی زمینی مطابق رابطه ۵ است، در کاربری های بکر، حفاظتی، بهره برداری و باغی به ترتیب ۱۰۳/۸۷، ۱۲/۶۸، ۲/۹۶ و ۱/۲۴ تن در هکتار است. مطابق رابطه ۶، زی توده کل حاصل زی توده روی زمینی و زیر زمینی است که مقدار آن در کاربری های بکر، حفاظتی، بهره برداری و باغی به ترتیب ۴۵۰/۱۲، ۵۴/۹۵، ۱۲/۸۵ و ۵/۳۸ تن در هکتار است. مدیریت نوع کاربری موجب شده که اختلاف معنی داری در مقدار زی توده کاربری ها وجود داشته باشد. این مورد همسو با یافته های Kirby (2007) است که در سه نوع کاربری، ذخیره کربن در زی توده گیاهان را بررسی کرد و نتیجه گرفت که ذخیره کربن در جنگل های مدیریت شده، جنگل های با مدیریت سنتی و مراتع به ترتیب ۳۳۵، ۱۴۵ و ۴۶ تن در هکتار است. محتوای کربن ذخیره شده در کاربری بکر ۲۵۸/۱۵ تن در هکتار، در کاربری حفاظتی ۳۵/۵۲ تن در هکتار، در کاربری بهره برداری ۹/۴۹ تن در هکتار و در کاربری باغی

References

- Aria pak, S., Bayram zadeh, V., & Moeini, A (2012). Estimation of carbon sequestered in biomass and soil in Taleghani and Chitgar forest parks with elder pine (*Pinus eldarica*) as main species. *Conservation and Utilization of Natural Resources*, 1(2) 15-28.
- Andrew, Y. (2010). Carbon estimating of forest biomass for the Clatsop state forest. *Resources Planning Program*, 31 pp.
- Cienciala, E., Apltauer, J., Exnerová, Z., & Tatarinov, F. (2008). Biomass functions applicable to oak trees grown in Central European forestry. *Journal of Forest Science*, 54(3), 109–120
- Gadami, A., Babai, S., & Mataji, A. (2010). Study of biomass and its relationship with soil factors and soil fertility in the forests of oak branches (case study: forest area Andbyl anklets). *Iranian Journal of Forest*, 67(1), 157-56
- Han, B., Wang, X.K., & 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.
- Hernandez, R., P., koohafkan, & Antoine, J. (2004). *Assessing Carbon Stocks and modeling win-win, Scenarios of carbon sequestration through land-use change*. 166 pp
- Kirby, R. (2007). Variation in carbon storage among tree species; implications for the management of a small-scale carbon sink project. *Forest Ecology and Management*, 93, 23-31
- KabiriKoupai, C., MarvieMohajer, M.R., Zahedi Amiri, Gh., Namiranian, M., & Atamd, V. (2010). Qualitative and quantitative morphological characteristics of pure and mixed beech populations (case study: Gorazbon district). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17 (3), 422-435
- 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.
- Mahmoodi, A., Zahedi Amiri, G.H., & Adeli, A. (2008). Estimates of carbon sequestration in managed forests (forest garland case study in the north). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 3, 241-252
- McDicken, K.G. (1997). *A guide to monitoring carbon storage in forest and agro-forestry projects*, Winrock International Institute for agricultural development, Washington D.C., 357pp.
- Mahmoud, Z.M., Ebrahimi, B., Biglar Begay, & Rasna, Y. (1996). Trade statistics for oak coppice forests of the West. *Iran's natural resources*, 46, 1-13
- 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), 12-22.
- Peichl, M. (2006). Above and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests. *Agricultural and Forest meteorology*, 140(1): 51-63.
- Subedi, B.P., Pandey, S.S., Pandey, A., Rana, E.B., Bhattarai, S., Banskota, T. R., & Tamrakar, R. (2010). *Forest Carbon Stock Measurement: Guidelines for measuring carbon stocks in community-managed forests*. Asia Network for Sustainable Agriculture and Bioresources, Federation of Community Forest Users, International Centre for Integrated Mountain Development, Katmandú, Nepal. 69p.
- Schuman, G.E., Janzen, J., & Herrick, H. (2002). Soil carbon information and potential carbon sequestration by rangelands. *Environmental Pollution*, 116, 391-396.
- Varamesh, S., Hosseini, S.M., & Abdi, N. (2011). Estimate atmospheric carbon sequestration in urban forest resource. *Journal of Ecology*, 32(57), 113-120.



Estimating the amount of carbon storage in biomass of different land uses in Northern Zagros Forest

M. Pato^{1*}, A. Salehi²; Q. Zahedi Amiri³, and A. Banj shafiei⁴

¹ PhD student of Forest Science, Department of Forestry, Department of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, I. R. Iran

² Associate Prof., Department of Forestry, Department of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, I. R. Iran

³ Prof. Department of Forestry forest economist, Department of Natural Resources, Tehran University, Karaj, I. R. Iran

⁴ Assistant Prof., Department of Forestry, Department of Natural Resources, University of Urmia, Urmia, I. R. Iran

(Received: 24 August 2015; Accepted: 17 November 2015)

Abstract

Large ecosystems such as forests with large amounts of biomass play important roles in carbon sequestration, mitigation of CO₂ emissions and human life. The present study aimed at estimating the amount of carbon storage in four land use systems (intact, protected, exploited and garden) in northern Zagros forests, western Azarbaijan province. Within each land use in the same unit, 30 sample plots were established and some quantitative characteristics, such as diameter of all trees with DBH > 10 cm were measured. Total height of largest DBH, tree closest to the center of the plot, diameter of crown along two *perpendicular* directions and the thickest closest tree in each plot were also measured. The litter samples were taken based on direct sampling in 0.5*0.5 m sample plots at the center and four corners of the plot. The results showed the total biomass in intact, protected, exploited and garden land uses were 450.12, 54.95, 12.85, and 5.38 tons per hectare, respectively. The amount of carbon stored in the land uses were 258.15, 35.52, 9.49 and 3.48 tons per hectare in intact, protected, exploited and garden land uses, respectively. The results of Duncan test also showed there are significant differences in biomass and carbon storage among different land uses.

Keywords: Carbon sequestration, Biomass, Land use, Northern Zagros forests.