فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره چهارم/ شماره سوم/ پائیز۹۱/ صفحات۴۰-۳۴

کارآیی گیاهان گلخانه‌ای دراسنا و عشقه در کاهش بنزن موجود در هوا

محمدحسین مصدق[۱]، ابولفضل برخورداری[۲]، مهتا فولادی[۳*]

۱. عضو هیأت علمی گروه داروسازی و سم شناسی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
۲. عضو هیأت علمی گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
۳. کارشناس ارشد بهداشت حرفه‌ای، پردیس بین‌الملل دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

تاریخ دریافت:۹۱/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش:۹۱/۰۶/۱۱

چکیده

مقدمه: بنزن، به عنوان یکی از ترکیبات آلی فرار در بسیاری از محیط‌های صنعتی، آزمایشگاه‌ها، بیمارستان‌ها و محیط‌های اداری و منزل وجود دارد که مواجهه با آن منجر به بروز عوارض متعددی از جمله سرطان میگردد. هدف از این مطالعه تعیین میزان کاهش بنزن موجود در هوا توسط گیاهان گلخانه‌ای دراسنا و عشقه می‌باشد.

روش بررسی: در یک مطالعه کارآزمایی آزمایشگاهی، در مجموع ٦ گیاه ۲ ساله دراسنا (Dracaena deremensis) و عشقه (Hedera helix) (از هر نوع ۳ گیاه) تهیه و در اتاقک قرار داده شد. سپس مقدار ٤٦ میکرولیتر بنزن به اتاقک تزریق گردید. سپس میزان غلظت بنزن در داخل محفظه در زمانهای مختلف اندازه‌گیری و نمونه‌ها با روش میکرواستخراج فاز جامد استخراج و بادستگاه گاز کروماتوگرافی با دتکتور یونش شعله‌ای تجزیه و تعیین مقدار گردیدند.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که غلظت بنزن در اتاقک حاوی گیاه عشقه با گلدان پس از ٢٤، ٤٨، ٧٢، ٩٦ و ١٢٠ ساعت به ترتیب به میزان ١٢، ٣٤، ٥٠، ٩١ و ٩٧ درصد نسبت به روز اول کاهش یافته است. همچنین غلظت بنزن در اتاقک حاوی گیاه دراسنای تنها در زمان‌های فوق به ترتیب به ١٨، ٣٧، ٩٤، ٩٨ و ١٠٠ درصد نسبت به غلظت اولیه کاهش یافته بود؛ در حالیکه غلظت بنزن در اتاقک حاوی گلدان و خاک به تنهایی به ترتیب ٢، ٢١، ٤٢، ٥٥ و ٧١ درصد نسبت به میزان اولیه کاهش یافته بود.

نتیجه‌گیری: دراسنا و عشقه به طور قابل توجهی بنزن را جذب نموده است بنابراین می‌توان با قرار دادن این گیاهان در آزمایشگاه‌ها، کارگاه‌های کوچک، منزل و محیط‌های مشابه حاوی بخارات بنزن، غلظت آنها را به طور قابل توجهی کاهش داد.

کلیدواژه‌ها: عشقه، دراسنا، بنزن، میکرواستخراج فاز جامد، آلودگی هوا

*نویسنده مسؤول: آدرس پستی: دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، دانشکده پردیس بین الملل، تلفن: ۰۳۵۱۸۲۰۲۶۳۲.
پست الکترونیکی: fooladi_mahta@yahoo.com

مقدمه

امروزه تماس با هیدروکربن‌های معطر حلقوی به عنوان یکی از مهمترین ترکیبات آلی فرار در بسیاری از محیط‌های صنعتی بزرگ و کارگاه‌های کوچک، آزمایشگاه‌ها، بیمارستان‌ها و حتی در محیط‌های اداری و منزل افزایش یافته است.

منشأ این آلاینده‌ها، از جمله بنزن از منابع طبیعی و مصنوعی بوده و عمدتاً از مواد و فرآیندهای مختلف از جمله رنگ، مبلمان، البسه، دستگاه پخش سی دی، جلادهنده‌ها، برخی چسب‌ها، پرینتر، فتوکپی، جاذب صوتی، موکت، قالی ماشینی، رنگ و دود سیگار تولید یا منتشر شده که در بعضی مواقع فقدان تبادل هوای داخل و خارج منجر به افزایش غلظت آنها در محیط می‌شود(٦-١). در حال حاضر بیش از ۳۰۰ نوع ترکیب آلی فرار در هوای داخل ساختمان‌ها شناخته شده است که بنزن نیز در بین آنها موجود می‌باشد. اگر چه غلظت هر کدام از مواد ممکن است بسیار پایین باشد ولی باید به اثرات تجمعی یا سینرژیست مخلوط آنها توجه داشته باشیم(۳).

