

برآورد نیروی جنگل شهری در ترسیب کربن اتمسفری

سعید ورامش^{۱*}، سید محسن حسینی^۲، نوراله عبدی^۳

۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس. hosseini@modares.ac.ir

۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک. n-abdi@iau-arak.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۳

چکیده

افزایش گازهای گلخانه‌ای منجر به تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی شده و آثار زیانباری بر حیات انسان بر روی کره زمین گذاشته است. دی‌اکسید کربن عمده‌ترین گاز گلخانه‌ای است که جنگل‌های شهری نیروی بالایی در جذب و ترسیب آن در بیومس و خاک دارند. برای انجام این تحقیق توده‌های ۴۰ ساله افاقیا و زبان گنجشک به همراه زمین بایر مجاور (شاهد) در پارک جنگلی چیتگر تهران انتخاب شد و مقدار کربن ترسیب شده در بیومس (هوایی و زیرزمینی)، لاشبرگ و خاک (۱۵ تا ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتری) مورد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد هر یک از توده‌های افاقیا و زبان گنجشک به ترتیب سالانه ۹/۶۳ و ۳/۵ تن در هکتار کربن ترسیب کرده و منجر به افزایش نیروی ترسیب کربن در حدود ۴۸۲/۵ و ۱۴۰ تن در هکتار شده‌اند. ارزش اقتصادی حاصل از ترسیب کربن با توده‌های مذکور به ترتیب ۲۰ و ۲/۵ میلیون دلار محاسبه شد. بیشترین سهم از ترسیب کربن کل به بیومس تنه درختان (۶۱ درصد در توده افاقیا و ۵۱ درصد در توده زبان گنجشک) اختصاص یافت. مقدار اسیدیت، درصد شن و نیتروژن نیز به ترتیب از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کربن آلی خاک بودند. نتایج این تحقیق نیروی بالای جنگل شهری در جذب و ترسیب کربن اتمسفری را ثابت کرد. بنابراین با توجه به مزایای بسیار زیاد ترسیب کربن و همچنین عضویت ایران در کنوانسیون تغییرات اقلیمی، ضروری است که با مدیریت و محافظت مناسب این جنگل شهری و جنگل‌های شهری مشابه در تهران و سایر مناطق ایران گام مثبتی به‌منظور کاهش تراکم کربن اتمسفری و در نتیجه کاهش گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی برداشته شود.

کلید واژه

دی‌اکسید کربن اتمسفری، جنگل شهری، ترسیب کربن، بیومس، خاک، پارک جنگلی چیتگر تهران.

سر آغاز

شهری نیروی بالایی در جلوگیری از انتشار، جذب و ترسیب کربن

اتم‌سفری دارند (ورامش و همکاران، ۱۳۸۷؛ McPherson, 1998; Nowak and Crane, 2002; Pouyat, 2002). جنگل‌های شهری، اکوسیستم‌های مشخص درختی و پوشش گیاهی موجود در اجتماع مردم هستند (Nowak, et al., 2001) و شامل درختان موجود در طول خیابان‌ها، بزرگراه‌ها، داخل پارک‌ها، حیاط خانه‌های مسکونی و جنگلکاری‌های اطراف مراکز پرجمعیت هستند (Johnson, 2007; Miller, 1997 and Ward, 2007). اکوسیستم مناطق شهری تفاوت زیادی با مناطق بکر و طبیعی دارد، زیرا دارای گونه‌های غیر بومی بوده و مقدار زیادی عوامل آلاینده خاک و آب در آن وجود دارد (Nowak, 2000). همچنین به دلیل وجود سطوح غیرقابل نفوذ و استفاده زیاد انرژی در شهرها و گرمای ایجاد شده از این طریق،

ایران اگرچه در زمره کشورهای صنعتی جهان محسوب نمی‌شود، به واسطه تولید نفت و فرآورده‌های نفتی که قسمت عمده صادرات و درآمد ناخالص ملی را شامل می‌شود، به‌طور غیرمستقیم سهم عمده‌ای در تولید مواد آلاینده از جمله دی‌اکسید کربن در سطح جهانی دارد (ورامش و همکاران، ۱۳۸۷). دی‌اکسید کربن عمده‌ترین جزء گازهای گلخانه‌ای است (Lal, 2004) که در سال‌های اخیر افزایش یافته و آثار بسیار زیانباری بر محیط زیست و حیات انسان در پی داشته است (UNDP, 2000; Kerr, 2007). این آثار، توسعه پایدار بسیاری از کشورها را به خطر انداخته و منجر به افزایش شدید مطالعات در سطح جهانی شده است (Stern, 2007). مطالعات نشان داده‌اند که جنگل‌های



شکل شماره (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش نمونه‌برداری

با توجه به این‌که وجود آلاینده‌ها و منابع تولید کربن آثار تعیین‌کننده‌ای می‌تواند بر میزان جذب و ترسیب کربن داشته باشد، بنابراین توده‌های گونه‌ای انتخاب شدند که فاصله یکسانی از منابع آلاینده، نظیر اتوبان تهران- کرج و کارخانه ایران خودرو داشته باشند. توده‌های اقاویا و زبان گنجشک به وسعت ۱۰ هکتار همراه با زمین بایر مجاور (شاهد) در پارک جنگلی چیتگر تهران برای انجام این تحقیق انتخاب شدند و بر اساس دستورالعمل‌های فائو و موسسه وینراک نمونه‌برداری در آبان ماه سال ۱۳۸۷ انجام گرفت.

