

ارزیابی ذخیره کربن درختی و خاک در کاربری‌های مختلف فضای سبز شهری اراک (مقاله پژوهشی)

۱- فرهاد قاسمی‌آقباش*، استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

f.ghasemi@malayeru.ac.ir

۲- علی‌نقی خسروانی، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۰۹

پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۱۵

چکیده

افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی، اهمیت نقش فضاهای سبز شهری در جذب و ذخیره کربن را افزایش داده است. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و مقایسه ذخیره کربن درختی و کربن آلی خاک در انواع مختلف فضای سبز شهری اراک شامل بوستان جنگلی شهید رجایی، فضای سبز حاشیه خیابان ندامتگاه و منطقه مسکونی شهرک امیرکبیر اراک انجام شد. نمونه‌برداری میدانی در تیرماه ۱۴۰۱ انجام گرفت. گونه‌های مورد بررسی شامل زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior* L.) و سرو خمره‌ای (*Platycladus orientalis* (L.) Franco) بودند. به‌منظور برآورد کربن درختی، قطر برابر سینه و ارتفاع درختان اندازه‌گیری و زی‌توده با استفاده از معادلات آلومتریک محاسبه شد. در بوستان جنگلی ۱۰ قطعه نمونه با ابعاد ۱۰×۱۰ متر به‌صورت تصادفی-سیستماتیک، در فضای سبز حاشیه خیابان نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی و در شهرک امیرکبیر نیز پنج قطعه نمونه ۱۰×۱۰ متر به‌صورت انتخابی برداشت شدند. نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت و کربن آلی آن با روش احتراق خشک تعیین شد. نتایج نشان داد که ذخیره کربن خاک در بوستان جنگلی شهید رجایی بیشتر از دو کاربری دیگر است. بیشترین ذخیره کربن خاک در بوستان جنگلی (۹۲/۶۸ تن در هکتار) و کمترین آن در حاشیه خیابان (۶۳/۹۲ تن در هکتار) برآورد شد. همچنین، مقادیر ذخیره کربن درختی در کاربری‌ها و گونه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری داشت. به‌طوری که در کاربری‌های بوستان جنگلی، حاشیه خیابان و مناطق مسکونی زی‌توده هوایی به‌ترتیب ۲۸/۹۶، ۱۵/۲۴ و ۲۰/۵۸ تن در هکتار و برای زی‌توده زیرزمینی نیز به‌ترتیب ۸/۰۷، ۴/۲۱ و ۶/۱۱ تن در هکتار برآورد شد. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که درصد سیلت و رس از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ذخیره کربن خاک هستند. به‌طور کلی، بوستان‌های جنگلی ظرفیت بیشتری برای ذخیره کربن در زی‌توده و خاک نسبت به سایر کاربری‌های شهری دارند.

واژگان کلیدی: کربن آلی خاک، زی‌توده درختی، بوستان جنگلی، درختان سوزنی‌برگ و پهن‌برگ.

مقدمه

اتحادیه جهانی تغییر اقلیم، گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای موجب افزایش حدود یک و نیم درجه‌سانتی‌گراد در میانگین دمای سطح زمین نسبت به دوره پیشاصنعتی شده است [۱۰، ۱۱]. شهرها با وجود اشغال بخش محدودی از سطح زمین، سهم عمده‌ای در انتشار گازهای گلخانه‌ای و تشدید تغییرات اقلیمی دارند. گسترش شهرنشینی، افزایش

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه دی‌اکسیدکربن، یکی از مهم‌ترین چالش‌های توسعه پایدار در قرن حاضر به‌شمار می‌رود [۱۶]. افزایش انتشار این گازها موجب برهم خوردن تعادل اقلیمی شده و پیامدهای گسترده‌ای بر ساختار و عملکرد بوم‌سازگان‌های خشکی بر جای گذاشته است [۱]. براساس گزارش

مصرف انرژی و تغییر کاربری اراضی موجب برهم خوردن تعادل چرخه کربن شده است. در این شرایط، فضاهای سبز شهری به عنوان یکی از مهم ترین زیرساخت های طبیعی، نقش مؤثری در کاهش غلظت دی اکسید کربن اتمسفر، تعدیل جزیره حرارتی شهری و بهبود کیفیت محیط زیست ایفا می کنند [۱۸]. ذخیره کربن در اکوسیستم های شهری عمدتاً در دو مخزن اصلی شامل زی توده درختی و کربن آلی خاک صورت می گیرد. درختان از طریق فرایند فتوسنتز، کربن را در اندام های هوایی و زیرزمینی ذخیره می کنند، درحالی که خاک به عنوان بزرگ ترین مخزن کربن اکوسیستم های خشکی، نقش مهمی در ذخیره بلندمدت آن دارد. مطالعات اخیر نشان داده اند که در بسیاری از فضاهای سبز شهری، مقدار کربن ذخیره شده در خاک از زی توده گیاهی بیشتر است [۶]. بررسی های جهانی بیانگر آن است که ظرفیت ذخیره کربن در فضاهای سبز شهری تحت تأثیر عواملی همچون نوع کاربری، ترکیب گونه ای، سن و تراکم درختان، ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک و نحوه مدیریت قرار دارد [۷]. شهر اراک به عنوان یکی از مهم ترین مراکز صنعتی ایران، با چالش های محیط زیستی متعددی از جمله آلودگی هوا، توسعه شهری و کاهش کیفیت اکوسیستم های شهری مواجه است. اقلیم نیمه خشک، محدودیت منابع آبی و افزایش سطوح نفوذناپذیر، ضرورت مدیریت بهینه فضاهای سبز را در این شهر دوچندان کرده است. با وجود اهمیت این موضوع، مطالعات انجام شده در ایران عمدتاً بر جنگل های طبیعی و مناطق خارج از شهر متمرکز بوده و اطلاعات جامعی درباره ظرفیت ذخیره کربن در کاربری های مختلف شهری اراک وجود ندارد [۱۳]. ترسیب کربن به فرایند جذب و ذخیره بلندمدت دی اکسید کربن اتمسفر در مخازن طبیعی یا مصنوعی اطلاق می شود و به عنوان یکی از مهم ترین راهکارهای مبتنی بر طبیعت برای کاهش اثرات تغییرات اقلیمی شناخته می شود. اکوسیستم های شهری، به ویژه فضاهای سبز، از طریق ذخیره کربن در زی توده گیاهی و خاک، نقش مهمی

