پژوهش و فناوری محیط زیست،۱۴۰۰ ۶(۹)، ۱۴۳-۱۵۴

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

بررسی افت چوب استحصالی، زی‌توده و اندوخته کربن تنه تجاری گونه‌های ممرز و خرمندی در جنگل‌های آستارا

سیده نسرین غزنوی*[۱]

۱- کارشناس ارشد علوم و مهندسی جنگل، کارمند اداره منابع طبیعی آستارا، گیلان، ایران

چکیده

بررسی افت چوب استحصالی معیاری برای افزایش بازده بهره‌برداری و زی‌توده و ترسیب کربن شاخص‌هایی برای تعیین کارکرد زیست‌محیطی گونه‌های درختی هستند. در این مطالعه به طور تصادفی تعداد ۱۷ اصله درخت خرمندی و ممرز (۳۴ اصله برای دو گونه) در پارسل ۷۲۹ از سری هفت حوضه شماره یک جنگل‌های آستارا انتخاب و پس از اندازه‌گیری قطر و ارتفاع با استفاده از معادله حجم، حجم‌یابی شدند. سپس درختان منتخب قطع و مجدداً تجدید حجم شدند. نهایتاً پس از تبدیل گرده‌بینه به قطعات کوچکتر قابل حمل توسط قاطر مجدداً حجم چوب استحصالی اندازه‌گیری و با آزمون تجزیه واریانس مقایسه آماری شدند. همچنین پس از توزین وزن تر مجموع قطعات، نمونه‌های دیسک چهار سانتی‌متری از محل برابر سینه درختان برداشت و پس از توزین وزن اولیه و خشک کردن نمونه‌ها در آون در دمای ۸۰ درجه زی‌توده نمونه‌ها محاسبه شد. ترسیب کربن نمونه‌ها نیز با روش احتراق در کوره الکتریکی انجام و مقادیر زی‌توده و ترسیب کربن به کل درختان تعمیم داده شد. معادلات آلومتریک زی‌توده دو گونه مورد بررسی نیز با استفاده از رابطه نمایی استخراج شد. بر اساس نتایج، میانگین افت چوب استحصالی ممرز و خرمندی به ترتیب ۴۲ و ۳۲ درصد برآورد شد. مجموع اندوخته کربن و دی‌کسید کربن ترسیب شده توسط دو گونه نیز به ترتیب ۶۰ و ۲۲۰ تن در هکتار برآورد شد. بعلاوه معادلات آلومتریک استخراج شده ضریب تبیین بالایی (۰/۹<) را در مورد هر دو گونه ارائه نمودند. نتایج نشان دهنده افت بالای چوب استحصال و دقت بالای معادلات آلومتریک مستخرج در برآورد زی‌توده گونه‌های مورد بررسی است.

کلید واژه‌ها: بهره‌برداری، ترسیب کربن، جنگل‌های هیرکانی، گرده بینه، گیلان

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ghaznavi.nasrin.forest@gmail.com

Journal of Environmental Research and Technology, 6(9)2021. 143-154

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

Investigation of Loss of Extracted Wood, Biomass and Carbon Storage of Commercial Trunk of Hornbeam and Date-plum Species in Astara Forests

Seyedeh Nasrin Ghaznavi[1*]

1- MSc graduate of Forest Science and Engineering, employee of Astara Natural Resources Department, Guilan, Iran

Abstract

The study of wood loss is a scale to increase the efficiency of harvesting and biomass and carbon sequestration are indicators to determine the environmental performance of tree species. In the current study number of 17 trees of hornbeam and date-plum species (34 trees for both species) in parcel 729 of the series seven of the watershed number one of Astara forests were randomly selected and after measuring the diameter and height their volume measured, using volume equation. The selected trees were then fallen and the volume of trees measured again. Finally, after converting trees trunk into smaller portable parts by mules, the volume of extracted wood was measured again and statistically compared with analysis of variance. Also, after weighing the fresh weight of the total parts, 4 cm disc samples were taken from the diameter in breast height of the trees and after weighing the initial weight and drying the samples in the oven at 80 ° C, the samples biomass were calculated. The carbon stock of the samples was measured by the burning method in an electric kiln and the amounts of biomass and carbon sequestration were generalized to all trees. The allometric equations of the biomass of the two species were also extracted using the exponential function. Based on the results, the average loss of hornbeam and date-plum wood was estimated to be 42% and 32%, respectively. The total reserves of carbon and carbon dioxide deposited by the two species were estimated at 60 and 220 tons per hectare, respectively. In addition, the extracted allometric equations provided a high coefficient of explanation (>0.9) for both species. The results of the present study show the high loss of extracted wood and the high accuracy of the extracted allometric equations in estimating the biomass of the studied species.

Keywords: Harvesting, carbon sequestration, Hyrcanian forests, log, Guilan.

* Corresponding author E-mail address: ghaznavi.nasrin.forest@gmail.com

مقدمه

بررسی دقت حجم‌یابی درختان سرپا عامل مهمی در تعیین موجودی دقیق جنگل و اتخاذ تصمیم برای آینده توده‌های جنگلی است (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۹). افت حجمی چوب در مراحل مختلف قطع و بهره‌برداری درختان در توده‌های طبیعی و دست‌کاشت وجود دارد (مدرسکی[1] و همکاران، ۲۰۱۰). چرا که برش‌های متنوعی که برای استحصال چوب صنعتی و هیزمی انجام می‌شود موجب ایجاد ضایعاتی از بخش‌های مختلف درخت می‌شود که در تعیین بازده بهره‌برداری، تغییرات هزینه و بازده اقتصادی بهره‌برداری اثرگذار است (آمپورتر[2] و همکاران، ۲۰۰۷). در سالیان نه‌چندان دور (پیش از شروع طرح تنفس جنگل‌ها) بهره‌برداری از جنگل‌های شمال کشور غالباً به صورت سنتی و استفاده از اره‌موتوری، کشیدن چوب با اسکیدر یا قاطر به محل دپو و حمل به کارخانه‌های مختلف صورت می‌گرفته است. با این حال مطالعات زیادی در مورد افت حجمی چوب در زمان استحصال انواع گونه‌های چوبی انجام نشده است، کیوان بهجو و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی افت حجمی و ریالی چوب در عملیات بهره‌برداری جنگل در حوضه چفرود گیلان بیان داشتند که بیشترین میزان افت محصول در مراحل قطع و بینه‌بری[3] و کمترین میزان افت محصول در مرحله چوبکشی رخ می دهد. همچنین افت چوب در مراحل مختلف عملیات بهره برداری ۱۳/۹ درصد از کل حجم چوب نشانه‌گذاری شده (۹/۹ درصد در مرحله قطع و بینه بری، ۱/۲ درصد در مرحله چوبکشی و ۲/۸ درصد در مرحله بارگیری. جور غلامی و همکاران (۱۳۹۱) روش سنتی تبدیل چوب (الوارگیری) در جنگل؛ تولید، هزینه‌ها و افت آن را در جنگل خیرود مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که با افزایش قطر، تعداد چوب‌آلات تولید شده به صورت رابطه توانی افزایش می‌یابد. همچنین، هزینه واحد تولید براساس حجم گرده‌بینه تبدیل شده با احتساب زمان‌های تاخیر و بدون احتساب آن، به ترتیب برابر ۲۴۵۹۵۰ و ۱۸۳۱۴۰ ریال بر متر مکعب به‌دست آمد.

