Archive of SID

محیط‌شناسی، دورهٔ ۴۲، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحهٔ ۳۲۷-۳۱۵

سهم ترسیب کربن در تعدیل اثر گرمایش جهانی مناطق شهری (مطالعهٔ موردی: شیراز)

شیوا یوسفی[۱]، سید فخرالدین افضلی[۲]*، مسعود مسعودی[۳]

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شیراز

۲. استادیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شیراز

۳. دانشیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شیراز

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۲/۲۷

چکیده

افزایش غلظت دی اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای در جو زمین به‌منزلهٔ اصلی‌ترین عامل تغییرات اقلیمی است، به‌ویژه در کلان‌شهرها به دلیل حجم انبوه فعالیت‌های صنعتی افزایش این گازها به آلودگی منجر شده است. ذخیرهٔ کربن در خاک یکی از راه‌های به‌دام‌انداختن کربن اتمسفری و کاهش آلودگی در شهرهاست. این پژوهش با هدف بررسی میزان ذخیرهٔ کربن خاک تحت پوشش‌های علفی، بوته، درختی و درختچه در کاربری‌های انسان‌ساخت (شهری) شامل بولوار، پارک شهری، مکان‌های صنعتی، باغچه‌های منازل مسکونی و کاربری‌های کشاورزی، باغ زراعی و مرتع انجام شده است. به این منظور در محدودهٔ غرب شیراز در کاربری‌های مذکور از عمق‌های ۰-۱۰ و ۱۰-۵۰ سانتی‌متر طبق روش تصادفی سیستماتیک نمونه‌برداری انجام شد. تجزیه‌های آماری در قالب طرح فاکتوریل بر پایهٔ کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که نوع کاربری اراضی اثر معناداری را در ذخیرهٔ کربن آلی خاک داشته است. بیشترین میانگین ذخیرهٔ کربن آلی مربوط به کاربری باغ است که با سایر کاربری‌ها تفاوت معناداری را نشان داد. همچنین، پس از کاربری باغ، کاربری زمین کشاورزی ذخیرهٔ کربن آلی قابل توجهی را به خود اختصاص داد. کمترین میانگین ذخیرهٔ کربن آلی مربوط به کاربری مرتع است. عمق خاک و پوشش گیاهی نیز در ذخیرهٔ کربن اثر معناداری در سطح یک درصد داشته است. ذخیرهٔ کربن آلی خاک تحت پوشش درختی و درختچه در مقایسه با پوشش‌های بوته و علفی افزایش معناداری داشته است. در بررسی اثر متقابل کاربری اراضی و پوشش گیاهی نیز مشخص شد که بیشترین ذخیرهٔ کربن آلی خاک مربوط به کاربری باغ است که با کاربری زمین کشاورزی، پوشش درختی کاربری پارک و بولوار تفاوت معناداری را نشان داد. با توجه به نتایج، با در نظر گرفتن تناسب اراضی، افزایش درختکاری در کنار سایر پوشش‌ها و تبدیل کاربری‌هایی از جمله زمین‌های بی‌حاصل و مراتع مخروبه به باغ‌های زراعی در درازمدت می‌تواند به افزایش ذخیرهٔ کربن خاک منجر شود.

کلیدواژه

تغییر اقلیم، ذخیرهٔ کربن آلی خاک، گازهای گلخانه‌ای.

۱. سرآغاز

شهرنشینی و شهری‌سازی به‌منزلهٔ کاربری مهم در قرن ۲۱ مطرح است که با توجه به عوامل آنتروپوژنیک به سرعت در حال پیشروی در سایر اکوسیستم‌هاست. ۵۰ درصد از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند که این روند به سرعت در حال افزایش است و طبق پیش‌بینی‌ها در سال ۲۰۵۰ جمعیت شهرنشین به ۷۰ درصد می‌رسد. مناطق شهری به دلیل رشد سریع جمعیت از کاربری زمین‌های

* نویسنده مسئول: Email: afzali@shirazu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

