فصلنامه علوم محیطی،دوره هفدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸

۶۱-۷۴

سنجش عملکرد ذخیره کربن گونه‌های اطلسی (*Petunia hybrida*) و جعفری (*Tagetes patula*) جهت تدوین الگوی برنامه‌ریزی بهینه در فضای سبز شهری (کلانشهرکرمان)

سید شهاب الدین طیبی[۱]، شهیندخت برق‌جلوه[۱*] و مجتبی سلیمانی ساردو[۲]

[۱] گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران،ایران

[۲] گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت،ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۶/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۲

طیبی، س.ش.، ش. برق‌جلوه و م. سلیمانی ساردو. ۱۳۹۸. سنجش عملکرد ذخیره کربن گونه‌های اطلسی (*Petunia hybrida*) و جعفری (*Tagetes patula*) جهت تدوین الگوی برنامه‌ریزی بهینه در فضای سبز شهری (کلانشهرکرمان). فصلنامه علوم محیطی. ۱۷(۳): ۷۴-۶۱.

سابقه و هدف: مصرف روزافزون سوخت‌های فسیلی موجب افزایش میزان دی‌اکسیدکربن هوا شده، که از مهمترین عامل‌های آلودگی شهری و نیز گرمایش زمین بحساب می‌آید. توسعه کشت گیاهان وایجاد فضاهای سبز، یکی از مهم‌ترین روش‌های ذخیره کربن هوا است. تحقیق‌های زیادی برای تعیین توان گیاهان مختلف جهت ذخیره کربن انجام شده است که به کارایی بالای گیاهان در جذب کربن جو اذعان دارد. هدف ازاین پژوهش، بررسی میزان توانمندی گونه‌های‌اطلسی (*Petunia hybrida*) و گل جعفری(*Tagetes patula*) از جهت ذخیره کربن، بعنوان دو گونه کلیدی مورد نظر در طرح‌های توسعه فضای سبز شهرکرمان می‌باشد تا ازاین طریق کمک شایانی نسبت به مدیریت بهتر فضای سبز شهری با درنظرگرفتن مقوله ذخیره کربن شود.

مواد و روش‌ها: دراین پژوهش، میزان کربن آلی نمونه‌های گیاهی پس از جمع‌آوری، قطع و توزین اندام‌ها، با استفاده از دستگاه آنالیزگر عناصر (C-H-N-S) تعیین شده است. در ادامه با بررسی داده‌های میدانی و درنظر گرفتن گره‌های ترافیکی، محل تمرکز بیشترین میزان آلودگی در نقاط خاص شهر مشخص شده و در نهایت، با بررسی پوشش گیاهی سیمای سرزمین کرمان، در راستای برنامه‌ریزی سیمای اکولوژیک شهری از جهت ذخیره کربن اقدام صورت گرفته است.

نتایج و بحث: نتایج حاصل ازاین پژوهش بیانگراین مساله است که در مجموع توانایی ذخیره کربن گیاه اطلسی بیش از جعفری بوده و در نواحی غربی و تا حدودی متمایل به مرکز شهر کرمان که شاهد گره‌های ترافیکی بیشتری می‌باشد، از منظر ذخیره کربن پیشنهاد می‌شود تا گونه اطلسی در قیاس با گونه جعفری در اولویت کاشت و توسعه فضاهای سبز شهری بویژه در ناحیه‌های نامبرده شهر کرمان، مدنظر کارشناسان و دست اندرکاران امر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری: با توجه به‌اینکه عنصرهای تشکیل دهنده پوشش گیاهی فضای سبز شهری جایگاه غیر قبل انکاری در زمینه‌ی کارایی و حضور در عرصه شهری دارند ارزیابی و شناخت قابلیت‌های نهفته پوشش گیاهی، برای پیاده سازی یک برنامه مدیریتی بهینه در راستای کاهش مشکل‌های محیط زیست شهری از اهمیت قابل توجه‌ای برخوردار است.این پژوهش بیانگراین موضوع می‌باشد که با شناخت قابلیت‌های عنصرهای تشکیل دهنده فضای سبز می‌توان برای کاهش برخی از مشکل‌های شهری اقدام موثرتری را انجام داد بطوری که امکان کشت و توسعه گونه اطلسی در

*Corresponding Author: *Email Address.*s-barghjelveh@sbu.ac.ir

طرح‌های گسترش فضای سبز شهری منجر به ذخیره بیشتر کربن در قیاس با گونه جعفری می‌شود که در طرح‌های توسعه فضای سبز دارای اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، فضای سبز شهری، فرآیند ذخیره کربن، برنامه‌ریزی محیط زیستی.

مقدمه

امروزه بشر بیش از پیش، درباره آینده کره زمین و اثرهای منفی پیش‌بینی شده ناشی از دو برابر شدن میزان دی‌اکسید کربن نگران است.این نگرانی موجب توجه به شناخت پتانسیل فضای سبز شهری برای کمک به کاهش میزان کربن اتمسفری گشته است تا در نهایت بتوان به برنامه‌ریزی و مدیریت کاشت فضای سبز برای رساندن به کمترین انتشار کربن در محیط و یا به بیشترین رساندن جذب آن رسید (Jo and McPherson, 1995). فضای سبز تأمین‌کننده مزیت‌های منحصربه‌فردی است که می‌توانند آلودگی هوا را پالایش و گازهای گلخانه‌ای را جذب و زیبایی فضای شهری را بهبود بخشند، در حقیقت فضای سبز بعنوان دارایی‌های اصلی در شهرها در نظر گرفته می‌شود (Ugle *et al*., 2010).

Nowak *et al*. (2013) میزان ذخیره و ترسیب‌کربن بوسیله درختان شهری درایالات متحده، برای بررسی اندازه و نقش جنگل‌های شهری در ارتباط با تغییرپذیری‌های آب و هوایی، اندازه‌گیری شد. داده‌های درختان شهری از ۲۸ شهر و ۶ایالت برای تعیین تراکم متوسط کربن در هر واحد از پوشش درختان استفاده شدند. میزان ذخیره کل کربن درختان درایالات متحده در منطقه‌های شهری ۶۴۳ میلیون تن و ترسیب‌کربن ۲۵/۶ میلیون تن تخمین زده شدند.

Tang *et al*. (2016) با استفاده از داده‌های تحقیقات میدانی، اندازه‌گیری رشد درختان و کتابچه‌های سالانه آمار دولتی، ظرفیت ذخیره و میزان ترسیب‌کربن درختان خیابانی در بیجینگ چین را تخمین زدند. نتایج نشان دادند که میزان کربن در گیاهان شهری بیجینگ حدود ۱/۲ برابر میزان مرتبط در جنگل‌های غیرشهری چین است. ذخیره دی اکسیدکربنی که تولید شده توسط سوختن سوخت‌های فسیلی یک روش برای جلوگیری از آثار زیانبار تغییرپذیری‌های آب و هوایی است (Bickle, 2009).