از سوی دیگر، زی‌توده و اندوخته کربن گونه‌های درختی را می‌توان از مهم‌ترین شاخص‌های ارزش‌گذاری توده‌های جنگلی دانست (ایرانمنش و همکاران، ۲۰۱۹). زی‌توده یا همان وزن خشک درختان جنگلی یکی از دقیق‌ترین واحدهای تعیین میزان تولید و اندوخته کربن نیز از مهم‌ترین شاخص‌های ارزش‌گذاری زیست‌محیطی گونه‌های جنگلی است (سینگ[4] و همکاران، ۲۰۱۱). با یکبار محاسبه زی‌توده و ترسیب کربن برای گونه‌های درختی می‌توان با استخراج معادلات رگرسیونی در مطالعات بعدی صرفاً با در اختیار داشتن متغیر-های مستقلی چون قطر و ارتفاع به برآورد زی‌توده درختان مورد مطالعه پرداخت و از قطع مجدد درختان اجتناب نمود (طاهری آبکنار و همکاران، ۱۳۹۷). از جمله مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعه واحدی و همکاران (۱۳۹۲) اشاره نمود. در این مطالعه مدل آلومتری ارائه شده برای محاسبهٔ زی‌توده تنهٔ راش در استان مازندران نوعی معادله لگاریتمی معرفی شد. ایمانی پرکوهی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی اثر سن توده بر روی ترسیب کربن تنه درختان افرا پلت در جنگل‌های دارابکلا ساری پرداختند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که مقدار ذخیره کربن تنه درختان در توده ۳۵ ساله با ۶۱/۲۲±۵۵/۲۰۵ تن در هکتار به طور معنی‌داری بیشتر از توده ۲۵ ساله (۸۰/۷±۵۲/۸۴ تن در هکتار) بود. در مطالعه دیگر چاتوردی و راگوباشی[5](۲۰۱۳) به بررسی ساختار و زی‌توده درختان چوبی کم‌قطر در جنگل‌های خشک استوایی پرداختند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که با افزایش قطر برابر سینه به زی‌توده روی‌زمینی درختان در جنگل‌های منطقه افزوده می‌شود. همچنین، الیویرا[6] و همکاران (۲۰۱۸) تخصیص زی‌توده روی زمینی و زیرزمینی دورگه‌های مختلف جنس صنوبر را تحت شرایط اقلیمی مدیترانه‌ای در اسپانیا مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که قطر یقه درختان مورد بررسی، بهترین معادلات آلومتریک[7] را برای پیش‌بینی و برآورد زی‌توده و اندوخته کربن این گونه درختی ایجاد نموده است.

با توجه به اهمیت برآورد افت چوب در تعیین بازده بهره‌برداری و هزینه‌های استحصال چوب مطالعه حاضر اهمیت اجرا خواهد داشت. با توجه به استراحت جنگل‌ها نتایج مطالع حاضر در مورد بهره‌برداری از چوب جنگلکاری‌ها و صنوبرکاری‌ها نیز قابلیت تعمیم خواهد داشت. همچنین با توجه به اینکه درختان ممرز و خرمندی از مهم‌ترین گونه‌های جنگل‌های هیرکانی از نظر پراکنش و درصد حضور (ممرز ۲۷ درصد و خرمندی ۹ درصد) محسوب می‌شوند، نتایج مطالعه حاضر می‌تواند نقش زیست‌محیطی این گونه‌های درختی را در ایجاد زی‌توده و ترسیب کربن نمایان سازد (بی نام، ۱۳۸۷). همچنین، در این مطالعه معادلات آلومتریک برای برآورد زی‌توده گونه‌های ممرز و خرمندی استخراج خواهد شد که در مطالعات سابق در مورد این گونه‌های درختی انجام نشده است.

---

[1] Mederski
[2] Ampoorter

[3] تبدیل گرده بینه به قطعات کوچکتر

[4] Singh
[5] Chaturvedi and Raghubanshi
[6] Oliveira

[7] - معادلات رگرسیونی برای برآورد زیتوده گیاهان

مواد و روش‌ها

- **منطقه مورد مطالعه**

مطالعه حاضر در پارسل ۷۲۹ از سری هفت حوضه شماره یک، واقع در ۱۹ کیلومتری شهرستان آستارا در غرب استان گیلان انجام شد. مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ″۱۵ °۴۸ تا °۴۹ طول شمالی و ″۱۵ °۳۸ تا ″۳۰ °۳۸ عرض شرقی است. ارتفاع منطقه مورد مطالعه از سطح دریا ۵۲۰ متر، میانگین بارش سالانه آن ۱۲۱۸ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه آن ۱۹ درجه سانتی‌گرداد، متوسط شیب آن ۵۵ درصد، جهت عمومی آن شمالی و نوع خاک آن قهوه‌ای جنگلی است. گونه‌های درختی غالب پارسل شامل راش، ممرز و خرمندی است (غزنوی و همکاران، ۱۳۹۳).

شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه

روش پژوهش

- **انتخاب درختان، برآورد حجم، تجدید حجم و استحصال**

در این مطالعه تعداد ۱۷ اصله درخت ممرز و ۱۷ اصله درخت خرمندی نشانه‌گذاری شده (پیش از اجرای طرح تنفس جنگل‌ها) به طور تصادفی از میان درختان نشانه‌گذاری شده انتخاب و قطر و ارتفاع درختان با استفاده از کالیپر و بلندیاب اندازه‌گیری شد. قابل ذکر است علت انتخاب این تعداد درخت نزدیک بودن این تعداد قطع شده به یک دیگر در منطقه پژوهش، حداقل ساختن هزینه‌های تبدیل، نمونه-گیری و هزینه‌های آزمایشگاهی بود. سپس با استفاده از فرمول حجم (v=ghf) که در آن v: حجم درخت، g: سطح مقطع درخت و f: ضریب شکل واقعی هر درخت می‌باشد، حجم تقریبی تنه درختان منتخب اندازه‌گیری شد. برای به دست آوردن ضریب شکل واقعی درخت، با توجه به اینکه تنه درخت یک استوانه کامل نیست، ابتدا تنه درختان به قطعات دو متری تبدیل شد. در این حالت قطعات اختلاف ناچیزی با استوانه خواهند داشت. سپس با استفاده از رابطه اسمالیان حجم واقعی قطعات و از جمع آن‌ها حجم واقعی تنه درختان محاسبه شد (رابطه ۱). در ادامه با در دست داشتن حجم واقعی درخت و استفاده از رابطه (۲) ضریب شکل واقعی درختان محاسبه شد (زبیری، ۱۳۸۸: ۹۱).

$$V_c = \frac{g_1+g_2}{2}$$ رابطه (۱)

$$F_r = \frac{V_c}{g_{1.3}\times h}$$ رابطه (۲)

که در این روابط Vc حجم اسمالیان، g_1 و g_2 سطح مقطع ابتدا و انتهای قطعات، Fr ضریب شکل واقعی، $g_{1.3}$ سطح مقطع درخت در ارتفاع برابر سینه و h ارتفاع درخت است (اسلام‌دوست و همکاران، ۱۳۹۴). سپس درختان منتخب قطع و اندازه‌گیری دوباره‌ای بر روی درختان افتاده انجام و تجدید حجم انجام شد. بدین منظور قسمت پایینی درخت نلوئید ناقص، قسمت میانی پارابلوئید ناقص و قسمت فوقانی مخروط ناقص در نظر گرفته شده و جمع حجم این سه قسمت به عنوان خروجی تجدید حجم ثبت شد (زبیری، ۱۳۸۸: ۹۱). هر چند تبدیل خود یکی از مراحل استحصال است ولی برای خروج چوب با استفاده از نیروی حیوان (که در این منطقه به دلیل عدم دسترسی به جاده مرسوم است) لازم است تا گرده بینه به محصولاتی الوار، کاتین و تراورس که از لحاظ وزن قابل حمل برای حیوان است تبدیل شود (شکل۲). از این رو پس از تبدیل نیز با توجه به شکل قطعات حجم‌یابی برای بار سوم انجام و ثبت گردید. بدیهی است که در مرحله استحصال با درصدی از افت حجم مواجه خواهیم بود که با کسر حجم استحصال از مقدار تجدید حجم محاسبه شد (تول[1] ۲۰۰۸).

شکل۲- نمایی از محصولات تولیدی در مرحله استحصال که در کنار جاده جنگلی دپو شده است

- **برآورد زی‌توده**

به منظور برآورد زی‌توده تنه درختان قطع شده، پس از توزین وزن تر قطعات اصلی تنه حاصل از مرحله استحصال (بینه‌ها به علاوه ضایعات حاصله)، یک دیسک به ضخامت ۴ سانتی‌متر از محل قطر برابر سینه درختان مقطوعه برداشت و پس از توزین با ترازوی دقیق دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم، به آزمایشگاه انتقال داده شد (پارساپور و همکاران، ۱۳۹۲). نمونه‌ها ابتدا به مدت یک هفته در هوای آزاد خشک شدند (الیویرا و همکاران، ۲۰۰۸). سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، قرار داده شدند و بلافاصله پس از خروج از آون توزین و وزن خشک آن‌ها ثبت شد (قنبری و همکاران، ۱۳۹۹).

با در اختیار داشتن وزن تر درختان و اندازه‌گیری وزن تر و وزن خشک نمونه‌ها، زی‌توده تنه درختان با استفاده از رابطه (۱) برآورد شد. که در آن که در آن WDC زی‌توده تنه، WFc، وزن تر تنه، WDs وزن خشک نمونه، و WFs وزن تر نمونه اخذ شده از درختان است. به عبارت دیگر در این رابطه با در دست داشتن وزن تر و خشک (زی‌توده) نمونه‌ها و نیز در اختیار داشتن وزن بینه‌های حاصل از تبدیل درختان، زی‌توده یا وزن خشک درختان برآورد می‌شود (کی‌آر جوشی و دیانی[2] ۲۰۱۹ ؛ حیدری صفری کوچی، ۱۳۹۷: ۱۲۲).

$$WD_C = \frac{WFc \times WDs}{WFs}$$ رابطه (۱)

[1] Tol
[2] Kr Joshi & Dhyani

- **برآورده اندوخته کربن**

سپس با استفاده از نمونه‌های خشک شده درصد اندوخته کربن نمونه‌ها با تراشه‌برداری و احتراق در کوره‌ی الکتریکی به دست آمد. باتوجه به نتایج این آزمایش و با استفاده از رابطه (۲) اندوخته کربن هر بخش از درختان محاسبه شد (کی‌آر جوشی و دیانی، ۲۰۱۹).

رابطه (۲) $$W_C = \frac{WDc \times Cc\%}{100}$$

که در آن Wc: اندوخته کربن تنه درخت، WDc: زی‌توده تنه درخت و $Cc\%$ درصد کربن ماده خشک تنه درخت است (حیدری صفری کوچی، ۱۳۹۷: ۱۲۲). در این مطالعه درصد کربن ماده خشک گونه خرمندی و ممرز به ترتیب ۴۸/۹ و ۵۰/۹ درصد به دست آمد. با توجه به تعداد در هکتار گونه‌های مورد بررسی در منطقه مور مطالعه مقادیر زی‌توده و ترسیب کربن در واحد سطح نیز برآورد شد.