در تعدیل چرخه کربن و کاهش غلظت گازهای گلخانه ای ایفا می کنند. در این میان، درختان شهری به دلیل توانایی جذب دی اکسید کربن و ذخیره آن در اندام های هوایی و زیرزمینی، یکی از مؤثرترین اجزای زیرساخت سبز شهری محسوب می شوند [۱۵]. به طور کلی، ارتباط میان کاربری اراضی و ترسیب کربن، رابطه ای پویا و چندبعدی است که تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر نوع پوشش گیاهی، ویژگی های خاک، شدت مداخلات انسانی و شیوه های مدیریتی قرار دارد. تغییر در کاربری اراضی می تواند بسته به ماهیت و نحوه بهره برداری، پیامدهای متفاوتی بر چرخه کربن داشته باشد؛ به گونه ای که برخی تغییرات، مانند تخریب جنگل ها، گسترش شهرنشینی و تبدیل اراضی طبیعی به کاربری های کشاورزی یا صنعتی، موجب افزایش انتشار دی اکسید کربن و کاهش ظرفیت ذخیره سازی کربن می شوند، درحالی که توسعه و مدیریت اصولی فضاهای سبز، احیای اراضی تخریب شده و اجرای روش های پایدار مدیریت زمین، می توانند نقش مؤثری در افزایش ترسیب و ذخیره کربن ایفا کنند [۱۹]. از این رو، شناخت دقیق روابط میان کاربری اراضی و پویایی کربن، برای تدوین سیاست ها و راهبردهای مدیریت پایدار زمین از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مقدار کربن ذخیره شده در زی توده درختی به عوامل متعددی از جمله گونه درختی، سن، قطر برابر سینه، ارتفاع، تراکم تاج پوشش، شرایط اقلیمی و شیوه مدیریت فضای سبز وابسته است. پژوهش های انجام شده نشان داده اند که گونه های درختی با رشد سریع و زی توده بیشتر، ظرفیت بالاتری برای ذخیره کربن دارند. همچنین، درختان بالغ نسبت به درختان جوان، سهم بیشتری در ذخیره کربن ایفا می کنند [۱۸]. مطالعه ای در شهرهای آمریکای شمالی نشان داد که درختان شهری سالانه مقادیر قابل توجهی دی اکسید کربن را جذب کرده و علاوه بر بهبود کیفیت هوا، در کاهش اثر جزیره حرارتی شهری نیز مؤثر هستند [۱۵]. پژوهش های اخیر نیز تأکید می کنند که تنوع گونه ای و ساختار پوشش گیاهی از مهم ترین

عوامل تعیین‌کننده ظرفیت ذخیره کربن در فضاهای سبز شهری به‌شمار می‌روند [۱۸]. خاک یکی از بزرگ‌ترین مخازن کربن در اکوسیستم‌های خشکی محسوب می‌شود و در بسیاری از موارد، مقدار کربن ذخیره‌شده در آن از زی‌توده گیاهی بیشتر است. کربن آلی خاک تحت تأثیر عواملی نظیر نوع پوشش گیاهی، بافت خاک، اقلیم، رطوبت، مدیریت و شدت مداخلات انسانی قرار دارد [۶]. بررسی جهانی ذخایر کربن آلی خاک در فضاهای سبز شهری نشان داد که نوع کاربری و ویژگی‌های خاک، نقش تعیین‌کننده‌ای در مقدار ذخیره کربن دارند و بوستان‌های جنگلی در مقایسه با فضاهای سبز خطی و حاشیه معابر، از ظرفیت بیشتری برای ذخیره کربن برخوردار هستند [۷]. همچنین، افزایش ورودی بقایای گیاهی و کاهش فشردگی خاک، موجب افزایش ذخیره کربن آلی می‌شود. بوستان‌های جنگلی به‌دلیل تراکم بیشتر درختان، تولید لاشبرگ فراوان و حداقل اختلال در خاک، معمولاً بیشترین مقدار کربن را ذخیره می‌کنند. در مقابل، فضاهای سبز حاشیه معابر به‌علت محدودیت فضای ریشه، فشردگی خاک و جمع‌آوری مستمر بقایای گیاهی، کمترین ظرفیت ذخیره کربن را دارند [۱۸].

تفاوت در نوع کاربری، پوشش گیاهی و ویژگی‌های خاک می‌تواند منجر به تغییرات قابل توجهی در مقدار ذخیره کربن شود. با این حال، سهم نسبی کاربری‌های مختلف شهری اراک در ذخیره کربن درختی و خاک و همچنین نقش گونه‌های رایج در این فرایند، به‌طور دقیق مشخص نیست. فقدان این اطلاعات، برنامه‌ریزی و مدیریت مبتنی بر شواهد برای توسعه فضاهای سبز شهری را با محدودیت مواجه می‌سازد. با وجود نقش مهم فضاهای سبز شهری در کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن و تعدیل اثرات تغییرات اقلیمی، اطلاعات دقیقی درباره ظرفیت ذخیره کربن در کاربری‌های مختلف شهری اراک وجود ندارد. تفاوت در نوع کاربری، ترکیب گونه‌ای، ویژگی‌های خاک، شدت مداخلات انسانی و شیوه مدیریت می‌تواند منجر به تغییرات قابل توجهی در مقدار کربن

