



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

سید شهاب الدین طیبی<sup>۱</sup>، شهیندخت برق جلوه<sup>۱\*</sup> و مجتبی سلیمانی ساردو<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

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

س.ش. طیبی، ش. برق جلوه، 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 (کلانشهر کرمان). فصلنامه علوم محیطی. ۱۷(۳): ۶۱-۷۴.

**سابقه و هدف:** مصرف روزافزون سوخت‌های فسیلی موجب افزایش میزان دی‌اکسید کربن هوا شده، که از مهمترین عامل‌های آلودگی شهری و نیز گرمایش زمین به حساب می‌آید. توسعه کشت گیاهان و ایجاد 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 از این پژوهش، بررسی میزان توانمندی گونه‌های اطلسی (*Petunia hybrida*) و گل جعفری (*Tagetes patula*) از جهت ذخیره کربن، به عنوان دو گونه کلیدی مورد نظر در طرح‌های توسعه فضای سبز شهر کرمان می‌باشد تا از این طریق کمک شایانی نسبت به مدیریت بهتر فضای سبز شهری با در نظر گرفتن مقوله ذخیره کربن شود.

**مواد و روش‌ها:** در این 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. در ادامه با بررسی داده‌های میدانی و در نظر 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 از این پژوهش بیانگر این 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 دست‌اندرکاران امر قرار گیرد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به اینکه عنصرهای تشکیل دهنده پوشش گیاهی فضای سبز شهری جایگاه غیر قبل‌انکاری در زمینه‌ی کارایی و حضور در عرصه شهری دارند ارزیابی و شناخت قابلیت‌های نهفته پوشش گیاهی، برای پیاده‌سازی یک برنامه مدیریتی بهینه در راستای کاهش مشکل‌های محیط زیست شهری از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. این پژوهش بیانگر این موضوع می‌باشد که با شناخت قابلیت‌های عنصر

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

های 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 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 به عنوان دارایی‌های اصلی در شهرها در نظر گرفته می‌شود (Ugle et al., 2010).

(Nowak et al., 2013) میزان ذخیره و ترسیب کربن بوسیله درختان شهری در ایالات متحده، برای بررسی اندازه و نقش جنگل‌های شهری در ارتباط با تغییرپذیری‌های آب و هوایی، اندازه‌گیری شد. داده‌های درختان شهری از ۲۸ شهر و ۶ ایالت برای تعیین تراکم متوسط کربن در هر واحد از پوشش درختان استفاده شدند. میزان ذخیره کل کربن درختان در ایالات متحده در منطقه‌های شهری ۶۴۳ میلیون تن و ترسیب کربن 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 ترسیب کربن 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 دی‌اکسید کربنی 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 ترسیب کربن 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 بر این 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 جهانی کربن 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). مهمترین عامل افزایش دمای کره زمین، دی‌اکسید کربن 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 سالانه 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 بر اثر بالا رفتن میزان دی‌اکسید کربن به هم خورده است. از این 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 به لحاظ اقتصادی کاربردی‌ترین راهکار ممکن برای کاهش CO<sub>2</sub> اتمسفری هست (Mitschetal., 2013).

به منظور بررسی توانایی ذخیره کربن گیاهی گونه‌های گیاهی فصلی اطلسی و جعفری صورت گرفته است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

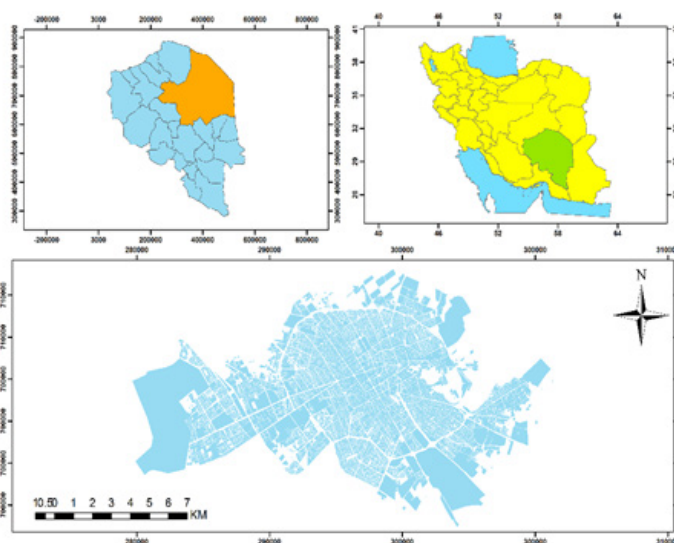
کلانشهر کرمان بزرگ‌ترین شهر جنوب شرق ایران و مرکز بزرگ‌ترین استان ایران است، این شهر (شکل ۱) در بخش مرکزی شهرستان کرمان قرار گرفته و جمعیت آن بنا بر سرشماری سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران، برابر ۷۳۸ ۷۲۴ نفر است. کرمان بین ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۳۰ درجه ۱۹ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. میانگین درجه حرارت سالانه این 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