تماس با ترکیبات آلی فرار می‌تواند منجر به بروز بیماری‌های حاد (آسم و تهوع) و مزمن (سرطان، اختلالات ایمنی، عصبی، تولیدمثل و ریوی) شود، از طرفی کاهش کیفیت هوای داخل اماکن می‌تواند عارضه سندرم ساختمان بیمار با عوارضی چون آلرژی، خستگی مداوم، آسم، سردرد و احساس عدم راحتی را در پی داشته باشد(٤-١). کاهش تولید و بهره‌وری نیز از عوارض غیرمستقیم تماس با این مواد می‌باشد به طوری که هزینه سالیانه عفونت‌های تنفسی رایج در آمریکا در حدود ١٤٠ میلیارد دلار، آسم و آلرژی ۳۰ میلیارد دلار و علائم سندرم بیماری ساختمان ٦٠ میلیارد دلار می‌باشد(۷).

با توجه به اینکه افراد حدود ۹۰ درصد از ساعات شبانه روز را در داخل اماکن به سر می‌برند لذا کنترل آلودگی‌های داخلی بسیار حائز اهمیت می‌باشد(١١-٨،٤).

از طرفی جذب و کاهش آلاینده‌های مختلف توسط گیاهان گلخانه‌ای، نظر محققین را به خود معطوف نموده است چون بعضی از گیاهان از طریق جذب، متابولیزه نمودن و تبدیل آنها به دی اکسید کربن قادر به کاهش آلودگی‌های هوابرد از قبیل گرد و غبار، گازهای معدنی و ترکیبات آلی فرار از جمله بنزن می‌باشند(١٥-٩،١٣-٢). پوشش حفاظتی طبیعی برگ گیاهان حاوی کوتیکول (شاخی) غیرزنده و لایه واکس بوده و مولکول‌های چربی‌دوست هیدروکربنی به راحتی جذب این لایه واکس شده و در لایه شاخی تجمع می‌یابند. بسیاری از میکروارگانیسم‌های خاک قادر به تبدیل فاز آبی مانند نفت به دی اکسید کربن می‌باشند. برخی از تحقیقات ثابت کرده‌اند که کلونی میکروارگانیسم‌های لایه ریزوسفر هم نقشی مهم در کاهش ترکیبات آلی فرار از هوا دارند(۳). کارآیی کاهش این ترکیبات بین گونه‌های مختلف متفاوت بوده و بستگی به نوع ترکیب و مولکول‌های تشکیل‌دهنده دارد.

گر چه تحقیقاتی تاکنون در خصوص پالایش ترکیبات آلی فرار در دنیا انجام شده است ولی بر اساس منابع در دسترس تاکنون مطالعه‌ای در این زمینه در کشور انجام نشده و یا نتایج آن تاکنون منتشر نشده است. لذا با توجه به وجود این آلاینده‌ها در بسیاری از کارگاه‌ها، صنایع، آزمایشگاه‌ها و ساختمان‌ها از یک طرف و امکان جذب و کاهش آنها توسط گیاهان بر آن شدیم تا تأثیر دو گونه گیاهی دراسنا و عشقه را بر کاهش آلودگی هوای داخلی (indoor air pollution) مورد بررسی قرار دهیم.

روش بررسی

برای انجام این مطالعه کارآزمایی آزمایشگاهی، ٦ گیاه ۲ ساله دراسنا (Dracaena deremensis) و نام رایج (Janet Craig) و عشقه (Hedera helix) و نام رایج (English ivy) از دانشکده کشاورزی کرج به ارتفاع ٤٥±٤ سانتیمتر تهیه گردید. انتخاب گیاهان بر اساس در دسترس بودن گیاه، استفاده زیاد از آنها و خاصیت رشد آسان آنها تحت شرایط گوناگون آب و هوایی و مطابق با

آب و هوای کشور ما ایران بوده همچنین در مطالعات قبلی از آنها استفاده شده (۳،٤) و خاصیت جذب آن برای تعدادی از ترکیبات آلی فرار ثابت شده می‌باشد.

