پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۹، شماره ۲، صفحه ۲۰۴-۱۸۹، (۱۴۰۲)

DOI: 10.30466/jfrd.2023.54505.1648
DOR: 20.1001.1.24763551.1402.9.2.4.1

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر جوامع گیاهی جنگل آموزشی-پژوهشی دارابکلا بر ذخیره کربن در خاک و زی‌توده روزمینی

علی بالویی[۱]، سیدمحمد حجتی*[۲]، حامد اسدی[۳] و مریم اسدیان[٤]

۱- کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (ali.baluee@gmail.com)
۲- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (s_m_hodjati@yahoo.com)
۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (h.asadi@sanru.ac.ir)
٤- دکتری علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری ، ایران. (Maryam.asadiyan23@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۱۱/۰٤

چکیده

در این پژوهش به بررسی تأثیر جوامع گیاهی جنگل دارابکلا بر ذخیره کربن زی‌توده روزمینی و خاک پرداخته شده و پنج جامعه گیاهی طبیعی انجیلی-ممرزستان، آزاد-بلوطستان، تاج‌ریزی جنگلی-راشستان، افرا پلت-انجیلیستان، فرفیون جنگلی-راشستان و یک توده جنگلکاری افرا پلت مقایسه شدند. نمونه‌برداری به روش آماربرداری منظم تصادفی با ابعاد شبکه ٤۰۰×٤۰۰ متر انجام شد. پس از حذف نقاط حاشیه‌ای، نمونه خاک از مرکز ۱٦۳ قطعه‌نمونه به ابعاد ۲۰×۲۰ متر برداشت شد. نتایج آزمون‌های تجزیه واریانس، مقایسه میانگین و تجزیه مولفه‌های اصلی نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم خاک در توده جنگلکاری (۱۸/۹۷ ± ۳۳٦/۹٦) و کمترین آن در جامعه تاج‌ریزی جنگلی-راشستان (۱۰/۷۵ ± ۱٦۰/۲۵) مشاهده شد. مشخصه فسفر خاک دارای بیشترین مقدار در جامعه افرا پلت-انجیلیستان (۰/۵۵ ± ٤/٦۵) و کمترین مقدار در جامعه تاج‌ریزی جنگلی-راشستان (۰/۱٤ ± ۱/۹۵) بود. جامعه افرا پلت-انجیلیستان (۲/۰۸ ± ۳٤/۸۰ درصد) و تاج‌ریزی جنگلی-راشستان (۱/۲۲ ± ۲۲/۷۳) به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد رطوبت را داشتند. با این وجود، جوامع مختلف تأثیر معنی‌داری بر ذخیره کربن و درصد شن خاک نداشتند. جامعه آزاد-بلوطستان (۲۳/۳۳ ± ۲٤۲/۸۲) بالاترین و توده جنگلکاری (۵/۵۵ ± ۵٤/۷۸) کمترین ذخیره کربن زی‌توده را داشتند.

واژه‌های کلیدی: جنگلکاری، جامعه گیاهی، جنگل طبیعی، ترسیب کربن، جنگل هیرکانی

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۷٤۳٤۹۱۰

مقدمه

امروزه انتشار دی‌اکسیدکربن به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین علل تغییرات اقلیمی کره زمین شناخته می‌شود (Hobbs and Goovaerts, 2010). مؤثرترین راهکار برای کاهش تهدید تغییر اقلیم، کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری است. هم‌اکنون مناسب‌ترین روش کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن جو، ترسیب کربن در زی‌توده گیاهی (Pan et al., 2011; Hojjati et al., 2022) و خاک با استفاده از سیستم گیاه–خاک (Plant-Soil System) است که در آن امکان دسترسی و دخالت بشر نیز به‌خوبی مهیا بوده و بهترین بستر برای این سیستم، جنگل‌ها هستند (Hojjati et al., 2022).

در بوم‌سازگان جنگل، بیشترین مقدار ترسیب کربن در وهله اول در خاک جنگل اتفاق می‌افتد. بر طبق آمار Pan et al. (2011) ، ٤٤ درصد از کربن ذخیره شده در جنگل‌های جهان در یک متر اول خاک وجود دارد. علاوه بر آن، خاک جنگل با تأثیر بر جوامع گیاهی مستقر، به‌صورت غیرمستقیم بر دیگر مخازن کربن بوم–سازگان جنگلی نیز اثرگذار است (Kooch et al., 2015). این تأثیر متقابل بوده و نوع پوشش گیاهی با تغییر مقدار، الگو و ترکیب لاشه‌ریزه‌ها که در بسیاری از پژوهش‌ها، مهم‌ترین مسیر ورود کربن به خاک شناخته می‌شوند (Swangjang, 2015)، ذخیره کربن خاک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tarighat and Kooch, 2017).

تنوع پوشش و جوامع گیاهی علاوه بر تأثیر غیرمستقیم بر ذخیره کربن خاک، می‌تواند بر مقدار زی‌توده جنگل که دومین منبع بزرگ ذخیره کربن اکوسیستم جنگل محسوب می‌شود (Pan et al., 2011) نیز اثرگذار باشد (Piao et al., 2015; Dai et al., 2016). کربن ترسیب‌یافته در زی‌توده جنگل امروزه یکی از مهم‌ترین موارد در مبحث گرمایش جهانی است (Schimel et al., 2001; Pan et al., 2011) که به‌طور معمول مقدار آن با تغییر گونه، سن و حجم توده جنگلی، در ارتباط است (Stephenson et al., 2014). در این بین عوامل محیطی که بر افزایش رویش جنگل مؤثرند، مانند تغییر اقلیم و به‌دنبال آن افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری، به‌عنوان عوامل اصلی تجمع کربن در زی‌توده جنگل مطرح هستند (Asadian et al., 2022). برای مثال پژوهش‌های متعددی نشان دادند که تغییر اقلیم تأثیر معنی‌داری بر ذخیره کربن زی‌توده در مناطق مختلف دارد (McMahon et al., 2010; Peng et al., 2013; Bennett et al., 2015). گرمایش کره زمین، با افزایش دما منجر به افزایش طول دوره رشد می‌شود. همچنین با افزایش غلظت دی اکسید کربن اتمسفری، سرعت رشد درختان را نیز افزایش می‌دهد (McMahon et al., 2010). یکی از عواملی که بر زی‌توده روزمینی اثرگذار است، منشأ طبیعی یا دست‌کاشت‌بودن جنگل است (Baishya et al., 2009). سالانه شش الی ۱۳ میلیون هکتار جنگل طبیعی در سطح دنیا ازبین می‌روند که اغلب با جنگلکاری جایگزین می‌شوند (FAO, 2005). از این‌رو، تأثیر این جایگزینی بر مقدار زی‌توده روزمینی و به‌تبع آن ظرفیت ذخیره کربن اکوسیستم حائز اهمیت است، چرا که این موضوع ارتباط مهمی با تغییرات اقلیم کره زمین دارد.