در این پژوهش وضعیت ناحیه‌های شهری به لحاظ 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<sup>۱</sup> و گل اطلسی<sup>۲</sup> بر اساس چندین معیار انجام شده است. با توجه به قابلیت کاشت و بهره‌گیری کامل در مدت‌زمان کوتاه از این گیاهان آن هم با در نظرگیری متغیر بودن مشکل‌های مکانی و زمانی شهری برای مدیریت آن‌ها، نسبت به انتخاب این‌گونه‌ها مبادرت شده است. بر اساس اطلاعات کسب شده از واحد طرح و برنامه سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری کرمان، گیاهان انتخاب شده در این پژوهش، در مدت زمان اواسط بهار تا اواسط پاییز (زمان بیشترین باردهی) بیشترین سطح زیر کشت پوشش گیاهی فصلی فضای سبز شهر کرمان را به خود اختصاص

کاهش دی‌اکسید 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 زیاده‌ی بیومس به خاک از جمله 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 با ایجاد تغییر در مدیریت و برنامه‌ریزی آن‌ها توانایی ذخیره کربن را به میزان قابل توجه‌ای افزایش داد. کربن ذخیره شده در زیتوده گیاهی و خاک‌های این زیتوده، ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش ممکن برای کاهش دی‌اکسید 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 با این 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 در این منطقه‌ها ایجاد 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 گونه Pinus pinaster مشخص شد که ترسیب کربن در ساقه بیش از ریشه است. نتایج تحقیق Aska-ri and et al. (2017) در جنگل‌های مرکزی زاگرس نیز نشان داد میزان ترسیب کربن در ساقه بیشتر از ریشه است. نتایج به دست آمده در این تحقیق هم در راستای نتایج تحقیقات پیشین و موید آن‌هاست. در راستای تحقیق‌های مزبور، و بنا به اهمیت گل‌های باغچه‌ای در فضای سبز شهر کرمان، این پژوهش



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (شهر کرمان)  
 Fig. 1- Geolocation of the study area (Kerman city)

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، در این دستگاه، تجزیه نمونه‌ها در دمای بالا و ستون احتراق<sup>۲</sup> انجام گرفته و گازهای حاصل به ستون احیاء برای تعیین کمی به وسیله آشکارگر هدایت گرمایی<sup>۴</sup> مورد محاسبه قرار گرفته‌اند. در این پژوهش، خاک بستر کشت

می‌دهند، بدلیل وسعت کاشت بالای این گیاهان در پوشش گیاهی سطح شهر، تجربه سازگاری این گیاهان با شرایط اقلیمی (اقلیم خشک) و نیز کم‌هزینه بودن کشت این 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 کم‌پر آن به عنوان اطلسی معمولی شناخته می‌شود و بیشتر در حاشیه کاری و تپه‌های گل به کار می‌رود. بهره‌گیری ما از وارسته 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).

