Journal of Health and Safety at Work 2021; 11(3): 433-444

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Feasibility study of benzene and toluene removal from air by phytoremediation

Mahta Fooladi[1], Roxana Moogouei[1], Seyed Ali Jozi[1], Farideh Golbabaei[2], Golnaz Tajadod[3]

[1] Department of Environment, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran
[2] Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Science, Tehran, Iran
[3] Biological Science Faculty, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

Received: 2021-03-13 Accepted: 2021-07-20

ABSTRACT

Introduction: Phytoremediation is one of the available techniques for removing the volatile organic compound from the air. Benzene and toluene are volatile organic compounds that exist in many occupational environments. Plants are able to reduce benzene and toluene in the air and the use of plants is a simple and consistent solution for the nature to reduce these compositions in the air and improve the air quality of work environments. The phytoremediation potential of Dannae racemosa and Hedera helix were evaluated for remediation of benzene and toluene in air.

Material and Methods: Dannae racemosa and Hedera helix were exposed to exposed benzene(250ppm) and toluene(250ppm) each time alone in a chamber and to examine the decrease amount of benzene and toluene during 6 days. Then plants were exposed to 250ppm and 250ppm of benzene three times with a rest day and the processes of reduction were investigated.

Results: Dannae racemosa was able to remove all of benzene and toluene concentrations from the air after 6 days. Hedera helix was able to reduce all of benzene and toluene concentration from the air after 6 and 5 days, respectively. The differences in Benzene and toluene remediation were assessed between the first and the third subsequent exposure and the results showed that the reduction rate increased for Dannae racemosa.

Conclusion: It can be concluded that the Dannae racemosa and Hedera helix could be used for benzene and toluene phytoremediation.

Keywords: *Phytoremediation, Benzene,Toluene, Work environment, Danae Racemosa, Hedera Helix*

1. INTRODUCTION

Benzene is an oil refining compound and is used as an intermediate in the production of many chemical compounds. On the other hand, it is one of the components of gasoline, although in small quantities. In developed countries, occupational exposure to benzene and toluene is often found in gasoline industries and gas stations. According to studies conducted in our country, there is contact with benzene and toluene in gas station workers, and it is even more than the allowed limits in shift work. Some plants are able to reduce airborne pollution by absorbing and metabolizing volatile organic compounds. Research has shown that some plants are able to reduce airborne pollution by absorbing and metabolizing volatile organic compounds.

2. MATERIAL AND METHODS

Dannae racemosa and Hedera helix were exposed to exposed benzene (250ppm) and toluene (250ppm) each time alone in a chamber to examine the decrease amount of benzene and toluene in 6 days. Due to the fact that in occupational environments, different concentrations of pollutants are constantly entering the environment, exposing each plant three times with a break of one day to 133 microliters of benzene and 158 microliters of toluene at the same time was investigated as well