قبل از شروع آزمایش، گیاهان به مدت یک ماه در آزمایشگاه قرار داده تا با شرایط محیطی از نظر رطوبت نسبی ۵±۳۰ درصد، درجه حرارت ۲± ۲۰/٤ درجه سانتیگراد و روشنایی۸۰۰ لوکس تطابق پیدا کند. به گیاهان هر ٤ روز یک بار به میزان ۲۵۰ سی‌سی آب داده شد. سپس محفظه شیشه‌ای به قطر ٤۷/۵ سانتیمتر و حجم ۰/۰۵ مترمکعب تهیه و به منظور جلوگیری از نشتی، درب محفظه با چسب فاقد حلال آلی(بنزن) برای هر بار آزمایش درزگیری و محکم گردید.

به منظور کمک به گردش هوا و نمونه‌برداری واقعی‌تر از هوای اتاقک، فن ۱۲ وات در مرکـــز اتاقک قرار داده و قبـــل از هر نمونه‌بـــرداری به مدت نیم ساعت روشن می‌گردید(شکل۱).

شکل۱: نمایی از اتاقک

سپس برای بررسی میزان جذب بنزن توسط گیاه، هر گیاه را ابتدا در اتاقک گذاشته و بعد میزان ٤٦ میکرولیتر بنزن با درجه خلوص ۹۹٪ بوسیله سرنگ هامیلتون بر روی دستمال کاغذی معلق در اتاقک تزریق گردید.

در مطالعاتی که توسط ارول و همکاران در سال ۲۰۰٦ و ۲۰۰٤ صورت پذیرفت(٤،۸) تولوئن را به میزان ۱۰۰ قسمت در میلیون و بنزن را به میزان ۲۵ قسمت در میلیون تزریق کرده‌اند.

در این مطالعه با تزریق ۵۰۰ برابر حد مجاز TLV ACGIH (حد آستانه مجاز مجمع بهداشت صنعتی آمریکا که برای ۸ ساعت کار روزانه با بنزن حد مجاز ۰/۵ پی‌پی‌ام را در نظر گرفته است) غلظت بالای این ترکیب را در معرض گیاه قرار داده و توانایی گیاه را در زنده ماندن و کارآیی در آن در کاهش میزان بنزن سنجیده شد. سپس میزان غلظت بنزن در داخل محفظه پس از ۲٤، ٤۸، ۷۲، ۹٦ و ۱۲۰ ساعت هم در محفظه بدون گیاه (کنترل)، خاک تنها و گیاه با گلدان (مطالعه)(گلدان دراسنا و گلدان عشقه) اندازه‌گیری گردید لذا آخرین اندازه‌گیری معادل ۵ روز پس از تماس اولیه می‌باشد. این روند برای هر گیاه یک بار تکرار گردید.

به دلیل امکان وجود نشتی در اتاقک تهیه شده و احتمال جذب بنزن توسط شیشه و تخریب آن توسط نور خورشید و ترکیب با گروه هیدروکسید ابتدا ٤٦ میکرولیتر بنزن را وارد اتاقک نموده و در ساعات فوق ارزیابی گردیدند. برای ارزیابی اثر گیاه کامل دراسنا و عشقه (برگ و خاک توأم) هر گیاه یک بار در معرض بنزن قرار داده شد. همچنین به منظور بررسی اثر جذب میکروارگانیسم‌های خاک، گیاه را تا آخرین حد ساقه از خاک جدا کرده سپس در معرض بنزن قرار داده شد.

محل نمونه‌برداری مانند تزریق از طریق سپتوم تعبیه شده در بالای محفظه انجام گردید. نمونه‌ها با استفاده از روش میکرواستخراج از فاز جامد (PDMS/CAR) SPME با ضخامت ۷۵µm (شرکت Supelco) استخراج گردیدند برای این منظور فیبر SPME، ۲۰ دقیقه در معرض هوای اتاقک قرار داده شدند.

پس از آن SPME را درون دستگاه گاز کروماتوگرافی با مدت زمان واجذب (دمای محل تزریق$^{\circ}$C۲٦۰) ۱۰ دقیقه قرار داده و سپس برای آنالیز، از دستگاه گاز کروماتوگرافی YL 6100 ساخت کشور کره متصل به دتکتور یونش شعله‌ای با ستون J&W

Scientific DB-5MS (طول ستون۶۰ متر، قطر داخلی ستون ۰/۲۵ میلیمتر، ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر و حد دمای ۶۰ تا ۳۲۵ درجه سانتیگراد) استفاده شد.