به این ترتیب که نمونه‌برداری به صورت تصادفی- سیستماتیک و در قالب ۱۰ پلات تودرتو در هر توده انجام گرفت. ابتدا در پلات ۱۰×۱۰ متری اطلاعاتی از درخت، شامل قطر برابر سینه (DBH)، ارتفاع درخت (H)، ارتفاع تنه (Hc) و قطرهای کوچک (L) و بزرگ (W) تاج اندازه‌گیری شد. در هر پلات یک درخت به صورت تصادفی قطع شد و یک دیسک ۵ سانتیمتری از قسمت انتهایی هر قطعه ۲ متری برداشته شد.

شاخه‌ها قطع شده و وزن آنها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد، سپس به قطعات ۵ سانتیمتری بریده شده و ۱۰ نمونه به صورت تصادفی از آنها برداشته شد. نمونه‌های ریشه نیز تا عمق ۰/۵ متری (برای محاسبه درصد کربن) برداشته شد. در داخل پلات ۵×۵ متری، نمونه‌های خاک از دو عمق ۰ تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتری و پس از کنار زدن لایه لاشبرگی به صورت ترکیبی برداشت شد. به این صورت که ۴ نمونه از ۴ گوشه پلات برداشت شد و سپس نمونه‌ها با

مناطق شهری دمای بیشتری (3°C تا 5°C) نسبت به مناطق اطراف دارند (Miller, 1997; Sampson, et al., 1992). از سوی دیگر اندازه‌گیری تأثیر جنگل‌های شهری بر ترسیب کربن، یک پیش شرط مهم برای مدیریت بهتر آنهاست (Nowak and Crane, 2002). نخستین اندازه‌گیری ملی ترسیب کربن با جنگل شهری، براساس تعمیم دادن اطلاعات ترسیب کربن از یک شهر و اطلاعات پوشش درختی از شهرهای دیگر امریکا، بین ۳۵۰-۷۵۰ میلیون تن برآورد شد (Nowak, 1993).

نتایج مطالعه Lemma و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که توده‌های ۲۰ ساله *Pinus patula* و *Cupressus lusitania* به ترتیب منجر به افزایش ترسیب کربن در حدود ۶/۶۹ و ۳/۲۹ تن در هکتار پس از ۲۰ سال شدند. MacFarlane (2009) نیز با بررسی آثار و مزایای جنگل‌های شهری در میشیگان امریکا نتیجه گرفت که این جنگل‌ها باعث کاهش چشمگیر سطح CO_2 اتمسفری می‌شوند، بنابراین نقش زیادی در اقتصاد ملی و منطقه‌ای می‌توانند داشته باشند.

با توجه به این‌که پارک جنگلی چیتگر تهران نمونه بارزی از جنگل شهری است که حایز اهمیت زیست‌محیطی فراوانی است و اقاویا (*Robinia Pseudoacacia*) و زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia*) نیز از گزینه‌های مهم برای استفاده در جنگل‌های شهری هستند، هدف از این تحقیق برآورد نیروی ترسیب کربن توده‌های اقاویا و زبان گنجشک کاشته شده در پارک جنگلی چیتگر تهران، عوامل مؤثر بر آن و محاسبه ارزش اقتصادی کربن ترسیب شده است.

مواد و روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به وسعت حدود ۹۰۰ هکتار در غرب تهران (در مسیر اتوبان تهران- کرج، کیلومتر ۱۶) و در محدوده پارک چیتگر واقع شده و بین 35° و 51° تا 15° و 51° طول جغرافیایی شرقی و 42° و 35° تا 45° و 35° عرض جغرافیایی شمالی قرار دارد (شکل شماره ۱). تاریخ احداث این پارک سال ۱۳۴۷ و هدف از احداث آن، جلوگیری از آلودگی هوا، ایجاد کمربند سبز شهر تهران، تلطیف هوا، ایجاد تفرجگاه و جلوگیری از توسعه نامناسب بافت شهری بوده است. از لحاظ اقلیمی جزء محدوده اقلیمی مدیرانه‌ای خشک است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۰۰ متر و متوسط بارندگی آن ۲۳۲ میلیمتر است.