ذخیره‌شده در زی‌توده درختی و خاک شود، اما سهم نسبی هر یک از کاربری‌های شهری اراک در این فرایند به‌خوبی شناخته نشده است. این کمبود اطلاعات، برنامه‌ریزی مبتنی بر شواهد برای توسعه و مدیریت پایدار فضاهای سبز را با محدودیت مواجه می‌کند. از این‌رو، انجام پژوهش حاضر با توجه به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، اهمیت فضاهای سبز در تحقق اهداف توسعه پایدار، کمبود مطالعات جامع در زمینه ارزیابی هم‌زمان کربن درختی و خاک در شهرهای ایران و نیاز مدیران شهری اراک به اطلاعات علمی برای انتخاب گونه‌های مناسب و بهینه‌سازی مدیریت فضای سبز، ضروری به‌نظر می‌رسد. بر این اساس، فرض شده است که مقدار ذخیره کربن درختی و کربن آلی خاک در انواع مختلف فضای سبز شهری اراک تفاوت معنی‌داری داشته باشد، بوستان‌های جنگلی نسبت به فضای سبز حاشیه خیابان ظرفیت بیشتری برای ذخیره کربن داشته باشد، گونه‌های درختی از نظر توانایی ذخیره کربن متفاوت عمل کنند و ویژگی‌های فیزیکی خاک، به‌ویژه بافت و جرم مخصوص ظاهری، تأثیر معنی‌داری بر مقدار کربن آلی خاک داشته باشند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

پژوهش پیش رو در سه کاربری بوستان جنگلی شهید رجایی، فضای سبز حاشیه خیابان ندامتگاه و مناطق مسکونی شهرک امیرکبیر شهر اراک انجام شد. بوستان جنگلی شهید رجایی در بخش شرقی شهر اراک و در مجاورت روستای مشهد میقان واقع شده است و یکی از مهم‌ترین فضاهای سبز شهری این کلان‌شهر به‌شمار می‌رود. مساحت این بوستان ۲۸ هکتار بوده و در سال ۱۳۸۸ احداث شد. براساس داده‌های مکانی، مختصات جغرافیایی مرکز این بوستان حدود $49^{\circ}42'02''$ طول شرقی و 49° عرض شمالی است. ارتفاع متوسط آن 1700 متر از سطح دریا است. براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی اراک میانگین بارندگی سالانه آن 300 تا

است. مختصات جغرافیایی مرکز این شهرک حدود $49^{\circ}44'12''$ طول شرقی و $34^{\circ}05'13''$ عرض شمالی است. این منطقه یکی از نواحی مسکونی نسبتاً توسعه یافته شهر اراک است که دارای پوشش درختی، بوستان‌های محلی و فضاهای سبز پیرامون واحدهای مسکونی بوده و به همین دلیل به عنوان نماینده کاربری مسکونی در این پژوهش انتخاب شد [۱۳]. خیابان ندامتگاه نیز در مجاورت بوستان جنگلی شهید رجایی قرار گرفته است. موقعیت کاربری‌های مورد بررسی در کشور و استان مرکزی در شکل ۱ نشان داده شده است.

۳۵۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه نیز ۱۳ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است. پوشش گیاهی بوستان جنگلی شهید رجایی عمدتاً شامل گونه‌های درختی دست‌کاشت سوزنی‌برگ و پهن‌برگ سازگار با شرایط اقلیمی نیمه‌خشک است. گونه‌های مورد بررسی در پژوهش حاضر شامل زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior* L.) و سرو خمره‌ای (*Platycladus orientalis* (L.) Franco) هستند که از گونه‌های رایج و پرکاربرد در فضای سبز شهر اراک به‌شمار می‌روند. شهرک امیرکبیر در بخش شمال‌غربی شهر اراک واقع شده



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی در استان مرکزی و ایران

اندازه‌گیری شده در این کاربری ۱۲۰ درخت بود. در فضاهای سبز اطراف منطقه مسکونی امیرکبیر نیز به صورت انتخابی پنج قطعه نمونه 10×10 متری برداشت شد [۱۳]. در فضای سبز اطراف منطقه مسکونی ۶۰ درخت اندازه‌گیری شد. برای درختان حاشیه خیابان نیز درختان دو طرف خیابان به صورت تصادفی منظم نمونه‌برداری انجام شد [۸]. انتخاب این روش به دلیل اطمینان از توزیع یکنواخت نمونه‌ها در کل فضای مورد مطالعه و کاهش خطای احتمالی ناشی از تمرکز نمونه‌ها است. در این روش، پس از تعیین فاصله نمونه‌برداری از طریق تقسیم تعداد کل

روش انجام تحقیق

به منظور دستیابی به اهداف پژوهش، در ابتدا با بازدید میدانی و شناسایی دقیق منطقه، سه کاربری بوستان دست‌کاشت شهید رجایی، فضای سبز حاشیه خیابان ندامتگاه و منطقه مسکونی امیرکبیر که از نظر فیزیوگرافی دارای شرایط تقریباً مشابهی بودند انتخاب شدند. تراکم دو گونه سرو خمره‌ای و زبان‌گنجشک در کاربری‌های مورد اشاره تقریباً برابر بود. در بوستان جنگلی با استفاده از شبکه آماربرداری 150×200 متر و به روش سیستماتیک تصادفی تعداد ۱۰ قطعه نمونه 10×10 متری برداشت شد. تعداد درختان

برآورد ذخیره کربن خاک

نمونه‌برداری خاک در کاربری بوستان جنگلی و منطقه مسکونی از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری انجام گرفت. برای به حداقل رساندن خطا، نمونه‌برداری به صورت ترکیبی انجام شد، به این صورت که چهار نمونه خاک یک کیلوگرمی از چهار گوشه قطعه نمونه و یک نمونه خاک از مرکز برداشت شد و سپس نمونه‌ها با هم مخلوط شدند. به این ترتیب از هر قطعه نمونه، یک نمونه خاک برداشت شد. نمونه‌برداری از خاک حاشیه خیابان نیز از خاک زیر درختان به تعداد ۱۰ نمونه انجام شد. به این صورت که به ازای هر ۵۰ درخت یک نمونه خاک از پای درختان برداشت شد. لازم به توضیح است که نمونه‌های برداشت شده هر دو گونه مورد بررسی را پوشش دادند. نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک شده و بعد از خرد کردن کلوخه‌ها، جداکردن ریشه‌ها، سنگ و سایر ناخالصی‌ها، از الک دو میلی‌متری (مش ۲۰) عبور داده شد [۱۲]. برخی از خصوصیات خاک مانند جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه در پارافین جامد برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و ماده آلی خاک به روش احتراق خشک در کوره اندازه‌گیری شد. در نهایت ۵۸٪ از ماده آلی خاک به عنوان کربن آلی خاک محاسبه شد [۵]. مقدار ذخیره کربن آلی خاک برحسب تن در هکتار از طریق رابطه ۵ محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۵): } Cs = 10000 \times \% OC \times Bd \times E$$

$$Cs = \text{کربن آلی (تن در هکتار)}$$

$$\% OC = \text{درصد کربن آلی}$$

$$Bd = \text{جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)}$$

$$E = \text{عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر).}$$

همچنین برخی از ویژگی‌های خاک مانند بافت خاک از روش هیدرومتری، واکنش خاک با استفاده از دستگاه pH متر الکترونیکی و هدایت الکتریکی خاک با استفاده از EC سنج تعیین شد.