کشاورزی پیشی گرفته‌اند. بنابراین، تخمین زده شده است که برای تأمین امنیت و تطبیق با محیط، یک میلیون از مردم به ۴۰ هزار هکتار زمین نیاز دارند، پس با وجود رشد جمعیتی ۷۰-۸۰ میلیون نفر در سطح جهان در هر سال وجود ۳ میلیون هکتار زمین برای تأمین جمعیت موردنیاز است (Lal, et al, 2012). مراکز شهری که نیمی از جمعیت دنیا را دربر می‌گیرند به طور دائم در معرض انواع آلودگی‌ها قرار دارند (کوشا، ۱۳۶۹). تاریخ حاکی از آثار مخرب روزافزون و روند سریع تکامل و صنعتی‌شدن روی کیفیت زندگی جوامع است که به علت نبود برنامه ریزی مطلوب، چهرهٔ مطلوب شهرها دگرگون شده است و به سمت نامعلومی حرکت می‌کند. در این میان ایران نیز دوران تحول بی‌سابقه‌ای را به سوی رشد اقتصادی و بلوغ صنعتی می‌گذراند و به تبع آن در همهٔ بخش‌ها دچار این شتاب‌زدگی صنعتی است که نمونهٔ آن را در گسترش بی‌حد و حصر کلان‌شهرها و انواع مشکلات و آلودگی‌های ناشی از آن می‌توان مشاهده کرد (کلاهچی، ۱۳۸۴). پیشروی شهری در حوزه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و اکولوژیکی به کاهش توانایی اکوسیستم‌های زراعی برای تولید غذای کافی جمعیت جهان منجر شده است. رشد شهرهای بزرگ به استفادهٔ منابعی همچون انرژی، مواد معدنی، سوخت، آب، غذا و تولید منبع بزرگی از پسماند و فاضلاب منجر می‌شوند. این فرم اکولوژیکی مفرط و مصرف بیش از اندازهٔ منابع طبیعی به‌منزلهٔ محرک آنتروپوژنیکی مهم به تغییر اقلیم جهانی منجر می‌شود. تغییر اقلیم از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعهٔ پایدار است که تأثیر منفی در اکوسیستم‌های خشکی و دریایی دارد (UNDP, 2000). گازهای گلخانه‌ای به افزایش دمای سطح زمین و آثار ناشی از آن منجر می‌شوند که در نهایت گرمایش جهانی و تغییر اقلیم را به دنبال خواهند داشت. این گازها عبارت‌اند از: دی اکسید کربن، متان، اکسید نیتروس، فلور که مقدار دی اکسید کربن از همه بیشتر است (Farag, 2007). دی اکسید کربن مهم‌ترین منبع گازهای گلخانه‌ای شناخته شده است (IPCC, 2007). همچنین، در سال ۲۰۰۷، ۷۵۶ گیگا تن کربن در اتمسفر یافت شده است و این محتوا به طور تقریبی، سالیانه ۳ گیگا تن افزایش می‌یابد. قبل از انقلاب صنعتی غلظت کربن دی اکسید اتمسفری ۲۸۰ppm (۲۸۰ *10^9 ۴۴۸۰ تن) بوده است، اما پس از شروع فعالیت‌های صنعتی و انسانی غلظت آن در اکتبر ۲۰۱۲، ۳۹۱ppm (۳۹۱ *10^9 ۶۲۵۶ تن) گزارش شده است (Etheridge, 1996). اکثر مطالعات این پدیده (تغییر اقلیم) را به تأثیر انسان در افزایش غلظت گازهای گلخانه ای در اثر احتراق سوخت‌های فسیلی نسبت می‌دهند، اما تغییرات کاربری اراضی مخصوصاً جنگل‌زدایی نیز تأثیر مهمی در این امر دارند (IPCC, 2001). حدود ۳۴ درصد از کل میزان کربن منتشرشده ناشی از تغییر کاربری اراضی و ۶۶ درصد آن از طریق احتراق سوخت های فسیلی وارد هوا می‌شود. منابع اصلی دی اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای در اکوسیستم‌های شهری به نقل و انتقالات و صنعت در این مکان‌ها نسبت داده می‌شوند. کیفیت بد هوا در میلیون‌ها شهر به انتشار دامنهٔ گسترده‌ای از انتشار گازها از منابع صنعتی برمی‌گردد (Parrish & Zhu, 2009). همچنین، در مقایسه با مناطق روستایی غلظت بیش از حدی از دی اکسید کربن، متان و ازن وجود دارد. آلودگی هوا روی شبکهٔ تولید اولیه و به طور غیرمستقیم روی چرخهٔ جهانی کربن اثرگذار است (Lal, et al, 2012). چندین سینک[1] قوی از گازهای گلخانه‌ای در میان اکوسیستم‌های شهری وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: خاک، اشکوب گیاهان و جانوران، زمین‌های مرطوب و پوشش‌های سبز. با مدیریت مدبرانهٔ خاک‌ها و درختان اکوسیستم‌های شهری می‌توانند به یک سینک بزرگ از دی اکسید کربن و دیگر عناصر اتمسفری تبدیل و به کاهش آثار آنتروپوژنیک و در مقابل افزایش در تولید خدمات ضروری این اکوسیستم ها منجر شوند. مراکز شهری شامل نواحی ساختمانی (زمین‌های زیر ساختمان‌ها، بتون و آسفالت و ...) و نواحی سبز (زمین‌های چمن،

www.SID.ir

Archive of SID

بوته‌ها، درخت‌ها، جنگل‌ها و مناطق کشاورزی یا باغچه‌های سبزی‌کاری شده) است. این در حالی است که استفادهٔ مفید از انرژی، آب و مواد معدنی در نواحی ساختمان شهری بسیار مهم است (Lal, et al, 2012). اعمال مدیریت در نواحی فضای سبز برای تجدید و استقرار بودجهٔ کربن در این اکوسیستم‌ها بسیار ضروری است. بهبود مدیریت فضاهای سبز شهری می‌تواند کربن را در بیومس بالای خاک و زیر خاک ترسیب کند.

Churkina و همکاران (۲۰۱۰) تخمین زده‌اند که کربن ذخیره‌شدهٔ زمینی در طبقات شهری در مقایسه با مناطق روستایی که بین ۷–۱۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع یا جنگل‌های پرباران استوایی که بین ۴–۲۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است، می‌تواند مقداری بین ۳۲–۴۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد. در سال ۲۰۰۰ سرمایهٔ کربن زمینی در زمین‌های شهری مجاور امریکا ۱۸ پتاگرم[۲] یا ۱۰ درصد از کل سرمایهٔ کربن کل بود. از این مقدار ۱۱/۵ پتاگرم یا ۶۴ درصد آن در خاک‌های شهری ذخیره شده بود؛ بنابراین مدیریت سرمایهٔ کربن خاک در اکوسیستم‌های شهری برای تعادل بودجهٔ کربن اکوسیستم مهم است (Pavao – Zuckerman, 2008).

مدیریت چشم‌اندازهای شهری برای متعادل‌کردن چرخهٔ جهانی کربن بسیار مهم است. شهرنشینی روی حفظ و نگهداری منابع طبیعی تأثیر می‌گذارد (Lyon, 1997). سازمان کشاورزی ملل متحد (USDA) برنامه‌ای را برای مدیریت اکوسیستم شهری ترتیب داده است. با وجود منبع عظیم ذخیرهٔ کربن زمینی در طبقات شهری مدیریت مناسب این سرمایه برای متعادل‌کردن چرخهٔ جهانی کربن ضروری است. استراتژی افزایش منابع کربن در اکوسیستم‌های شهری به دلیل اینکه محرک‌های آنتروپوژنیک در کنترل ذخیرهٔ کربن در اکوسیستم‌های شهری نسبت به محرک‌های طبیعی غالب‌اند دارای حساسیت ویژه‌ای است (Pouyat, et al, 2009). ذخیرهٔ عظیم کربن زمینی در اکوسیستم‌های شهری به چهار جزء تقسیم می‌شود (Lal, et al, 2012):

– جنگل‌های شهری؛

– گراسلند (شامل چمن، علف‌زار و زمین‌های مجدد کشت‌شده)؛

– سرمایهٔ کربن خاک؛

– کشاورزی شهری.

گزارش شده است که جنگل‌های شهری میزان SOC بالاتری نسبت به مناطق روستایی و بین‌شهری دارند. فضاهای سبز شهری مقدار عظیمی از سرمایهٔ کربن را حتی بیشتر از علف‌زارهای طبیعی و کشاورزی بر پایهٔ غلظت کربن به خود اختصاص می‌دهند (Golubiewski , 2006).