Mirdarharijani et al. (2021) در پژوهش خود نشان دادند که کربن آلی خاک تحت تأثیر پوشش گیاهی قرار دارد. در این پژوهش نشان داده شد که پوشش راش تأثیر بیشتری بر ذخیره کربن نسبت به توده ممرز داشته است. Alazmani et al. (2021) نیز تأثیر سن توده جنگلی را بر ترسیب کربن خاک مهم برشمردند. به‌طوری که با افزایش سن توده، ترسیب کربن نیز افزایش می‌یابد. Jana et al. (2009) به بررسی تأثیر انواع گونهٔ گیاهی بر کربن ذخیره شده در زی‌توده

روزمینی پرداختند. نتیجهٔ پژوهش آن‌ها این بود که نوع گونه تأثیر مستقیم بر ذخیره کربن و سرعت ترسیب کربن در زی‌توده روزمینی دارد.

با توجه به مطالب ذکرشده، ذخیره کربن در خاک و زی‌توده روزمینی جنگل، برای رسیدن به نقش مثبت جنگل در کاهش تغییرات اقلیمی ضروری است. این پژوهش برای بررسی تغییرات ذخیره کربن زی‌توده و خاک در جوامع مختلف گیاهی، در جنگل آموزشی و پژوهشی دارابکلا و عوامل مؤثر بر آن انجام شد. فهم این موضوع که درمیان جوامع گیاهی طبیعی، چه مشخصه‌هایی مهم‌ترین عامل ایجاد تفاوت میان جوامع هستند از دیگر اهداف این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی این پژوهش، جنگل آموزشی-پژوهشی دارابکلا واقع در محدوده طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ١٤ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۳۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ٣٦ درجه و ۲۸ دقیقه و ٣٦ درجه و ۳۳ دقیقه، به مساحت ٢٦١٢ هکتار است. کمینه ارتفاع منطقه ۱۷۸ و بیشینه ارتفاع ۸۷۸ متر از سطح دریا است. جهت عمومی شیب در جنگل دارابکلا شمالی و شمال غربی و مقدار شیب حدود ٤٠ درصد است. درجه حرارت در فصول مختلف سال متغیر و در روزهای گرم ماه‌های تیر و مرداد، ماکزیمم مطلق درجه حرارت به ۲۸ درجه سانتی‌گراد و در روزهای سرد ماه‌های دی و بهمن به صفر تا سه درجه سانتی‌گراد زیر صفر می‌رسد. میانگین بارندگی به مقدار ۷۰۰-۷۵۰ میلی‌متر در سال برآورد شد (Asadi et al., 2021).

بر طبق نتایج پژوهش Asadi et al., (2021)، جنگل دارابکلا دارای پنج جامعه گیاهی طبیعی انجیلی-ممرزستان (*Parrotio persicae-Carpinetum betuli*)، آزاد-بلوطستان (*Zelkovo carpinifoliae-Quercetum castaneifoliae*)، تاج‌ریزی جنگلی-راشستان (*Solano kieseritzkii-Parrotietum persicae*)، افرا پلت-انجیلیستان (*Aceri velutinid-Parrotietum persicae*) و فرفیون جنگلی-راشستان (*Euphorbio amygdaloidea-Fagetum orientale*) است. همچنین یک منطقه جنگلکاری افرا (*Acer velutinum*) به سن ۳۰ سال نیز در عرصه مورد پژوهش وجود دارد که همراه با جوامع طبیعی مورد بررسی قرار خواهد گرفت (جدول ۱). برای بررسی تأثیر جوامع گیاهی، شبکه آماربرداری به‌صورت تصادفی سیستماتیک و ابعاد شبکه ٤٠٠ در ٤٠٠ متر پیاده‌سازی شده است و بعد از حذف نقاط حاشیه‌ای، ١٦٣ قطعه‌نمونه به ابعاد ٤٠٠ مترمربع (٢٠ × ٢٠ متر) درنظر گرفته شد. در هر قطعه‌نمونه، قطر برابر سینه درختان با استفاده از خط‌کش دو بازو با دقت سانتی‌متر و ارتفاع درختان با استفاده از شیب‌سنج سونتو اندازه‌گیری شد. سپس حجم درختان با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Zobeiry, 2012):

$$V = \frac{\pi}{4} \times d_{1.3}^2 \times h \times f \qquad \text{رابطهٔ (۱)}$$

در این رابطه، V: حجم درخت (مترمکعب)، $d_{1.3}$: قطر برابر سینه درخت (متر)، h: ارتفاع درخت (متر) و f: ضریب شکل تنه است که در رابطه فوق ضریب شکل تنه برابر ۰/۵۰ درنظر گرفته شد (Zobeiry, 2012). سپس با ضرب حجم در چگالی هر گونه، زی‌توده درختی محاسبه می‌شود. به‌منظور محاسبه ذخیره کربن، زی‌توده روزمینی در عدد ۰/۵۰ ضرب می‌شود (Riazi and Shakouri, 2008).

برای نمونه‌برداری از خاک در مرکز هر قطعه‌نمونه، یک نمونه از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری با استفاده از بیلچه برداشت شد. نمونه‌ها پس از برداشت، درون کیسه پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شدند و درصد رطوبت نسبی به روش توزین و خشک‌کردن (Jafari Haghighi, 2003)، چگالی ظاهری به روش کلوخه

(Clod method)، بافت خاک به روش هیدرومتری، اسیدیته با دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی پس از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه مخصوص اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC متر)، پتاسیم قابل جذب نیز پس از عصاره‌گیری با محلول استات آمونیوم و با دستگاه فلیم فتومتر، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن و با دستگاه اسپکتروفتومتر، کربن آلی به روش والکی–بلاک و نیتروژن کل به روش کجلدال (Jafari Haghighi, 2003) اندازه‌گیری شدند. مقدار ذخیره کربن خاک نیز ($Mg\ ha^{-1}$) با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (Razakamanarivo et al., 2011):

$$C_s = BD_i \times OC \times t_i \quad \text{رابطهٔ (۲)}$$

در این رابطه، C_s: ذخیره کربن خاک (میلی‌گرم بر هکتار)، BD_i: چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، OC: کربن (درصد) و t_i: ضخامت لایه خاک (سانتی‌متر) است.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو–ویلک، از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای بررسی اختلاف معنی‌دار بین تیمارها استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون Tukey HSD انجام شد. تمام آنالیزهای آماری نیز در محیط نرم‌افزاری R Studio (ver. 4.1.2) انجام شد. همچنین، نشان دادن اختلاف میان جوامع مورد بررسی با توجه به ویژگی‌های خاک و ذخیره کربن زی‌توده روزمینی با استفاده از تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA)، در محیط نرم‌افزاری R و به‌وسیله پکیج‌های vegan و BiodiversityR انجام شد.

جدول ۱– جوامع گیاهی طبیعی مورد بررسی (Asadi et al., 2021)

Table 1. Study natural plant communities (Asadi et al., 2021)

جامعه گیاهی Plant community	گونه/گونه‌های غالب Dominant specie/species	جهت Aspect	بازه و (میانگین) شیب (درصد) Range (mean) of slope (%)	درصد پوشش Coverage (%)	ارتفاع از سطح دریا (متر) Height above sea level (m)
انجیلی–ممرزستان *Parrotio persicae-Carpinetum betuli*	*Carpinus betulus - Prarrotica persica*	جنوب – غرب South - West	4 - 25 (25)	49	194 - 524
آزاد–بلوطستان *Zelkovo carpinifoliae-Quercetum castaneifoliae*	*Quercus castaneifolia*	جنوب – غرب South - West	9 - 65 (26)	35	201 - 575
	Zelkova carpinifolia			18	
	Carpinus betulus			31	
	Fagus orientalis			30	
تاج‌ریزی جنگلی–راشستان *Solano kieseritzkii-Fagetum orientalis*	*Fagus orientalis*	شمال – غرب North - West	6 - 60 (29)	68	280 - 860

ادامهٔ جدول ۱.