Liu and Li (2012) به وسیله معادلات زیست توده میزان ذخیره و ترسیب‌کربن را بوسیله بررسی‌های میدانی تخمین زدند. کربن ذخیره شده بوسیله جنگل‌های شهری برابر با ۳/۰۲ ٪ از میزان انتشار سالانه کربن حاصل از سوخت‌های فسیلی بود. افزون براین مشخص شد که میزان ذخیره کربن به نوع گیاهان موجود در هر منطقه بستگی دارد. تحقیق‌های انجام‌شده گویای آن است که فضای سبز بعنوان یک سیستم زنده عملکردهای متفاوت و سودمندی از خود را بیان می‌کند همچنین شهرها قادراند نقش مهمی در چرخه جهانی‌کربن ایفا کنند. آن‌ها افزون بر تولید و انتشار میزان زیادی از گازهای گلخانه‌ای، قادرند کربن را در جنگل‌ها و فضای سبز شهری ترسیب کنند (Strohbach *et al*., 2012). مهمترین‌عامل افزایش دمای کره زمین، دی اکسیدکربن است (Körner, 2003) که منجر به اثر گلخانه‌ای نیز می‌شود. از زمان شروع انقلاب صنعتی در قرن نوزدهم غلظت دی‌اکسید کربن در اتمسفر از ۲۸۰ به ۳۶۵ قسمت در میلیون رسیده است و به نظر می‌رسد در قرن بیست و یکم به ۶۰۰ قسمت در میلیون برسد که این امر سبب افزایش دمای متوسط سالیانه زمین به میزان ۱ تا ۴/۵ درجه سانتی‌گراد می‌شود (Canadell *et al*., 2007). پژوهش‌ها بیانگر این نکته‌اند که گازهای گلخانه‌ای، سیستم پایداری را ایجاد و بین اجزاء مختلف خود تعادل دقیق و حساسی برقرار می‌کنند ولی این تعادل دقیق، در چند دهه اخیر براثر بالا رفتن میزان دی اکسید کربن به‌هم‌خورده است. ازاین رو، کشورهای صنعتی و به دنبال آن‌ها دیگر کشورها نیز در پی دست‌یابی به روش‌هایی هستند تا اول، دی‌اکسید کربن کمتری تولید کنند، دوم دی‌اکسید کربن موجود در هوا را به راه‌های مختلف در مواد گیاهی ترسیب نمایند. ترسیب کربن در زی‌توده (بیوماس) گیاهی و خاک‌هایی که تحت این زی‌توده هستند، ساده‌ترین و به‌لحاظ اقتصادی کاربردی‌ترین راهکار ممکن برای کاهش CO_2 اتمسفری هست

(Mitsch *et al*., 2013). کاهش دی اکسید کربن از اتمسفر می‌تواند یکی از فایده‌های افزایش ذخیره کربن در خاک باشد. از دیگر مزیت‌های آن می‌توان به بهبود ویژگی‌های کیفیت آب و خاک، کاهش ضایعه‌های مواد غذایی، کاهش فرسایش خاک، افزایش ظرفیت در نگهداری آب، بهبود وضعیت ساختمان خاک، همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکی و افزایش تولید محصول و در نهایت افزایش میزان زیادی بیومس به خاک ازجمله نتایج افزایش میزان کربن ذخیره شده در خاک‌های کشاورزی می‌باشد. (Hopmans and Elms, 2009) به طور کل ۱۸۱۴ میلیون تن کربن در کل پوشش گیاهی و خاک‌های جهان ذخیره می‌شود، می‌توان با احیا و یا باایجاد تغییر در مدیریت و برنامه‌ریزی آن‌ها توانایی ذخیره کربن را به میزان قابل توجه‌ای افزایش داد. کربن ذخیره شده در زیتوده گیاهی و خاک‌های‌این زیتوده، ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش ممکن برای کاهش دی اکسید کربن اتمسفری می‌باشد (Emmerich, 2003).

Samadi *et al*. (1392) در راستای بررسی نقش فضای سبز در کنترل و کاهش آلودگی شهری با بررسی منبع‌های مرتبط بااین موضوع بیان داشتند که کمربند فضای سبز یکی از راه‌حل‌های ویژه برای کنترل آلودگی‌ها هوای شهری می‌باشد و می‌تواند توجهات را به ناحیه‌های حاشیه منطقه‌های شهری یا روستایی جلب کند و یک توسعه منطقه‌ای مناسب را دراین منطقه‌هاایجاد کند. پژوهش‌های بسیاری در زمینه نسبت ترسیب کربن در ریشه به ساقه گیاه وجود دارد. Bert and Danjon (2006) در مطالعه ترسیب کربن بر روی ستون‌های کاج در جنوب غربی فرانسه نشان دادند که ترسیب کربن در ساقه حدود ۵۳ ٪ و در ریشه کمتر و حدود ۵۱ ٪ است. Ritson and Sochacki (2003) در مطالعه ترسیب کربن بر روی ۱۴۸ گونه Pinus pinaster مشخص شد که ترسیب کربن در ساقه بیش از ریشه است. نتایج تحقیق Askari *et al*. (2017) در جنگل‌های مرکزی زاگرس نیز نشان داد میزان ترسیب‌کربن در ساقه بیشتر از ریشه است. نتایج به دست آمده دراین تحقیق هم در راستای نتایج تحقیقات پیشین و موید آن‌هاست. در راستای تحقیق‌های بیان شده، و بنا به اهمیت گل‌های باغچه‌ای در فضای سبز شهر کرمان، این پژوهش به‌منظور بررسی توانایی ذخیره کربن گیاهی گونه‌های گیاهی فصلی اطلسی و جعفری صورت گرفته است.

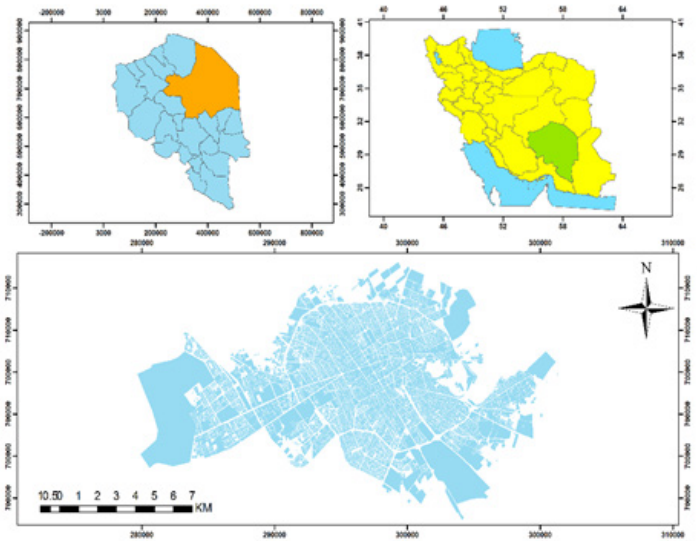
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

کلانشهر کرمان بزرگ‌ترین شهر جنوب شرق‌ایران و مرکز بزرگ‌ترین استان‌ایران است، این شهر (شکل۱) در بخش مرکزی شهرستان کرمان قرارگرفته و جمعیت آن بنا بر سرشماری سال ۱۳۹۵ مرکز آمارایران، برابر ۷۳۸ ۷۲۴ نفر است. کرمان بین ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۳۰ درجه ۱۹ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. میانگین درجه حرارت سالانه‌این شهر ۱۵ درجه سانتیگراد و میانگین بارش سالیانه شهر کرمان طی دوره ۱۸ ساله ۱۴۹/۱ میلیمتر و جهت باد غالب بطور معمول شمالی است.