- **استخراج معادلات آلومتریک زی‌توده**

نهایتاً مدل‌سازی متغیر وابسته (زی‌توده) و متغیر مستقل (قطر) درختان با استخراج مدل آلومتریک غیر خطی polynomial با معادله $Y=ax^2-bx+c$ کا بالاترین ضریب تبیین را ارائه نمود انجام شد. در این معادله Y، متغیر وابسته در اینجا زی‌توده تنه درختان، X متغیر مستقل در اینجا قطر برابر سینه درختان و a، b و cضرایب معادله هستند (کارکی[1] و همکاران، ۲۰۱۷). معادلات آلومتریک برای برآورد غیر مخرب گونه‌های مورد مطالعه استخراج و گزارش شد (حیدری صفری کوچی و همکاران، ۲۰۱۵). طبق تجربیات گذشته و مطالعه حاضر متغیر مستقل قطر برابر سینه روابطی با ضریب تعیین (R^2) بالاتری را ارائه داد که از این رو از استفاده از ارتفاع به عنوان متغیر مستقل اجتناب شد (برگ[2]، ۲۰۱۱).

- **تجزیه و تحلیل آماری و نرم‌افزارهای مورد استفاده**

با توجه به کمی بودن داده‌های حجم، زی‌توده و اندوخته کربن پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با آزمون کلموگروف-اسمیرنف[3] و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون، مقایسه حجم در سه مرحله برآورد، تجدید حجم و استحصال با آزمون تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در محیط SPSS-22 انجام شد (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۹). رسم نمودارها و استخراج معادلات آلومتری در محیط Excel-2010 و مقایسه تن در هکتار زی‌توده و ترسیب کربن دو گونه مورد بررسی نیز با آزمون تی مستقل انجام شد.

یافته‌های پژوهش

آمار توصیفی درختان منتخب از دو گونه مورد مطالعه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین قطر گونه ممرز (۵۶/۶۸ سانتی‌متر) و خرمندی (۳۶/۲۵ سانتی‌متر) می‌باشد. همچنین میانگین ارتفاع درختان ممرز (۲۵/۳۵ متر) به شکل معنی‌داری بیشتر از میانگین ارتفاع درختان خرمندی (۱۹/۱۶ متر) محاسبه شد. بیشینه قطر درختان ممرز و خرمندی نیز به ترتیب ۵۹/۱۰ و ۳۸ سانتی‌متر می‌باشد (جدول۱).

جدول۱- آمار توصیفی قطر و ارتفاع درختان منتخب از دو گونه ممرز و خرمندی

متغیر	گونه	تعداد	کمینه	بیشینه	میانگین	واریانس	انحراف معیار	اشتباه معیار	چولگی	کشیدگی
قطر	خرمندی	۱۷	۳۴/۲۹	۳۸/۰۰	۳۶/۲۵[a]	۰/۸۴	۰/۹۱	۰/۲۲	-۰/۱۱	۰/۱۹
(cm)	ممرز	۱۷	۵۴/۰۰	۵۹/۱۰	۵۶/۶۸[b]	۲/۰۰	۱/۴۱	۰/۳۴	-۰/۱۵	-۰/۶۷
ارتفاع	خرمندی	۱۷	۱۸/۲۶	۲۱/۰۰	۱۹/۱۶[a]	۰/۴۳	۰/۶۵	۰/۱۵	۱/۵۴	۲/۸۵
(m)	ممرز	۱۷	۲۳/۰۰	۲۷/۵۰	۲۵/۳۵[b]	۱/۵۲	۱/۲۳	۰/۲۹	۰/۲۱	-۰/۵۶

در تمام متن حروف متفاوت نشان دهنده معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها است

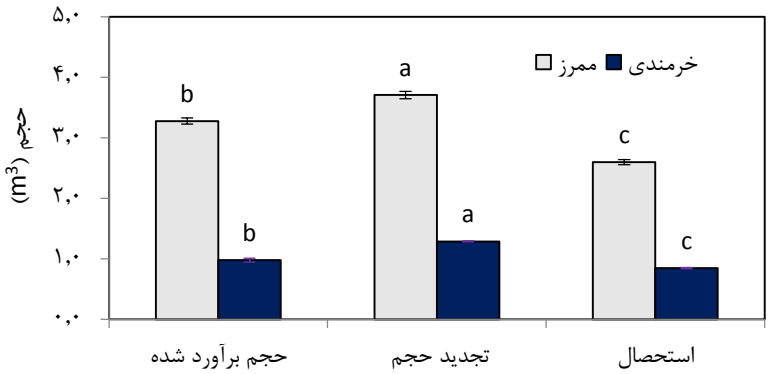
نتایج آزمون تجزیه واریانس در مقایسه حجم برآورد شده، تجدید حجم و حجم استحصال دو گونه ممرز و خرمندی اختلاف میانگین‌های دو گونه مورد بررسی را در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار نشان داد (جدول۲).

[1] Karki
[2] Bragg
[3] Kolmogorov-Smirnov

جدول۲- نتایج آزمون تجزیه واریانس در مقایسه حجم برآورد شده، تجدید حجم و استحصال دو گونه مورد بررسی

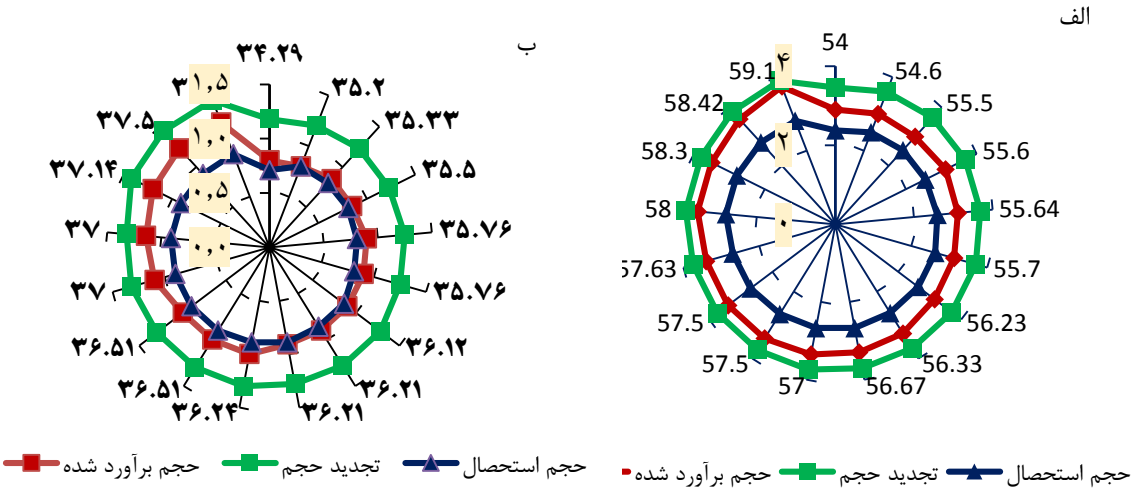
	منبع تغییرات	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
خرمندی	بین گروه‌ها	۱/۷۳۳	۲	۰/۸۶	۸۳/۴۰۸	۰/۰۰۰**
	درون گروه‌ها	۰/۴۹۹	۴۸	۰/۰۱		
	مجموع	۲/۲۳۲	۵۰			
ممرز	بین گروه‌ها	۹/۸۲۸	۲	۴/۹۱۴	۱۹۳/۸۹۲	۰/۰۰۰**
	درون گروه‌ها	۱/۲۱۷	۴۸	۰/۰۲		
	مجموع	۱۱/۰۴۵	۵۰			