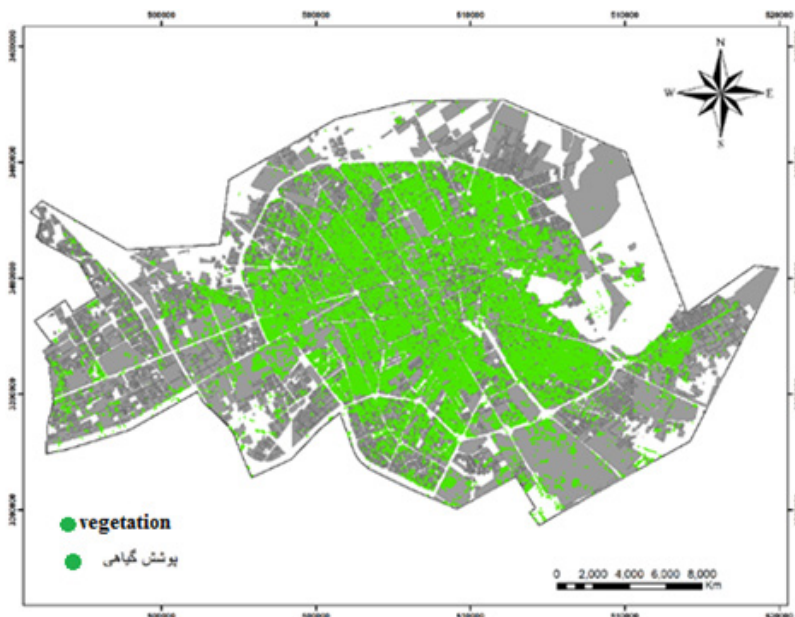
گل جعفری گیاهی یک‌ساله است. این گل دارای ۵۶ گونه و از خانواده گل آفتابگردان بوده که امروزه به عنوان یکی از گل‌های بهاره و تابستانه در دنیا کشت می‌شود. گل‌های آن در رنگ‌های زرد و طیف‌های مختلف رنگ نارنجی در تابستان ظاهر شده و برگ‌های آن پنجه‌ای و رنگ سبز ملایمی دارند. این گیاه آفتاب دوست است و در منطقه‌های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

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

نقلیه در ساعت ۱۲ الی ۱۳:۳۰ را نشان می‌دهد. در این 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). در این زمان‌ها از روز مراجعه بالای مردم به مراکز تجاری، درمانی، تفریحی و

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 بدین صورت است که با برداشت یک کیلو از خاک تحت و پای گیاه، هوا خشک و سپس برای انجام آزمایش والکی بلک<sup>۵</sup> به آزمایشگاه منتقل شده است.

در این 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

#### تحلیل وضعیت گره‌های ترافیکی شهر کرمان

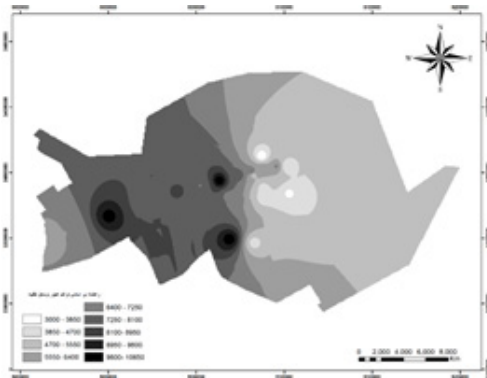
در شکل ۳، وضعیت گره‌های ترافیکی بر مبنای تراکم عبور وسایل نقلیه در ساعت ۷ الی ۸:۳۰ قابل ملاحظه است. در این ساعت بدلیل آغاز فعالیت مراکز آموزشی و اداری، تراکم بالای عبور وسایل حمل و نقل موتوری در نقطه‌های خاصی از شهر کرمان دیده می‌شود. با شمارش تعداد وسایل نقلیه عبوری و با انجام تحلیل نرم افزاری، وضعیت این 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

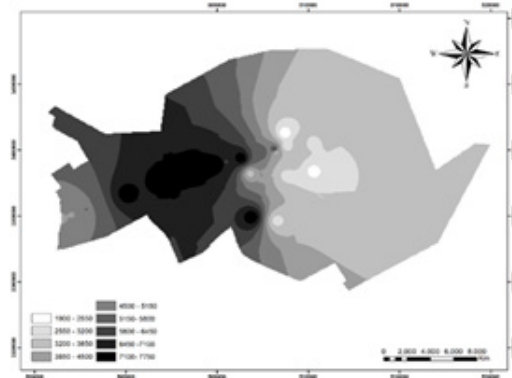
آنها بررسی شدند.

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). بنابراین همین الگو، برداشت گیاهی از منطقه‌های

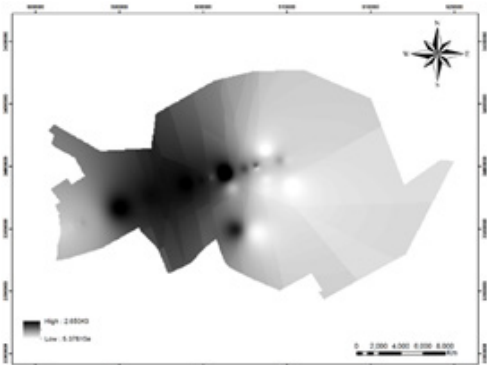
خدماتی مشاهده می‌شود، از این رو فراوانی عبور وسایل حمل و نقل موتوری در نقاط خاصی از شهر کرمان بالا می‌رود. با شمارش تعداد عبور وسایل نقلیه و با انجام تحلیل نرم‌افزاری، وضعیت این گره‌های ترافیکی و شعاع احتمالی تاثیر گذاری آلودگی ( $CO_2$ )