روش تحقیق

دراین پژوهش وضعیت ناحیه‌های شهری به‌لحاظ تراکم پوشش گیاهی و تراکم وسایل حمل‌ونقل موتوری (منبع تولید دی‌اکسیدکربن) بوسیله‌ی فعالیت‌های میدانی و استفاده از آمار رسمی مشخص شده و سپس به تخصیص مکان‌های آلوده‌تر(حمل و نقل بالا) و پاک (حمل و نقل پایین) مبادرت شده، و از دو منطقه بیان شده نمونه برداری انجام گرفته تا افزون بر اثبات توانایی ذخیره گیاهی، عملکرد گیاه در موقعیت‌های متفاوت شهری، آنالیز و مورد مقایسه قرار گیرد. انتخاب گونه‌های گیاهی گل جعفری[1] و گل اطلسی[2] بر اساس چندین معیار انجام شده است. با توجه به قابلیت کاشت و بهره‌گیری کامل در مدت‌زمان کوتاه ازاین گیاهان آن هم با در نظرگیری متغیر بودن مشکل‌های مکانی و زمانی شهری برای مدیریت آن‌ها، نسبت به انتخاب‌این‌گونه‌ها مبادرت شده است. بر اساس اطلاعات کسب شده از واحد طرح و برنامه سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری کرمان، گیاهان انتخاب شده دراین پژوهش، در مدت زمان اواسط بهار تا اواسط پاییز (زمان بیشترین بازدهی) بیشترین سطح زیر کشت پوشش گیاهی فصلی فضای‌سبز شهر کرمان را به‌خوداختصاص می‌دهند، بدلیل



شکل۱-موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (شهر کرمان)
Fig. 1- Geolocation of the study area (Kerman city)

وسعت کاشت بالای این گیاهان در پوشش گیاهی سطح شهر، تجربه سازگاری این گیاهان با شرایط اقلیمی (اقلیم خشک) و نیز کم‌هزینه بودن کشت‌این گل‌ها منجر به انتخاب آن‌ها شده است.

گونه اطلسی دارای رقم‌های یک‌ساله و دائمی بوده و دارای ساقه‌های نیمه چوبی و گل‌های قیف مانند است انواع کم‌پر و پرپر دارد که نوع کم پر آن بعنوان اطلسی معمولی شناخته می‌شود و بیشتر در حاشیه کاری و تپه‌های گل به‌کار می‌رود. بهره‌گیری ما از واریته ایرانی گل اطلسی به لحاظ تراکم کاشت بالا در شهر کرمان انجام گرفته است. اطلسی از اواخر بهار تا اواخر پائیز گل می‌دهد و در خاک‌های حاصلخیز به نسبت سنگین و محل آفتابی رشد و نمو خوبی دارد و دامنه دمایی زیادی را تحمل می‌کند (Organiza-tion of parks and green spaces of Kerman Municipality, 2003).

گل جعفری گیاهی یکساله است.این گل دارای ۵۶ گونه و از خانواده گل آفتابگردان بوده که امروزه بعنوان یکی از گل‌های بهاره و تابستانه در دنیا کشت می‌شود. گل‌های آن در رنگ‌های زرد و طیف‌های مختلف رنگ نارنجی در تابستان ظاهر شده و برگ‌های آن پنجه‌ای و رنگ سبز ملایمی دارند.این گیاه آفتاب دوست است و در منطقه‌های آفتابی و گرم رشد خوبی دارد (Organization of parks and green spaces of Kerman Municipality, 2003).

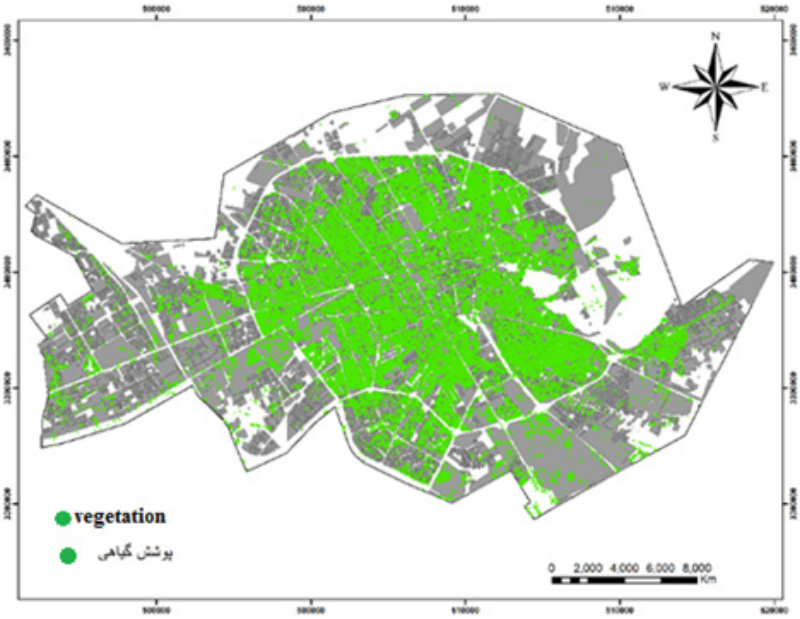
دراین پژوهش، نمونه برداری‌ها بصورت میدانی و با استفاده از روش تصادفی در فضای سبز شهری انجام شده است، بدین ترتیب که تعداد سه منطقه پاک و سه منطقه آلوده با تمرکز آلاینده‌های موتوری و گره‌های ترافیکی در نظر گرفته شده و با مد نظر قرار دادن کل پایه‌های گیاهی در هر منطقه و با استفاده از جدول اعداد تصادفی تعداد ۳۶ پایه از گونه‌های مزبور انتخاب و قطع و توزین شده و به آزمایشگاه منتقل شده‌اند. همچنین خاک موجود در پای گونه‌ها نیز برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. همه بخش‌های گیاه، چه اندام زیرزمینی (ریشه) و اندام‌های هوایی (ساقه و برگ) بصورت کامل بیرون آورده شده و کلیه اندام بصورت تفکیک شده قطع و توزین گشته و پس از نمونه‌برداری از بخش‌های مختلف، برای تعیین درصد کربن به آزمایشگاه انتقال داده شدند. همه نمونه‌های تهیه شده از اندام هوایی و زیرزمینی (ریشه، ساقه، برگ) گونه‌های مورد نظر پس از ورود به آزمایشگاه به کمک دستگاه خردکن به قطعاتی کوچک‌تر و در ادامه به وسیله آسیاب پودر کن به پودر تبدیل شده‌اند (Ahmadi, 2009) سپس به مدت ۴۸ ساعت در درون دستگاه دسیکاتور نگهداری و سپس برای آنالیز به دستگاه C-H-N-S Elemental منتقل شده‌اند، دراین دستگاه، تجزیه نمونه‌ها در دمای بالا و ستون احتراق[۳] انجام گرفته و گازهای حاصل به ستون احیاء برای تعیین کمی به وسیله آشکارگر هدایت گرمایی[۴] مورد محاسبه قرار گرفته‌اند. دراین پژوهش،

خاک بستر کشت طبق اطلاعات سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهری تعویض شده و قبل از کشت، گیاه دیگری در آن خاک کاشته نشده است، بنابراین میزان کربن خاک‌های برداشت شده تحت کشت گیاهان در منطقه‌های پاک و آلوده مورد قیاس واقع شد. رویه کار آزمایشگاهی بدین‌صورت است که با برداشت یک کیلو از خاک تحت و پای گیاه، هوا خشک و سپس برای انجام آزمایش والکی بلک[5] به آزمایشگاه منتقل شده است. دراین پژوهش، کلیه نقشه‌ها در محیط نرم افزار GIS تهیه شد. بدین ترتیب که آنالیز فضایی - زمانی گره‌های ترافیکی ناشی از عبور وسایل حمل و نقل موتوری با استناد بر اطلاعات میدانی مورد بررسی قرار گرفت و سپس با لایه کاربری زمین‌های شهر کرمان همپوشانی شد. همچنین، به منظور پهنه‌بندی آلودگی از بعد فضایی، از روش درونیابی IDW استفاده شد.