برای این کار ابتدا دمای آون را به ۴۰°C رسانده و برای مدت زمان یک دقیقه در این دما باقی می‌ماند. سپس دما را با شیب ۱۵ °c/min به ۹۰ درجه رسانده و ستون به مدت ٤ دقیقه در این دما باقی می‌ماند. در ادامه دوباره دما را با شیب ۱۰°c/min به ۱۷۰ درجه می‌رساند و برای مدت ٤ دقیقه نیز در این دما باقی می‌ماند. لازم به ذکر است که جریان گاز حامل (هلیوم) در این مطالعه ۰/۸ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. برای آنالیز اطلاعات از آزمون t برای مقایسه میانگین دو نمونه مستقل (Independent Sample t-test)استفاده گردید.

یافته‌ها

در جدول شماره ۱ خصوصیات فیزیکی گیاهان عشقه و دراسنا ارائه شده است:

جدول۱: خصوصیات فیزیکی گیاهان عشقه و دراسنا(n=۳)

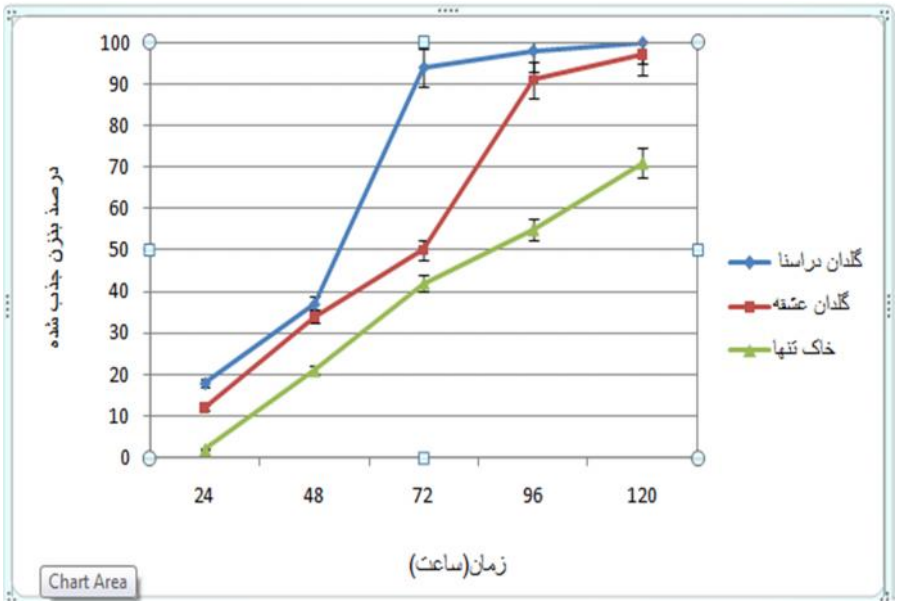
نام گیاه	*میانگین سطح برگ گیاه(سانتیمترمربع)	*ارتفاع گیاه(سانتیمتر)	ابعاد گلدان(سانتیمتر)	*جرم خاک(گرم)
عشقه	۲۳۸±۱٦	٤٥±٤	۲۸×۱۳	۱۰٤٦±۹۰
دراسنا	۱۳۸۰±۱٤	۳٥±٤	۲۸×۱۳	۱۰۲۰±۸۷