مقایسه میانگین حجم برآورد شده، تجدید حجم و استحصال دو گونه مورد بررسی با آزمون دانکن نشان داد که در هر سه مورد میانگین برآورد حجم گونه ممرز به شکل معنی‌داری بالاتر از گونه خرمندی بوده است. همچنین میانگین برآورد تجدید حجم به ترتیب از حجم برآورد شده و حجم استحصال به شکل معنی‌داری بیشتر به دست آمد (شکل۳).



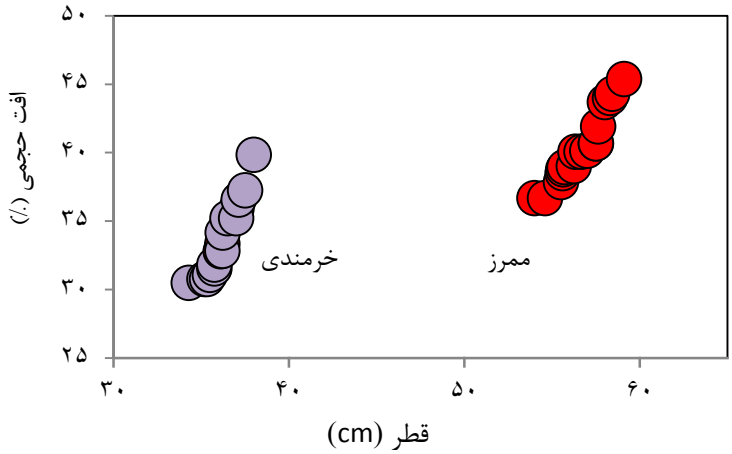
شکل۳- مقایسه میانگین حجم برآورد شده، تجدید حجم و استحصال دو گونه مورد بررسی با آزمون دانکن

مقایسه حجم برآورد شده، تجدید حجم و حجم استحصال بر حسب متر مکعب به تفکیک قطر درختان برای دو گونه ممرز و خرمندی نشان دهنده این است که در هر دو مورد با افزایش قطر درختان مقدار حجم برآورد شده به میزان محاسبه شده در تجدید حجم نزدیک شده است (شکل ۴).



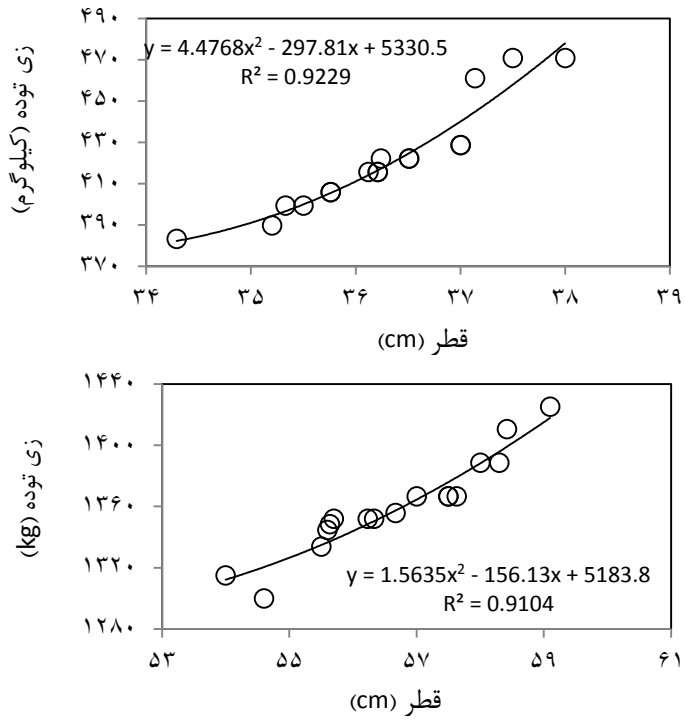
شکل۴- مقایسه حجم برآورد شده، تجدید حجم و حجم استحصال بر حسب متر مکعب (اعداد قطر دایره) به تفکیک قطر درختان (اعداد محیط دایره) برای دو گونه ممرز (الف) و خرمندی (ب)

درصد افت حجمی چوب گونه‌های مورد بررسی در اثر استحصال نشان دهنده افزایش درصد افت حجمی هر دو گونه در اثر افزایش قطر است؛ به نحوی که با افزایش تنها ۷ سانتی‌متر قطر بیش از ۱۰ درصد به افت حجمی درختان هر دو گونه افزوده شده است. همچنین میانگین افت حجمی گونه ممرز ۴۲ درصد و میانگین افت حجمی گونه خرمندی ۳۲ درصد محاسبه شد (شکل ۵).



شکل۵ - درصد افت حجمی چوب گونه‌های مورد بررسی در اثر استحصال

نتایج بررسی زی‌توده درختان نشان دهنده افزایش نمایی زی‌توده درختان در اثر افزایش قطر می‌باشد. همچنین ضریب تعیین برای برآورد زی‌توده گونه‌های مورد بررسی با معادلات آلومتریک به دست آمده بالاتر از ۰/۹ به دست آمد که نشان دهنده بالا بودن دقت معادلات مربوطه در برآورد زی‌توده گونه‌های مورد بررسی می‌باشد (شکل ۶).