نتایج و بحث

وضعیت پوشش گیاهی کنونی شهر کرمان

وضعیت پوشش گیاهی فضای سبز شهر کرمان با استفاده از تصویرهای ماهواره Landsat 8 با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر، و با توجه به نقشه NDVI و نقشه کاربری تهیه شده است. وضعیت قرارگیری پوشش گیاهی در ناحیه‌های مختلف شهر کرمان در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-پوشش گیاهی شهر کرمان
Fig. 2 - Kerman city's vegetation

تحلیل وضعیت گره‌های ترافیکی شهر کرمان

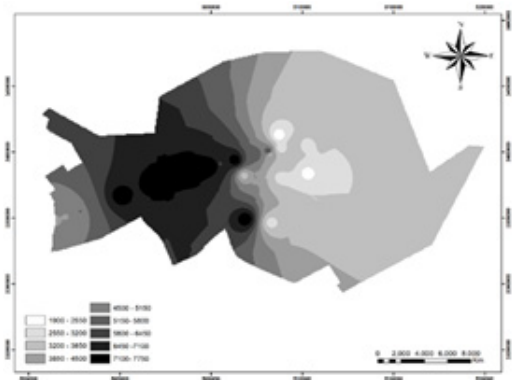
در شکل ۳، وضعیت گره‌های ترافیکی بر مبنای تراکم عبور وسایل نقلیه در ساعت ۷ الی ۸:۳۰ قابل ملاحظه است. دراین ساعت بدلیل آغاز فعالیت مراکز آموزشی و اداری، تراکم بالای عبور وسایل حمل و نقل موتوری در نقطه‌های خاصی از شهر کرمان دیده می‌شود. با شمارش تعداد وسایل نقلیه عبوری و با انجام تحلیل نرم‌افزاری، وضعیت‌این گره‌های ترافیکی و احتمال شعاع تاثیرگذاری آلودگی (CO_2) ناشی از فعالیت موتوری نمایش داده شده است.

شکل ۴، وضعیت گره‌های ترافیکی بر مبنای تراکم عبور وسایل نقلیه در ساعت ۱۲ الی ۱۳:۳۰ را نشان می‌دهد. دراین ساعت روز به دلیل پایان فعالیت مراکز آموزشی و اداری، میزان زیاد عبور وسایل حمل و نقل موتوری در نقاط خاصی از شهر کرمان مشهود است. با انجام شمارش تعداد عبور وسایل نقلیه و با انجام تحلیل نرم افزاری، وضعیت گره‌های ترافیکی و احتمال شعاع تاثیر گذاری آلودگی (CO_2) آن‌ها در ساعت مربوطه به نمایش درآمده است.

گره‌های ترافیکی بر مبنای تعداد عبور وسایل نقلیه در ساعات ۱۸ الی ۱۹:۳۰ مشخص شدند (شکل ۵). دراین زمان‌ها از روز مراجعه بالای مردم به مراکز تجاری، درمانی، تفریحی و خدماتی

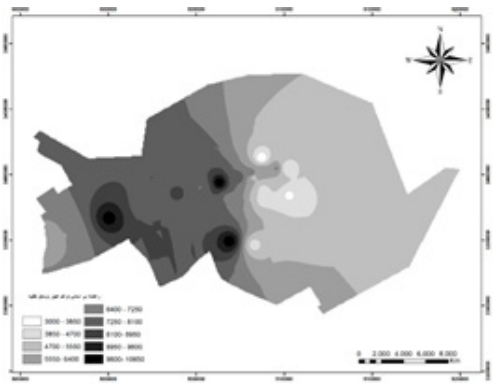
مشاهده می‌شود، ازاین رو فراوانی عبور وسایل حمل و نقل موتوری در نقاط خاصی از شهر کرمان بالا می‌رود. با شمارش تعداد عبور وسایل نقلیه و با انجام تحلیل نرم‌افزاری، وضعیت‌این گره‌های ترافیکی و شعاع احتمالی تاثیرگذاری آلودگی (CO_2) آنها بررسی شدند.

با روی هم گذاری زمان‌های سه‌گانه پیک ترافیک در شهر کرمان، یک مدل الگو از پراکندگی CO_2 در سطح شهر کرمان نشان داده شده است (شکل ۶). بنابر همین الگو، برداشت گیاهی از منطقه‌های



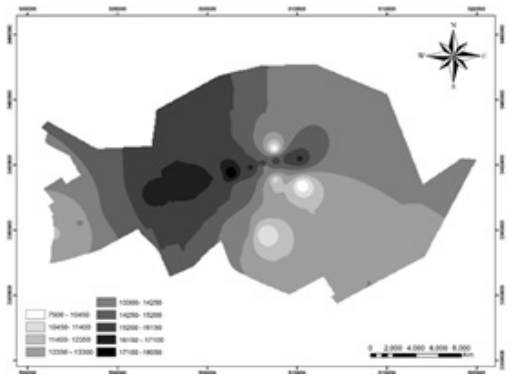
شکل ۳- وضعیت گره‌های ترافیکی کرمان بر مبنای تراکم عبور وسایل نقلیه در ساعت ۷ الی ۳۰: ۸

Fig. 3 - The status of Kerman's traffic nodes based on the traffic density of vehicles from 7 to 8: 30



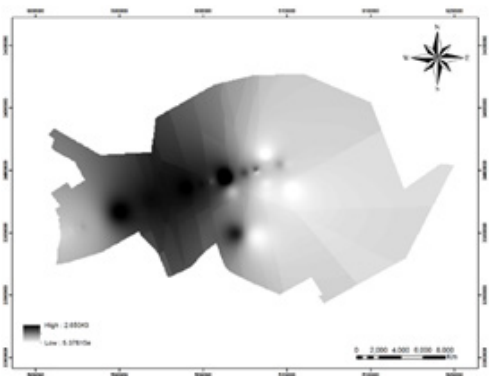
شکل ۴- وضعیت گره‌های ترافیکی کرمان بر مبنای تراکم عبور وسایل نقلیه در ساعت ۱۲ الی ۳۰: ۱۳

Fig. 4 - The status of Kerman's traffic nodes based on vehicle traffic density from 12 to 13: 30



شکل ۵- وضعیت گره‌های ترافیکی کرمان بر مبنای تراکم عبور وسایل نقلیه در ساعت ۱۸ الی ۳۰: ۱۹

Fig. 5 - The status of Kerman's traffic nodes based on the traffic density of vehicles from 18 to 19:30



شکل ۶ - نقشه پیک ترافیک در شهر کرمان

Fig. 6 - Rush hour map in Kerman city

آلوده و غیر آلوده اجرا شده، و برنامه مدیریتی - محیط زیستی، کاشت گونه برتر هم بر پایه‌ی مکان تراکم گاز در شکل مورد نظر اعمال شده است.