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

شیراز، مرکز استان فارس و پرجمعیت‌ترین شهر جنوبی ایران و در عرض جغرافیایی N ۴۱′ ۲۹° – ۳۳′ ۲۹° و طول جغرافیایی E ۳۶′ ۵۲° – ۵۲° ۲۹′ واقع شده است (برزگر، ۱۳۹۱). با توجه به آخرین اطلاعات گزارش‌شده مجموع بارندگی سالیانه ۳۲۳/۵ میلی‌متر، میانگین حداقل، حداکثر و متوسط دمای سالیانهٔ شیراز به ترتیب ۹/۷، ۲۶/۳ و ۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد و میانگین حداکثر، حداقل و متوسط درصد رطوبت نسبی نیز به ترتیب ۱۷/۶۰ و ۳۹ درصد گزارش شده است (قبادیان، ۱۳۸۷). اقلیم شیراز نیز طبق آمارهای موجود و براساس روش دومارتن در ناحیهٔ نیمه‌خشک قرار گرفته است. شیراز در ارتفاع ۱۴۸۶ متری از سطح دریا و در منطقهٔ کوهستانی زاگرس واقع شده است. این شهر از سمت غرب به کوه دراک، از سمت شمال به کوه‌های بمو، سبزپوشان، چهل مقام و باباکوهی (از رشته‌کوه‌های زاگرس) محدود و در منطقه‌ای به وسعت ۱۲۶۸ کیلومتر مربع گسترده شده است (برزگر، ۱۳۹۱). مساحت کل فضای سبز شهری شیراز که شامل پارک‌ها، بولوارها، میدان‌ها و کمربند سبز که تحت مدیریت شهرداری‌اند تا سال ۱۳۸۸ به میزان ۴۲۵۰۵۷۶۰/۵ متر مربع

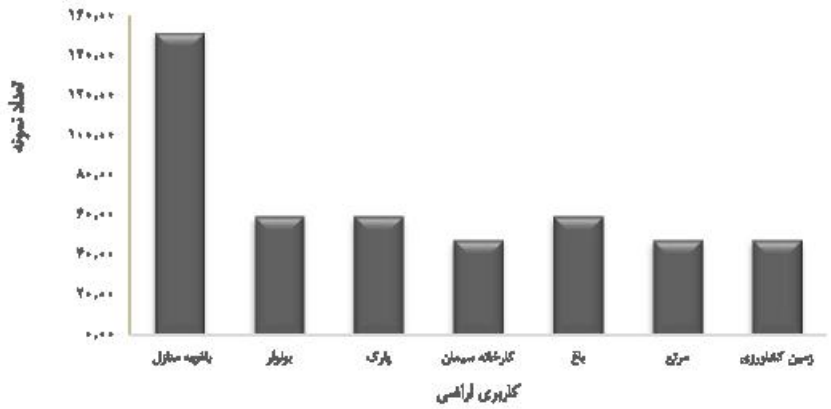
www.SID.ir

Archive of SID

محاسبه شده و این مساحت درخور توجه به غیر از منبع مهم باغ‌های شیراز است. پوشش‌های گیاهی استفاده‌شده در فضای سبز شهری شامل علفی (چمنی انواع گیاهان یک‌ساله)، بوته‌ای و درختی است (برزگر، ۱۳۹۱).

۲.۲. موقعیت مناطق نمونه‌برداری‌شده و روش نمونه‌برداری استفاده‌شده

محدودهٔ کاربری‌های مورد مطالعه واقع در ناحیهٔ غرب شیراز است (شکل ۲). دلیل انتخاب این منطقه تراکم جمعیت، کیفیت بالای پوشش گیاهی و فضای سبز از نظر نوع فعالیت‌های مدیریتی اعمال‌شده، نزدیکی به باغ‌های تاریخی قصرالدشت و نزدیک‌بودن این ناحیه به منطقهٔ صنعتی کارخانهٔ سیمان فارس است که به‌منزلهٔ مکانی صنعتی، تأثیر عوامل انسانی را برجسته‌تر می‌کند. نمونه‌برداری از خاک تحت پوشش‌های مختلف بر پایهٔ روش تصادفی- سیستماتیک انجام شد. به این ترتیب که در محل‌های موردنظر از گوشه‌ها و مرکز پلات‌های ۲*۲ متر مربع تحت پوشش‌های گیاهی مختلف از لایه‌های ۰-۱۰ و ۱۰-۵۰ سانتی‌متر خاک به وسیلهٔ آگر نمونه‌برداری شد (Vasenev, et al, 2013). جمعاً تعداد نمونه‌های برداشت‌شده از کاربری اراضی مختلف در پژوهش حاضر ۴۷۶ نمونه خاک است که در هر کاربری متناسب با وسعت آن برداشت شده است (شکل ۱).



شکل ۱. نمونه‌برداری در کاربری‌های مختلف

شکل ۲. موقعیت محدودهٔ مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

۳.۲. اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

بافت خاک به روش هیدرومتری بایکاس، اسیدیتهٔ خاک به روش پتانسیومتری و از طریق دستگاه hp متر و به کارگیری مخلوط ۱:۵ خاک و آب مقطر تعیین شد. هدایت الکتریکی با استفاده از عصارهٔ گل اشباع و از طریق دستگاه EC متر الکتریکی و مادهٔ آلی و کربن آلی به روش والکی بلاک تعیین شد (Mack Dicken, 1997). کربن استوک آلی کل (کیلوگرم بر متر مربع) از رابطهٔ ۱ تعیین شد (Edmondson, et al, 2014).

(۱) ضخامت (سانتی‌متر)× جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) × کربن آلی خاک (میلی‌گرم بر گرم) =SOCstock

۴.۲. آنالیزهای آماری

نرمال‌بودن داده‌ها با آزمون Kolmogrov-Smirnov و همگنی داده‌ها با آزمون Leven در نرم‌افزار SPSS بررسی شد. با مشخص‌شدن نرمال و همگن‌بودن داده‌ها، از همبستگی پیرسون برای تعیین همبستگی ذخیرهٔ کربن آلی خاک با دیگر فاکتورهای خاک استفاده شد. برای مقایسهٔ میانگین کربن آلی و سایر فاکتورهای خاک در بین پوشش‌های گیاهی، همچنین لایه‌های خاک از آزمون دانکن در نرم‌افزار SAS استفاده شد. برای تعیین فاکتور یا فاکتورهای تأثیرگذار در میزان ذخیرهٔ کربن آلی از روش رگرسیون خطی گام به گام استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس اثر اصلی تیمارهای کاربری اراضی، پوشش گیاهی و عمق و اثر متقابل تیمارها در خصوصیات خاک