درختان (۵۰۰) بر تعداد نمونه‌های مورد نیاز (۵۰)، اولین واحد نمونه‌برداری به صورت تصادفی از بین ۱۰ درخت اول انتخاب گردید. سپس سایر واحدهای نمونه با گام‌های ثابت ۱۰ در هر دو طرف خیابان تعیین و مورد ارزیابی قرار گرفتند [۲].

برآورد ذخیره کربن درختی

در هر قطعه نمونه به منظور برآورد کربن درختی دو گونه مورد بررسی، قطر برابر سینه و ارتفاع درختان اندازه‌گیری و زی‌توده با استفاده از معادلات آلومتریک محاسبه شد. این معادلات براساس روابط تجربی بین ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری درخت، مانند قطر برابر سینه (DBH)، ارتفاع و چگالی چوب با زی‌توده درخت توسعه یافته‌اند.

برآورد زی‌توده هوایی

از معادله عمومی ارائه شده توسط [۵] برای برآورد زی‌توده هوایی درختان استفاده شد:

$$\text{رابطه (۱): } AGB = 0.112 \times (\rho \times D^2 \times H)^{0.916}$$

ρ : چگالی ویژه چوب (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
(زبان گنجشک = ۰/۶۵، سرو خمره‌ای = ۰/۵۵)

D: قطر برابر سینه (سانتی‌متر)

H: ارتفاع کل درخت (متر)

برآورد زی‌توده زیرزمینی

زی‌توده ریشه‌ای معمولاً به صورت درصدی از زی‌توده هوایی محاسبه می‌شود. بسته به سوزنی‌برگ یا پهن‌برگ بودن از یکی از روابط زیر استفاده شد [۱۴].
رابطه (۲): برای سوزنی‌برگان $BGB = AGB \times 0.25$
رابطه (۳): برای پهن‌برگان $BGB = AGB \times 0.30$
زی‌توده کل درخت از مجموع زی‌توده هوایی و زیرزمینی به دست آمد.

مقدار کربن ذخیره شده در زی‌توده درختی با فرض اینکه ۴۷ درصد زی‌توده خشک را کربن تشکیل می‌دهد، به صورت زیر محاسبه شد [۱۴]:

$$\text{رابطه (۴): } 0.47 \times \text{زی‌توده کل} = \text{کربن درختی}$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov بررسی شد که نتایج این آزمون حاکی از نرمال بودن داده‌ها بود. سپس همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Leven مورد تایید قرار گرفت. برای مقایسه ذخیره کربن آلی درختی و خاک در سه کاربری از تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. در مواردی که اختلاف معنی‌دار مشاهده شد، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. همچنین برای

تعیین نقش عوامل موثر در ذخیره کربن آلی خاک از رگرسیون گام به گام استفاده شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS و ترسیم نمودارها نیز در نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج

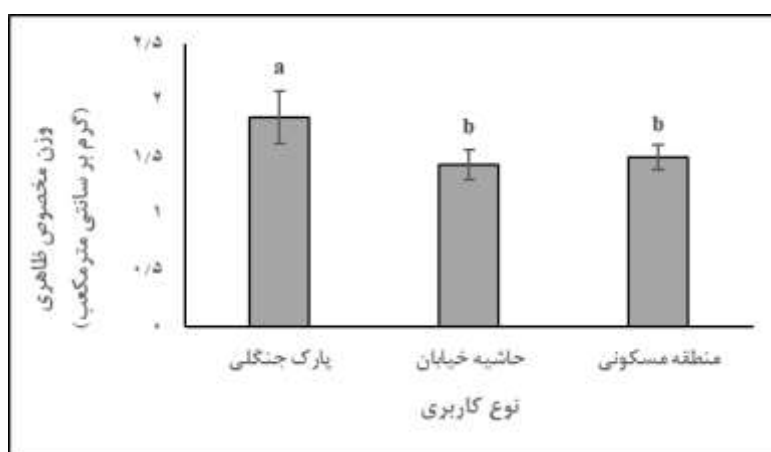
براساس نتایج حاصله مشخص شد که نوع بافت خاک در هر سه کاربری مورد بررسی از نوع سیلتی - لومی بوده و هیچ اختلافی از این حیث بین آنها وجود ندارد. مقادیر ذرات تشکیل دهنده خاک در هر سه کاربری در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مقادیر ذرات تشکیل دهنده خاک در کاربری‌های مورد بررسی

نوع کاربری	تعداد نمونه	درصد ذرات تشکیل دهنده			بافت خاک
		رس	شن	سیلت	
بوستان جنگلی	۱۰	20.01 ± 1.86	27.84 ± 2.92	52.15 ± 1.87	سیلتی - لومی
فضای سبز حاشیه خیابان	۱۰	14.60 ± 1.63	26.20 ± 2.13	59.20 ± 1.23	سیلتی - لومی
منطقه مسکونی	۵	22.01 ± 1.15	28.84 ± 2.03	49.15 ± 1.43	سیلتی - لومی

در خصوص وزن مخصوص ظاهری خاک نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سه کاربری مورد بررسی از نظر مقادیر وزن مخصوص ظاهری خاک اختلاف

معنی‌داری با هم داشتند. کاربری بوستان جنگلی بیشترین مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک را نشان داد (شکل ۲).