تحلیل عملکرد ذخیره کربن دو گیاه گل جعفری و گل اطلسی

پس از جمع آوری اندازه‌گیری داده‌ها در نمونه‌های مورد آزمایش، نسبت به آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگراف - اسمیرنف اقدام شده، که امکان استفاده از روش‌های پارامتریک را به منظور مقایسه داده‌ها امکان‌پذیر نموده است. با تحلیل آماری نتایج، عملکرد دو گونه گیاهی در منطقه‌های پاک (یا کمتر آلوده) بیانگر کارایی بالاتر توان ذخیره کربن گیاه اطلسی در مقابل جعفری می‌باشد (شکل ۷).

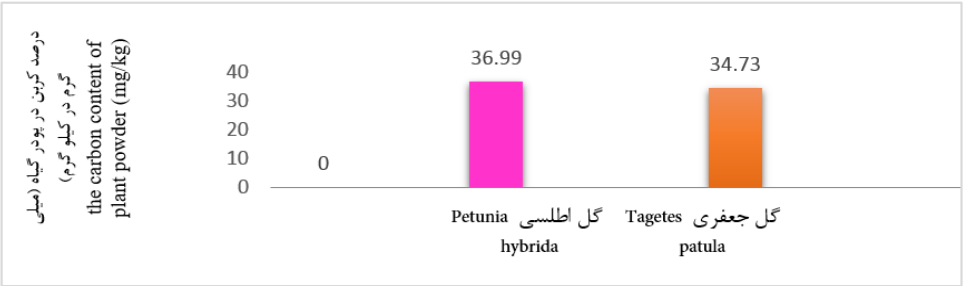
بررسی عملکرد ذخیره کربن گیاه به لحاظ پالایندگی آن در منطقه‌های شهری، نیازمند سنجش کارکرد گیاه در دو وضعیت متفاوت شهری به لحاظ میزان تراکم دی اکسید کربن است. بر همین مبنا با برداشت در وضعیت‌های متفاوت شهری و انجام عملیات آزمایشگاهی، عملکرد گیاه در منطقه آلوده نشان دهنده برتری گیاه اطلسی نسبت به جعفری است (شکل ۸).

برای شناخت هرچه بیشتر عملکرد ذخیره کربن اندام‌های مختلف گیاهان مورد نظر، توانایی هر یک از اجزای سه‌گانه ریشه، ساقه و برگ بصورت جداگانه بررسی شده است. دراین راستا افزون بر نمایش عملکرد کلی اجزای دو گیاه، توانایی آن‌ها در موقعیت تمیز و آلوده نیز بررسی گشته است.

در شکل شماره ۹ عملکرد ذخیره کربن برگ دوگیاه با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته و برتری برگ جعفری نسبت به برگ اطلسی نشان داده شده است.

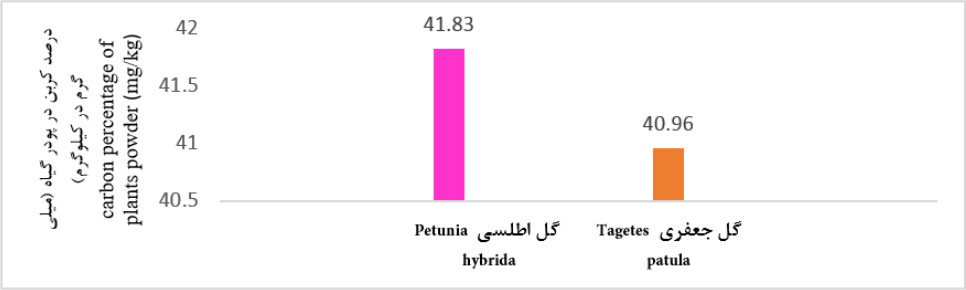
در ادامه روند بررسی عملکرد ذخیره کربن اجزای گیاهی، توانایی کربن ذخیره شده در ساقه دو گیاه در شکل شماره ۱۰ به نمایش درآمده، به طوری که برتری ساقه اطلسی نسبت به ساقه جعفری قابل مشاهده است.

سنجش عملکرد ذخیره کربن ریشه دو گیاه از بررسی‌های مهم این پژوهش محسوب می‌شود زیرا ریشه در ارتباط با خاک است



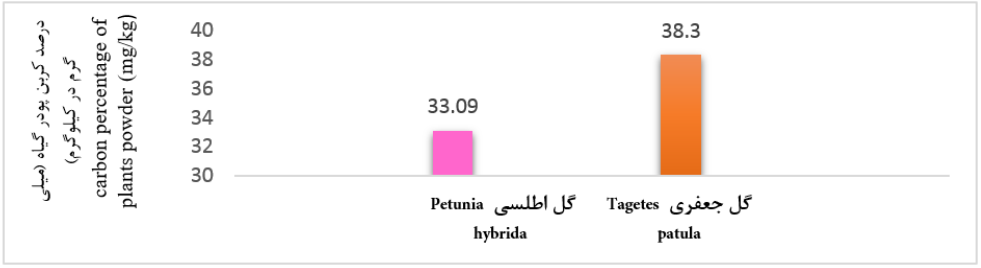
شکل ۷- عملکرد ذخیره کربن دو گیاه در منطقه تمیز

Fig. 7 – Carbon storage performance of two plants in the clean area



شکل۸- عملکرد ذخیره کربن دو گیاه در منطقه الوده

Fig. 8 - Carbon storage performance of two plants in the polluted area



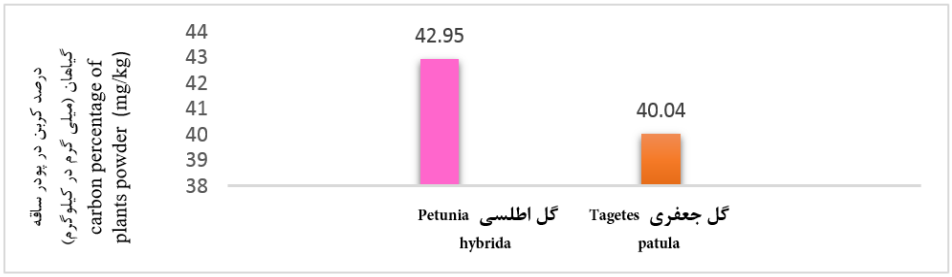
شکل۹- عملکرد ذخیره کربن برگ‌ها

Fig. 9 - Carbon storage performance of leaves

و ممکن است تراوشاتی ازاین جز گیاهی به خاک انجام گیرد. شکل شماره ۱۱ به مقایسه کربن ذخیره شده در دو گیاه پرداخته و برتری ریشه گیاه اطلسی نسبت به ریشه جعفری را نشان می‌دهد.