* Corresponding Author Email: *moogouei_roxana@yahoo.com*

Copyright © 2021 The Authors.
Published by Tehran University of Medical Sciences

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

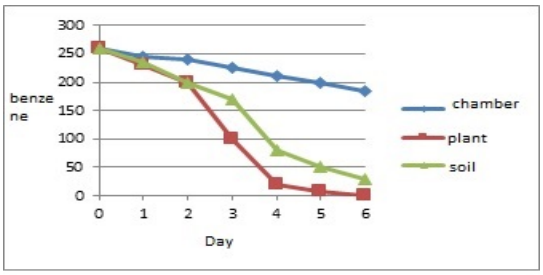


Fig. 1(a): Danae Racemosa

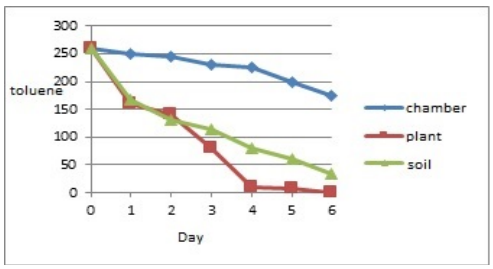


Fig. 1(b): Danae Racemosa

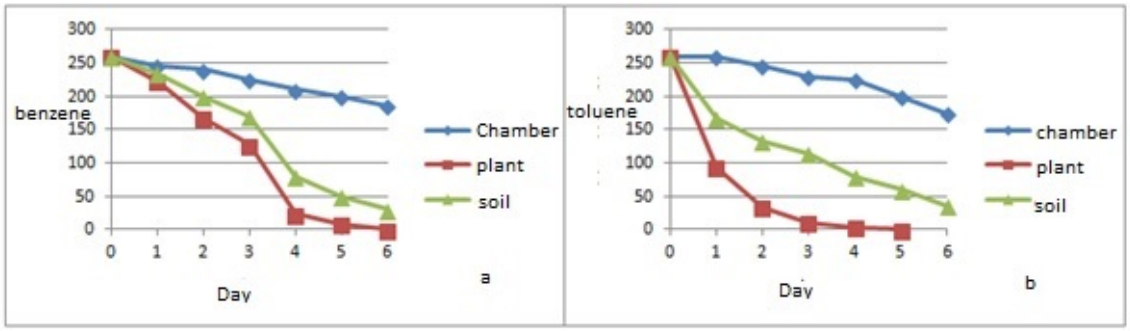


Fig. 2(a,b): *Hedera helix*

as the process of reducing and surviving the plant.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of adsorption of benzene and toluene by the soil alone as well as the pot of Danae Racemosa in comparison with the control chamber are shown in Fig. 1 (a and b). The average concentration of benzene and toluene in the chamber containing the plant with the pot has reached about zero ppm after 6 days. The results of adsorption of benzene and toluene by the soil alone as well as the pot of Hedera helix in comparison with the control chamber are shown in Fig. 2 (a and b). The decreasing trend of benzene and toluene concentration by Hedera helix compared to soil alone showed that after 5 and 6 days the soil could not fully absorb benzene and toluene and the soil uptake alone was less than the plant pot (total soil And leaves). The results of the present study in the section on consecutive injections on plants show that the plants have adapted to successive injections and the rate of reduction of benzene and toluene has increased. However, this increase in ability is more noticeable on the third day in the case of Danae racemosa, and Hedera helix has had less of a change in three days.

4. CONCLUSIONS

The results of this study show that Danae Racemosa, like Hedera helix, is able to absorb high concentrations of benzene and toluene from the air and is a suitable plant to reduce this combination of air. This study also showed that the native plant of the Hyrcanian region had a similar ability to reduce high concentrations of volatile organic compounds with the other plant in this study. On the other hand, it should be noted that the use of plants in work environments, in addition to reducing air pollution, creates a suitable landscape and increases the morale of employees.

5. ACKNOWLEDGMENT

The study was founded by Tehran University of Medical Sciences (TUMS).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۱۱/ شماره ۳/ پاییز ۱۴۰۰ صفحات ۴۳۳-۴۴۴

امکانسنجی حذف بنزن و تولوئن از هوا به روش گیاه پالایی

مهتا فولادی[۱]، رکسانا موگویی[۱*]، سید علی جوزی[۱]، فریده گلبابایی[۲]، گلناز تجدد[۳]

[۱] گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران
[۲] گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۳] گروه زیست شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۹

چکیده

مقدمه: گیاه پالایی یکی از تکنیک‌های حذف ترکیبات آلی فرار از هوا می باشد. بنزن و تولوئن از انواع ترکیبات آلی فرار هستند که در بسیاری از محیط های شغلی وجود دارند. گیاهان قادر به جداسازی بنزن و تولوئن از هوا بوده و استفاده از گیاهان راه حلی ساده و سازگار با طبیعت برای کاهش تراکم این ترکیبات در هوا و بهبود کیفیت هوای محیط های شغلی می باشد. مقاله پیش رو به بررسی توانایی گیاه پالایی گونه گیاهی *Danae racemosa* و *Hedera helix* در کاهش تراکم بنزن و تولوئن هوا پرداخته است.

روش کار: دو گونه گیاهی *Danae Racemosa* و *Hedera helix* هر بار به تنهایی درون یک اتاقک در معرض ۲۵۰ ppm بنزن و ۲۵۰ ppm تولوئن قرار داده شد و میزان کاهش بنزن و تولوئن طی ۶ روز درون اتاقک مورد بررسی قرار گرفت. سپس هر گیاه سه مرتبه با فاصله یک روز استراحت در مواجهه با در ۲۵۰ ppm بنزن و ۲۵۰ ppm تولوئن قرار داده شد و روند کاهش و زنده بودن گیاه در اثر مواجهه مداوم با این ترکیبات مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها: در پایان روزششم میزان غلظت بنزن و تولوئن توسط گیاه *Danae Racemosa* کاهش قابل توجه یافته و غلظت آن به صفر میکرولیتر رسیده است. همچنین نتایج نشان می دهد که غلظت بنزن در پایان روز ششم و غلظت تولوئن در پایان روز پنجم توسط گیاه *Hedera helix* به صفر میکرولیتر رسیده است. مقایسه تغییرات جذب بین روزهای اول و سوم در تزریق های متوالی بین دو گیاه نشان می دهد که میزان کاهش بنزن و تولوئن روند افزایشی بیشتری را در گیاه *Danae racemosa* از خود نشان داده است.

نتیجه گیری: مطالعه ثابت کرده است گیاه *Danae Racemosa* و*Hedera helix* برای گیاه پالایی بنزن و تولوئن در محیط مناسب می باشد.