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	ذخیرهٔ کربن آلی (kg/m^2)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته	کربن آلی (mg/g)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)
کاربری(A)	۶	۲۸/۴۵**	۰/۱۵**	۳/۰۲**	۰/۷۸**	۲۲۸/۳۳**	۱۸۰/۵۹**	۱۸۵/۳۴**	۴۷۸/۷۵**
پوشش (B)	۲	۳/۵۴**	۰/۰۲^{ns}	۰/۱۸**	۰/۰۸^{ns}	۱۶/۹۸**	۰/۳^{ns}	۳۸/۸۳^{ns}	۴۶/۸۳^{ns}
عمق(C)	۱	۱۷۰۹/۱۱**	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۴۷/۸۷**	۱۰۷/۱**	۵۳۹/۵۶**	۲۰۷/۶۳*
A*B	۶	۱/۰۱**	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۹**	۰/۲^{ns}	۷/۴۶**	۲۳/۹۳^{ns}	۱۱/۱۶^{ns}	۳۴/۰۳^{ns}
A*C	۶	۱۰/۴۱**	۰/۰۴**	۰/۲۸**	۰/۳۸*	۳/۵۲**	۴۸/۳۹**	۱۴۷/۸۷**	۱۰۵/۴۶**
B*C	۲	۲/۰۳**	۰/۰۲*	۰/۴۵**	۰/۰۳^{ns}	۰/۵۴**	۵۲/۷*	۲۰/۸۸^{ns}	۱۳/۷۳^{ns}
A*B*C	۶	۰/۹۷**	۰/۰۴**	۰/۱**	۰/۲۹^{ns}	۲/۵۸**	۱۱^{ns}	۲۸/۱۷^{ns}	۴۸/۶۳^{ns}
خطای آزمایشی	۴۴۶								
کل	۴۷۵								
ضریب تغییرات		۹/۴۲	۸/۲۳	۱۹/۸۱	۵/۲۶	۱/۹۹	۲۰/۳۱	۱۷/۲۸	۱۰/۷۱

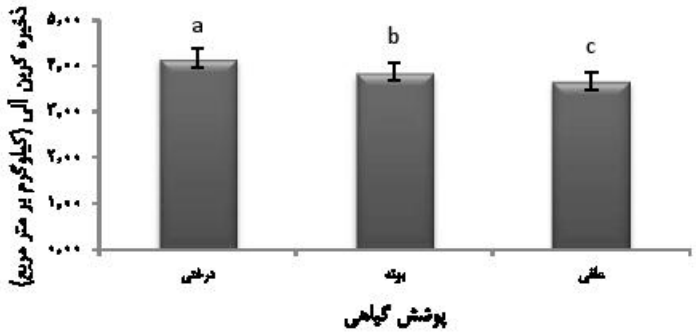
با توجه به جدول ۱ پوشش گیاهی در ذخیرهٔ کربن آلی اثر معناداری در سطح ۱ درصد داشته است ($p<۰/۰۰۰۱$). مقایسهٔ میانگین دانکن برای اثر پوشش گیاهی در ذخیرهٔ کربن آلی خاک نشان داد که ذخیرهٔ کربن آلی خاک تحت پوشش درختی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است (۴/۱۷ کیلوگرم بر متر مربع) و با دو پوشش بوته و علفی در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنادار است (به ترتیب ۳/۸۷ و ۳/۶۷ کیلوگرم بر متر مربع) (شکل ۳).

با توجه به جدول ۱ کاربری اراضی اثر معناداری در سطح یک درصد در ذخیرهٔ کربن آلی خاک داشته است ($p<۰/۰۰۰۱$). مقایسهٔ میانگین دانکن برای اثر کاربری اراضی در ذخیرهٔ کربن آلی نشان داد که بیشترین میانگین

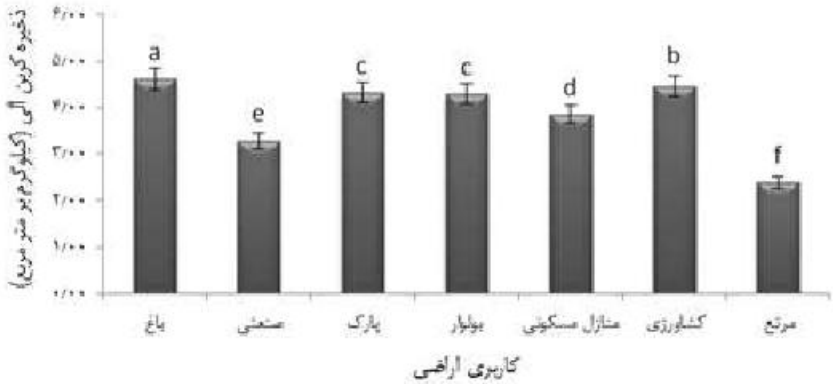
www.SID.ir

Archive of SID

ذخیرهٔ کربن آلی در کاربری باغ (۴/۶۲ کیلوگرم بر متر مربع) است که با سایر کاربری‌ها تفاوت معنادار در سطح ۵ درصد داشته است. کاربری زمین کشاورزی پس از باغ دارای بیشترین مقدار میانگین ذخیرهٔ کربن (۴/۴۶ کیلوگرم بر متر مربع) بوده و نسبت به سایر کاربری‌های شهری و کاربری مرتع افزایش معناداری را نشان داده است. کمترین میزان میانگین ذخیرهٔ کربن آلی در کاربری مرتع (۲/۳۹ کیلوگرم بر متر مربع) بوده است. کاربری باغ نسبت به کاربری زمین کشاورزی ۳/۵۸ درصد و نسبت به مرتع یا زمین بکر ۹۳/۳ درصد در ذخیرهٔ کربن آلی افزایش نشان داده است (شکل ۴).



شکل ۳. اثر پوشش‌های گیاهی مختلف در ذخیرهٔ کربن آلی



شکل ۴. اثر کاربری اراضی مختلف در ذخیرهٔ کربن آلی

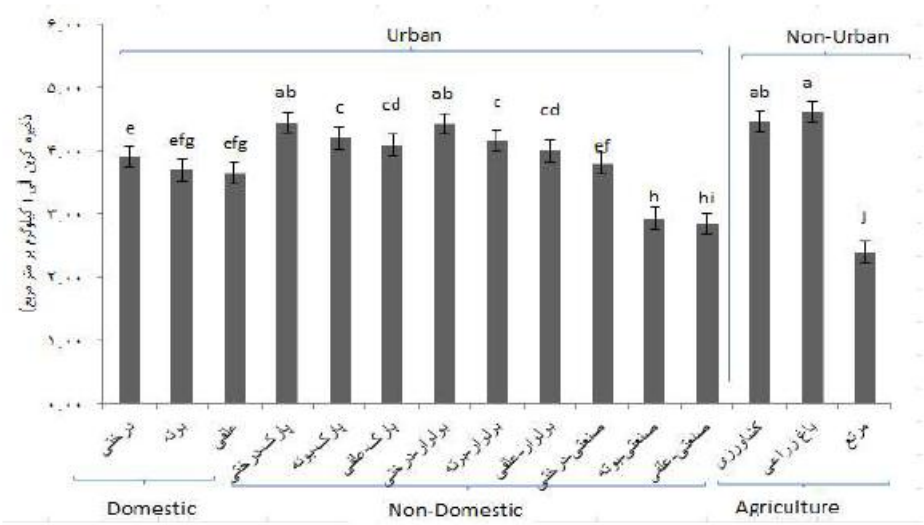
با توجه به جدول ۱ عمق خاک نیز اثر معناداری در سطح ۱ درصد در ذخیرهٔ کربن آلی خاک داشته است ($p<0/0001$). مقایسهٔ میانگین دانکن برای میزان ذخیرهٔ کربن آلی در لایه‌های ۰-۱۰ و ۱۰-۵۰ سانتی‌متر اختلاف معناداری را در سطح ۵ درصد نشان داده است. بیشترین میانگین ذخیرهٔ کربن خاک در لایهٔ ۱۰-۵۰ سانتی‌متر (۶/۱۸ کیلوگرم بر متر مربع) و کمترین میزان میانگین ذخیرهٔ کربن آلی خاک در لایهٔ ۰-۱۰ سانتی‌متر (۱/۶ کیلوگرم بر متر مربع) بوده است (شکل ۵).