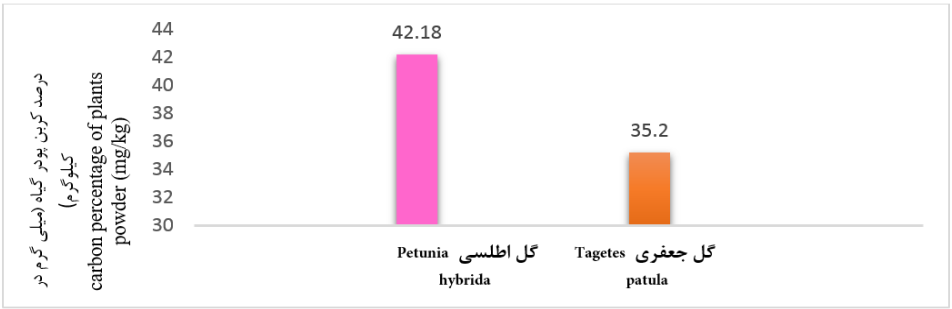
میزان ذخیره کربن اجزای دو گونه گیاهی در منطقه تمیز

بررسی اجزای گیاهی بصورت جداگانه در منطقه‌های تمیز و آلوده صورت پذیرفته است. شکل شماره ۱۲ توانایی ذخیره کربن اجزای



شکل ۱۰-عملکرد ذخیره کربن ساقه‌ها

Fig. 10 - Carbon storage performance of stems



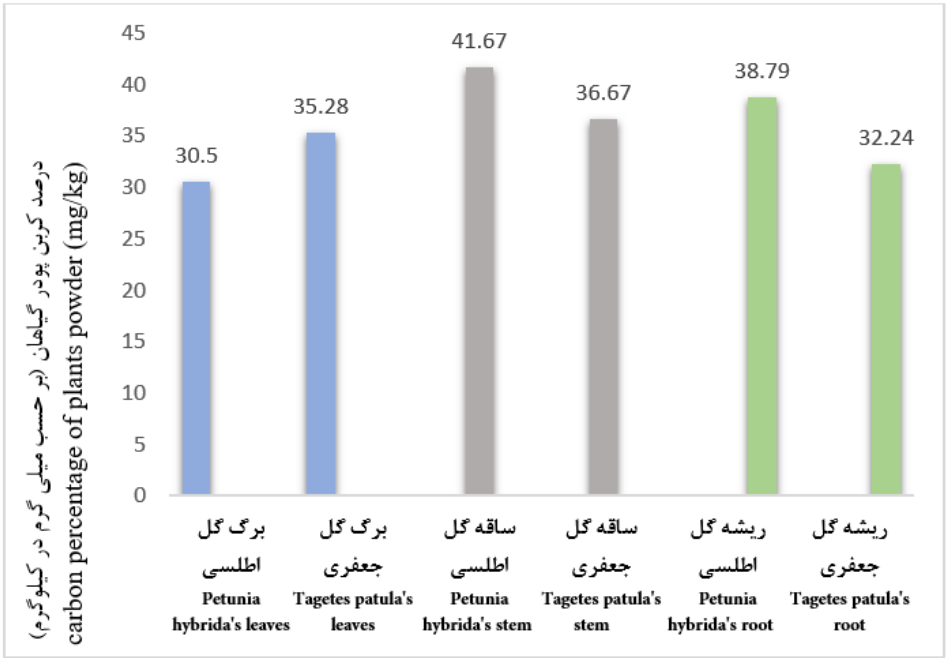
شکل۱۱- عملکرد ذخیره کربن ریشه‌ها

Fig. 11 - Carbon storage performance of roots

گیاهی در منطقه تمیز را نشان می‌دهد که برتری گیاه اطلسی را بازگو نموده، زیرا که عملکرد ذخیره ساقه و ریشه گیاه اطلسی نسبت به جعفری کارایی بالاتری را نشان داده است، البته برگ جعفری در مقایسه با برگ اطلسی قابلیت بیشتری در ذخیره کربن دارد.

میزان ذخیره کربن اجزای دو گونه گیاهی در منطقه تمیز

بررسی اجزای گیاهی به صورت جداگانه در منطقه‌های تمیز و آلوده صورت پذیرفته است. شکل شماره ۱۲ توانایی ذخیره کربن



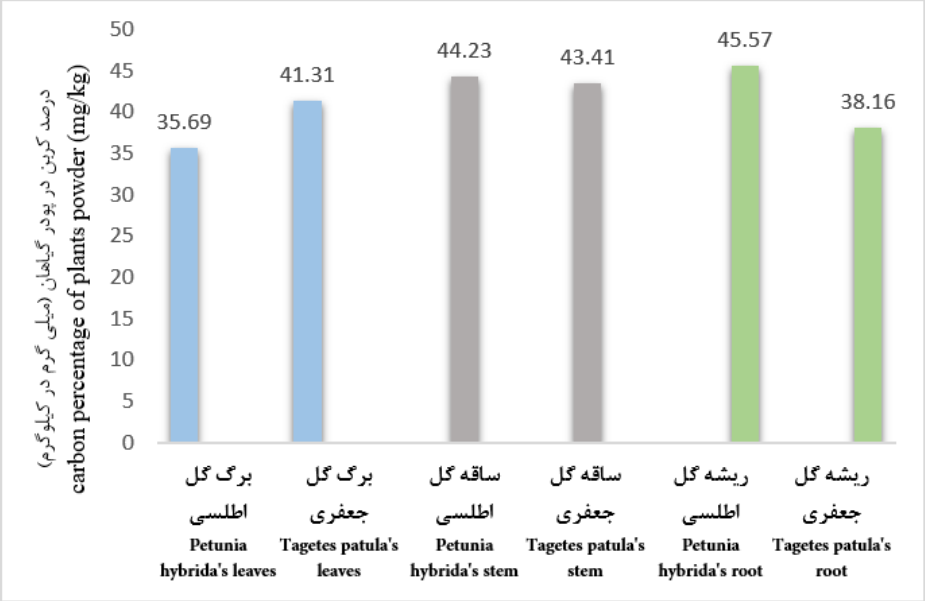
شکل ۱۲-میزان کربن ذخیره شده در اجزاء مختلف گیاهی، در منطقه شهری تمیز

Fig. 12 – The amount of carbon storage in different parts of plants in the polluted urban area

اجزای گیاهی در منطقه تمیز را نشان می‌دهد که برتری گیاه اطلسی را بازگو نموده، زیرا که عملکرد ذخیره ساقه و ریشه گیاه اطلسی نسبت به جعفری کارایی بالاتری را نشان داده است، البته برگ جعفری در مقایسه با برگ اطلسی قابلیت بیشتری در ذخیره کربن دارد.