Continued table 1.

جامعه گیاهی Plant community	گونه/گونه‌های غالب Dominant specie/species	جهت Aspect	بازه و (میانگین) شیب (درصد) Range (mean) of slope (%)	درصد پوشش Coverage (%)	ارتفاع از سطح دریا (متر) Height above sea level (m)
افرا پلت-انجیلیستان *Aceri velutinid-Parrotietum persicae*	*Carpinus betulus* *Parrotica persica* *Acer velutinum*	جنوب - غرب South - West	2 - 65 (25)	46 44 32	276 - 615
فرفیون جنگلی-راشستان *Euphorbio amygdaloidea-Fagetum orientale*	*Fagus orientalis*	جنوب - شرق South - East	5 - 60 (25)	40	343 - 718

نتایج

نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار درصد رطوبت خاک، به‌ترتیب در جوامع افرا پلت-انجیلیستان و تاج‌ریزی جنگلی-راشستان مشاهده شده و میان جوامع انجیلی-ممرزستان، آزاد-بلوطستان اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). درمورد مقایسه اجزای بافت خاک، بیشترین درصد رس در جامعه تاج‌ریزی جنگلی-راشستان و کمترین مقدار آن در جامعه فرفیون جنگلی-راشستان مشاهده شد. درصد رس در بین دیگر جوامع دارای اختلاف معنی‌داری نبوده است. درمورد درصد سیلت، بیشترین مقدار آن مربوط به جوامع جنگلکاری افرا، تاج‌ریزی جنگلی-راشستان و فرفیون جنگلی-راشستان بوده و کمترین مقادیر مربوط به جوامع انجیلی-ممرزستان، آزاد-بلوطستان و افرا پلت-انجیلیستان است. اما درمورد درصد شن خاک، میان جوامع مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین مقدار چگالی ظاهری در جامعه افرا پلت-انجیلیستان و کمترین مقدار آن در آزاد-بلوطستان مشاهده شده و میان دیگر جوامع اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین مقدار ازت خاک در جوامع انجیلی-ممرزستان و افرا پلت-انجیلیستان مشاهده شده و کمترین مقدار آن در جامعه تاج‌ریزی جنگلی-راشستان اندازه‌گیری شد. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که توده جنگلکاری و تاج‌ریزی جنگلی-راشستان به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار پتاسیم خاک را در میان جوامع مورد بررسی به-خود اختصاص داد. بیشترین و کمترین مقدار فسفر خاک نیز به‌ترتیب در جوامع افرا پلت-انجیلیستان و تاج‌ریزی جنگلی-راشستان مشاهده شد. بالاترین مقدار واکنش خاک در جوامع جنگلکاری افرا و آزاد-بلوطستان، و کمترین مقدار در جامعه تاج‌ریزی جنگلی-راشستان مشاهده شد. میان دیگر جوامع اختلافی از نظر مقدار واکنش خاک مشاهده نشد. بیشترین مقدار هدایت الکتریکی نیز مربوط به جوامع جنگلکاری، انجیلی-ممرزستان و افرا پلت-انجیلیستان بوده و کمترین مقدار مربوط به جامعه تاج‌ریزی جنگلی-راشستان است. میان جوامع آزاد-بلوطستان و فرفیون جنگلی-راشستان اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج حاکی از آن بوده است که مشخصه ذخیره کربن خاک در بین جوامع مختلف مورد بررسی دارای تفاوت معنی داری نبود (شکل ۱).

جدول ۲- مقایسه میانگین ± اشتباه معیار خصوصیات خاک در جوامع مورد بررسی

Table 2. Comparison of mean ± standard error of soil characteristics in study communities

F	فرفیون جنگلی-راشستان *Euphorbio amygdaloidae-Fagetum orientale*	افرا پلت-انجیلیستان *Aceri velutinid-Parrotietum persicae*	تاج‌ریزی جنگلی-راشستان *Solano kieseritzkii-Fagetum orientalis*	آزاد-بلوطستان *Zelkovo carpinifoliae-Quercetum castaneifoliae*	انجیلی-ممرزستان *Parrotio persicae-Carpinetum betuli*	جنگلکاری افرا Maple plantation	
11.43 **	27.51 ± 1.60 bc	34.80 ± 2.08 a	22.73 ± 1.22 c	32.24 ± 1.38 ab	33.18 ± 0.95 ab	26.49 ± 0.86 c	رطوبت (درصد) Moisture (%)
2.81 *	22.31 ± 0.67 b	25.85 ± 1.46 ab	26.61 ± 0.88 a	25.82 ± 1.09 ab	24.02 ± 1.41 ab	25.41 ± 0.64 ab	رس (درصد) Clay (%)
9.39 **	41.83 ± 0.80 a	36.27 ± 0.67 b	41.08 ± 0.42 a	37.97 ± 0.98 b	37.86 ± 1.05 b	41.60 ± 0.58 a	سیلت (درصد) Silt (%)
2.63 *	34.26 ± 1.02 a	36.98 ± 1.68 a	32.14 ± 0.93 a	35.51 ± 1.51 a	35.68 ± 1.27 a	32.65 ± 0.74 a	شن (درصد) Sand (%)
2.91 *	1.69 ± 0.03 ab	1.78 ± 0.03 a	1.71 ± 0.02 ab	1.63 ± 0.02 b	1.74 ± 0.05 ab	1.72 ± 0.03 ab	چگالی ظاهری Bulk density (g cm^{-3})
21.49 **	3.29 ± 0.09 c	4.09 ± 0.24 a	2.60 ± 0.10 d	3.36 ± 0.12 bc	4.27 ± 0.21 a	3.86 ± 0.13 ab	نیتروژن کل (درصد) Nitrogen (%)
8.08 **	215.13 ± 14.78 cd	328.79 ± 28.06 ab	160.25 ± 10.75 d	260.81 ± 22.51 bc	316.23 ± 27.83 ab	336.96 ± 18.97 a	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potassium (mg kg^{-1})
16.46 **	2.81 ± 0.35 bc	4.65 ± 0.55 a	1.95 ± 0.14 c	3.74 ± 0.34 ab	3.79 ± 0.52 ab	3.41 ± 0.32 ab	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus (mg kg^{-1})
1.57 ns	1.64 ± 0.09 a	1.89 ± 0.18 a	1.57 ± 0.09 a	1.86 ± 0.12 a	1.78 ± 0.13 a	1.82 ± 0.06 a	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
4.73 **	6.37 ± 0.05 ab	6.39 ± 0.06 ab	6.20 ± 0.03 b	6.44 ± 0.06 a	6.38 ± 0.08 ab	6.44 ± 0.32 a	اسیدیته pH
5.25 **	0.43 ± 0.02 ab	0.47 ± 0.02 a	0.40 ± 0.01 b	0.44 ± 0.02 ab	0.47 ± 0.02 a	0.47 ± 0.01 a	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dc m^{-1})
2.06 ns	55.16 ± 3.28 a	66.99 ± 6.17 a	53.34 ± 2.79 a	60.03 ± 3.90 a	60.63 ± 3.81 a	62.07 ± 1.73 a	ذخیره کربن (مگاگرم بر هکتار) Carbon stock (Mg ha^{-1})