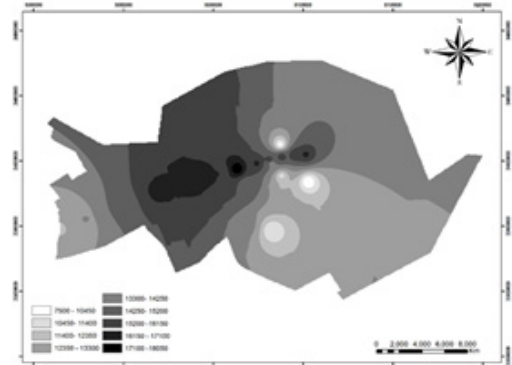
شکل ۴- وضعیت گره‌های ترافیکی کرمان بر مبنای تراکم عبور وسایل نقلیه در ساعت ۱۲ الی ۱۳:۳۰  
Fig. 4 - The status of Kerman's traffic nodes based on vehicle traffic density from 12to 13: 30



شکل ۳- وضعیت گره‌های ترافیکی کرمان بر مبنای تراکم عبور وسایل نقلیه در ساعت ۷ الی ۸:۳۰  
Fig. 3 - The status of Kerman's traffic nodes based on the traffic density of vehicles from 7 to 8: 30



شکل ۶- نقشه پیک ترافیک در شهر کرمان  
Fig. 6 - Rush hour map in Kerman city



شکل ۵- وضعیت گره‌های ترافیکی کرمان بر مبنای تراکم عبور وسایل نقلیه در ساعت ۱۸ الی ۱۹:۳۰  
Fig. 5 - The status of Kerman's traffic nodes based on the traffic density of vehicles from 18to 19:30

منوده 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 پلایندگی آن در منطقه‌های شهری، نیازمند سنجش کارکرد گیاه در دو وضعیت متفاوت شهری به لحاظ میزان تراکم دی اکسید کربن است. بر همین مبنای 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).

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 - اسمیرنوف اقدام شده، که امکان استفاده از روش‌های پارامتریک را به منظور مقایسه داده‌ها امکان‌پذیر

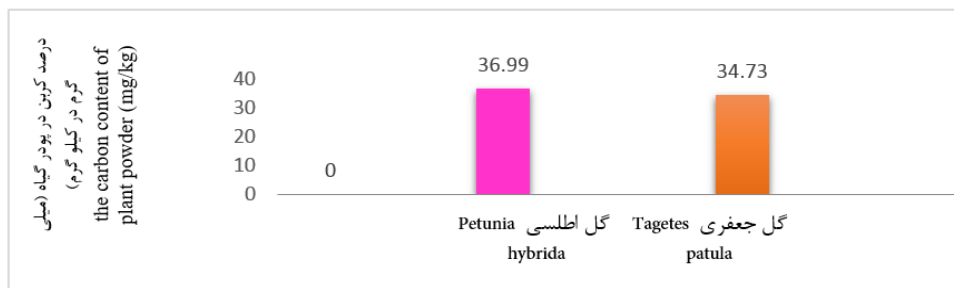
اطلسی نشان داده شده است.

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 بررسی های مهم این پژوهش محسوب می شود زیرا ریشه در ارتباط با خاک

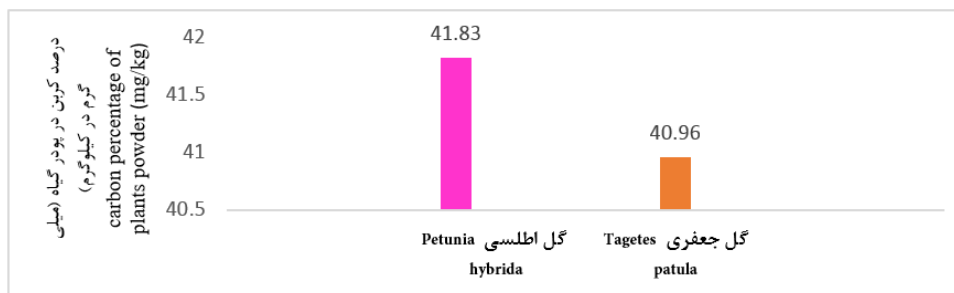
برای شناخت هرچه بیشتر عملکرد ذخیره کربن اندام های مختلف گیاهان مورد نظر، توانایی هر یک از اجزای سه گانه ریشه، ساقه و برگ بصورت جداگانه بررسی شده است. در این راستا افزون بر نمایش عملکرد کلی اجزای دو گیاه، توانایی آن ها در موقعیت تمیز و آلوده نیز بررسی گشته است.