در مقایسهٔ میانگین دانکن برای اثر متقابل کاربری اراضی و پوشش گیاهی، مشخص شد که بیشترین مقدار ذخیرهٔ کربن آلی خاک مربوط به کاربری باغ (۴/۶۲

www.SID.ir

Archive of SID

کیلوگرم بر متر مربع) بوده است که با ذخیرهٔ کربن آلی خاک تحت پوشش زمین کشاورزی (۴/۴۷ کیلوگرم بر متر مربع) و در نواحی شهری نیز با ذخیرهٔ کربن آلی خاک تحت پوشش درختی در کاربری پارک (۴/۴۴ کیلوگرم بر متر مربع)، همچنین ذخیرهٔ کربن خاک تحت پوشش درختی در کاربری بولوار (۴/۴۲ کیلوگرم بر متر مربع) تفاوت معناداری را نشان نداده است (شکل ۶).



شکل ۶. اثر متقابل کاربری اراضی و پوشش گیاهی در ذخیرهٔ کربن آلی خاک

جدول ۲. تجزیهٔ گام به گام ذخیرهٔ کربن خاک (متغیر تابع) با پوشش گیاهی، عمق و کاربری اراضی

R^2	توابع
۰/۵۵	$Y=۱۰/۷۵+۰/۵۸X_1$
۰/۶۱	$Y=۹/۵۵+۰/۵۵X_1+۰/۱۵X_2$
۰/۷	$Y=۹/۰۶+۰/۵۵X_1+۰/۱۵X_2+۰/۱۴X_3$

Y= ترسیب کربن آلی خاک (SOC stock)، X_1=پوشش گیاهی، X_2= عمق خاک، X_2=کاربری اراضی

رگرسیون گام به گام ذخیرهٔ کربن آلی خاک به‌منزلهٔ متغیر وابسته با تیمارهای پوشش گیاهی، عمق و کاربری اراضی نشان داد که پوشش گیاهی یکی از اجزای تأثیرگذار در ذخیرهٔ کربن آلی خاک است و عمق و کاربری اراضی در مرحلهٔ بعدی اهمیت قرار گرفته‌اند (جدول ۲).

تجزیهٔ گام به گام ذخیرهٔ کربن آلی خاک به‌منزلهٔ متغیر وابسته با سایر عوامل خاک نشان داد که جرم مخصوص ظاهری یکی از اجزای تأثیرگذار در ذخیرهٔ کربن خاک بوده است. درصد رس و شوری خاک (هدایت الکتریکی) در درجهٔ بعدی اهمیت قرار گرفته‌اند (جدول ۳).

به منظور بررسی سهم ذخیرهٔ کربن آلی خاک در کاهش دی اکسید کربن اتمسفری مقادیر محاسبه‌شدهٔ ذخیرهٔ کربن آلی در کاربری‌های مختلف بر حسب تن در هکتار با توجه به مساحت هر کاربری در این پژوهش، محاسبه شد (شکل ۷).

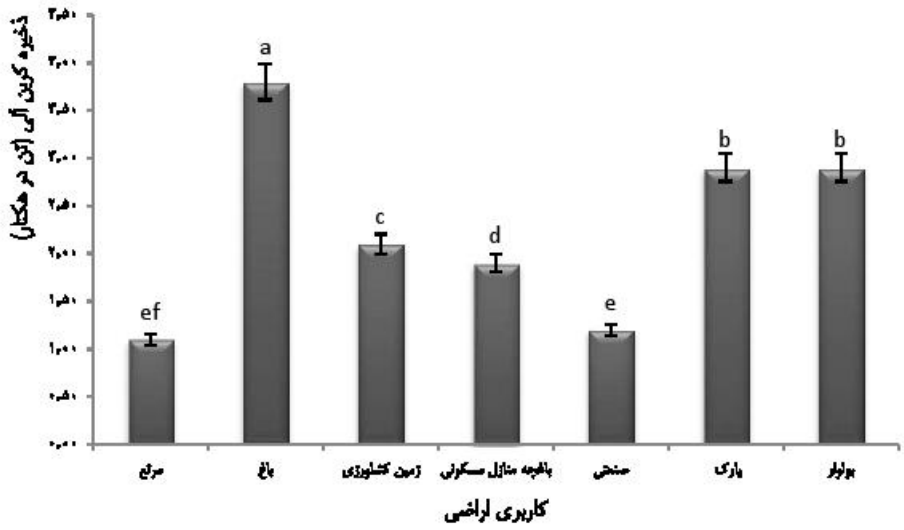
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. تجزیهٔ گام به گام ذخیرهٔ کربن خاک (متغیر تابع) با عوامل خاک

R^2	توابع
۰/۵۶	$Y=۲/۲۰۶-۰/۲۳۷X_1$
۰/۸۲	$Y=۰/۴۵۷-۰/۲۴۸X_1+۰/۱۶۱X_2$
۰/۹	$Y=-۰/۹۷۸-۰/۲۳۹X_1+۰/۱۷۱X_2-۰/۰۹X_3$

Y= ترسیب کربن آلی خاک (SOC stock)، X_1= جرم مخصوص ظاهری، X_2= درصد رس، X_3= هدایت الکتریکی



شکل ۷. ذخیرهٔ کربن آلی خاک در کاربری‌های مختلف بر حسب تن در هکتار

با توجه به نسبت جرم مولکولی CO_2/C (۴۴ به ۱۲) عدد ۳/۶۷ به دست می‌آید که می‌توان کربن موجود در خاک را به کربن دی اکسید اتمسفری تبدیل کرد و بالعکس. همچنین، Jone در سال ۲۰۰۶ طبق یافته‌های خود عنوان کرده است که به ازای افزایش هر ۱ تن در هکتار کربن آلی خاک، ۳/۶۷ تن در هکتار CO_2 ترسیب و عملاً از جمع گازهای گلخانه‌ای حذف می‌شود.