سطح مقطع درخت با استفاده از فرمول شماره ۱، حجم درخت با استفاده از فرمول شماره ۲ و بیومس تنه درخت بر حسب کیلوگرم بر اساس فرمول شماره ۳ محاسبه شد.

$$(۱) A_b = \pi \times r^2$$

$$(۲) V = A_b \times H \times K_c$$

$$(۳) \text{Biomass} = V \times \text{WD} \times 1000$$

$A_b =$ سطح مقطع درخت (m^2)، $r =$ شعاع درخت (m)، $\pi = 3/14$

(gr/cm^3) چگالی = 0.54 WD ، $K_c =$ (m) ارتفاع درخت = H ،

$V =$ حجم درخت (m^3)

با توجه به این که نمونه برداری کامل از ریشه درخت برای محاسبه بیومس، نیازمند صرف وقت و هزینه زیادی است و برای جلوگیری از روشهای نمونه برداری مخرب، بیومس ریشه درختان با استفاده از فرمول شماره (۴) محاسبه شد:

$$(۴) \text{BGB} = \text{Volume AGB} \times 0.2$$

$\text{BGB} =$ بیومس زیرزمینی، $\text{AGB} =$ بیومس هوایی

حجم تاج ااقیا و زبان گنجشک نیز با استفاده از فرمول شماره ۵

محاسبه شد:

$$(۵) V (m^3) = (\pi \times Db^2) / 12$$

$$\pi = 3/14 \quad Db: (L+W)/2$$

روشهای آماری

ابتدا نرمال بودن دادهها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی آنها با آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه کلی مشخصه‌های مورد بررسی توده‌ها از تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA) و برای مقایسه‌های چندگانه میانگین‌ها از آزمون توکی استفاده شد. تعیین مهم‌ترین عامل خاکی تأثیرگذار بر میزان کربن آلی خاک با استفاده از رگرسیون گام به گام انجام گرفت. نمودارها نیز با نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج

ترسیب کربن بیومس

بررسی مقدار کربن ترسیب شده در بیومس هوایی و زیرزمینی نشان داد که این مقدار در تنه، شاخه، ریشه و لاشبرگ توده ااقیا به طور معنی داری ($p < 0.01$) بیشتر از توده زبان گنجشک بود (شکل شماره ۲). نتایج همچنین نشان داد که مقادیر قطر برابر سینه، سطح مقطع برابر سینه، ارتفاع کل، حجم تنه، بیومس تنه، بیومس شاخه و بیومس ریشه در توده ااقیا به طور معنی داری ($p < 0.01$) بیشتر از

هم مخلوط شد. کل لاشبرگ موجود در پلات 1×1 متری نیز جمع‌آوری و توزین شد. در قطعه شاهد نیز با توجه به عدم پوشش درختی و علفی، فقط نمونه برداری خاک در داخل پلات‌های 5×5 متری و از دو عمق ۰ تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتری انجام گرفت. نمونه‌ها در داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شد (ورامش و همکاران، (McDicken, 1997; Hernandez, et al., 2004؛ ۱۳۸۸).

روش آزمایشگاهی

نمونه‌های شاخه، تنه، ریشه و لاشبرگ به مدت ۲۴ ساعت در دمای 105° درجه سانتیگراد خشک شد و سپس درصد کربن آلی به روش احتراق در کوره الکتریکی تعیین شد. چگالی نمونه‌ها نیز با استفاده از روش دانسیته وزن خشک محاسبه شد. نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک و بعد از خرد نمودن کلوخه‌ها و جدا کردن ریشه‌ها، سنگ و سایر ناخالصی‌ها، آسیاب و از الک ۲ میلیمتری (مش ۲۰) عبور داده شد.

بافت خاک با استفاده از روش دانسیتمتری بایکاس، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب، اسیدیته خاک به روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر الکترونیکی، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع و با استفاده از دستگاه Ec متر الکترونیکی و تعیین ازت کل خاک با دستگاه کجلدال انجام شد. ماده آلی و کربن آلی با استفاده از روش سرد و بر مبنای اکسیداسیون کربن آلی به کمک بیکربنات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) در محیط کاملاً اسیدی (H_2SO_4) اندازه‌گیری شد. در آخر درصد رطوبت اشباع خاک نیز اندازه‌گیری شد (ورامش و همکاران، ۱۳۸۸). مقدار ترسیب کربن بر حسب کیلوگرم بر هکتار بر اساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$Cs = 10000 \times OC (\%) \times Bd \times e$$