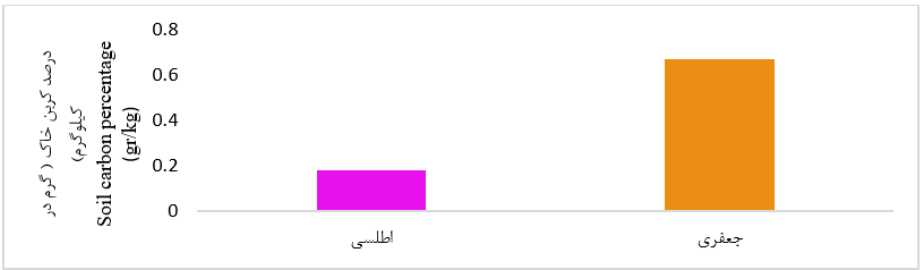
میزان ذخیره کربن اجزای دو گونه گیاهی در منطقه آلوده

عملکرد ذخیره کربن اجزای گیاهی در منطقه آلوده نیز در شکل



شکل ۱۳- میزان کربن ذخیره شده در اجزاء مختلف گیاهی در منطقه آلوده شهری

Fig. 13 - The amount of carbon storage in different parts of plants in the clean urban area



شکل ۱۴- میزان کربن ذخیره شده در خاک دو گیاه

Fig. 14 – The amount of stored carbon in the soil of two plants

شماره ۱۳ نشان داده شده که قابلیت بیشتر گیاه اطلسی را نسبت به جعفری از منظر ذخیره کربن بیان کرده است، زیرا عملکرد ذخیره ساقه و ریشه گیاه اطلسی نسبت به جعفری بالاتر است، ولی برگ جعفری دراین رقابت نسبت به برگ اطلسی قابلیت بیشتری را در ذخیره کربن نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج، میزان کربن ذخیره شده در خاک دو گونه اطلسی و جعفری اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد، که این میزان در خاک تحت کشت گونه جعفری بیشتر است (شکل ۱۴).

بطورکلی، نتایج حاصل آزمایش ذخیره کربن در دو گونه گیاهی نشان داد که توسعه کشت گونه‌های جعفری و اطلسی بر میزان ذخیره کربن جو تأثیر معنی‌داری دارد. یافته‌های آزمایشگاهی بیانگر آن است که بنابر توانایی گونه‌های گیاهی در ذخیره کربن جو در اندام‌های گیاهی و خاک، کاهش میزان کربن جو با توسعه‌ی کشت‌این گونه‌ها امکان‌پذیر است و اثر کاهشی دارد.

با انجام آزمایش‌های انجام‌گرفته بر روی نمونه‌های گیاهی و بررسی آماری نتایج، کارایی متفاوتی در توانایی ذخیره کربن مشاهده شد. دراین مورد، تفاوت میزان کربن ذخیره شده در اندام‌های مختلف رویشی معنی‌دار بود. نتایج آزمایش گویای‌این

مطلب است که اجزای گیاهی توانایی متفاوتی را در کربن ذخیره شده از خود نشان می‌دهند، گیاهان دارای تفاوت در عملکردهای خود هستند و می‌توان با شناسایی عملکردی خاص در پوشش گیاهی به منظور بهره‌گیری از استعدادهای اکولوژیک ویژه آن‌ها برای موارد خاص مانند کاهش مشکل‌های شهری به نحو مطلوب‌تر برنامه‌ریزی کرد. در پژوهش حاضر از دستگاه C-H-N-S برای تخمین میزان کربن ذخیره شده استفاده شد، نتایج اختلاف معنی دار ذخیره کربن را نشان داد بطوری که گونه اطلسی موفق تر از گیاه جعفری خود را نشان داده است. با بررسی کربن ذخیره شده در اجزای گونه‌های گیاهی این پژوهش مشخص شد که در گونه اطلسی بیشترین کربن ذخیره شده در اندام ساقه و در گونه جعفری بیشترین کربن ذخیره شده در برگ گیاه می‌باشد.

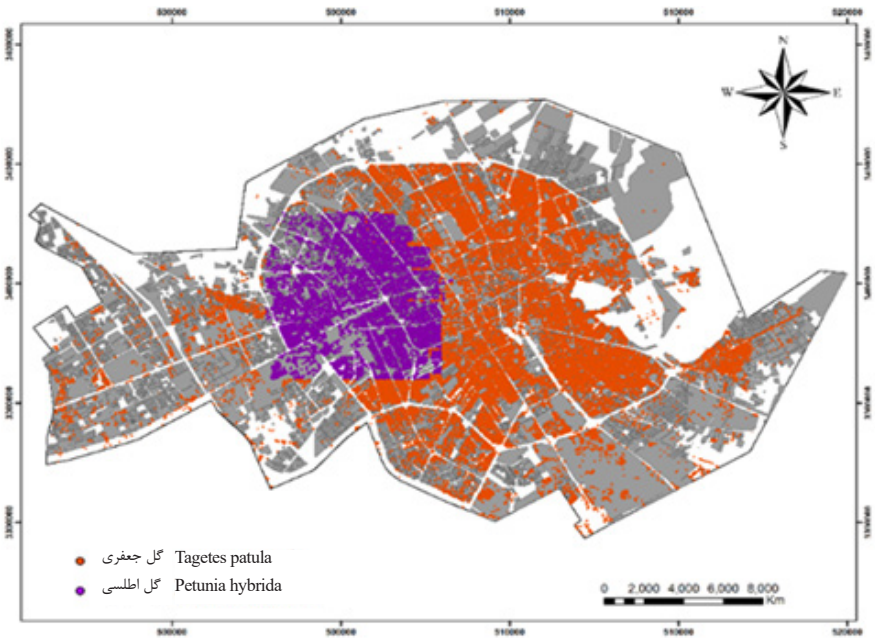
Narimani *et al.* (2015) در پژوهشی با عنوان تأثیر جنگل‌کاری با گونه‌های سوزنی برگ بر ترسیب کربن اتمسفری بیان داشته که سرو نقره‌ای بصورت معنی‌دار از توان ترسیب کربن بیشتری نسبت به کاج تهران برخوردار است و کربن ذخیره شده در اندام‌های مختلف (برگ، اندام چوبی، ریشه) معنی دار است، همچنین به بیان این مساله نیز پرداختند که بخش چوبی گیاهی دارای عملکرد ذخیره کربن بیشتری می‌باشد.

در پژوهش حاضر برتری میزان کربن ذخیره شده اطلسی نسبت به جعفری بیان شده و همچنین میزان کربن ذخیره شده در اجزای گیاهی نیز بررسی و معنی‌دار بودن آن‌ها به صورت آماری به اثبات رسیده است.

با درنظر گرفتن وضعیت پوشش گیاهی موجود در شهر و نتایج به‌دست‌آمده از برآورد میزان ذخیره کربن گل‌های جعفری و اطلسی، و همچنین با روی هم‌گذاری پیک ترافیک سه‌زمانه در یک شبانه‌روز، راه‌حلی برای کاهش میزان آلودگی شهری پیشنهاد می‌شود. ازاین رو، گونه‌ای که در عملیات کاهش دی‌اکسیدکربن موفق‌تر عمل کرده را برای کاشت بیشتر در منطقه‌های پرتراکم دی‌اکسید کربن می‌توان پیشنهاد داد و گونه ضعیف‌تر به لحاظ این قابلیت در منطقه‌های کم آلوده‌تر مد نظر قرار گیرد (شکل ۱۵).