کلمات کلیدی: گیاه پالایی، محیط کار،بنزن، تولوئن، گیاه *Danae Racemosa*، گیاه *Hedera helix*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *moogouei_roxana@yahoo.com*

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

مقدمه

از انواع ترکیباتی که امروزه کارگران در صنایع و محیط های شغلی گوناگون با آن در تماس هستند حلال بنزن و تولوئن می باشد. تماس با این ترکیبات در صنایعی از قبیل نفت، پتروشیمی، اتوموبیل سازی و رنگ وجود دارد. بنزن و تولوئن همچنین در صنایع شیمیایی، چسب، تولیدکفش و چاپ استفاده می شود(۱،۲). بنزن یکی از ترکیبات پالایش نفت است و به عنوان یک واسطه در تولید بسیاری از ترکیبات شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرد. از سوی دیگر یکی از اجزاء بنزین هرچند به مقدار کم می باشد. در کشورهای توسعه یافته تماس شغلی با بنزن و تولوئن اغلب در صنایع و جایگاه های سوخت بنزین وجود دارد(۱،۳). بنزن یکی از انواع ترکیبات آلی فرار می باشد که مرکز جهانی تحقیق در مورد سرطان (IARC)[1]در سال ۱۹۸۷ آن را سرطانزای قطعی انسان و حیوان معرفی کرده است. شواهد نشان داده است که در کارگرانی که در تماس مداوم با بنزن قرار گرفته اند بیماری لوسمی افزایش پیدا کرده است(۴). در واقع تماس مداوم با بنزن موجب لوسمی میلوئیدی حاد و لوسمی غیرلنفوئیدی حاد می شود(۵،۶).هم چنین تماس با مقادیر زیاد تولوئن موجب اثر بر کلیه، کبد، قلب و سیستم اعصاب مرکزی می شود(۷). تحقیقات نشان داده است که تماس مداوم با ۱-۰/۵ پی پی ام بنزن در سال خطر ابتلا به سرطان خون را افزایش می دهد(۵). مجمع بهداشت صنعتی آمریکا حد آستانه مجاز (*TLV ACGIH*) [2]برای۸ ساعت کار روزانه مواجهه با بنزن را برابر ۰/۵ پی پی ام و تولوئن را ۲۰ پی پی ام اعلام کرده است(۸).

بر اساس مطالعات انجام شده در کشور ما تماس با بنزن و تولوئن درکارگران جایگاه های سوخت وجود دارد و حتی بیشتر از حد مجاز در شیفت کاری نیز می باشد(۹-۱۱). ریسک سرطانی ترکیب بنزن در جایگاه های سوخت کرمان در محدوده آثار سرطانی مخاطره آمیز می باشد(۸). با توجه به این که تماس از طریق استنشاق اصلی ترین راه مواجهه در کارگران جایگاه های سوخت است لذا کنترل مواجهه در این جایگاه ها بسیار حائز اهمیت میباشد(۹،۱۲).

تحقیقات نشان داده اند که برخی از گیاهان از طریق جذب و متابولیزه کردن ترکیبات آلی فرار قادر به کاهش آلودگی های هوابرد می باشند. از سوی دیگر بسیاری از میکروارگانیسم های لایه ریزوسفر نیز قادر به کاهش این ترکیبات هستند. مدل های جذب پیش بینی شده در این توانایی گیاهان جذب و جذب سطحی می باشند. پوشش حفاظتی طبیعی برگ گیاهان حاوی کوتیکول و لایه واکس بوده که ملکول های چربی دوست به راحتی جذب این لایه واکس شده و در این لایه تجمع می یابند(۱۳-۲۳).

کارایی کاهش ترکیبات توسط گیاهان بین گونه های مختلف متفاوت بوده و بستگی به نوع ترکیب و خصوصیات گیاه دارد.

این ترکیبات از طریق کوتیکول و روزنه های گیاهان جذب شده و در گیاه با شکست حلقه بنزنی به اسیدهای غیر فعال تبدیل می شود(۲۴).

مطالعاتی در کشورهای خارجه با محوریت بررسی توانایی گیاهان مختلف در کاهش بنزن و تولوئن موجود در هوا انجام شده است. در این مطالعات گیاهان *Dracaena deremensis*، *Dracaena marginata*، *Epipremnum aureum*، *Scheflera actinophylla*، *Syngonium podophyllum*، *Pelargonium domesticum*، *Kalanchoe blossfeldiana*، *Crassula portulacea* با بیشترین جذب معرفی شده اند(۱۴،۱۵). در ایران نیز مطالعه مصدق و همکاران نشان داده است که دو گیاه دراسنا (*Dracaena deremensis*) و عشقه (*Hedera helix*) به طور قابل توجهی بنزن را در غلظت ۲۵۰ پی پی ام جذب نموده اند(۲۲). با توجه به آب و هوای کشورمان ایران و لزوم استفاده از گونه هایی که در ایران رشد کرده و با شرایط آب و هوایی آن تطابق داشته باشند(۲۵) بر آن شدیم تا تاثیر گونه *Danae Racemosa* را در کاهش آلودگی بنزن و تولوئن در هوا را در برابر گونه *Hedera helix* غیر بومی بررسی کرده و به عنوان راه حلی برای