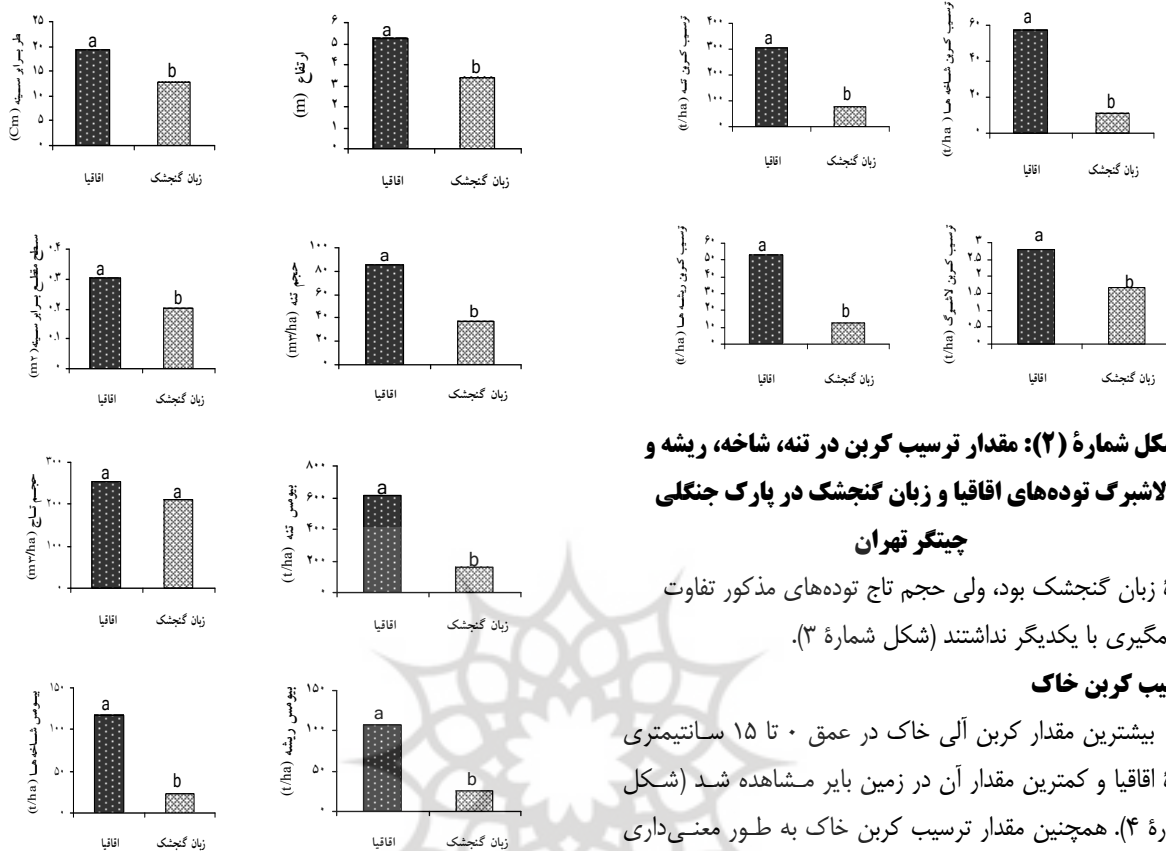
$$Cs = \text{کربن آلی (kg/ha)}$$

$OC =$ درصد کربن آلی $Bd =$ وزن مخصوص ظاهری

خاک (gr/cm^3) $e =$ عمق نمونه برداری (cm)

روش محاسبه بیومس

برای محاسبه حجم تنه و تاج پوشش و همچنین محاسبات مربوط به بیومس هوایی و زیرزمینی درخت، مراحل زیر براساس دستورالعمل Hernandez و همکاران، (2004) انجام گرفت:



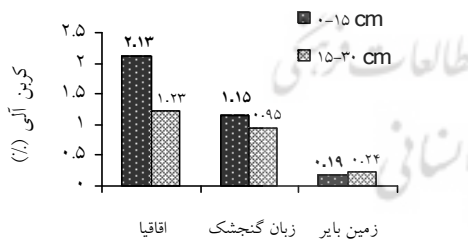
شکل شماره (۲): مقدار ترسیب کربن در تنه، شاخه، ریشه و لاشبرگ توده‌های افاقیا و زبان گنجشک در پارک جنگلی چیتگر تهران

توده زبان گنجشک بود، ولی حجم تاج توده‌های مذکور تفاوت چشمگیری با یکدیگر نداشتند (شکل شماره ۳).

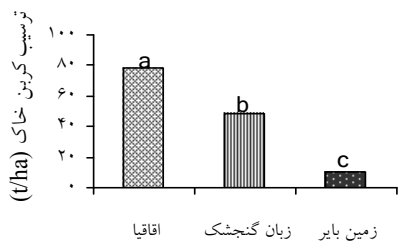
ترسیب کربن خاک

بیشترین مقدار کربن آلی خاک در عمق ۰ تا ۱۵ سانتیمتری توده افاقیا و کمترین مقدار آن در زمین بایر مشاهده شد (شکل شماره ۴). همچنین مقدار ترسیب کربن خاک به طور معنی‌داری (p < 0.01) در توده افاقیا (۷۸ تن در هکتار) بیشتر از توده زبان گنجشک (۴۸/۴۵ تن در هکتار) و زمین بایر مجاور (۱۰/۸۲ تن در هکتار) بود (شکل شماره ۵). نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام کربن آلی با عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک نیز نشان داد که اسیدیته یکی از اجزای مهم تأثیرگذار (۶۸/۲ درصد) بر کربن آلی خاک بود. درصد شن در درجه بعدی اهمیت قرار داشت (۱۳/۴ درصد)، نیتروژن نیز جزء بعدی تأثیرگذار (۵/۶ درصد) بر تراکم کربن آلی در خاک توده‌های مورد مطالعه بود. سایر عوامل بررسی شده تأثیر معنی‌داری بر تراکم کربن آلی خاک نداشتند (جدول شماره ۱).