شکل ۲- وزن مخصوص ظاهری خاک در کاربری‌های مورد بررسی

مطابق با یافته‌های تحقیق مقادیر واکنش خاک و هدایت الکتریکی در حاشیه خیابان بیشتر بود. مقادیر ذخیره کربن، درصد کربن و نیتروژن خاک در بوستان

جنگلی بیشتر از دو کاربری دیگر بود. مقدار ماده آلی خاک نیز در هر سه کاربری مورد بررسی اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر خصوصیات شیمیایی خاک (میانگین $\pm$ اشتباه معیار) در کاربری‌های مورد بررسی

خصوصیات شیمیایی خاک						
نوع کاربری	واکنش خاک	هدایت الکتریکی (ds/m)	ماده آلی خاک (%)	ذخیره کربن آلی خاک (t/ha)	کربن (%)	نیتروژن (%)
بوستان جنگلی	7.40 ± 0.07^b	0.58 ± 0.03^b	2.89 ± 0.41^a	92.68 ± 6.98^a	1.68 ± 0.08^a	0.17 ± 0.02^a
فضای سبز حاشیه خیابان	7.58 ± 0.02^a	0.82 ± 0.05^a	2.56 ± 0.23^a	63.92 ± 5.43^b	1.49 ± 0.09^c	0.13 ± 0.05^c
منطقه مسکونی	7.53 ± 0.01^a	0.61 ± 0.02^b	2.64 ± 0.23^a	68.75 ± 3.83^b	1.53 ± 0.04^b	0.15 ± 0.07^b

در هر ستون حروف کوچک متفاوت به معنی وجود اختلاف معنی‌دار است.

ذخیره کربن درختی

درختان در بوستان جنگلی در مقایسه با دو کاربری

دیگر مقدار زیادی کربن ($37/0.3$ تن در هکتار) را در خود ذخیره کرده‌اند (جدول ۳).

بررسی مقدار ذخیره کربن درختان (زی‌توده هوایی و زیرزمینی) در سه کاربری مورد بررسی نشان داد که

جدول ۳- مقادیر ذخیره کربن درختان (میانگین $\pm$ اشتباه معیار) در سه کاربری مورد بررسی

کاربری	ذخیره کربن روی زمینی (تن در هکتار)	ذخیره کربن زیرزمینی (تن در هکتار)	ذخیره کربن کل (تن در هکتار)
بوستان جنگلی	28.96 ± 2.83^a	8.07 ± 0.13^a	37.03 ± 3.14^a
فضای سبز حاشیه خیابان	15.24 ± 1.09^c	4.21 ± 0.15^c	19.45 ± 2.73^c
منطقه مسکونی	20.58 ± 1.82^b	6.11 ± 0.12^b	26.69 ± 2.82^b

در هر ستون حروف کوچک متفاوت به معنی وجود اختلاف معنی‌دار است.

عوامل موثر در ذخیره کربن خاک

متغیر درصد سیلت به مدل، ضریب تعیین به 63

درصد افزایش یافت که نشان‌دهنده اهمیت هم‌افزایی این دو متغیر در فرآیند ذخیره کربن است. مدل نهایی با معادله $Y=6.8-0.049X_1+0.98X_2$ ، بیانگر نقش غالب متغیر درصد سیلت در تعیین وضعیت ذخیره کربن خاک است. (جدول ۴).

برای بررسی عوامل تعیین‌کننده ذخیره کربن آلی خاک در بوستان جنگلی از تحلیل رگرسیون گام به گام استفاده شد. در این بررسی متغیرهای خاکی وارد معادله شدند. نتایج نشان داد در گام اول، متغیر وزن مخصوص ظاهری خاک وارد مدل شد و 51 درصد از تغییرات کربن را تبیین کرد. در گام دوم، با ورود

جدول ۴- مدل رگرسیون گام به گام و قدرت تبیین متغیرهای مستقل در تغییرات ذخیره کربن خاک در بوستان جنگلی

R^2	توابع	ضریب استاندارد شده (β)	سطح معنی‌داری (p-value)
0.51	$Y=0.96+0.82X_1$	0.71	0.003^{**}
0.63	$Y=6.8-0.049 X_1+0.98 X_2$	-0.32	0.041^*

Y = ذخیره کربن، X_1 = وزن مخصوص ظاهری خاک، X_2 = درصد سیلت

همچنین نتایج عوامل موثر در ذخیره کربن خاک حاشیه خیابان نشان داد که مدل دوم با ورود دو متغیر مستقل وزن مخصوص ظاهری خاک و درصد رس بیشترین قدرت پیش‌بینی را داراست ($R^2=0.68$). در این مدل، متغیر درصد رس با ضریب مثبت (۰/۸۱۸) تأثیر مستقیم و معنی‌داری بر افزایش ذخیره کربن دارد، درحالی‌که متغیر وزن مخصوص

ظاهری خاک با ضریب منفی (۰/۲۵۴-) به‌عنوان یک عامل محدودکننده عمل می‌کند. با توجه به ضرایب به‌دست‌آمده، می‌توان نتیجه گرفت که مدیریت خاک به‌منظور کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و بهبود وضعیت درصد رس، راهکاری موثر برای ارتقای ظرفیت ذخیره کربن در اراضی مورد بررسی است (جدول ۵).

جدول ۵- مدل رگرسیون گام به گام و قدرت تبیین متغیرهای مستقل در تغییرات ذخیره کربن خاک در فضای سبز حاشیه خیابان

R^2	توابع	ضریب استاندارد نشده (β)	سطح معنی‌داری (p-value)
٪۵۴	$Y=4.6+0.28X_1$	۰.۷۳	۰.۰۰۲**
٪۶۸	$Y=6.12-0.254X_1+0.818X_2$	-۰.۳۸	۰.۰۲۸*

Y = ذخیره کربن، X_1 = وزن مخصوص ظاهری خاک، X_2 = درصد رس

قدرت پیش‌بینی مدل و افزایش توان تبیین تغییرات ذخیره کربن خاک است. معادله نهایی رگرسیون به‌صورت $Y = 5.94 - 0.186X_1 + 0.904X_2$ حاصل شد. نتایج نشان می‌دهد که هرچند متغیر وزن مخصوص ظاهری خاک همچنان یکی از عوامل مؤثر در تغییرات ذخیره کربن خاک محسوب می‌شود، اما ورود متغیر درصد سیلت سهم قابل توجهی در افزایش قدرت تبیین مدل داشته است. بنابراین، ترکیب این دو متغیر نسبت به استفاده از یک متغیر، برآورد دقیق‌تری از مقدار ذخیره کربن خاک در مناطق مسکونی ارائه می‌دهد (جدول ۶).