(۲)

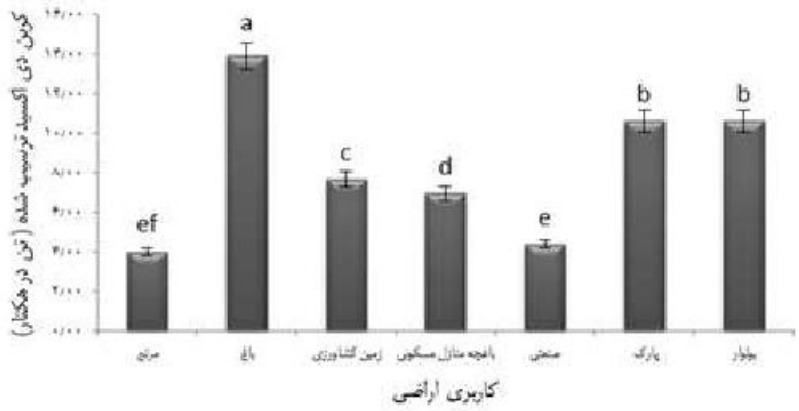
CO_2= ۳/۶۷× کربن آلی خاک ذخیره‌شده (تن در هکتار)
ترسیب‌شده (تن در هکتار)

بنابراین، با توجه به رابطهٔ ۲ می‌توان سهم هر یک از کاربری‌های تحت بررسی در این پژوهش را در کاهش کربن دی اکسید اتمسفری تخمین زد. در شکل ۸ مقایسهٔ میانگین دانکن کاربری‌های مختلف به منظور سهم هر کدام در کاهش کربن دی اکسید اتمسفری مشخص شده و کاربری باغ زراعی که در این مطالعه زیرمجموعه‌ای از باغ‌های قصرالدشت شیراز است سهم قابل توجهی در کاهش کربن دی اکسید اتمسفری داشته است.

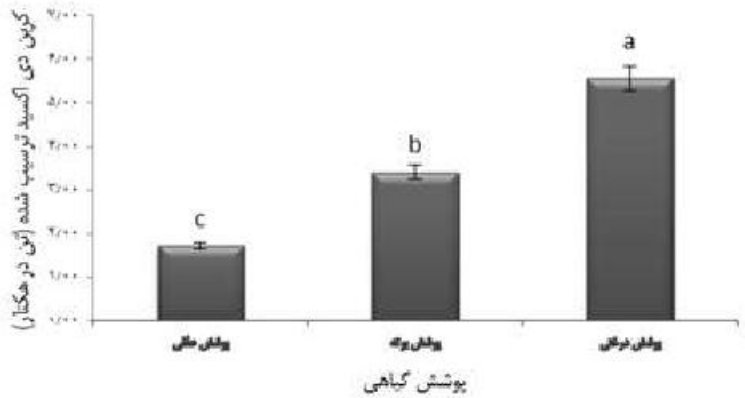
همچنین، با توجه به رابطهٔ ۲، سهم پوشش‌های گیاهی تحت بررسی در این پژوهش نیز به منظور کاهش کربن دی اکسید اتمسفری بررسی شد. با توجه به شکل ۹ مشخص شد که پوشش درختی سهم قابل توجهی را نسبت به دو پوشش دیگر در کاهش کربن دی اکسید اتمسفری داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. سهم کاربری‌های مختلف در کاهش کربن دی اکسید اتمسفری



شکل ۹. سهم پوشش‌های گیاهی مختلف در کاهش کربن دی اکسید اتمسفری

۳. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش، پوشش درختی در مقایسه با دو پوشش دیگر افزایش معناداری را در ذخیرهٔ کربن آلی خاک داشته (شکل ۲) و در نتیجه سهم حاصل از کاهش کربن دی اکسید اتمسفری نیز نسبت به دو پوشش دیگر درخور توجه بوده است (شکل ۹). در تحقیقات Edmondson و همکاران (۲۰۱۴) نیز ترکیب پوشش درختی و بوته نسبت به پوشش علفی افزایش معناداری را در مقدار ذخیرهٔ کربن آلی خاک و کاهش کربن دی اکسید اتمسفری داشته است. Schlesinger در سال ۱۹۸۴ در بررسی خود که تحت عنوان ترسیب کربن خاک در امریکا انجام داد، بیان کرد که جنگل‌کاری و درختکاری سبب افزایش میزان ترسیب کربن در بخش مواد آلی خاک می‌شود. Kort و Turnock در سال ۱۹۹۶ در بررسی‌های خود نشان دادند که کاشت درختان در اراضی تحت پوشش گیاهان علوفه‌ای علاوه بر اینکه سبب افزایش محصول و کنترل فرسایش خاک می‌شود، تأثیرات زیادی روی ترسیب کربن دارد، زیرا ۵۰ درصد بیوماس درختان از کربن تشکیل شده است. Yang و همکاران (۲۰۰۵) میزان تأثیر درختان شهری بخش مرکزی پکن در کاهش آلودگی هوا و دی اکسید کربن را بررسی و مشاهده کردند که درختان مذکور ۱۲۶۱/۱۴ تن از آلودگی‌ها را در سال ۲۰۰۲ از بین برده‌اند.

در پژوهش حاضر از بین کاربری‌های مختلف تحت

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی کاربری باغ که زیرمجموعهٔ باغ‌های ثمری قصرالدشت شیراز است و قدمتی بیش از ۲۰۰ سال را به خود اختصاص می‌دهد نسبت به سایر کاربری‌ها تفاوت معناداری را نشان داد (شکل‌های ۴ و ۷) و در نتیجه سهم کاهش کربن دی اکسید اتمسفری نیز در این کاربری نسبت به سایر کاربری‌ها افزایش معناداری داشته است (شکل ۸). در تحقیقات Edmondson و همکاران (۲۰۱۴) کاربری باغچه‌های منازل مسکونی بیشترین مقدار ذخیرهٔ کربن آلی خاک را نشان داد، همچنین بیشترین سهم را در کاهش کربن دی اکسید اتمسفری داشته است. Pouyat و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقات خود مشاهده کردند که توده‌های جنگل شهری نسبت به توده‌های جنگلی موجود در حومه‌های شهر و توده‌های طبیعی، ذخیرهٔ کربن آلی بیشتری دارند. مطالعات Pouyat و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که کاربری‌های مسکونی مقدار کربن آلی ذخیره شدهٔ بیشتری را نسبت به نواحی صنعتی و فضای سبز دارا بوده است.