شکل شماره (۳): مقایسه میانگین برخی مشخصه‌های کمی توده‌های افاقیا و زبان گنجشک در پارک جنگلی چیتگر تهران



شکل شماره (۴): درصد کربن آلی در دو لایه مختلف خاک توده‌های افاقیا، زبان گنجشک و زمین بایر



شکل شماره (۵): ترسیب کربن خاک توده‌های افاقیا، زبان گنجشک و زمین بایر در پارک جنگلی چیتگر تهران

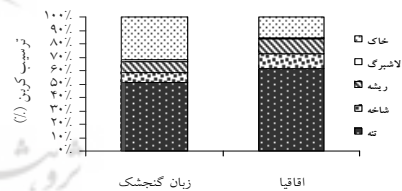
جدول شماره (۱): تجزیه رگرسیون گام به گام کربن آلی

معادلات	ضریب تبیین (R ²)
Y = 15.3 - 1.8X ₁	۶۸/۲
Y = 10.35 - 1.15X ₁ - 3.05 × 10 ⁻² X ₂	۸۱/۶
Y = 4.3 - 0.41X ₁ - 3.6 × 10 ⁻² X ₂ + 0.97X ₃	۸۷/۲

Y = وزن کربن، X₁ = اسیدیته، X₂ = شن، X₃ = نیتروژن

ترسیب کربن کل

نتایج نشان داد که توده‌های افاقیا و زبان گنجشک موجود در پارک جنگلی چیتگر تهران مقادیر چشمگیری کربن در بیومس، لاشبرگ و خاک ترسیب کرده‌اند. توده افاقیا در مدت ۴۰ سال حدود ۴۹۳/۳۵ تن در هکتار کربن ترسیب کرده بود که از این مقدار ۳۰۲/۴۲ تن در تنه درختان (۶۱/۳۰ درصد)، ۵۷/۱۱ تن در شاخه‌ها (۱۱/۵۸ درصد)، ۵۲/۸۱ تن در ریشه‌ها (۱۰/۷۱ درصد)، ۷۸/۱۹ تن در خاک (۱۵/۸۵ درصد) و ۲/۸۰ تن در لاشبرگ‌های (۰/۵۷ درصد) این توده بود. مقدار ترسیب کربن در توده زبان گنجشک نیز حدود ۱۵۰/۶۹ تن در هکتار بود که از این مقدار ۵۰/۹۵ تن در تنه درختان (۵۰/۹۶ درصد)، ۱۱/۳۷ تن در شاخه‌های درختان (۷/۵۵ درصد)، ۱۲/۴۰ تن در ریشه‌های درختان (۸/۲۳ درصد)، ۴۸/۴۵ تن در خاک (۳۲/۱۵ درصد) و ۱/۱۱ تن در لاشبرگ‌های (۱/۱۱ درصد) این توده بود (شکل شماره ۶). کل کربن ترسیب شده در زمین بایر ۱۰/۸۰ تن در هکتار بود که به دلیل نداشتن پوشش گیاهی خاصی فقط در خاک صورت گرفته بود. بنابراین هر یک از توده‌های فوق سالانه به ترتیب ۹/۶۳ و ۳/۵ تن کربن در هکتار ترسیب کرده‌اند.



شکل شماره ۶: نحوه توزیع کربن ترسیب شده در اجزای مختلف توده‌های افاقیا و زبان گنجشک

بحث

نتایج نشان داد که توده‌های افاقیا و زبان گنجشک پارک جنگلی چیتگر تهران به ترتیب منجر به افزایش نیروی ترسیب کربن در حدود ۴۸۲/۵ و ۱۴۰ تن در هکتار نسبت به قطعه شاهد شده‌اند. بنابراین این نظریه که جنگل شهری نیروی بالایی در ترسیب کربن اتمسفری داشته (ورامش و همکاران، ۱۳۸۷) و درختان زنده مخزن اصلی کربن اتمسفری هستند (Schlesinger and Lichter., 2001)، تأیید شد.

Groffman و همکاران (۲۰۰۶) نیز در مطالعات خود به اهمیت جنگل شهری در جذب CO₂ اتمسفری تأکید کرده‌اند. جنگل‌های شهری خدمات اکولوژیکی بسیار متنوعی را نیز در

جوامع ایجاد می‌کنند. خنک کردن هوا و کم کردن فشار گرمای ایجاد شده ناشی از سوخت کارخانه‌ها و وسایل نقلیه شهری از طریق کاهش انتشار کربن و تعدیل حرارت محصور شده در نواحی شهری به علت وجود مواد جذب کننده گرما از جمله آثار دیگر جنگل‌های شهری است (ورامش و همکاران، ۱۳۸۷).