نتایج رگرسیون گام‌به‌گام برای مناطق مسکونی نشان داد که در گام نخست، متغیر وزن مخصوص ظاهری خاک به‌عنوان مهم‌ترین متغیر پیش‌بینی‌کننده وارد مدل شد و به تنهایی توانست ۵۳ درصد از تغییرات ذخیره کربن خاک را تبیین کند ($R^2=0.53$). معادله رگرسیون در این مرحله به‌صورت $Y=2.84 + 0.41X_1$ به دست آمد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت متغیر وزن مخصوص ظاهری خاک بر مقدار ذخیره کربن خاک است. در گام دوم، با ورود متغیر درصد سیلت، ضریب تعیین مدل به ۶۶ درصد ($R^2=0.66$) افزایش یافت که بیانگر بهبود

جدول ۶- مدل رگرسیون گام به گام و قدرت تبیین متغیرهای مستقل در تغییرات ذخیره کربن خاک در منطقه مسکونی

R^2	توابع	ضریب استاندارد شده (β)	سطح معنی‌داری (p-value)
٪۵۳	$Y=2.84+0.41X_1$	۰.۶۸	۰.۰۰۶**
٪۶۶	$Y=5.94-0.186X_1+0.904X_2$	-۰.۲۹	۰.۰۴۱*

Y = ذخیره کربن، X_1 = وزن مخصوص ظاهری خاک، X_2 = درصد سیلت

بحث و نتیجه‌گیری

سایر فضاهای سبز، علاوه‌بر ارتقای کیفیت بصری و افزایش سرزندگی محیط شهری، نقش مهمی در حفظ و تقویت تنوع زیستی ایفا می‌کنند. این

جنگل‌های شهری، شامل درختان موجود در بوستان‌ها، باغ‌ها، حاشیه خیابان‌ها، جاده‌ها، کانال‌ها و

اکوسیستم‌ها با ارائه طیف گسترده‌ای از خدمات اکوسیستمی، از جمله بهبود کیفیت هوا، تنظیم دمای محیط، کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی و ترسیب کربن، سهم قابل‌توجهی در کاهش ردپای کربن شهرها و افزایش تاب‌آوری آنها در برابر تغییرات اقلیمی دارند [۳]. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که نوع کاربری فضای سبز شهری تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت ذخیره کربن در زی‌توده درختی و خاک دارد. به‌طور کلی، بوستان جنگلی شهید رجایی در مقایسه با دو کاربری دیگر، مقادیر بیشتری از کربن را هم در مخزن خاک و هم در زی‌توده درختی ذخیره کرده است. این یافته، فرضیه اصلی پژوهش مبنی بر برتری بوستان‌های جنگلی در ذخیره کربن نسبت به فضاهای سبز خطی و لکه‌ای را تأیید می‌کند و با نتایج مطالعات پیشین در اکوسیستم‌های شهری هم‌خوانی دارد [۹ و ۱۷]. در این پژوهش، ذخیره کربن آلی خاک در بوستان جنگلی (۹۲/۶۸ تن در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از فضای سبز حاشیه خیابان (۶۳/۹۲ تن در هکتار) و منطقه مسکونی (۶۸/۷۵ تن در هکتار) بود. همچنین درصد کربن و نیتروژن خاک در بوستان جنگلی نسبت به دو کاربری دیگر مقادیر بالاتری را نشان داد. این تفاوت را می‌توان ناشی از چند عامل دانست. نخست، تراکم بیشتر درختان و پوشش گیاهی در بوستان جنگلی موجب افزایش تولید لاشبرگ و بقایای آلی شده و در نتیجه، ورود کربن به خاک را افزایش داده است. دوم، محدود بودن عملیات نگهداری و جمع‌آوری بقایای گیاهی در بوستان جنگلی، فرصت بیشتری برای تجزیه بقایا و تجمع ماده آلی در خاک فراهم می‌کند. در مقابل، در فضای سبز حاشیه خیابان و منطقه مسکونی حذف مداوم لاشبرگ، تردد انسانی و وسایل نقلیه، محدودیت فضای ریشه و فشردگی خاک، موجب کاهش ورودی کربن و افزایش معدنی شدن ماده آلی می‌شود. نتایج این بخش با یافته‌های پژوهش‌های جهانی همسو است. برای مثال، پژوهش‌های انجام‌شده

توسط [۶ و ۷] نشان داد که بوستان‌های جنگلی شهری در مقایسه با فضاهای سبز خطی و حاشیه معابر، به‌دلیل ورودی بیشتر بقایای گیاهی و فشردگی کمتر خاک، مقادیر بالاتری از کربن آلی را ذخیره می‌کنند. همچنین، مطالعه [۱۸] در شهرهای مختلف آسیا نشان داد که نوع کاربری و شدت مدیریت، مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده ذخیره کربن در فضاهای سبز شهری هستند. اگرچه بافت خاک در هر سه کاربری از نوع سیلتی - لومی بود، اما تفاوت معنی‌دار ذخیره کربن آلی نشان می‌دهد که نوع کاربری و مدیریت، نقش مؤثرتری نسبت به بافت خاک در تعیین ظرفیت ذخیره کربن ایفا می‌کنند. با این حال، نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که اجزای بافت خاک، به‌ویژه درصد سیلت در بوستان جنگلی و منطقه مسکونی و درصد رس در حاشیه خیابان، از عوامل مؤثر بر تغییرات ذخیره کربن هستند. ذرات ریزتر خاک با ایجاد پیوندهای آلی - معدنی و محافظت فیزیکی از مواد آلی در برابر تجزیه میکروبی، موجب پایداری بیشتر کربن در خاک می‌شوند. در خاک‌های دارای درصد بالاتر رس و سیلت، ظرفیت نگهداری آب و سطح ویژه ذرات بیشتر بوده و این امر شرایط مطلوب‌تری برای تجمع کربن آلی فراهم می‌کند. بررسی وزن مخصوص ظاهری خاک نشان داد که این شاخص در سه کاربری مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری دارد. با وجود آن که بوستان جنگلی مقادیر بالاتری از وزن مخصوص ظاهری را نشان داد، نتایج مدل‌های رگرسیونی بیانگر آن بود که این متغیر اثر منفی بر ذخیره کربن آلی خاک دارد. به‌طور معمول، افزایش وزن مخصوص ظاهری نشان‌دهنده فشردگی بیشتر خاک، کاهش تخلخل و محدود شدن رشد ریشه و فعالیت زیستی خاک است. در نتیجه، فشردگی خاک می‌تواند با کاهش نفوذ آب و هوا، فرایندهای مؤثر بر تشکیل و پایداری ماده آلی را محدود کند. بنابراین، هرگونه اقدام مدیریتی که موجب کاهش فشردگی