در این مطالعه مشخص شد که مقدار ذخیرهٔ کربن آلی خاک در عمق ۱۰-۵۰ سانتی‌متر افزایش معناداری را نسبت به عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر دارد (شکل ۵). در مطالعات Vasenev و همکاران (۲۰۱۳) ذخیرهٔ کربن آلی خاک عمق ۱۰-۱۵۰ سانتی‌متر نسبت به عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر افزایش معناداری را نشان داد.

Woomer و همکاران (۲۰۰۴) با مطالعاتی که در سنگال روی میزان کربن ذخیره‌شده در خاک و گیاه انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که در حدود ۶۰ درصد از کربن آلی خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک ذخیره شده است. Lorenz و Kandeler در سال ۲۰۰۵ طی مطالعات خود در پارکی نزدیک به راه‌آهن در محل‌های شلوغ اشتوتگارت آلمان نشان دادند که غلظت کربن آلی در عمق بیش از ۶۰ سانتی‌متری نسبت به خاک‌های سطحی به مراتب بیشتر است. Zhang و Zhou در سال ۲۰۰۶ و Sun و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند که در هانگژو[3] چین غلظت کربن آلی خاک در لایهٔ سطحی ۰-۱۰ و ۰-۱۰۰ سانتی‌متر به ترتیب ۴/۳ و ۵/۷ برابر بیشتر از مناطق برون‌شهری بوده که نشان از فعالیت‌های صنعتی و زندگی روزانه ساکنان شهر داشته است.

در برآورد اثر متقابل کاربری اراضی و پوشش گیاهی مشخص شد که ذخیرهٔ کربن آلی خاک در کاربری باغ، زمین کشاورزی و پوشش درختی کاربری پارک و بولوار تفاوت معناداری را با یکدیگر نشان ندادند (شکل ۶). در مطالعات Edmondson و همکاران (۲۰۱۴) ذخیرهٔ کربن آلی در پوشش‌های درختی و بوته در کاربری‌های مسکونی مقداری درخور توجه بوده است.

در پژوهش حاضر رگرسیون گام به گام ذخیرهٔ کربن آلی خاک به‌منزلهٔ متغیر وابسته با تیمارهای پوشش گیاهی، عمق و کاربری اراضی نشان داد که پوشش گیاهی یکی از اجزای تأثیرگذار در ذخیرهٔ کربن آلی خاک است و عمق و کاربری اراضی در مرحلهٔ بعدی اهمیت قرار گرفته‌اند (جدول ۲). همچنین، رگرسیون گام به گام ذخیرهٔ کربن آلی خاک با سایر عوامل خاک نشان می‌دهد که جرم مخصوص ظاهری، درصد رس و شوری خاک (هدایت الکتریکی) به ترتیب اهمیت از عوامل اثرگذار ذخیرهٔ کربن آلی خاک‌اند (جدول ۳). طبق مطالعات ورامش و همکاران (۱۳۸۷) نتایج رگرسیون نشان داد که اسیدیته و شوری خاک روی کربن آلی تأثیرگذار است. همچنین، در مطالعات ایشان درصد رس به‌منزلهٔ اثرگذارترین فاکتور در ترسیب کربن برآورد شده است.

انجام اقدامات برای ترسیب کربن بر مبنای پروتکل کیوتو یا هر پیمان بعد از آن تغییرات اساسی در مدیریت اراضی را برمی‌انگیزد و با افزایش مادهٔ آلی، آثار مستقیم چشمگیری در خواص خاک، کیفیت کشاورزی و محیط‌زیست می‌گذارد. نتایج آن افزایش حاصلخیزی و بهره‌وری اراضی برای تولید غذا و امنیت غذایی است. با این عمل اقتصادی ضمن پایدارکردن اکوسیستم، از تخریب منابع خاک نیز جلوگیری می‌شود. همچنین، تغییرات

www.SID.ir

Archive of SID

اساسی را در مقابله با پدیدهٔ تغییر اقلیم برمی‌انگیزد. با توجه به اینکه آثار منفی افزایش دی اکسید کربن روی آب و هوا مخصوصاً در مناطق شهری یا صنعتی همواره رو به افزایش است، ترسیب کربن می‌تواند در منابع رایگان طبیعت از جمله خاک و پوشش گیاهی این آثار منفی را کاهش دهد. بررسی ترسیب کربن کلان‌شهرها و حتی شهرهای کوچک و مناطق صنعتی در کشوری همچون ایران به‌منزلهٔ کشوری علاقه‌مند به بحث تغییر اقلیم و مبارزه با کاهش آثار منفی آن، با توجه به عضویت در کنوانسیون تغییرات اقلیمی می‌تواند از نتایج تحقیقات مربوط به ترسیب و ذخیرهٔ کربن بهره‌های زیادی داشته باشد. بنابراین، با توجه به اهمیت ترسیب کربن در نواحی شهری و نتایج این تحقیق می‌توان با کاشت هرچه بیشتر پوشش درختی در کنار سایر پوشش‌ها گام مثبتی را به سمت ترسیب کربن در خاک با تحقق آن در درازمدت و در مقیاس‌های وسیع برداشت. همچنین، با تبدیل کاربری‌های بدون استفاده در پیرامون شهر همانند زمین‌های بی‌حاصل، مراتع مخروبه به مناطق درخت‌کاری‌شده، هم فضای مناسبی برای تفریح ایجاد و هم در درازمدت کربن اتمسفری به کربن موجود در خاک تبدیل شود و سهمی هرچند اندک در کاهش گرمایش جهانی داشته باشد. مسئولان با جلوگیری از تبدیل کاربری‌های همانند باغ‌های زراعی درون‌شهری به زمین تجاری یا مسکونی می‌توانند تأثیر قابل‌توجهی در نگه‌داشت هرچه بیشتر ذخیرهٔ کربن آلی خاک داشته باشند.