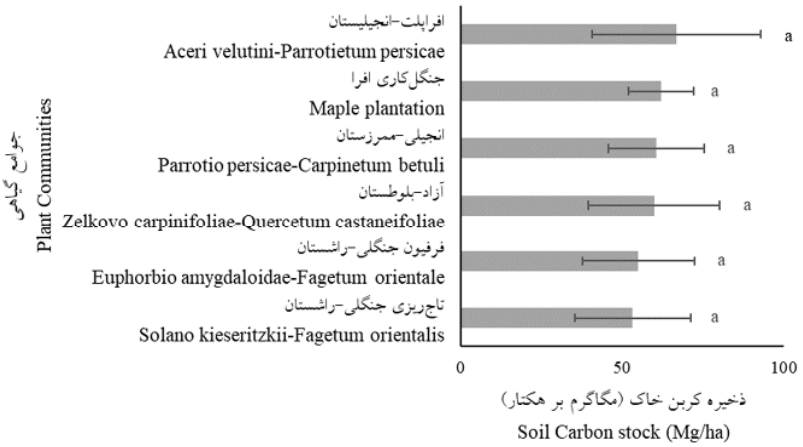
حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت در میانگین‌ها در سطح اطمینان ۵ درصد است - ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، *: اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۰/۰۵، **: اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۰/۰۱

Different letters indicate difference between means in 0.05 of significance level - ns: Non-significant, *: Difference in 0.05 of significance level, **: Difference in 0.01 of significance level.

بیشترین تعداد در هکتار را جوامع آزاد-بلوطستان و افرا پلت-انجیلیستان به‌خود اختصاص دادند (جدول ۳). کمترین تعداد در هکتار نیز مربوط به جامعه تاج‌ریزی جنگلی-راشستان است. میان جوامع جنگلکاری، انجیلی-ممرزستان و فرفیون جنگلی-راشستان اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین میانگین قطر مربوط به جوامع انجیلی-ممرزستان، تاج‌ریزی جنگلی-راشستان و فرفیون جنگلی-راشستان است، که در این میان، بیشترین مقدار عددی مربوط به جامعه فرفیون جنگلی-راشستان است. توده جنگلکاری کمترین مقدار میانگین قطر را داراست و میان جوامع آزاد-بلوطستان و افرا پلت-انجیلیستان، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. از میان جوامع مورد بررسی، جامعه تاج‌ریزی جنگلی-راشستان و جنگلکاری، به‌ترتیب بیشترین و کمترین سطح مقطع در هکتار را دارا بوده و میان دیگر جوامع اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود ندارد. بیشترین و کمترین مقدار ذخیره کربن زی‌توده روزمینی مربوط به جوامع آزاد-بلوطستان و جنگلکاری افرا است. جامعه تاج‌ریزی جنگلی-راشستان بعد از آزاد-بلوطستان، بیشترین ذخیره کربن زی‌توده روزمینی را دارا است (شکل ۲).

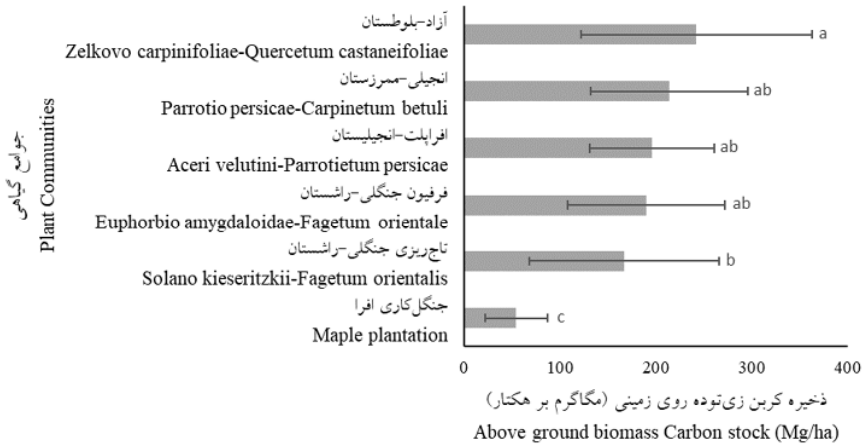
نتایج رسته‌بندی PCA براساس کلیه متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک و ذخیره کربن زی‌توده روزمینی جوامع گیاهی جنگل دارابکلا در شکل ۳ ارائه شده است. نمودار رسته‌بندی نشان می‌دهد که توده جنگلکاری به‌خوبی از دیگر جوامع قابل تفکیک است. این درحالی است که جوامع افرا پلت-انجیلیستان، انجیلی-ممرزستان و آزاد-بلوطستان چندان از یکدیگر قابل تفکیک نبوده و از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نیز باهم اختلاف چندانی ندارند. جوامع تاج‌ریزی جنگلی-راشستان و فرفیون جنگلی-راشستان نیز عملکرد متفاوتی از خود نشان داده و تا حدود زیادی قابل تفکیک از دیگر جوامع مورد بررسی بودند.

همچنین نتایج همبستگی میان محورهای اول تا سوم PCA با متغیرهای خاکی و ذخیره کربن زی‌توده روزمینی نشان می‌دهد که به‌ترتیب مشخصه‌های ذخیره کربن زی‌توده روزمینی، پتاسیم خاک، فسفر خاک و رطوبت خاک مهم‌ترین مشخصه‌های در تفکیک جوامع مورد بررسی در این پژوهش بودند (جدول ٤).



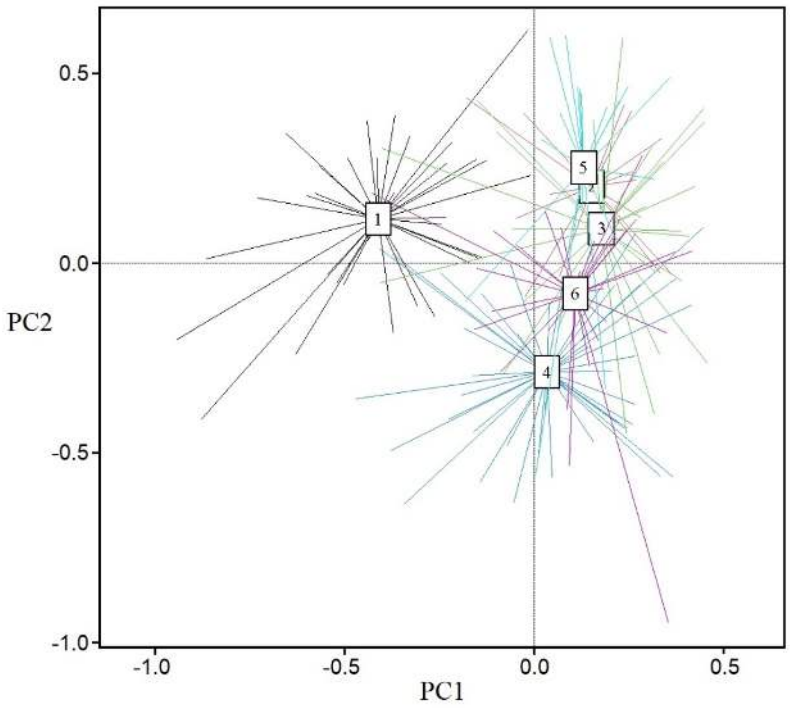
شکل ۱- تغییرات میانگین کربن ذخیره یافته در خاک ± انحراف معیار در میان جوامع مورد بررسی، به‌همراه نتیجهٔ گروه‌بندی آزمون توکی

Figure 1. Changes in average stored Carbon in soil ± standard deviation in study communities, with the results of Tukey test.