شکل۶- تغییرات زی‌توده با افزایش قطر و معادلات آلومتریک برای برآورد زی‌توده گونه‌های ممرز (سمت راست) خرمندی (سمت چپ)

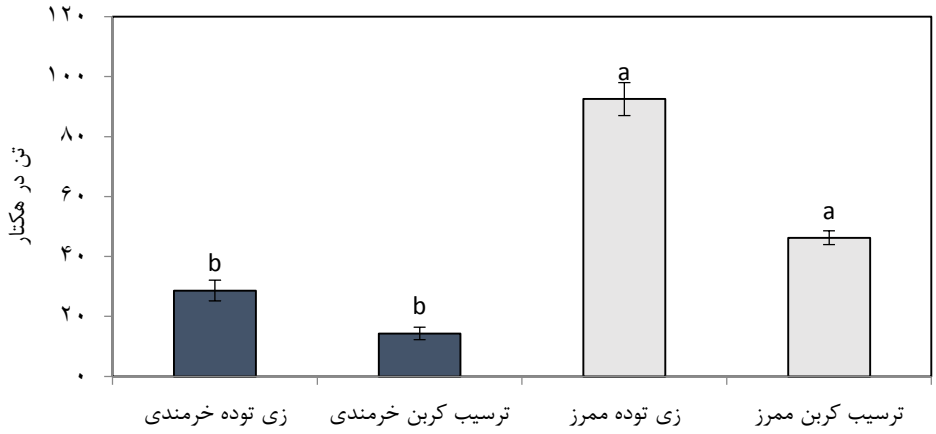
نتایج بررسی درصد کربن نمونه‌های چوب درختان مورد بررسی در جدول (۳) گزارش شده است. کهیر اساس آن درصد کربن چوب گونه ممرز به شکل معنی‌داری بیشتر از درصد کربن چوب خرمندی محاسبه شد.

جدول ۳- درصد کربن نمونه‌های چوب درختان مورد بررسی

گونه	درصد کربن نمونه‌ها		
	میانگین	انحراف معیار	اشتباه معیار
خرمندی	۴۸/۹۳[a*]	۰/۸۳	۰/۲۰
ممرز	۵۰/۹۰[b]	۰/۴۹	۰/۱۲

*حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است

نهایتاً برآورد زی‌توده و اندوخته کربن گونه‌های مورد بررسی بر حسب تن در هکتار نشان دهنده بالاتر بودن زی‌توده و ترسیب کربن گونه ممرز نسبت به گونه خرمندی می‌باشد. بر اساس نتایج دو گونه مورد بررسی در مجموع ۶۰ تن در هکتار اندوخته کربن داشته‌اند (شکل ۷).



شکل۷- زی‌توده و اندوخته کربن گونه‌های مورد بررسی بر حسب تن در هکتار

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، مقایسه میانگین حجم برآورد شده، تجدید حجم و استحصال دو گونه مورد بررسی نشان داد که در هر سه مورد میانگین برآورد حجم گونه ممرز بالاتر از گونه خرمندی بوده است. همچنین میانگین برآورد تجدید حجم به ترتیب از حجم برآورد شده و حجم استحصال به شکل معنی‌داری بیشتر به دست آمد. بالاتر بودن میانگین حجم گونه ممرز به بیشتر بودن میانگین قطر و ارتفاع این گونه نسبت به گونه خرمندی مربوط می‌شود. همچنین، بالاتر بودن مقدار تجدید حجم از حجم برآورد شده به خطای برآورد ارتفاع و ضریب شکل گونه‌های مورد بررسی و پایین‌تر بودن حجم استحصال از تجدید حجم نیز به افت چوب در هنگام تبدیل گرده‌بینه مربوط می‌شود. قاسم‌پور و همکاران (۱۳۹۴) حجم چوب استحصال را نسبت به حجم برآورد شده و تجدید حجم کمتر محاسبه نمودند و دلیل آن را به افت چوب در اثر شکستگی، خوردشدگی، جدا شدگی ورقه‌ای و ترک چوب در هنگام تبدیل مربوط دانستند. همچنین مقایسه حجم برآورد شده، تجدید حجم و حجم استحصال بر حسب متر مکعب به تفکیک قطر درختان برای دو گونه ممرز و خرمندی نشان دهنده این است که در هر دو مورد با افزایش قطر درختان مقدار حجم برآورد شده به میزان محاسبه شده در تجدید حجم نزدیک شده است که با نتایج مطالعات گراسیموف و سلیورتوف[1](۲۰۱۰) مطابقت داشته و مؤید اثرگذاری ضریب شکل بر محاسبه حجم گونه‌های مورد بررسی است. همچنین، در این مطالعه میانگین افت حجمی گونه ممرز ۴۲ درصد و میانگین افت حجمی گونه خرمندی ۳۲ درصد محاسبه شد که این درصد افت با افزایش قطر افزایش یافته است. قربانی و جورغلامی[2](۱۳۹۲) نیز در مطالعه خود میزان افت چوب ممرز و کاهش ارزش آن طی تبدیل و بینه بری را ۴۰/۰۶ درصد برآورد نمودند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. افزایش درصد افت حجمی گونه‌های درختی در اثر عملیات استحصال با افزایش قطر در مطالعات بوستون و دیسارت[3](۲۰۰۰) نیز گزارش شده است.

نتایج بررسی زی‌توده درختان در مطالعه حاضر نشان دهنده افزایش نمایی زی‌توده درختان در اثر افزایش قطر می‌باشد که نشان دهنده اثرگذاری مستقیم قطر بر حجم درخت و افزایش زی‌توده آن است (سینگ و همکاران، ۲۰۱۱). علاوه بر این ضریب تعیین برای برآورد

[1] Gerasimov and Seliverstov
[2] Ghorbani and Jourgholami
[3] Boston and Dysart

زی‌توده گونه‌های مورد بررسی با معادلات آلومتریک به دست آمده بالاتر از ۰/۹ به دست آمد که نشان دهنده بالا بودن دقت معادلات نمایی استخراج شده در برآورد زی‌توده گونه‌های مورد بررسی می‌باشد. با توجه به نتایج مطالعه فانگ[1] و همکاران (۲۰۰۷) استخراج معادلات آلومتریک با ضریب تعیین بالاتر از ۰/۹ این امکان را فراهم می‌سازد که با دقت بالایی زی‌توده درختان جنگلی را برآورد نموده و از عملیات پرهزینه و مخرب قطع اجتناب نمود. علاوه بر این برآورد زی‌توده و اندوخته کربن گونه‌های مورد بررسی بر حسب تن در هکتار نشان دهنده بالاتر بودن زی‌توده و ترسیب کربن گونه ممرز نسبت به گونه خرمندی می‌باشد. بر اساس نتایج دو گونه مورد بررسی در مجموع ۶۰ تن در هکتار اندوخته کربن داشته‌اند. این بدین معنی است که با توجه به ضریب تبدیل اندوخته کربن به کربن ترسیب یافته (۳/۶۷) این دو گونه در طول حیات خود به تنهایی ۲۲۰ تن دی اکسید کربن را در هر هکتار از جنگل‌های منطقه مورد مطالعه ترسیب نموده‌اند که رقم قابل توجهی است و کمک شایانی به ترسیب کربن اتمسفری می‌نماید.