در شکل شماره ۹ عملکرد ذخیره کربن برگ دو گیاه با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته و برتری برگ جعفری نسبت به برگ



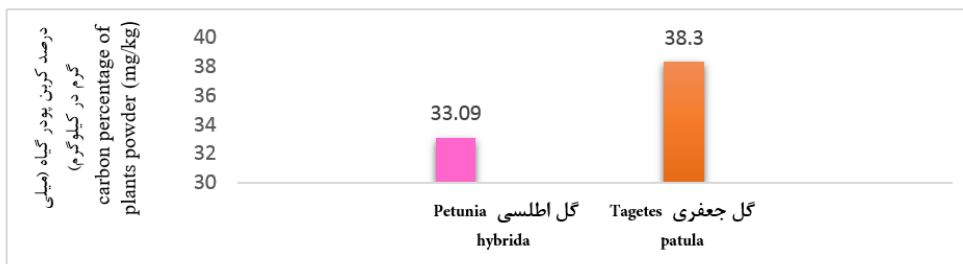
شکل ۷- عملکرد ذخیره کربن دو گیاه در منطقه تمیز

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



شکل ۸- عملکرد ذخیره کربن دو گیاه در منطقه آلوده

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



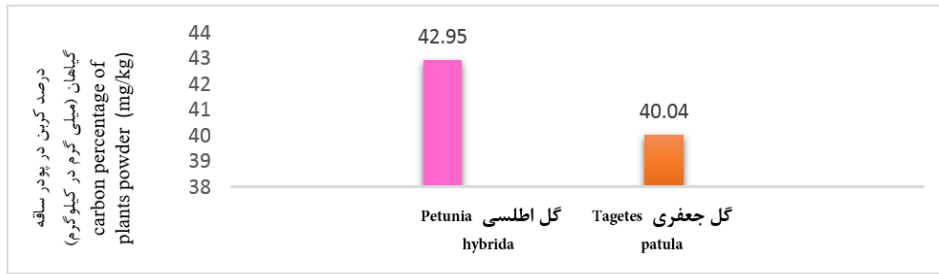
شکل ۹- عملکرد ذخیره کربن برگ ها

Fig. 9 - Carbon storage performance of leaves

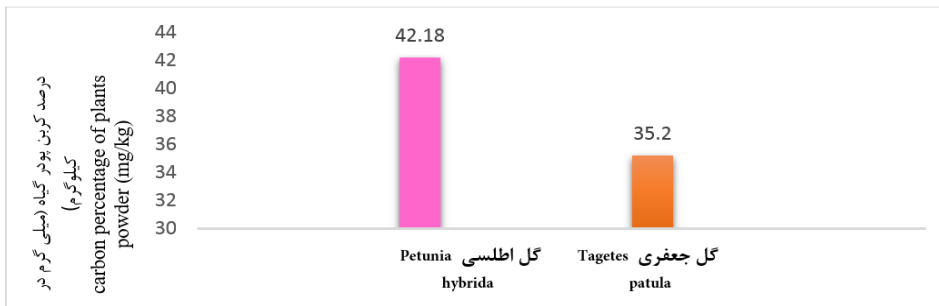
میزان ذخیره کربن اجزای دو گونه گیاهی در منطقه تمیز

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

است و ممکن است تراوشاتی از این 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 می دهد.