شکل ۲ – تغییرات میانگین کربن ذخیره یافته در زی‌توده روزمینی ± انحراف معیار در میان جوامع مورد بررسی، به‌همراه نتیجهٔ گروه‌بندی آزمون توکی

Figure 2. Changes in average stored Carbon in AGB ± standard deviation in study communities, with the results of Tukey test.



شکل ۳ – رسته‌بندی تحلیل PCA بر اساس خصوصیات خاکی و زی‌توده روزمینی جوامع مورد بررسی. کد یک: جنگلکاری افرا، کد دو: انجیلی-ممرزستان، کد سه: آزاد-بلوطستان، کد چهار: تاج‌ریزی جنگلی-راشستان، کد پنج: افرا پلت-انجیلیستان، کد شش: فرفیون جنگلی-راشستان

Figure 3. PCA analysis based on the soil characteristics and above ground biomass in study communities. Code 1: Maple plantation, Code 2: *Parrotio persicae-Carpinetum betulu*, Code 3: *Zelkovo carpinifoliae-Quercetum castaneifoliae*, Code 4: *Solano kieseritzkii-Fagetum orientalis*, Code 5: *Aceri velutini-Parrotietum persicae*, Code 6: *Euphorbio amygdaloidea-Fagetum orientale*

جدول ۳ – میانگین ± اشتباه معیار تعداد در هکتار، قطر برابر سینه، سطح مقطع در هکتار و کربن زی‌توده روزمینی در جوامع مورد بررسی

Table 3 - Mean ± standard error of number per hectare, DBH, basal area per hectare and above ground biomass Carbon in study communities

F	فرفیون جنگلی–راشستان *Euphorbio amygdaloidae-Fagetum orientale*	افرا پلت–انجیلستان *Aceri velutinid-Parrotietum persicae*	تاج‌ریزی جنگلی–راشستان *Solano kieseritzkii-Fagetum orientalis*	آزاد–بلوطستان *Zelkovo carpinifoliae-Quercetum castaneifoliae*	انجیلی–ممرزستان *Parrotio persicae-Carpinetum betuli*	جنگلکاری افرا Maple plantation	
5.08 **	376.79 ± 28.61 ab	422.40 ± 45.73 a	275.90 ± 16.35 b	455.27 ± 32.76 a	370.00 ± 34.52 ab	378.68 ± 31.08 ab	تعداد در هکتار Number per hectare
5.14 **	33.73 ± 2.25 a	30.73 ± 2.13 ab	32.34 ± 1.44 a	28.83 ± 2.41 ab	32.69 ± 2.76 a	22.46 ± 1.39 b	قطر برابرسینه (سانتی‌متر بر هکتار) DBH (cm ha^{-1})
2.23 **	37.12 ± 3.87 ab	40.83 ± 4.76 ab	42.15 ± 2.52 a	39.56 ± 4.71 ab	37.89 ± 3.58 ab	28.32 ± 3.04 b	سطح مقطع (مترمربع بر هکتار) Basal area (m^2 ha^{-1})
17.70 **	190.90 ± 15.50 ab	196.54 ± 15.28 ab	167.61 ± 15.44 b	242.82 ± 23.33 a	214.64 ± 21.22 ab	54.78 ± 5.55 c	کربن زی‌توده روزمینی (مگاگرم بر هکتار) Above ground biomass carbon (Mg ha^{-1})

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت در میانگین‌ها در سطح اطمینان ۵ درصد با استفاده از آزمون HSD است – *: اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۵ درصد، **: اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۱ درصد

Different letters indicate difference between means in 5 per cent of significance level using HSD test - *: Difference in 5 per cent of significance level, **: Difference in 1 per cent of significance level

جدول ٤ – همبستگی بین محورهای PCA مشخصه‌های خاکی و کربن زی‌توده روزمینی جوامع مورد بررسی

Table 4. Correlation between PCA axes of soil characteristics and above ground biomass carbon of study communities

محور سوم Third axis	محور دوم Second axis	محور اول First axis	مشخصه‌ها Factors
-0.01	0.01	0.01	چگالی ظاهری Bulk density
0.40	0.20	0.02	کربن Carbon
-0.01	0.05	0.01	هدایت الکتریکی EC
0.01	0.01	0.01	اسیدیته pH
-0.23	**0.34**	0.08	رطوبت Moisture
-0.02	0.06	0.01	رس Clay
-0.01	0.11	0.01	شن Sand
0.04	0.06	0.01	سیلت Silt
-0.52	**0.73**	0.11	پتاسیم Potassium
0.71	**0.54**	0.02	فسفر Phosphorus
-0.01	0.03	0.00	نیتروژن Nitrogen
-0.05	0.05	**0.99**	کربن زی‌توده روزمینی Above ground biomass Carbon
0.16	0.38	0.64	مقادیر ویژه Eigenvalues
11.06	26.52	44.63	درصد تبیین واریانس Percentage of variance determination
82.21	71.14	44.63	درصد تجمعی تبیین واریانس Cumulative percentage of variance determination
13.36	17.53	25.86	درصد آماره Broken-stick Broken-stick statistic percentage

اعداد برجسته‌شده مشخصه‌های هر جامعه، برای محورهایی است که درصد تبیین واریانس آن‌ها از آماره Broken-stick بیشتر بوده و مقادیر همبستگی آن‌ها بالای ۰/۳۰ است. این موردها به‌عنوان عامل‌هایی که بیشترین اثر را در تبیین واریانس داده‌ها داشتند معرفی شدند.

Bold numbers are each community factors, for axes in which percentage of variance determination is higher than the Broken-stick statistics, and their correlation values are higher than 0.30. These factors are declared as the ones with the highest effect in variance determination of the data.

بحث

ذخیره کربن به‌عنوان یکی از شاخص‌های بسیار مهم گرمایش جهانی است که به‌شدت تحت تأثیر نوع گونهٔ درختی قرار دارد (Barre et al., 2017). خاک به‌عنوان

مهم‌ترین منبع ذخیره کربن و زی‌توده رو و زیرزمینی به‌عنوان دومین منبع مهم ذخیره کربن بوم‌سازگان‌های زمینی شناخته می‌شوند (Pan et al., 2011). بنابراین، شناخت اثر جوامع گیاهی طبیعی که اجزای تشکیل دهنده جنگل طبیعی به‌شمار می‌آیند، بر این دو مشخصه مهم بسیار حائز اهمیت است. بر اساس نتایج این پژوهش، توده جنگلکاری افرا، کمترین میانگین سطح مقطع را به‌خود اختصاص داده است، که همین موضوع ممکن است علت اختلاف قابل توجه کربن زی‌توده روزمینی توده جنگلکاری با جوامع طبیعی باشد. کم-بودن میانگین قطر در توده جنگلکاری، ممکن است ناشی از عدم اجرای صحیح و به موقع فعالیت‌های جنگل‌شناسی پس از کاشت در این توده باشد (Guha et al., 2019). با اینکه بیشترین میانگین قطر مربوط به جامعه فرفیون جنگلی-راشستان است، اما جامعه آزاد-بلوطستان بیشترین کربن ترسیب‌یافته در زی‌توده روزمینی را دارد که ممکن است به‌علت تعداد در هکتار بالای این جامعه نسبت به دیگر جامعه‌ها باشد. علاوه بر آن، گونه‌های ممرز و بلوط به‌عنوان گونه‌های غالب این جامعه شناخته می‌شوند و گونهٔ بلوط درختی بسیار تنومند است که از نظر ابعاد تا ارتفاع ۴۰ متر و قطر ۳ متر نیز می‌رسد (Kiasari et al., 2010) وجود درختان تنومندی چون بلوط با تعداد بالا می‌تواند موجب این اختلاف کربن زی‌توده میان جامعه آزاد-بلوطستان و دیگر جوامع باشد.