***Mean±SD**

نتایج کلی این مطالعه در نمودار آمده است (نمودار۱). همانطور که ملاحظه می‌شود میزان کاهش غلظت بنزن توسط اتاقک تنها کم‌تر از ۱۰درصد در روز می‌باشد. از طرفی غلظت بنزن در اتاقک حاوی گیاه عشقه با گلدان پس از ۲٤، ٤۸، ۷۲، ۹٦ و ۱۲۰ ساعت به ترتیب میزان ۱۲، ۳٤، ٥۰، ۹۱ و ۹۷ درصد نسبت به روز اول کاهش یافته است، و در نهایت غلظت در روز آخر مطالعه به حدود صفر میکرولیتر رسیده است. همچنین غلظت بنزن در اتاقک حاوی گیاه دراسنا در زمان‌های فوق به ترتیب به ۱۸، ۳۷، ۹٤، ۹۸ و ۱۰۰ درصد نسبت به غلظت اولیه کاهش یافته است. در حالی که غلظت بنزن در اتاقک حاوی گلدان و خاک به تنهایی پس از ۲، ۲٤، ٤۸، ۷۲، ۹٦ و ۱۲۰ ساعت به ترتیب به ۲، ۲۱، ٤۲، ٥٥ و ۷۱ درصد نسبت به میزان اولیه کمتر شده است. لازم به ذکر است نتایج ما حاصل تکرار ۳ بار آزمایش بر روی ۳ گیاه عشقه و دراسنا می‌باشد. آزمون آنالیز T برای مقایسه میانگین دو نمونه مستقل (Independent t-test) نشان داد که در روز اول درصد کاهش بنزن در دو گیاه دراسنا و عشقه یکسان نبوده است (P=۰/۰٤) و دراسنا کاهش بیشتری در روز اول نسبت به عشقه داشته است. این آزمون نشان داد که در روز دوم درصد کاهش بنزن در ۲ گیاه دراسنا و عشقه یکسان نبوده است (P=۰/۰۰۳).

طبق نتایج بدست آمده این نتایج در روزهای دیگر نیز ادامه دارد و در روزهای سوم (P<۰/۰۰۱) و چهارم (p=۰/۰۰۲) و پنجم (p=۰/۰٤) نیز گلدان دراسنا میانگین جذب بیشتری نسبت به عشقه برای بنزن داشته است.

میانگین کاهش غلظت بنزن در پایان ۵ روز بر حسب قسمت در میلیون بر سطح سانتیمترمربع برگ گیاه نیز محاسبه شده است. برگ عشقه میانگین کاهش $۲/٥\times۱۰^{-۳}$ و برگ دراسنا میانگین کاهش $٤/٤\times۱۰^{-٤}$ را داشته است. است و این نشانگر تمایل بیشتر برگ عشقه به این ماده می‌باشد.



نمودار ۱: میانگین کاهش غلظت بنزن پس از جذب توسط گلدان دراسنا و عشقه و خاک تنها

بحث

با توجه به این که کاهش آلودگی هوای داخلی با استفاده از تهویه با حفظ گرمای درونی ساختمان‌ها در تضاد یکدیگر هستند، لذا متخصصین تلاش می‌نمایند بین آنها تعادل برقرار نموده و با رعایت استانداردهای مربوطه، به صورت توأم مدیریت و بهینه گردند تا ضمن حفظ و ارتقاء کیفیت هوای داخل ساختمان، بهینه‌سازی مصرف انرژی نیز انجام گیرد.

با توجه به اینکه پالایش هوای داخل محیط توسط گیاهان، علاوه بر صرفه اقتصادی به علت عدم استفاده از وسایل مکانیکی، تبادل هوای داخل با خارج به صورت اجباری انجام نمی‌شود لذا از حیث بهینه‌سازی مصرف انرژی و عدم پرت حرارتی نیز قابل تأمل و اهمیت می‌باشد. در این مطالعه برای اولین بار جهت تعیین بنزن کاهش یافته توسط گیاهان از روش SPME استفاده شده بنابراین از این جهت نیز حائز اهمیت است (۱۶،۵-۳). ولی در این مطالعه، بر خلاف سایر مطالعات مشابه مقایسه دقیق درصد کاهش بنزن در روزهای مختلف صورت نگرفته است.

با توجه به نتایج، مشاهده شد که در پایان روز پنجم میزان غلظت بنزن توسط دراسنا کاهش قابل توجه یافته و مقدار آن تقریباً به صفر میکرولیتر و در مورد عشقه نیز به ۹۷ درصد مقدار اولیه کاهش یافته است که بیانگر این است که بخش عمده‌ای از بنزن توسط گیاه جذب گردیده است لذا توانایی گیاه کامل(برگ و خاک) دراسنا در کاهش بنزن به طور کلی بیشتر از عشقه می‌باشد. در مطالعات Orwell در سال ۲۰۰۶ و Wolverton ۱۹۸۹ ذکر گردیده است علت این کاهش از راه‌های گوناگون بوده که مهم‌ترین آن جذب به وسیله باکتری‌های خاک و روزنه‌ها می‌باشد(۸،۱۵). در واقع برای برگ گیاهان بنزن از طریق روزنه وارد گیاه شده در ادامه اکسیده شده، حلقه آن شکسته شده و به ترکیبات آلی از جمله دی اکسید کربن تبدیل می‌شود. Ugrekhelidze در سال ۱۹۹۶ نشان داد که بنزن به اسیدهای آلی غیرفعال و آمینو اسیدها تبدیل می‌شود(۱۲). بنابراین نتایج این مطالعه با اغلب مطالعات قبلی که بر اهمیت کاهش ترکیبات آلی فرار توسط برگ گیاهان تأکید داشته و جذب از طریق روزنه‌ها را راه اصلی کاهش دانسته‌اند، همخوانی دارد(۹-۷).