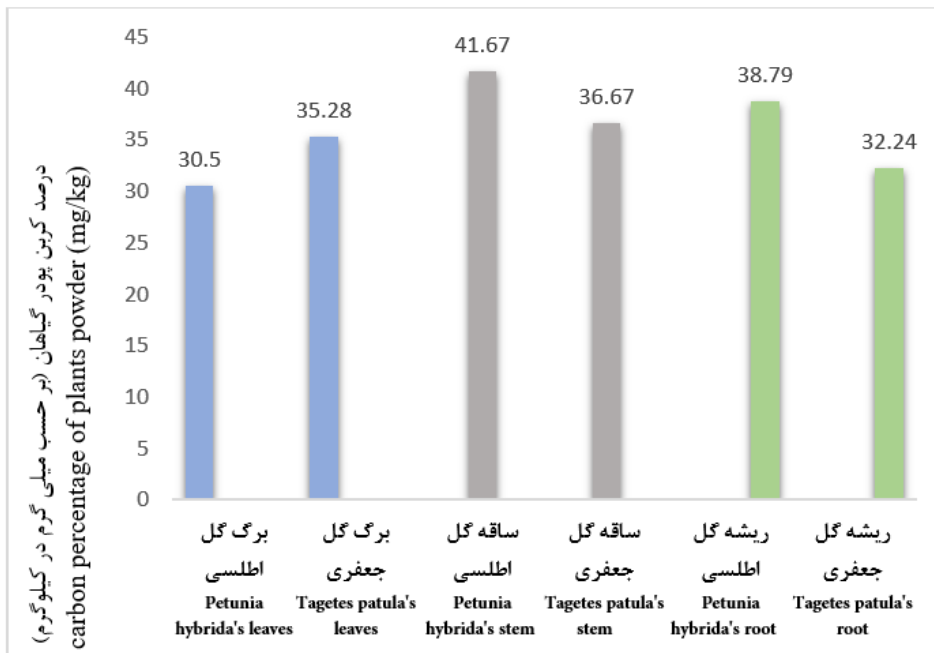
شکل ۱۰- عملکرد ذخیره کربن ساقه‌ها  
Fig. 10 - Carbon storage performance of stems



شکل ۱۱- عملکرد ذخیره کربن ریشه‌ها  
Fig. 11 - Carbon storage performance of roots

میزان ذخیره کربن اجزای دو گونه گیاهی در منطقه تمیز بررسی اجزای گیاهی به صورت جداگانه در منطقه های تمیز و آلوده صورت پذیرفته است. شکل شماره ۱۲ توانایی ذخیره کربن اجزای گیاهی در منطقه تمیز را نشان می دهد که برتری گیاه

گیاهی در منطقه تمیز را نشان می دهد 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.



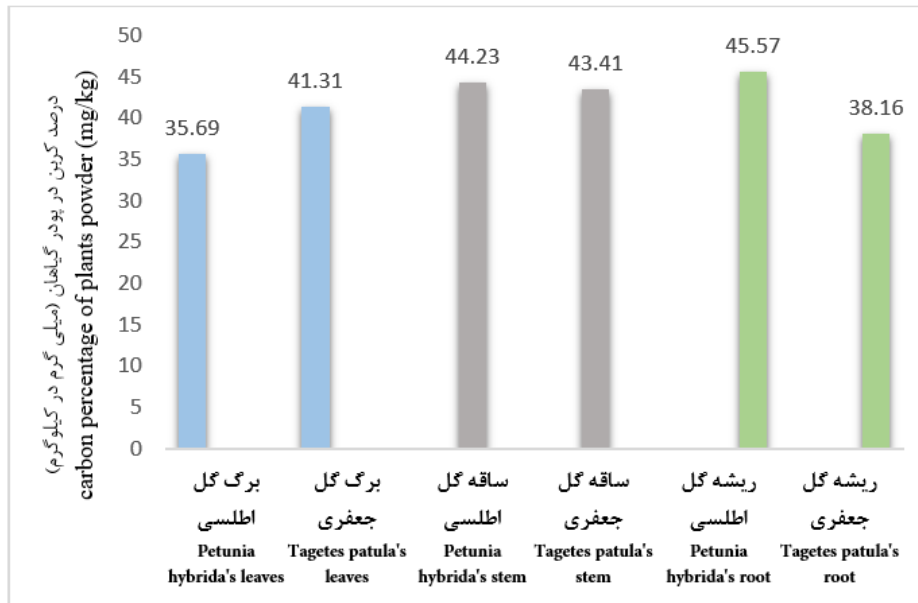
شکل ۱۲- میزان کربن ذخیره شده در اجزاء مختلف گیاهی، در منطقه شهری تمیز  
Fig. 12 - The amount of carbon storage in different parts of plants, in the polluted urban area