Dwivedi و همکاران (2008) با بررسی فواید اکولوژیکی جنگل شهری کروا در هند نشان دادند که نیروی ترسیب کربن در بیومس هوایی آن حدود ۱۹/۵ هزار تن بود. جنگل شهری مذکور علاوه بر ترسیب کربن، زیستگاه مهمی برای گیاهان، حیوانات و پرندگان است. با توجه به این که ۲۰۷ هکتار (۲۳٪) از مساحت کل پارک جنگلی چیتگر به افاقیا و ۹۰ هکتار (۱۰٪) از آن به زبان گنجشک اختصاص دارد، بنابراین توده‌های مذکور به ترتیب موجب افزایش ترسیب کربن به مقدار ۹۹۸۷۷/۵ و ۱۲۶۰۰ تن در کل مساحت پارک جنگلی چیتگر تهران شده‌اند. چنانکه هزینه هر تن ترسیب کربن به طور متوسط ۲۰۰ دلار (Varamesh, et al., 2009) در نظر گرفته شود، در این صورت ارزش اقتصادی حاصل از ترسیب کربن توسط توده‌های افاقیا و زبان گنجشک به ترتیب ۲/۵ میلیون دلار خواهد بود.

همان گونه که نتایج این تحقیق نشان داد، کربن در اجزای بیشماری از جمله بیومس، لاشبرگ و خاک ترسیب می‌شود. همچنین ترسیب کربن در کل اکوسیستم زیاد بوده و در تعادل پویا با محیط اطرافش است (Jackson, 2000; Bouman and Leemans, 1995; Jabaggy and Leguminosae). ترسیب کربن خاک در توده افاقیا بیشتر از سایر توده‌هاست که این را می‌توان به توانایی بالای گیاهان خانواده Leguminosae در تثبیت ازت و رابطه مستقیم ترسیب کربن و تثبیت ازت نسبت داد (ورامش و همکاران، ۱۳۸۸).

مقدار کربن آلی خاک توده‌های افاقیا و زبان گنجشک در لایه اول بیشتر از لایه دوم بود. این نتیجه با یافته‌های Schuman و همکاران (2002) نیز مطابقت دارد و دلیل آن را می‌توان به تجمع بالای لاشبرگ در سطح خاک و روند تدریجی تجزیه آن تفسیر کرد. اسیدیته، درصد شن و نیتروژن به ترتیب مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر کربن آلی خاک هستند که در این رابطه برخی محققان نیز در تحقیقات خود به رابطه بین کربن و نیتروژن (Pussinen, 2002)، کربن و اسیدیته (Skullberg, 1991) و کربن و بافت خاک (Parton, et al., 1987) اشاره کرده‌اند.

آنهاست (Ceullemans, et al, 1999). باید یادآور شد که نتایج این گونه تحقیقات در مناطق مختلف احتمالاً متفاوت است و همان‌گونه که Schuman و همکاران (2002) نیز بیان کردند، علت اصلی این اختلاف در نتایج را می‌توان عوامل اقلیمی، توپوگرافی، ویژگی‌های خاک، ترکیب جامعه گیاهی و اعمال مدیریتی مختلف بیان کرد.

این تحقیق نشان داد که محاسبه کربن ترسیب شده در جنگل شهری به تعیین ارزش خدمات مهم اکوسیستمی - ترسیب کربن - و ارزیابی پوشش درختی برای منطقه مورد مطالعه کمک خواهد کرد. گذشته از این، تصمیم‌های مسئولان در خصوص نحوه مدیریت و استفاده از جنگل شهری در جذب آلودگی هوا، نیازمند اطلاعات درست و دقیق از نقش بسیار مهم جنگل‌های شهری در کاهش سطح CO₂ اتمسفری است (Beth Gann, et al., 2003).

نتیجه‌گیری

همان‌گونه که مشاهده شد نیروی ترسیب کربن گونه‌های مختلف، متفاوت است. با توجه به این‌که ترسیب کربن یکی از معیارهای پایداری اکوسیستم است، بنابراین با شناخت گونه‌هایی که توانایی بیشتری برای ترسیب کربن دارند و همچنین بررسی عوامل مدیریتی تأثیرگذار بر فرایند ترسیب کربن، می‌توان اصلاح و احیای اراضی را از منظر ترسیب کربن دنبال کرد.

هرچه نیروی تولید بیومس هوایی و زیرزمینی در گونه‌ها، عرصه‌ها و رویشگاه‌های مختلف بیشتر باشد، ذخیره کربن در بیکره درختان، لاشبرگ و خاک نیز بیشتر می‌شود و در صورتی که کارایی و سرعت عوامل منجر به تجزیه و هدررفت کربن از درخت، لاشبرگ و خاک کمتر باشد، بقای کربن ذخیره شده در اکوسیستم بیشتر شده و مقدار ترسیب کربن افزایش خواهد یافت.