همچنین مطالعه‌ای که توسط یو انجام شده نشان می‌دهد که کاهش بنزن توسط عشقه در شب کم‌تر از روز می‌باشد که این نشان‌دهنده توانایی برگ‌ها در جذب بنزن

می‌باشد و نتایج مطالعه ما نیز حاکی از تمایل برگ در کاهش بنزن می‌باشد(۲).

مطالعات وود در سال ۲۰۰۰ و ارول در سال ۲۰۰٤ نشان داد که گونه‌های گوناگون قابلیت‌های مختلف نسبت به جذب ترکیبات آلی فرار دارند(٤،۹). در مطالعه‌ای که توسط ارول و همکاران در سال ۲۰۰٤ انجام شد با تکرار دوز معین برای گیاه ثابت شد که گیاهان در معرض بنزن پس از مدتی تطابق پیدا می‌کنند. بدین صورت که در تزریق اول کم‌تر از ۱/۵ پی پی‌ام در طی ٤-۲ روز جذب داشته اما در تزریق‌های بعدی به مقدار دوز اولیه پس از تطابق ۹-٦ پی‌پی‌ام کاهش داشته‌اند. وی به این نتیجه رسید که با تماس مداوم با ماده قدرت جذب گیاهان نیز افزایش می‌یابد(٤).

مطالعات پیشین از قبیل Orwell در سال ۲۰۰٤، Wolverton در سال ۱۹۹۳ و Cornejo در سال ۱۹۹۹ به معرفی تعدادی از گیاهانی که قادر به کاهش بنزن می‌باشند پرداخته‌اند این گیاهان شامل: C. comosum، F. elestica، D. marginata، D. deremensis، S. wallisii، K. blossfeldiana، H.helix S. podophyllum می‌باشد(٤،۵،۱۳).

سن و اندازه گیاه و تعداد برگ آن یکی از عوامل مهم و بسیار مؤثر در کاهش آلاینده می‌باشد. مقایسه میزان کاهش بنزن بر حسب مساحت برگ دراسنا نشان می‌دهد که برگ عشقه نسبت به برگ دراسنا توانایی بیشتری در کاهش بنزن داشته باشد. در واقع با مقایسه مساحت یکسان از دو برگ مشاهده گردید که میزان جذب در واحد سطح برگ عشقه بیشتر بوده است.

در مطالعه‌ای که توسط وولورتون صورت گرفته هر چند در ابتدا این طور تصور شده است که توانایی باکتری‌های خاک به تنهایی از توانایی هم زمان برگ‌ها و خاک بیشتر می‌باشد اما بررسی‌های بیشتر نشان داده که پوشیده شدن سطح خاک توسط برگ‌ها موجب کاهش تبادل هوا با باکتری‌ها می‌شود و باکتری‌ها نمی‌توانند با ترکیبات سمی تماس داشته باشند بنابراین جدا کردن برگ‌های پایینی ساقه‌ها به منظور تماس بهتر سطح خاک با هوا باعث افزایش کارآیی جذب می‌شود(۱۵).

بررسی میزان کاهش بنزن توسط خاک به تنهایی نشان داد باکتری‌های لایه ریزوسفر بر توانمندی گیاه در کاهش ترکیبات آلی فرار تأثیر گذاشته و هنگامی که هر دو گیاه در گلدان باشند قابلیت آن در کاهش ترکیبات آلی فرار افزایش می‌یابد.

از طرفی باکتری‌های خاک به تنهایی پس از ۵ روز قادر به کاهش بنزن در هوای اتاقک نبوده‌اند و در مقایسه با حضور گیاه در اتاقک، این حقیقت را نشان می‌دهد که حضور هر دو عامل خاک و برگ برای کاهش ترکیبات آلی فرار ضروری است.