میان جوامع مورد بررسی اختلافی از نظر ذخیره کربن خاک مشاهده نشد. با توجه به پراکنش ارتفاعی جوامع مورد بررسی، این موضوع ممکن است به‌واسطه درنظر نگرفتن اثرهای تغییرات ارتفاع در منطقه مورد بررسی باشد. طبق نتایج پژوهش Asadi et al. (2021)، عامل ارتفاع از سطح دریا مهم‌ترین عامل فیزیوگرافیک متأثر بر پراکنش گونه‌های گیاهی در جنگل دارابکلا است. این احتمال وجود دارد که با درنظر گرفتن تغییرات ارتفاع، اختلاف میان ذخیره کربن خاک در جوامع مورد بررسی معنی‌دار شود. یک احتمال دیگر نیز وجود اختلاف معنی‌دار ذخیره کربن میان جوامع در عمق‌های پایین‌تر خاک است. در این پژوهش، گونه‌های شاخص در جامعه افرا پلت-انجیلیستان، عبارتند از گونه‌های آبدوستی مانند *Pterocarya fraxinifolia*، *Equisetum telmateia*، *Carex sylvatica*، *Petasites hybridus* و *Acer velutinum* (Asadi et al., 2021). حضور این گونه‌ها در این جامعه با رطوبت بالای خاک در این نواحی هم‌خوانی خوبی دارد، به‌طوری که که این جامعه بیشترین درصد رطوبت خاک را نسبت به دیگر جوامع به‌خود اختصاص داد. علت بالابودن درصد رطوبت جامعه افرا پلت-انجیلیستان را می‌توان به فشردگی خاک (بالا بودن مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک) (Asadian et al., 2022) و درصد رس بالای این جامعه نسبت داد. بالابودن چگالی ظاهری، توام با درصد رس، منجر به کاهش توان زهکشی خاک شده، در عین حال ماندگاری رطوبت در خاک را افزایش می‌دهد (Plaster, 2008). Asadian et al. (2014) در پژوهش خود نشان دادند که مشخصه درصد رطوبت خاک به‌طور دائم درحال تغییر بوده و وابستگی زیادی به ترکیب تاج‌پوشش دارد. جامعه تاج‌ریزی جنگلی راشستان دارای توده راش خالص است. پژوهش Kianmehr et al. (2019) نشان داده که لاشبرگ گونهٔ راش نرخ تجزیه پایینی داشته و در کف جنگل انباشته می‌شود. با کاهش تجزیه لاشبرگ، ورود مواد آلی به داخل خاک کاهش یافته و در نتیجهٔ جذب و نگهداشت رطوبت کاهش می‌یابد (Silveria et al., 2010) که همین موضوع می‌تواند علت کم بودن درصد رطوبت خاک در این جامعه باشد. جامعه آزاد-بلوطستان کم‌ترین چگالی ظاهری را داشته که علت آن می‌تواند

تأثیر مطلوب تجزیه لاشبرگ گونه‌های ممرز و اضافه شدن مواد آلی خاک باشد (Kianmehr et al., 2019). اما جامعه افرا پلت–انجیلیستان بیشترین فشردگی خاک را دارد که علت آن ممکن است نزدیکی قطعه‌های نمونه این جامعه به جاده‌های جنگل دارابکلا باشد. رفت و آمد زیاد موجب فشردگی خاک این جامعه و بالارفتن چگالی ظاهری آن شده است (Plaster, 2008). پایین بودن اسیدیته، ازت، فسفر و پتاسیم جامعه تاج‌ریزی جنگلی–راشستان نیز به‌علت تأثیر توده خالص راش و نوع لاشبرگ آن بر خاک این جامعه است (Kianmehr et al., 2019; Asadi et al., 2021). جامعه فرفیون جنگلی–راشستان با اختلاف کمی نسبت به جامعه تاج‌ریزی جنگلی–راشستان، در ارتفاع از سطح دریا پایین‌تر قرار داشته و به‌علت غالبیت کمتر گونهٔ راش، تأثیرات آن نیز نسبت به جامعه تاج‌ریزی جنگلی–راشستان کاهش یافت. نتایج آنالیز واریانس نیز به‌خوبی گواه این ادعاست. توده جنگلکاری بیشترین مقدار پتاسیم، واکنش خاک و هدایت الکتریکی خاک را دارد که علت آن را می‌توان به کیفیت لاشبرگ گونهٔ افرا نسبت داد (Haghverdi et al., 2020). بالابودن کیفیت لاشبرگ تولیدی می‌تواند موجب تجزیه سریع‌تر، اصلاح بهتر، و تغییر مطلوب‌تر ویژگی‌های شیمیایی خاک شود (Kianmehr et al., 2019). مقدار ازت و فسفر خاک در جامعه افرا پلت–انجیلیستان بیشتر از دیگر جوامع است که علت آن را می‌توان به تجزیه سریع لاشبرگ‌های با کیفیت گونه‌های *Acer velutinum* و *Pterocarya fraxinifolia* نسبت داد (Samadzadeh et al., 2016; Haghverdi et al., 2020).