با توجه به اهمیت تأثیر سیستم‌های مدیریتی بر ترسیب کربن، محققان در تلاشند تا از ویژگی‌های حاکم بر جنگل شهری و نحوه مدیریت آنها بیشترین استفاده را در افزایش مقدار ترسیب کربن انجام دهند. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که پارک جنگلی چیتگر تهران یکی از نمونه‌های بارز جنگل شهری است که بی‌شک از حیث ترسیب کربن و سایر ارزش‌های شناخته شده جنگل‌های شهری حایز اهمیت فراوانی است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که با احداث، محافظت و مدیریت مناسب جنگل‌های شهری در تهران و سایر کلانشهرها که به دلیل جمعیت بالا و مصرف بیش از اندازه سوخت‌های فسیلی، دی‌اکسیدکربن بیشتری را منتشر می‌کنند، گام مثبتی در کاهش تراکم کربن اتمسفری برداشته شود.

همان‌طور که نتایج این تحقیق نشان داد، بیومس تنه بیشترین سهم از کل کربن ترسیب شده را داشت. احتمالاً به همین دلیل است که بیشتر روش‌های برآورد ترسیب کربن بر پایه اندازه‌گیری بیومس استوارند (Honda, et al., 2000). همچنین می‌توان بیان کرد که بیومس، اساس برآورد ارزش اقتصادی کربن است (McDicken 1997). با وجود این، سهم بیومس از ترسیب کربن درخت در طول عمر توده جنگلی تغییر می‌کند (Satoo and Madgwick, 1982). با توجه به این‌که ترسیب کربن در لاشبرگ و خاک، از ترسیب کربن در پوشش درختی ناشی می‌شود و کربن موجود در بافت‌های درخت با قرار گرفتن در چرخه کربن، به کربن موجود در لاشبرگ و خاک تبدیل می‌شود، بنابراین بررسی ترسیب کربن در پوشش درختی از اولویت بیشتری برخوردار است (ورامش و همکاران، ۱۳۸۸).

این تحقیق نشان داد که میزان لاشبرگ در توده زبان گنجشک کمتر از توده افاقیا بود که احتمالاً به دلیل پایین بودن تولید در توده زبان گنجشک نسبت به توده افاقیاست، چنانچه Hanell (۱۹۹۰) نیز معتقد است که مقدار لاشبرگ به قدرت تولید بستگی دارد. نتایج این تحقیق همانند تحقیق Laclau (۲۰۰۳) ثابت کرد که ریشه یکی از مهم‌ترین اجزای اکوسیستم در ترسیب کربن است.

بر این اساس می‌توان بیان کرد که بیومس ریشه‌ها، منبع مهم کربن تلقی می‌شود، اما با این وجود، برآورد بیومس ریشه‌ها بسیار وقت‌گیر و پرهزینه است (McDicken., 1997). در این تحقیق ترسیب کربن کل در توده افاقیا بیشتر از توده زبان گنجشک بود. مقادیر مشخصات کمی بررسی شده نیز در توده افاقیا بیشتر بود. این امر نشان‌دهنده این است که مقدار ترسیب کربن به نوع گونه و میزان محصول بستگی دارد. در حالت معمول، مقدار کربن ترسیب شده با افزایش محصول به سرعت افزایش می‌یابد، اما در دراز مدت مقدار ترسیب کربن نمی‌تواند به سرعت وابسته به رویش باشد. احتمالاً ویژگی‌های بیولوژیکی افاقیا و زبان گنجشک می‌تواند دلیل موجهی برای تغییرات مشاهده شده در مقدار ترسیب کربن اجزای مختلف این توده‌ها باشد.

کمبود شناخت، ناشی از عدم درک ما از زنده‌مانی و بیولوژی ریشه‌های ظریف، واکنش میکروارگانیسم‌ها، میزان در دسترس بودن عناصر غذایی و اثر متقابل میان فرایندهای اکوفیزیولوژی گوناگون مانند چرخه‌های کربن و نیتروژن و عکس‌العمل زیرزمینی