خاک شود، می‌تواند نقش مؤثری در افزایش ظرفیت ذخیره کربن ایفا کند. یافته‌های پژوهش حاضر همچنین نشان داد که واکنش خاک و هدایت الکتریکی در فضای سبز حاشیه خیابان و منطقه مسکونی بیشتر از بوستان جنگلی بود. افزایش هدایت الکتریکی در حاشیه خیابان احتمالاً ناشی از تجمع آلاینده‌ها، استفاده از آب آبیاری با کیفیت پایین‌تر و تأثیر رواناب‌های شهری است. افزایش شوری و قلیائیت خاک می‌تواند فعالیت میکروارگانیسم‌ها، رشد ریشه و تولید زی‌توده گیاهی را محدود کرده و در نهایت موجب کاهش ظرفیت ذخیره کربن شود. از سوی دیگر، نتایج نشان داد که ذخیره کربن درختی در بوستان جنگلی ($37/03$ تن در هکتار) تقریباً دو برابر فضای سبز حاشیه خیابان ($19/45$ تن در هکتار) و یک و نیم برابر منطقه مسکونی ($26/69$ تن در هکتار) است. این اختلاف را می‌توان به تراکم بیشتر درختان، شرایط مناسب‌تر رشد، فضای کافی برای توسعه ریشه و تاج و وجود درختان با سن و ابعاد بزرگ‌تر در بوستان جنگلی نسبت داد. به‌طورکلی، ظرفیت ذخیره کربن درختی تابعی از ویژگی‌های ساختاری پوشش گیاهی از جمله قطر برابر سینه، ارتفاع و چگالی چوب است. درختان مستقر در حاشیه خیابان به دلیل محدودیت حجم خاک، تنش‌های ناشی از آلودگی، هرس مداوم و شرایط نامساعد محیطی، از رشد کمتری برخوردار بوده و در نتیجه، کربن کمتری ذخیره می‌کنند. نتیجه این بخش با یافته‌های [۴، ۹، ۱۴] مطابقت داشت. مقایسه ذخیره کربن خاک و زی‌توده درختی نشان داد که سهم خاک در ذخیره کربن کل اکوسیستم شهری بیش از زی‌توده درختی است. در بوستان جنگلی، مقدار کربن آلی خاک حدود چهار برابر کربن درختی، در فضای سبز حاشیه خیابان بیش از پنج برابر و در منطقه مسکونی بیش از چهار برابر آن بود. این یافته

اهمیت خاک را به‌عنوان بزرگ‌ترین مخزن کربن در فضاهای سبز شهری نشان می‌دهد و بیانگر آن است که برنامه‌های مدیریت کربن شهری نباید صرفاً بر افزایش پوشش درختی متمرکز شوند، بلکه حفاظت و بهبود کیفیت خاک نیز باید در اولویت قرار گیرد.

در کل نتایج این پژوهش نشان داد که نوع کاربری فضای سبز شهری نقش تعیین‌کننده‌ای در ظرفیت ذخیره کربن درختی و خاک دارد. بوستان جنگلی شهید رجایی در مقایسه با دو کاربری دیگر، مقادیر بیشتری از کربن را در هر دو مخزن زی‌توده درختی و خاک ذخیره کرده است. ذخیره کربن آلی خاک در هر سه کاربری به‌مراتب بیشتر از کربن ذخیره‌شده در زی‌توده درختی بود که بر اهمیت خاک به‌عنوان اصلی‌ترین مخزن کربن در اکوسیستم‌های شهری تأکید می‌کند. نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که وزن مخصوص ظاهری خاک اثر منفی و اجزای ریزبافت خاک شامل سیلت و رس اثر مثبتی بر ذخیره کربن آلی دارند. بنابراین، کاهش فشردگی خاک، افزایش ورودی بقایای گیاهی و حفظ ساختار خاک، از مهم‌ترین راهکارهای مدیریتی برای ارتقای ظرفیت ذخیره کربن در فضاهای سبز شهری محسوب می‌شوند. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در برنامه‌ریزی و توسعه فضای سبز شهر اراک، ایجاد و گسترش بوستان‌های جنگلی، استفاده از گونه‌های درختی با زی‌توده بالا، محدود کردن جمع‌آوری لاشبرگ، کاهش تردد و فشردگی خاک و بهبود کیفیت خاک در فضاهای سبز حاشیه خیابان و مناطق مسکونی مورد توجه قرار گیرد. اجرای این راهبردها می‌تواند ضمن افزایش ظرفیت ترسیب کربن، به کاهش اثرات تغییرات اقلیمی، بهبود کیفیت محیط‌زیست شهری و ارتقای پایداری اکولوژیکی شهر اراک کمک کند.