پیشنهادها

۱. جهت‌دادن پارک‌های شهری به سمت مناطق درخت‌کاری‌شده به منظور ذخیرهٔ بیشتر کربن آلی در خاک؛

۲. افزایش سطح زیر کشت پوشش‌های گیاهی مخصوصاً پوشش درختی در فضاهای سبز صنعتی به منظور افزایش ذخیرهٔ کربن آلی خاک؛

۳. ایجاد تمایل و رغبت در شهروندان برای توسعهٔ بیشتر فضای سبز باغچه‌های خانگی با کاشت گونه‌های درختی به منظور ذخیرهٔ بیشتر کربن آلی؛

۴. با در نظر گرفتن تناسب اراضی ترجیحاً تبدیل زمین‌های بکر یا مرتعی بی‌حاصل به نواحی جنگلی با کاشت بیشتر گونه‌های درختی؛

۵. برآورد تعادل یا بالانس کربن آلی خاک در اکوسیستم‌های شهری با استفاده از مدل‌های سنجری و روتامستد و اندازه‌گیری‌های دقیق در مطالعات آینده.

تشکر و قدردانی

به رسم ادب از آقای مهندس علیرضا همتی به دلیل زحمات فراوان در انجام این پژوهش، همچنین آقای مهندس بیژن آزاد، خانم مهندس مهرابی و سایر عزیزانی که در تهیهٔ این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌شود.

یادداشت‌ها

1. Sink
2. $Pg = 10^{15}g$
3. Hangzhou

منابع

برزگر، ز. ۱۳۹۱. «شهرنشینی و تأثیرات آن بر امنیت غذا، آب و انرژی در ایران، نمونهٔ موردی: شهر شیراز»، برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ش ۵، ص ۵۳-۶۴.

قبادیان، و. ۱۳۸۷. *بررسی اقلیمی ابنیهٔ سنتی ایران*، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم، تهران.

کلاهچی، ن. ۱۳۸۴. «بررسی ترسیب کربن در گیاهان بوته‌ای غالب و خاک مراتع قرق‌شدهٔ حیدره پشت شهر استان همدان»، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم تحقیقات، ص ۹۵.

کوشا، ک. شورن پل. ۱۳۶۹. *آلودگی هوا*، سازمان آموزش و انتشارات انقلاب اسلامی، ص ۱۳۶.

www.SID.ir

Archive of SID

ورامش، س. حسینی، س. م. عبدی. ۱۳۸۷. «پتانسیل جنگل شهری در کاهش گازهای گلخانه‌ای و حفظ انرژی»، ماهنامهٔ تخصصی، آموزشی و پژوهشی تازه‌های انرژی، جلد ۱، شمارهٔ ۱.

Churkina, G., Brown, D. G., & Keoleian, G. 2010. Carbon stored in human settlements: the conterminous United States. *Global Change Biology, 16*(1), 135-143.

Edmondson, J. L., Davies, Z. G., McCormack, S. A., Gaston, K. J., & Leake, J. R. 2014. Land-cover effects on soil organic carbon stocks in a European city. *Science of the Total Environment, 472*, 444-453.

Etheridge, D., Steele, L., Langenfelds, R., Francey, R., Barnola, J. M., & Morgan, V. 1996. Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO2 over the last 1000 years from air in Antarctic ice and firn. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012), 101*(D2), 4115-4128.

Farage, P., Ardö, J., Olsson, L., Rienzi, E., Ball, A., & Pretty, J. 2007. The potential for soil carbon sequestration in three tropical dryland farming systems of Africa and Latin America: A modelling approach. *Soil and Tillage research, 94*(2), 457-472.

Golubiewski, N.E. 2006. Urbanization increases grassland carbon pools: effects of landscaping in Colorado's front range. Ecological Application. 16(2):555–571.

IPCC. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. IPCC third assessment report,Working group I, Technical Summary, Cambridge University Press, Cambridge, UK. 881.

IPCC . 2007. Climate change 2007: the physical science basis. In S Solomon, D Qin, M Manning, Z Chen, M Marquis, KB Averyt, M Tignor, H L Miller, eds, I Contribution of Working Group I to the Fourth Annual Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change . Cambridge University Press,

Cambridge, UK, pp 996.

Jones, C.E. 2006. Balancing the Greenhouse Equation. *Australian Organic Journal*, No. 66, pp. 18-19.

Kort, J., & Turnock, B. 1996. *Biomass production and carbon fixation by*

prairie shelterbelts: A Green Plan Project: PFRA Shelterbelt Centre.

Lal, R., & Augustin, B. 2012. *Carbon sequestration in urban ecosystems*: Springer.

Lorenz, K., & Kandeler, E. 2005. Biochemical characterization of urban soil

profiles from Stuttgart, Germany. *Soil Biology and Biochemistry, 37*(7), 1373-1385.

Lyons, J.,R . 1997. Urban ecosystem management: bringing science and policy together. Urban Ecosystems, 1:77–83.

MacDicken ,K., G. 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and AgroforestryProjects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon MonitoringProgram. pp: 91.

Parrish ,D.D., Zhu, T. 2009. Clean air for megacities. Science 326:674–675

Pavao-Zuckerman, M.,A. 2008. The nature of urban soils and their role in ecological restoration in cities. Restor Ecology, 16(4):624–649.

Pouyat, R., Groffman, P., Yesilonis, I., & Hernandez, L. 2002. Soil carbon pools

and fluxes in urban ecosystems. *Environmental Pollution, 116*, S107-S118.

Pouyat, R. V., Yesilonis, I. D., & Nowak, D. J. 2006. Carbon storage by urban soils in the United States. *Journal of environmental quality, 35*(4), 1566-1575.

Pouyat, R. V., Yesilonis, I. D., Golubiewski, N.E. 2009. A comparison of soil organic carbon stocks between residential turf grass and native soil. Urban Ecosystems 12:45–62.

Schlesinger,W.1984.Soil organic matter:Asource of atmospheric CO_2.The Role of Terrestrial Vegetationin the Global Carbon Cycle, 111-127.

Sun, Y., Ma, J., & Li, C. 2010. Content and densities of soil organic carbon in

urban soil in different function districts of Kaifeng. *Journal of Geographical Sciences, 20*(1), 148-156 .

UNDP, 2000: Carbon sequestration in the decertified rangelands of Hossein Abad, Through community based management, program coordination, pp: 1-7.

Vasenev, V., Stoorvogel, J., & Vasenev, I. 2013. Urban soil organic carbon and its spatial heterogeneity in comparison with natural and agricultural areas in the Moscow region. *Catena, 107*, 96-102.

www.SID.ir

Archive of SID

Woomer, P. L., Touré, A., & Sall, M. 2004. Carbon stocks in Senegal's Sahel transition zone. *Journal of Arid Environments, 59*(3), 499-510 .

Yang, J., McBride, J ., Zhou, J., & Sun, Z .2005. The urban forest in B eijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry & Urban Greening, 3*(2), 65-78 .

Zhang, M., & Zhou, C. 2006. Characterization of organic matter accumulated in urban soils in the Hangzhou city. *Chinese Journal of Soil Science, 1*, 003 .

www.SID.ir