نتایج تحلیل PCA و آزمون تجزیه واریانس مشخصه‌های خاکی و کمی درختان (جدول‌های ۲ و ۳) در خصوص جوامع انجیلی–ممرزستان، آزاد–بلوطستان و افرا پلت–انجیلیستان به‌خوبی یکدیگر را تأیید می‌کنند. با توجه به نتایج PCA، ذخیره کربن زی‌توده روزمینی، با امتیاز قابل توجه ۰/۹۹ در محور اول، به‌عنوان مهم‌ترین عامل ایجاد تمایز میان جوامع مورد بررسی شناخته می‌شود. مقدار پتاسیم خاک، به‌عنوان دومین عامل دارای بیشترین تأثیرگذاری در تمایز جوامع مورد بررسی بر طبق تحلیل PCA بوده که این موضوع نیز، تمایز توده جنگلکاری از جوامع طبیعی را افزایش می‌دهد. همچنین دو جامعه تاج‌ریزی جنگلی–راشستان و فرفیون جنگلی–راشستان نیز تا حد کمی از یکدیگر قابل تفکیک هستند که نشان از شباهت این دو جامعه است. همانطور که پیش‌تر اشاره شد، در هردو جامعه گونهٔ راش غالبیت داشته و تفاوت تنها در درصد پوشش و ارتفاع حضور است. به شکلی که درصد پوشش و ارتفاع پراکنش جامعه تاج‌ریزی جنگلی–راشستان، بیشتر از فرفیون جنگلی–راشستان است. با توجه به جدول ۳ و شکل ۳، ۳ جامعه انجیلی–ممرزستان، آزاد–بلوطستان و افرا پلت–انجیلیستان از نظر خصوصیات متمایزکننده از نظر تحلیل PCA، در یک گروه قرار گرفته و همچنین تفاوت چندانی از نظر مشخصه‌های با اهمیت PCA که عبارتند از ذخیره کربن زی‌توده ، رطوبت، فسفر و پتاسیم خاک، با یکدیگر ندارند. علت این امر می‌تواند این باشد که در هر ۳ جامعه، انجیلی و ممرز گونه‌های غالب به‌شمار آمده و با تأثیرگذاری یکسان بر خصوصیات خاک، تفاوت میان این جوامع را کاهش می‌دهند. علاوه بر آن، دامنه ارتفاعی تحت پوشش این ۳ جامعه نیز با هم همپوشانی زیادی دارد (Asadi et al., 2021).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، جوامع گیاهی مختلف تأثیر معنی‌داری از نظر آماری بر ذخیره کربن خاک در عمق ۰–۲۰ سانتی‌متر نداشتند. با این حال، از میان جوامع مورد بررسی، جامعه طبیعی افرا پلت–انجیلیستان

مطلوب‌ترین تأثیرات را بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک بر جای گذاشته است. جامعه آزاد-بلوطستان، بهترین عملکرد ذخیره کربن در زی‌توده روزمینی را از خود نشان داده است. بنابراین در انجام عملیات‌های پرورشی و جنگلکاری باید به پتانسیل این نوع ترکیب درختی، در ذخیره کربن اتمسفری دقت کرد. در این پژوهش جامعه آزاد-بلوطستان، بیشترین مقدار زی‌توده روزمینی را به‌خود اختصاص داده است و برای مدیریت با رویکرد ویژه اقتصادی گزینه خوبی محسوب می‌شود. در عین حال، جنگلکاری با گونهٔ افرا ذخیره کربن زی‌توده روزمینی قابل توجهی نداشت. اما این موضوع می‌تواند به‌علت عدم انجام به‌موقع عملیات پرورشی (تنک کردن) این توده باشد، بنابراین برای تصمیم‌گیری بهتر به اطلاعات بیشتری نیاز است.

نتایج تحلیل PCA نشان داد که ذخیره کربن زی‌توده روزمینی به‌عنوان مهم‌ترین عامل تمایز جوامع گیاهی از یکدیگر است، در حالی‌که ذخیره کربن خاک تأثیر قابل توجهی در این تمایز نداشت. این موضوع بیانگر اهمیت نقش زی‌توده در ذخیره کربن اتمسفری است.

اطلاعات در زمینه بررسی جوامع طبیعی جنگل‌های شمال کشور کافی نبوده و به پژوهش‌های بیشتری نیاز است تا بتوان تصمیمات صحیح و مطلوب برای مدیریت جنگل‌های هیرکانی اتخاذ کرد. از این‌رو، شناسایی دقیق جوامع گیاهی در این جنگل‌ها و بررسی تأثیر آن بر مشخصه‌های رویشگاهی از اهمیت حیاتی برخوردار بوده و باید در اولویت اقدامات سازمان منابع طبیعی کشور قرار گیرد.

References

Alazmani, M.; Hojjati, S. M.; Waez-Mousavi, S. M.; Tafazoli, M., Effect of alder plantation age on soil carbon sequestration. *Forest Research and Development* **2021**, *7* (2), 279-291. (In persian)

Asadian, M.; Hojjati, S. M.; Mohammadzadeh, M.; Nadi, M., The changes of soil carbon, nitrogen and aggregate stability affected by different land uses. *Forest Research and Development* **2022**, *8* (2), 133-146. (In persian)

Asadian, M.; Hojjati, S. M.; Izadi, M., Fine root biomass and Soil properties in Maple (*Acer velutinum*), Ash (*Fraxinus excelsior* L.), Oak (*Quercus castaneifolia*) and Pine (*Pinus brutia*) plantations (Case study: Darabkola Forest-Sari). *J. of Wood & Forest Science and Technology* **2014**, *21* (3). (In persian)

Asadi, H.; Jalilvand, H.; Moslemi, S. M., Vegetation classification of darabkola forest and their relation to physiographic factors. *Iranian Journal of Applied Ecology* **2021**, *10* (3), 17–33. (In persian)

Baishya, R.; Barik, S. K.; Upadhaya, K., Distribution pattern of aboveground Biomass in natural and plantation forests of humid tropics in northeast India. *Tropical Ecology* **2009**, *50* (2), 295.

Barre, P.; Durand, H.; Chenu, C.; Meunier, P.; Montagne, D.; Castel, G.; Billiou, D.; Soucemarianadin, L.; Cecillon, L., Geological control of soil organic Carbon and Nitrogen stocks at the landscape scale. *Geoderma* **2017**, *285*, 50–56.

Bennett, A. C.; McDowell, N. G.; Allen, C. D.; Anderson-Teixeira, K. J., Larger trees suffer most during drought in forests worldwide. *Nature plants* **2015**, *1* (10), 1–5.

Dai, E.; Wu, Z.; Ge, Q.; Xi, W.; Wang, X., Predicting the responses of forest distribution and aboveground biomass to climate change under RCP scenarios in southern China. *Global Change Biology* **2016**, *22* (11), 3642–3661.

FAO, *Global forest resources assessment update **2005**, Terms and definitions*. https://www.fao.org/3/ae156e/AE156E00.html.

Guha, S.; Pal, T.; Nath, D. S.; Das, B., Comparison of biomass in natural and plantation dry forests in India. **2019**. Comparison of biomass in natural and plantation dry forests in India. In *GCEC 2017: Proceedings of the 1st Global Civil Engineering Conference 1* (pp. 995-1006). Springer Singapore.

Haghverdi, K.; Samadzadeh, B.; Kooch, Y., The effect of different forest types on litter quality and soil enzyme activity in the Vaz forest of

Noor-Mazandaran province. *Ecology of Iranian Forests* **2020**, *8* (15), 72–80. (In persian)

Hobbs, P. R.; Govaerts, B., How Conservation agriculture can contribute to buffering climate change. *Climate Change and Crop Production* **2010**, *1*, 177–199.

Hojjati, S. M.; Asadiyan, M.; Mohammadzadeh, M.; Madi, M., Evaluating the response of ecosystems to land-use change using soil quality index-Alandan forest Sari. *Iranian Journal of Forest* **2022**, 15 (2), 17-34. (In persian)

Hojjati, S. M.; Tafazoli, M.; Asadian, M; Baluee, A., Estimation of carbon sequestration and forest soil respiration using machine learning models in Eastern Forests of Mazandaran Province. *Forest Research and Development* **2022**, *8* (4), 371-388. (In persian)

Hojjati, S. M.; Tafazoli, M.; Imani, M.; Alazmani, M.; Fallah, A; and Pourmajidian, M. R., Variation in Carbon sequestration and soil properties in relation to stand age in maple and alder plantations. *Journal of Sustainable Forestry* **2022**, 42 (6), 1-15. (In persian)

Jafari Haghighi, M. *Soil Analysis Methods*; Neda Zohha, **2003**. (In persian)

Jana, B. K.; Biswas, S.; Majumder, M.; Roy, P. K.; Mazumdar, A., Carbon sequestration rate and aboveground biomass Carbon potential of four young species. *Journal of Ecology and Natural Environment* **2009**, *1* (2), 15–24.