در مجموع نتایج مطالعه حاضر نشان دهنده کم‌برآورد بودن تعیین حجم درختان ممرز و خرمندی نسبت به تعیین دقیق حجم در فرآیند تجدید حجم می‌باشد. همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان دهنده افت حجمی بین ۲۹ تا ۴۲ درصدی درختان خرمندی و ممرز در حین عملیات استحصال می‌باشد که این میزان افت با افزایش قطر درختان افزایش می‌یابد. بنابراین توجه به افزایش دقت برش‌ها در تبدیل درختان قطور اهمیت بالایی دارد. علاوه بر این نتایج مطالعه حاضر نشان دهنده توان بالای گونه‌های مورد مطالعه در ایجاد زی‌توده روی زمینی و ترسیب کربن به میزان ۲۲۰ تن در هکتار در جنگل‌های آستارا است. و نهایتاً با توجه به بالا بودن دقت معادلات آلومتریک به دست آمده از تابع نمایی نیاز به قطع مجدد گونه‌های مورد مطالعه برای بررسی‌های مجدد از نظر زی‌توده وجود ندارد و پیشنهاد می‌شود از معادلات استخراج شده در این پژوهش به منظور استخراج زی‌توده درختان از متغیر مستقل قطر برابر سینه استفاده شود.

در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده افزایش افت چوب استحصالی با افزایش قطر درخت است. از این رو پیشنهاد می‌شود در مراحل تبدیل گرده‌بینه به قطعات کوچکتر چوب‌های قطور مورد توجه بیشتری قرار گیرد. همچنین معادلات آلومتریک مستخرج از پژوهش حاضر برای برآورد زی‌توده تنه درختان ممرز و خرمندی در مطالعات آتی بدون قطع درخت، قابلیت استفاده را خواهند داشت. علاوه بر این با اجرای مطالعات تکمیلی مشابه در نقاط مختلف جنگل‌های شمال امکان استخراج نقشه ترسیب کربن گونه‌های ممرز و انجیلی که بیش از یک سوم فراوانی کل گونه‌های شمال را تشکیل می‌دهند وجود خواهد داشت.

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات بی‌دریغ دکتر ابوذر حیدری صفری کوچی به دلیل همکاری در تحلیل نتایج پژوهش تقدیر به عمل می‌آید.

منابع

اسلام‌دوست، جمشید؛ سهرابی، هرمز؛ حسینی، سیدمحسن؛ مرادی، زهرا (۱۳۹۴). ارزیابی روش‌های مختلف تعیین ضریب شکل برای برآورد حجم درختان صنوبر و دارتالاب دست کاشت (منطقه کلوده- استان مازندران). *بوم شناسی کاربردی*، دوره ۴ (۱۲)، ۶۷-۷۶.

ایمانی پرکوهی، مهدی؛ حجتی، سیدمحمد؛ پورمجیدیان، محمدرضا؛ فلاح، اصغر؛ تفصیلی، محیا (۱۳۹۸). تاثیر سن توده روی ترسیب کربن تنه درختان افرا پلت، *دومین کنگره بین المللی توسعه کشاورزی و محیط زیست با تاکید بر برنامه توسعه ملل*،تهران.

بی‌نام (۱۳۸۷). آمار و اطلاعات سازمان جنگل ها مراتع و آبخیزداری کشور، معاونت مناطق مرطوب و نیمه مرطوب.

پارساپور، محمدکاظم؛ سهرابی، هرمز؛ سلطانی، علی؛ ایرانمنش، یعقوب (۱۳۹۲). روابط آلومتریک به‌منظور برآورد زیتوده چهار گونه صنوبر در استان چهارمحال و بختیاری. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۲۱(۳)، ۵۲۸-۵۱۷.

جور غلامی، مقداد؛ اقتصادی، علی؛ مجنونیان، باریس(۱۳۹۱). روش سنتی تبدیل چوب (الوارگیری) در جنگل؛ تولید، هزینه‌ها و افت آن (مطالعه موردی: بخش نمخانه. *پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۸* (۴)، ۱۱۱-۱۳۰.

حیدری صفری کوچی، ابوذر؛ رستمی شاهراجی، تیمور؛ ایران‌منش، یعقوب (۱۳۹۴). مقایسه تولید، بیوماس و نوع مصرف چوب صنوبر کبوده (*Populus alba*) در چهار فاصله کاشت. *جنگل ایران ۸*، (۲)، ۱۵۲-۱۴۱.

حیدری صفری کوچی، ابوذر (۱۳۹۷). *صنوبرکاری و نقش آن در ترسیب کربن*. رشت، انتشارات سپید رود گیلان.

حیدری صفری کوچی، ابوذر؛ ایران‌منش، یعقوب؛ رستمی شاهراجی، تیمور (۱۳۹۴). بررسی اندوخته کربن روی زمینی و خاک گونه کبوده (*Populus alba*) در چهارفاصله کاشت در استان چهارمحال و بختیاری. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران* ۲۴ (۲)، ۲۱۳-۲۰۰.

[1] Fang

رحمتی، حسن؛ رستمی شاهراجی، تیمور؛ صالحی، علی؛ حیدری صفری کوچی، ابوذر (۱۳۹۹). مقایسه وضعیت کمی و کیفی توده و خاک جنگل‌کاری‌های بلندمازو و کاج تدا در استان گیلان (مطالعه موردی؛ سری یک توتکی-حوضه ۲۵ شن‌رود). *بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۸* (۱۵)، ۱۰۴-۱۱۴.