منابع مورد استفاده

- ورامش، س.، حسینی، س.م.، عبدی، ن. ۱۳۸۷. پتانسیل جنگل شهری در کاهش گازهای گلخانه‌ای و حفظ انرژی. ماهنامه تازه‌های انرژی. شماره اول. ۷۱ تا ۷۲.
- ورامش، س.، حسینی، س.م.، عبدی، ن. ۱۳۸۸. مقایسه میزان ترسیب کربن گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در جنگل شهری (مطالعه موردی پارک چیتگر تهران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۲ صفحه.
- Beth Gann, S. 2003. A Methodology for Inventorying Stored Carbon in an Urban Forest. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. 40 pp.
- Bouwman, A.F., R., Leemans. 1995. The role of forest soils in the global carbon cycle. In: McFee, W.W., Kelly, J.M. (Eds.), Carbon Forms and Functions in Forest Soils. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, USA, pp. 503–525.
- Ceulemans, R., I., Janssens, M.E., Jach. 1999. Effects of CO₂ Enrichment on Trees and Forests: Lessons to be learned in View of Future Ecosystem Studies. Ann-Bot. London, New York, pp. 577–590.
- Dwivedi, P., S., Rathore, Y., Dubey. 2008. Ecological benefits of urban forestry: The case of Kerwa Forest Area (KFA), Bhopal, India. Applied Geography xxx (2008) 1–7.
- Groffman, P.M., et al. 2006. Land use context and natural soil controls on plant community composition and soil nitrogen and carbon dynamics in urban and rural forests. Forest Ecology and Management 236 (2006) 177–192.
- Hanell, E. 1990. Proceedings of a seminar held at Umea. Sweden, Department of forest Site Research, Swedish university of Agricultural Sciences pp 13-18.
- Hernandez, R., P., Koohafkan, J., Antoine. 2004. Assessing Carbon Stocks and modeling win-win Scenarios of carbon sequestration through land-use change. 166 pp.
- Honda, Y., H., Yamamoto, K., Kajiwara. 2000. Biomass Information in Central Asia. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University: 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba, 263-8522, Japan.
- Jaba'gy, E.G., R.B., Jackson. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. Ecol. Appl. 10, 423–436.
- Johnson, G.R., K.T., Ward. 2007. Geospatial methods provide timely and comprehensive urban forest information, Urban Forestry & Urban Greening Vol. 6:15–22.
- Kerr, R.A. 2007. Global warming is changing the world. Science 316. 188–90.
- Laclau, P. 2003. Biomass and Carbon Sequestration of Ponderosa Pine Plantations and Native Cypress forests in Northwest Patagonia. Forest Ecology and Management(180): 1-3, 317-333.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change, Geoderma, Vol 123: 1-22.
- Lemma, B. 2006. Soil Carbon Sequestration Under Different Exotic Tree Species in the South Western Highlands of Ethiopia. Geoderma. 13pp.
- Mac Dicken, K.G. 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agro forestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program. pp 91.
- MacFarlane, D. 2009. Potential availability of urban wood biomass in Michigan: Implications for energy production, carbon sequestration and sustainable forest management in the U.S.A. biomass and Bioenergy (33) 628- 634.

- McPherson, E.G. 1998. Atmospheric carbon dioxide reduction by Sacramento's urban forest. *Journal of Arboriculture* 24, 215–223.
- Miller, R. 1997. *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Green spaces*. 2nd edition. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Nowak, D. 1993. Atmospheric carbon reduction by urban trees. *J. Environ. Manage.* 37 (3), 207–217.
- Nowak, D. 2000. The interactions between urban forests and global climate change. In: Abdollahi, K.K., Ning, Z.H., Appeaning, A. (Eds.), *Global Climate Change and the Urban Forest*. GCRCC and Franklin Press, Baton Rouge, LA, pp. 31–44.
- Nowak, D. 2001: People and trees: assessing the US urban forest resource. *Journal of Forestry* 99, 37-42.
- Nowak, D., D.E., Crane .2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116, 381-389.
- Parton, W.J. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains Grassland. *Soil Science Society of America Journal* 51, 1173–1179.
- Pouyat, R. 2002. Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. *Environmental Pollution*, 116, 107–118.
- Pussinen, A. 2002. Forest carbon sequestration and harvest, in Scots pine stand under different climate and nitrogen deposition scenarios. *Forest Ecology and management*. 158 (1-3): 103-115.
- Sampson, R. 1992. Opportunities to increase urban forests and the potential impacts on carbon storage and conservation. In *Forests and Global Change Volume One: Opportunities for Increasing Forest Cover* (Dwight Hair and R. Neil Sampson, eds.), pp. 51-72. American Forests, Washington, DC.
- Satoo, T., H.A.I., Madgwick .1982. *Forest Biomass*. M. Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, Forestry sciences Boston, p. 152.
- Schlesinger, W.H., J., Lichter .2001. Limited carbon storage in soil and litter of experimental forest plots under increased atmospheric CO₂. *Nature* 411, 466–471.
- Schuman, G.E., H., Janzen, J.E., Herrick .2002. Soil Carbon Information and Potential Carbon Sequestration by Rangelands, *Environmental Pollution*, Vol 116: 391-396.
- Skullberg, U. 1991. Seasonal Variation of pH H₂O and pH CaCl₂ in centimeter- layers of Mor Humus in a Picea Abies (L.) Karst stand. Sweden University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research.
- Stern, N. 2007. *The economics of climate change: the Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- UNDP. 2000. Carbon sequestration in the decertified rangelands of Hossein Abad, through community based management, program coordination, pp: 1-7.
- Varamesh, S. 2009. Effectuality of forestation on soil carbon sequestration and mitigate climate change. First International Conference of the World Soil Erosion and Conservation. May 27-30, 2009. Tara Mountain. Serbia.