Kianmehr, A.; Hojjati, S. M.; Kooch, Y.; Ghasemi Aghbash, F., Effect of canopy composition on litterfall rate, respiration and some soil properties in pure and mixed stands of beech and hornbeam. *Journal of Forest Research and Development* **2019**, *5* (3), 373–386. (In persian)

Kiasari, S.; Sagheb-Talebi, K.; Rahmani, R.; Adeli, E.; Jafari, B.; Jafarzadeh, H., Quantitative and qualitative evaluation of plantations and natural forest at Darabkola, east of Mazandaran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research **2010**, 18 (3), 337-351. (In persian)

Kooch, Y.; Darabi, S. M.; Hosseini, S. M., Effects of pits and mounds following windthrow events on soil features and greenhouse gas fluxes in a temperate forest. *Pedosphere* **2015**, *25* (6), 853–867. (In persian)

McMahon, S. M.; Parker, G. G.; Miller, D. R., Evidence for a recent increase in forest growth. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2010**, *107* (8), 3611–3615.

Mirdarharijani, M.; Hojjati, S. M.; Pourmajidian, M. R.; Kooch, Y., Effect of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) canopy compositions on soil biological characteristics in Hyrcanian region. *J. of Wood & Forest Science and Technology* **2021**, *28* (2), 107-122. (In persian)

Pan, Y.; Birdsey, R. A.; Fang, J.; Houghton, R.; Kauppi, P. E.; Kurz, W. A.; Phillips, O. L.; Shvidenko, A.; Lewis, S. L.; Canadell, J. G., A large and persistent Carbon sink in the world's forests. *science* **2011**, *333* (6045), 988–993.

Peng, G.; Bing, W.; Guangpo, G.; Guangcan, Z., Spatial distribution of soil organic Carbon and total nitrogen based on GIS and geostatistics in a small watershed in a hilly area of northern China. *PlOS one* **2013**, *8* (12), e83592.

Piao, S.; Yin, G.; Tan, J.; Cheng, L.; Huang, M.; Li, Y.; Liu, R.; Mao, J.; Myneni, R. B.; Peng, S., Detection and attribution of vegetation greening trend in China over the last 30 years. *Global Change Biology* **2015**, *21* (4), 1601–1609.

Plaster Edward J., *Soil Science and Management 5th*, 5th ed.; Delmar Cengage Learning, **2008**.

Razakamanarivo, R. H.; Grinand, C.; Razafindrakoto, M. A.; Bernoux, M.; Albrecht, A., Mapping organic Carbon stocks in Eucalyptus plantations of the central highlands of Madagascar: A Multiple Regression Approach. *Geoderma* **2011**, *162* (3-4), 335–346.

Riazi, S. G.; Shakouri, H., Evaluation of yearly forest plantation succession with conifer species. *Forest and rangeland Magazine* **2008**, *12*, 90–96. (In persian)

Samadzadeh, B.; Kooch, Y.; Hosseini, S. M., The effect of tree covers on topsoil biological indices in a plain forest ecosystem. *Journal of Water and Soil Conservation* **2016**, *23* (5), 105–121. (In persian)

Schimel, D. S.; House, J. I.; Hibbard, K. A.; Bousquet, P.; Ciais, P.; Peylin, P.; Braswell, B. H.; Apps, M. J.; Baker, D.; Bondeau, A., Recent patterns and mechanisms of Carbon exchange by terrestrial ecosystems. *Nature* **2001**, *414* (6860), 169–172.

Silveira, M. L.; Comerford, N. B.; Reddy, K. R.; Prenger, J.; DeBusk, W. F., Influence of

military land uses on soil carbon dynamics in forest ecosystems of Georgia, USA. *Ecological Indicators* **2010**, *10* (4), 905-909.

Stephenson, N. L.; Das, A. J.; Condit, R.; Russo, S. E.; Baker, P. J.; Beckman, N. G.; Coomes, D. A.; Lines, E. R.; Morris, W. K.; Rüger, N., Rate of tree Carbon accumulation increases continuously with tree size. *Nature* **2014**, *507* (7490), 90–93.

Swangjang, K., Soil Carbon and Nitrogen ratio in different land use. In *International Conference on Advances in Environment Research*. **2015**, 87, 36–40.

Tarighat, F. S.; Kooch, Y., The effect of four types of broad-leaved trees on soil C and N storage and mineralization in forest areas of Noor city. *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* **2017**, *22* (2), 175–187. (In persian)

Zobeiry, M., *Forest Inventory (Measurement of Tree and Forest)*; University of Tehran Press, **2012**; Vol. 5th. (In persian)

Effect of plant communities of the Darabkola research and educational forest on Carbon stored in soil and above ground biomass

A. Baluee[1], S. M. Hojjati[*2], H. Asadi[3] and M. Asadiyan[4]

1- M.Sc. Student of Forestry, Department of Forest sciences and engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (ali.baluee@gmail.com)
2- Professor, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, I. R. Iran. (s_m_hodjati@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, I. R. Iran. (asadi.hamed@yahoo.com)
4- Ph.D. of Forest Science and Engineering, Expert of Soil, Plant and Water Lab, Department of Forest Science and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (maryam.asadian23@gmail.com)

Received: 02.01.2023 Accepted: 24.01.2023

Abstract

Current study reviews effect of the Darabkola forest plant communities on Carbon sequestration in soil and Above Ground Biomass (AGB). It compared five natural communities, including *Parrotio persicae-Carpinetum betuli*, *Zelkovo carpinifoliae-Quercetum castaneifoliae*, *Solano kieseritzkii-Fagetum orientalis*, *Aceri velutini-Parrotietum persicae*, *Euphorbio amygdaloidea-Fagetum orientale*, and one Maple plantation stand. Sampling was done using systematic randomized with 400×400 meters dimensions. After removal of marginal points, soil samples were collected from center of 163 plots with 20×20 meters dimension. Results of ANOVA, mean comparison, and PCA showed that the highest soil Potassium belongs to the plantation stand (336.96±18.97), while the least one, belongs to *Solano kieseritzkii-Fagetum orientalis* (160.25±10.75). On the other hand, soil Phosphorus was the highest in the *Aceri velutini-Parrotietum persicae* (4.65±0.55), and it was the lowest in *Solano kieseritzkii-Fagetum orientalis* (1.95±0.14). *Aceri velutinid-Parrotietum persicae* (34.80±2.08) and *Solano kieseritzkii-Fagetum orientalis* (22.73±1.22) had the highest and the lowest soil moisture content, respectively. However, the study proved that different communities did not affect soil sand percent and carbon sequestration. *Zelkovo carpinifoliae-Quercetum castaneifoliae* (242.82±23.22) had the highest, and plantation stand (54.78±5.55) had the lowest carbon sequestration in AGB.

Keywords: Forest plantation, Plant community, Natural forest, Carbon sequestration, Hyrcanian forest.

[*] Corresponding author Tel: +989117434910