زبیری، محمود (۱۳۸۸). آماربرداری در جنگل (اندازه‌گیری درخت و جنگل). تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

طاهری آبکنار، کامبیز؛ حیدری صفری کوچی، ابوذر؛ دهقان‌زاد، سلما؛ مستحسن‌پور، سمیه؛ مرادیان فرد، فرشته (۱۳۹۷). برآورد میزان کربن انتشار یافته از جنگلکاری‌های کاج تدا (*Pinus taeda* L.) در اثر آتش‌سوزی با استفاده از معادلات آلومتریک. *تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران،۱۶* (۱)، ۱۰۱-۸۸.

قاسم پور، معظمه؛ نیکویی، مهرداد؛ نقدی، رامین (۱۳۹۴). نقش کاهش افت چوب در مدیریت عملیات بهره برداری به منظور حفظ پایداری جنگل (مطالعه موردی:جنگل های حوزه آبخیز اسالم). *اولین همایش ملی محیط زیست طبیعی*، رشت.

قربانی، زهرا؛ جورغلامی، مقداد (۱۳۹۳). میزان افت چوب و کاهش ارزش آن طی عملیات قطع درخت و بینه بری (مطالعه موردی: درختان راش و ممرز جنگل خیرود). *نشریه جنگل و فرآورده های چوب، ۶۷* (۴)، ۶۴۵-۶۲۷.

قنبری مطلق، محدثه؛ بابایی کفاکی؛ ساسان؛ متاجی، اسداله؛ اخوان، رضا (۱۳۹۹). برآورد بیوماس روزمینی جنگل در جنگل های هیرکانی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۲ (۵): ۱۳-۱.

کیوان بهجو، فرشاد؛ مجنونیان، باریس؛ نمیرانیان، منوچهر؛ سعید، ارسطو؛ فقهی، جهانگیر (۱۳۸۹). بررسی و تعیین افت حجمی و ریالی چوب در عملیات بهره برداری جنگل (بررسی موردی: جنگل های چفرود گیلان). *جنگل و فرآورده‌های چوب*، ۲ (۳)، ۱۲-۱.

موسوی میرکلا، سید رستم؛ نیکوی، مهرداد؛ نقدی، رامین؛ غزنوی، نسرین؛ کرم‌زاده، سرخوش (۱۳۹۳). مطالعه تولید و هزینه خروج چوب با قاطر در جنگل‌های حوزه آستارا. *پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۲۴ (۱)، ۱۷۴-۱۶۱.

واحدی، علی اصغر؛ متاجی، اسداله؛ بابایی کفاکی، ساسان؛ اسحاقی‌راد، جواد؛ حجتی، سیدمحمد (۱۳۹۲). مدل‌سازی زی‌تودهٔ تنهٔ گونهٔ راش (*Fagus orientalis* Lipsky) با استفاده از معادلات آلومتریک در جنگل‌های هیرکانی. *مجله جنگل ایران*، ۵ (۳)، ۳۳۲-۳۲۹.

Ampoorter, E., Goris, R., Cornelis, W.M., & Verheyen, K. (2007). Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. Forest Ecology and Management, 241(1), 162-174.

Boston, k., & Dysart, G. (2000). A comparison of felling techniques on sump height and log damage with economic interpretations. Western Journal of Applied Forestry, 15(3), 59-61.

Bragg, D.C. (2011). Modeling Loblolly Pine Aboveground Live Biomass in a Mature Pine-hardwood Stand: A Cautionary Tale. Journal of the Arkansas Academy of Science, 65, 31-38.

Chaturvedi, R.A., & Raghubanshi. A. (2013). Aboveground biomass estimation of small diameter woody species of tropical dry forest. New Forests, 44: 509-519.

Fang, S., Xue, J., & Tang, A. (2007). Biomass produc-tion and carbon sequestration potential in poplar plantations with different man-agement patterns. Journal of Environmen-tal Management, 85: 672 - 679.

Gerasimov, Y., & Seliverstov, A. (2010). Industrial Round-Wood Losses Associated with Harvesting Systems in Russia. Croatian Journal of Forest Engineering, 31(2), 111–126.

Karki, H., Bargali, K., Bargali, S., Vibhuti S & Rawat, Y.S. (2017). Plant diversity, regeneration status and standing biomass under varied degree of disturbances in temperate mixed oak-conifer forest, Kumaun Himalaya, International Journal of Ecology and Environmental Sciences. 43 (4), 331-345.

Heidari Safari Kouchi, A., Rostami Shahraji, T., & Iran Manesh, Y. (2015). Comparison of allometric equations to estimate the above-ground biomass of species (Case study; poplar plantations in Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences, 13 (3), 237-246.

Iranmanesh, Y., Sohrabi, H., Sagheb-Talebi, KH., Hosseini., S.M., & Heidari Safari Kouchi, A. (2019). Biomass, Biomass Expansion Factor (BEF) and Carbon Stock for Brant's Oak (*Quercus brantii* Lindl.) Forests in West-Iran. Annals of Silvicultural Research, 43 (1), 15-22.

Kr Joshi, R., & Dhyani, Sh. (2019). Biomass, carbon density and diversity of tree species in tropical dry deciduous forests in Central India. Acta Ecologica Sinica, 39, 289-299.

Mederski, P.S., Bembenek, M., Jorn, E., Dieter, D.F., & Karaszewski, Z. (2010). The enhancement of skidding productivity resulting from changes in construction: grapple skidder vs. rope skidder. In Proceedings of FORMEC 2010, Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment, Padova, 11–14. July 2010. Padova, Formec: 1–7.

Oliveira, N., Rodríguez-Soalleiro, R., Pérez-Cruzado, C., Cañellas, I., Sixto H., & Ceulemans, R. (2018). Above- and below-ground carbon accumulation and biomass allocation in poplar short rotation. plantations under Mediterranean conditions. Forest Ecology and Management, 428, 57-65.

Singh, V., Tewari, A., Kushwaha, S.P.S. & Dadhwal, V.K. (2011). Formulating allometric equations for estimating biomass and carbon stock in small diameter trees. Forest Ecology and Management, 261, 1945-1949.

Tol, R.S.T. (2008). The social cost of carbon: trends, outliers and catastrophes. Economics: The Open Access, Open-Assessment E-Journal, 25 (2), 1-21.