یکی از مشکلات تزریق بالای این ترکیب برای گیاه توقف رشد این گیاهان بود. گیاهان ما در پایان این تحقیق زنده ماندند اما رشدی را از خود نشان ندادند.

نتیجه‌گیری

نتیجه‌گیری کلی اینکه عشقه و دراسنا قادر به کاهش بنزن حتی برای مقادیر بالاتر از حد مجاز استاندارد می‌باشد و این در حالی است که در فضاهای داخلی عموماً این میزان غلظت موجود نمی‌باشد(۱۱). بنابراین گیاهان دراسنا و عشقه به طور قابل توجهی بنزن را جذب می‌نمایند. لذا با قرار دادن این گیاهان در آزمایشگاه‌ها، کارگاه‌های کوچک، منزل و محیط‌های مشابه حاوی بخارات بنزن، غلظت آنها را به طور قابل توجهی کاهش داد. در پایان استفاده از گیاهان را به عنوان راه حلی مطمئن و ارزان در پاکیزگی هوای صنایع پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. Godish T. Indoor Environmental Quality: Taylor & Francis 2000; 195-217.
2. Hwa Yoo M, Kwon YJ, Son K-C, Kays SJ. Efficacy of Indoor Plants for the Removal of Single and Mixed Volatile Organic Pollutants and Physiological Effects of the Volatiles on the Plants. Journal of the American Society for Horticultural Science. 2006; 131(4): 452-8.
3. Kim KJ, Kil MJ, Song JS, Yoo EH, Son K-C, Kays SJ. Efficiency of Volatile Formaldehyde Removal by Indoor Plants: Contribution of Aerial Plant Parts versus the Root Zone. Journal of the American Society for Horticultural Science 2008; 133(4): 521-6.
4. Orwell R, Wood R, Tarran J, Torpy F, Burchett M. Removal of Benzene by the Indoor Plant/Substrate Microcosm and Implications for Air Quality. Water, Air, & Soil Pollution 2004; 157(1-4): 193-207.
5. Wolverto BC, Wolverton JD. Plants and Soil Microorganisms: Removal of Formaldehyde, Xylene and Ammonia from the Indoor Environment. Mississippi Academy of Science 1993; 38(2): 11-5.
6. Wolverto B C, Mcdonald R, Watkins E. Foliage plants for Removing Indoor Air Pollutants From Energy-efficient Homes. Economic Botany 1984; 38(2): 224-8.
7. Tarran J, Torpy F, Burchett M. USE OF LIVING POT-PLANTS TO CLEANSE INDOOR AIR. Environment. INDOOR AIR Environment 2007; 3: 249-56.
8. Orwell R, Wood R, Burchett M, Tarran J, Torpy F. The Potted-Plant Microcosm Substantially Reduces Indoor Air VOC Pollution: II. Laboratory Study. Water, Air, & Soil Pollution 2006; 177(1): 59-80.
9. Wood RA, Burchett M, Alquezar R, Orwell RL, Tarran J, Torpy F. The potted-plant micocosm substantially reduces indoor air VOC pollution 2010; 175(1-4): 163-80.
10. Yang DS, Pennisi SV, Son K-C, Kays SJ. Screening Indoor Plants for Volatile Organic Pollutant Removal Efficiency. HortScience 2009, 2009; 44(5): 1377-81.
11. Zabiegala B. Organic Compounds in Indoor Environments. Enviroment study 2006; 15(3): 383-93.
12. Ugrekhelidze D, Korte F, Kvesitadze G. Uptake and transformation of benzene and toluene by plant leaves. Ecotoxicology and environmental safety 1997; 37(1): 24-9.
13. Cornejo JJ, Muñoz FG, Ma CY, Stewart AJ. Studies on the Decontamination of Air by Plants. Ecotoxicology 1999; 8(4): 311-20.
14. Schmltz H, Hilgers U, Weldner M. Assimilation and metabolism of formaldehyde by leaves appear unlikely to be of value for indoor air purification. New Phytol 2000; 147(2): 307-15.
15. Wolverton BC, Johnson A, Bounds K, Aeronautics USN, Administration S. Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement: National Aeronautics and Space Administration; 1989.
16. Mosaddegh MH, Richardson T, Stoddart RW, McClure J. Application of solid-phase micro-extraction technology to drug screening and identification. Annals of clinical biochemistry 2001; 38(5): 541-7.