References

- [1]. Chen, Y., Yu, SH., Liu, S., Wang, X., Zhang, Y., Liu, T., Zhang, W., & Fu, SH. (2017). Reforestation makes a minor contribution to soil carbon accumulation in the short term: Evidence from four subtropical plantations, *Forest Ecology and Management*, 384, 400–405. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.10.053
- [2]. Cochran, W. G. (1977). Sampling Techniques. John Wiley & Sons.
- [3]. Dadhich, P., Malav, A., & Jaiswal, P. (2023). Carbon sequestration potential of trees in urban vegetation islands: A case study. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13 (11), 2362–2371. <https://doi.org/10.9734/IJECC/2023/v13i113401>
- [4]. Fazeli, E., Fallah, A., Shabani, M., & Tafazoli, M. (2025). Estimation of carbon storage of tree cover in urban forest (Study area: Mazandaran Province, Sari City). *Journal of Forest Ecosystems Research*, 4(2), 26–37. [In Farsi].
- [5]. Ghasemi Aghbash, F. (2018). Soil Carbon Sequestration and Understory Plant Diversity under Needle and Broad-leaved Plantations (Case Study: Shahed Forest Park of Malayer City). *Ecopersia*, 6(1), 1-10. [In Farsi].
- [6]. Guo, H., Du, E., Terrer, C., & Jackson, R.B. (2024a). Global distribution of surface soil organic carbon in urban greenspaces. *Nature Communications*, 15, 806. DOI: 10.1038/s41467-024-44887-y.
- [7]. Guo, Y., Han, J., Bao, H., Wu, Y., Shen, L., Xu, X., Chen, Z., Smith, P., & Abdolla, M. (2024b). A systematic analysis and review of soil organic carbon stocks in urban greenspaces. *Science of the Total Environment*, 948, 174788. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174788>
- [8]. Hamidi, K., Namiranian, M., Fegghi, J., & Shabani, M. (2016). Assessing trees canopy cover by using Ikonos satellite imagery retrieved from Google Earth and field measurements (Case study: Sari, Iran). *Journal of Forest Science*, 62(6), 287–297. <https://doi.org/10.17221/117/2015-JFS>. [In Farsi].
- [9]. Heidarian, Sh., & Ghasemi Aghbash, F. (2020) Study of Carbon sequestration in trees and soil in two urban parks of Kohdasht City. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(1), 215-225. DOI:10.30495/jest.2020.11035. [In Farsi].
- [10]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019a). Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. IPCC. <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- [11]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019b). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- [12]. Jabari, S., Pazhouhan, I., & Ghasemi Aghbash, F. (2024). Assessing of organic carbon storage and some physical and chemical characteristics of soil in forestation, rangeland, garden and agricultural uses (Case study: Malayer–Hamadan Road). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 12(1), 189–202. [In Farsi].
- [13]. Khosravani, A.N (2022). Evaluation of tree and soil carbon sequestration in different land uses of Arak city. Master's thesis, Malayer University. [In Farsi].
- [14]. Mahmoudi, M., Ramezani Kakroudi, E., Banj Shafiei, A., Salehi, A., Pato, M., & Hosseinzadeh, O. (2023). Estimation of Carbon Storage in Biomass and Litter in Plantations of Lavizan Forest Park in Tehran. *Ecology of Iranian Forests*, 10(20), 204-214. DOI:10.52547/ifej.10.20.204 [In Farsi].

- [15]. Nowak, D. J., Greenfield, E. J., Hoehn, R. E., III, & Lapoint, E. (2013). Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*, 178, 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.019>.
- [16]. Rezayan, A., Pourezzat, A.A., & Hafeznia, M.R (2017). Future Studies of Military-Security Threats Caused by Climate Change in Iran, Using the Future Wheel Method. *Defence Futures Studies*, 2(4), 141–166. [In Farsi].
- [17]. Saedpanah, M., Ghaderzadeh, H., Reisi, M., & Moradi, A. (2022). The effect of tree species on carbon storage in biomass and soil of Toos Nozar forest park in Sanandaj. *Journal of Natural Environment*, 75 (2), 293–308. <https://doi.org/10.22059/JNE.2022.342097.2427>. [In Farsi].
- [18]. Zhang, X., Huang, H., Tu, K., Li, R., Zhang, X., Wang, P., Li, Y., Yang, Y., Acerman, A.C., Guo, N., & Liu, Y. (2024). Effects of plant community structural characteristics on carbon sequestration in urban green spaces. *Scientific Reports*, 14, 7382. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57789-2>
- [19]. Zhou, W., Wang, J., Hanm Y., Yang, L., Que, H., & Wang, R. (2023). Scenario Simulation of the Relationship between Land-Use Changes and Ecosystem Carbon Storage: A Case Study in Dongting Lake Basin, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(6),4835. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064835>.

Assessment of Tree and Soil Carbon Storage in Different Urban Green Space Land Uses in Arak (Research Paper)

1- Farhad Ghasemi Aghbash*, Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.

f.ghasemi@malayeru.ac.ir

2- Ali-Naghi Khosravani, M.Sc. Student, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.

Received: 30 Jun. 2026

Accepted: 6 Sep. 2026

Abstract

Increasing greenhouse gas concentrations and climate change have highlighted the importance of urban green spaces in carbon sequestration and storage. This study aimed to evaluate and compare tree carbon storage and soil organic carbon (SOC) among different types of urban green spaces in Arak, Iran, including Shahid Rajaei Forest Park, the Nedaamatgah roadside green space, and the Amir Kabir residential area. Field sampling was conducted in July 2022. The studied tree species were *Fraxinus excelsior* L. and *Platycladus orientalis* (L.) Franco. Tree diameter at breast height (DBH) and height were measured, and tree biomass was estimated using allometric equations. In Shahid Rajaei Forest Park, ten 10×10 m sample plots were established using a systematic random sampling method. In the roadside green space, trees were selected through random sampling, whereas five 10×10 m sample plots were purposively established in the Amir Kabir residential area. Soil samples were collected from the 0–30 cm depth, and soil organic carbon was determined using the dry combustion method. The results indicated that soil carbon storage was significantly higher in Shahid Rajaei Forest Park than in the other two land-use types. The highest soil carbon storage was recorded in the forest park (92.68 t ha^{-1}), while the lowest value was observed in the roadside green space (63.92 t ha^{-1}). Tree carbon storage also differed significantly among land-use types and tree species. Aboveground biomass was estimated at 28.96, 15.24, and 20.58 t ha^{-1} in the forest park, roadside green space, and residential area, respectively, whereas the corresponding belowground biomass values were 8.07, 4.21, and 6.11 t ha^{-1} . Stepwise regression analysis identified silt and clay contents as the most influential variables affecting soil carbon storage. Overall, forest parks exhibited a greater capacity for carbon storage in both tree biomass and soil compared with other urban land-use types, highlighting their important role in urban carbon sequestration and climate change mitigation.

Keywords: Soil organic carbon, tree biomass, forest park, coniferous trees, broadleaved trees, urban green spaces.