### میزان ذخیره کربن اجزای دو گونه گیاهی در منطقه آلوده

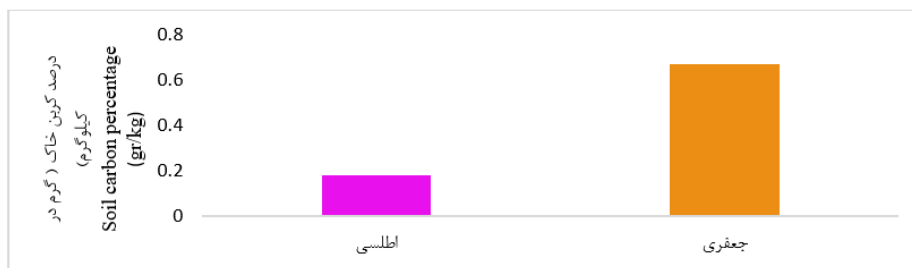
عملکرد ذخیره کربن اجزای گیاهی در منطقه آلوده نیز در شکل شماره ۱۳ نشان داده شده که قابلیت بیشتر گیاه اطلسی را

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.



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

ذخیره کربن جو تأثیر معنی داری 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 توسعه کشت این گونه‌ها امکان پذیر است و اثر کاهشی دارد. با انجام آزمایش‌های انجام گرفته بر روی نمونه‌های گیاهی و بررسی آماری نتایج، کارایی متفاوتی در توانایی ذخیره کربن مشاهده شد. در این مورد، تفاوت میزان کربن ذخیره شده در اندام‌های مختلف رویشی معنی دار بود. نتایج آزمایش گویای این مطلب است که اجزای گیاهی توانایی متفاوتی را در کربن

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 در این رقابت نسبت به برگ اطلسی قابلیت بیشتری را در ذخیره کربن نشان می دهد. با توجه به نتایج، میزان کربن ذخیره شده در خاک دو گونه اطلسی و جعفری اختلاف معنی داری را نشان می دهد، که این میزان در خاک تحت کشت گونه جعفری بیشتر است (شکل ۱۴). بطور کلی، نتایج حاصل آزمایش ذخیره کربن در دو گونه گیاهی نشان داد که توسعه کشت گونه‌های جعفری و اطلسی بر میزان

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 می باشد. 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 معنی دار بودن آن‌ها به صورت آماری به اثبات رسیده است.

با در نظر گرفتن وضعیت پوشش گیاهی موجود در شهر و نتایج به دست آمده از برآورد میزان ذخیره کربن گل‌های جعفری و اطلسی، و همچنین با روی هم گذاری پیک ترافیک سه‌زمانه در یک شبانه‌روز، راه حلی برای کاهش میزان آلودگی شهری پیشنهاد می‌شود. از این رو، گونه‌ای که در عملیات کاهش دی‌اکسید کربن موفق‌تر عمل کرده را برای کاشت بیشتر در منطقه‌های پرتراکم دی‌اکسید کربن می‌توان پیشنهاد داد و

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 موفق‌تر 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.

(2015) Narimani et al. در پژوهشی با عنوان تأثیر جنگل‌کاری با گونه‌های سوزنی برگ بر ترسیب کربن اتمسفری بیان داشته که سرو نقره‌ای بصورت معنی دار از توان ترسیب کربن بیشتری



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

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

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 جعفری نشان داده است. با توجه به اطلاعات حاصله، برنامه‌ی کاشت بهینه برای

گونه ضعیف‌تر به لحاظ این قابلیت در منطقه‌های کم آلوده‌تر مد نظر قرار گیرد (شکل ۱۵).

### نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، گونه‌های گیاهی فصلی اطلسی و جعفری با توجه به تراکم کاشت بالا انتخاب شده و عملکرد ذخیره کربن



Ritson, P., & 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. Ahmadi, M., 1392. Investigating the importance of green space in controlling and reducing urban air pollution. Third Conference of Environmental Planning and Management. Tehran.

Strohbach, M. W., Arnold, E., & 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., & Zhao, S., 2016. Carbon storage and sequestration of urban street trees in Beijing, China. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 4, 53.

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

Walkley, A., & Black, I. A., 1934. 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.





## 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 Shahab aldin Tayyebi<sup>1</sup>, Shahindokht Barghjelveh<sup>1\*</sup> and Mojtaba Soleimani-Sardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Planning and Design of the Environment, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

<sup>2</sup>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 Science*.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.