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، گونه‌های گیاهی فصلی اطلسی و جعفری با توجه به تراکم کاشت بالا انتخاب شده و عملکرد ذخیره کربن گیاهی آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است. بررسی‌های صورت گرفته گویای آن است که گیاهان مورد مطالعه قابلیت‌های متفاوتی را در ذخیره کربن انجام می‌دهند به طوری که گونه اطلسی کارایی بیشتری را نسبت به گونه



شکل ۱۵- برنامه بهینه برای کاشت پوشش گیاهی در شهر کرمان

Fig. 15 – The optimal plan for cultivation of vegetation in Kerman city

جعفری نشان داده است. با توجه به اطلاعات حاصله، برنامه‌ی کاشت بهینه برای جایگزینی کاشت بدون برنامه در فضای سبز شهر کرمان مطرح و پیشنهاد شده است. این پژوهش بیانگراین مساله است که با شناخت قابلیت‌های عنصرهای تشکیل دهنده فضای سبز می‌توان برای کاهش برخی از مشکل‌های شهری اقدام موثرتری را انجام داد به طوری که امکان کشت و توسعه گونه اطلسی در طرح‌های گسترش فضای سبز شهری منجر به ذخیره بیشتر کربن در قیاس با گونه جعفری می‌شود که در طرح‌های توسعه فضای سبز اهمیت فراوان دارد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Tagetes patula

[2] Petunia hybrida

[3] Cumbostion tube

[4] TCD

[5] Walkley and Black

منابع

Ahmadi, H., 2009. Comparison of carbon sequestration in desert and meadow forests in south of Salt Lake. MSc. Thesis. Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan, Golestan, Iran.

Askari, Y., Soltani, A. and Akhavan, R., 2017. Assessment of root-shoot ratio biomass and carbon storage of Quercus brantii Lindl. in the central Zagros forests of Iran. Journal of Forest Science. 63(6), 282-289.

Bert, D. and Danjon, F., 2006. Carbon concentration variations in the roots, stem and crown of mature Pinus pinaster (Ait.). Forest Ecology and Management. 222(1-3), 279-295.

Bickle, M.J., 2009. Geological carbon storage. Nature Geoscience. 2(12), 815.

Canadell, J.G., Le Quéré, C., Raupach, M.R., Field, C.B., Buitenhuis, E.T., Ciais, P., Conway, T.J., Gillett, N.P., Houghton, R.A. and Marland, G., 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO2 growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. Proceedings of The National Academy of Sciences. 104(47), 18866-18870.

Emmerich, W.E., 2003. Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils. Agricultural and Forest Meteorology. 116(1-2), 91-102.

Hopmans, P. and Elms, S. R., 2009. Changes in total carbon and nutrients in soil profiles and accumulation in biomass after a 30-year rotation of Pinus radiata on podzolized sands: Impacts of intensive harvesting on soil resources. Forest Ecology and Management. 258(10), 2183-2193.

Jo, H.K. and McPherson, G.E., 1995. Carbon storage and flux in urban residential greenspace. Journal of Environmental Management. 45(2), 109-133.

Körner, C., 2003. Ecological impacts of atmospheric CO2 enrichment on terrestrial ecosystems. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 361(1810), 2023-2041.

Liu, C. and Li, X., 2012. Carbon storage and sequestration by urban forests in Shenyang, China. Urban Forestry & Urban Greening. 11(2), 121-128.

Mitsch, W.J., Bernal, B., Nahlik, A.M., Mander, Ü., Zhang, L., Anderson, C.J., Jorgensen, S.E. and Brix, H., 2013. Wetlands, carbon, and climate change. Landscape Ecology. 28(4), 583-597.

Narimani, H., Irannezad, M., Kiani, B. and Ghorbanali, R., 2015. Effects of plantation with conifers on Carbon sequestration (Case study: Zob-e-Ahan company, Isfahan). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 23(1), 53-63.

Nowak, D.J., Greenfield, E.J., Hoehn, R.E. and Lapoint, E., 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. Environmental Pollution. 178, 229-236.

Organization of parks and green spaces of Kerman Municipality., 2003. Scientific Information Archive, the unit of plan and program, Kerman, Iran.

Ritson, P. and Sochacki, S., 2003. Measurement and prediction of biomass and carbon content of Pinus pinaster trees in farm forestry plantations, south-western Australia. Forest Ecology and Management. 175(1-3), 103-117.

Samadi, K. Dargahi, A. and Ahmadi, M., 2013. Investigating the importance of green space in controlling and reducing urban air pollution. Third Conference of Environmental Planning and Management, 26th November, Tehran, Iran.

Strohbach, M.W., Arnold, E. and Haase, D., 2012. The carbon footprint of urban green space-A life cycle approach. Landscape and Urban Planning. 104(2), 220-229.

Tang, Y., Chen, A. and Zhao, S., 2016. Carbon storage and sequestration of urban street trees in Beijing, China. Frontiers in Ecology and Evolution. 4, 53-60.

Ugle, P., Rao, S. and Ramachandra, T.V., 2010. Carbon sequestration potential of urban trees. Wetlands, Biodiversity and Climate Change, 22(24), 1-12.

Walkley, A. and Black, I.A., 2015. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37(1), 29-38.

Environmental Sciences Vol.17/ No.3/ Autumn 2019

61-74

Estimating carbon storage performance of *Petunia hybrida* and *Tagetes patula* for developing an optimal planning scheme in urban green spaces (metropolitan area of Kerman)

Sayyed Shahabaldin Tayyebi[1], Shahindokht Barghjelveh[1*] and Mojtaba Soleimani-Sardo[2]

[1]Department of Planning and Design of the Environment, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

[2] Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran

Received: 2018.02.18 Accepted: 2019.11.03

Tayyebi, S.Sh., Barghjelveh, Sh. and Soleimani-Sardo, M., 2019. Estimating carbon storage performance of *Petunia hybrida* and *Tagetes patula* for developing an optimal planning scheme in urban green spaces (metropolitan area of Kerman). Environmental Sciences.17(3): 61-74.

Introduction: Enhanced consumption of fossil fuels has increased the amount of carbon dioxide in the atmosphere, which is one of the most important causes of urban pollution, as well as global warming. The development of plant cultivation and the creation of green spaces is one of the most effective methods for carbon storage. Several studies have been conducted to determine the ability of different plants to reduce carbon contents of the atmosphere, many of which recognized the high efficiency of some plants in carbon storage. The aim of this study was to investigate the ability of Petunia hybrida and Tagetes patula in terms of carbon storage, as two key species in Kerman green space developmental projects. Therefore, the results of the present study can be used for urban green space designing with a focus on carbon storage.

Material and methods: In this study, the organic carbon content of the samples was determined by an S-N-H-C element analyzer after collecting, weaning and weighing. Subsequently, after surveying the field and taking into account the traffic nodes, the target areas were identified by measuring the highest rates of pollution in certain regions of the Kerman city. Finally, by assessing the green spaces of Kerman, the urban ecological map was prepared for carbon storage.

Results and discussion: The results of this research indicated that the carbon storage ability of *Petunia hybrida* is more than *Tagetes patula*. Therefore, we suggest that in the western regions towards the center of Kerman city, which had more traffic nodes, Petunia hybrida should be chosen for the development of green spaces.

* Corresponding Author: *Email Address.*s-barghjelveh@sbu.ac.ir

Conclusion: Since the components of green spaces have unique roles in urban spaces, assessing and understanding the potential capacity of green spaces are so crucial for designing suitable programs for reducing the environmental problems of urban spaces. This study showed that by understanding the capabilities of components of green spaces, we can decrease some urban challenges. Consequently, the cultivation and development of *Petunia hybrida* will cause more carbon storage than *Tagetes patula*. Considering the benefits that these kind of plants provide, they should be considered in green spaces' developmental plans.

Keywords: Vegetation, Urban green space, Carbon storage process, Environmental planning.