1 International Agency For Research on Cancer
2 American Conference of Governmental Industrial Hygienists

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

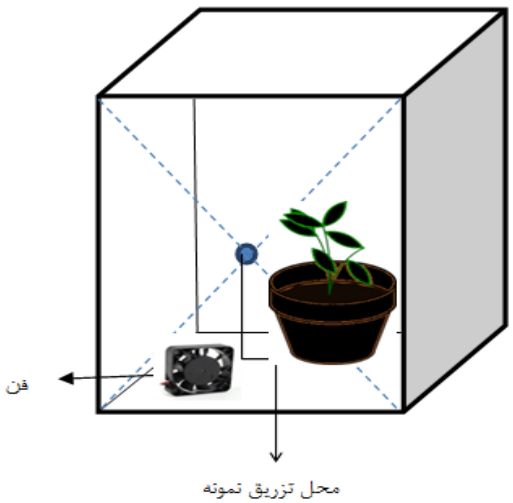
کاهش غلظت بنزن و تولوئن در برخی از جایگاه های سوخت منطبق با خصوصیات تطابق پذیری گیاه پیشنهاد دهیم. از سوی دیگر بر اساس بررسی های انجام شده تاکنون مطالعه ای در خصوص توانایی گیاهان بومی ایرانی منطقه هیرکانی در زمینه جذب بنزن و تولوئن از هوا انجام نشده است(۲۶).

روش کار

گونه گیاهی *Danae Racemosa* از جنگل های هیرکانی (منطقه هیرکانی (خزر) که در سراسر سواحل جنوبی دریای خزر در بخش شمالی ایران امتداد دارد)به ارتفاع ۲ ± ۴۸سانتی متر و گونه گیاهی *Hedera helix* از مراکز تهیه و توزیع گیاهان زینتی به ارتفاع ۳±۴۴ تهیه(از هرگونه ۳ گیاه) و جهت آزمایشات مورد بررسی قرار گرفت. انتخاب این دو گونه گیاهی بر اساس استفاده از آنها (در مورد گیاه *Hedera helix*) و بررسی خصوصیات گیاهان انتخاب شده در مطالعات گذشته می باشد. در این مطالعات پیشنهاد شده است که از گیاهان همیشه سبز، دارای برگ های زیاد، حداقل نیاز به مراقب وتیره های گیاهی که قابلیت جذب بالا دارند استفاده شود. گیاهان دوساله درون گلدان به حجم ۸۷۰۰ سی سی، جرم خاک ± ۸۷ ۱۰۱۰ به مدت ۶ ماه با رطوبت نسبی ٪۱۰±۴۰، دمای ۲۱-۲۰ درجه سانتی گراد و روشنایی ۱۰۰۰ لوکس به منظور تطابق با محیط جدید در آزمایشگاه نگهداری شدند.

قبل از انجام هر آزمایش کلیه برگ ها و ساقه های گیاهان با آب مقطر شستشو داده شد. متوسط مساحت برگ گیاهان گلدان های *Danae Racemosa* به میزان ۷۲۶/±۱۰ و متوسط سطح برگ گلدان های *Hedera helix* به میزان ۱۶± ۲۳۸بوده است. سپس محفظه ای با حجم ۱۴۴ لیتر(۶۰*۴۰*۶۰) از جنس پلکسی گلس با یک منفذ جهت تزریق و برداشت نمونه تهیه گردید. در این مطالعه گیاهان در معرض غلظت ۱۳۳میکرولیتر بنزن و ۱۵۸ میکرولیتر تولوئن (برابر ۲۵۰ پی پی ام) حدود ۵۰۰ برابر حد مجاز *TLV(ACGIH)* (برابر با OEL حدود مجاز داخلی ایران)قرار گرفتند و توانایی گیاهان را در زنده ماندن و کارآیی آنها در کاهش میزان بنزن و تولوئن سنجیده شد(۱۸). به منظور کمک به گردش هوا و نمونه برداری واقعی تر از هوای اتاقک، فنی در مرکز اتاقک قرار داده و قبل از هر نمونه برداری به مدت نیم ساعت روشن میگردید(شکل ۱).

یک ساعت قبل از قرار دادن گلدان گیاه درون محفظه، خاک گیاه کاملا به طور کامل آبیاری شد. ابتدا جهت بررسی جذب سطحی، نشتی و واکنش های شیمیایی



شکل ۱. شماتیک نحوه قرارگیری گلدان در محفظه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

درون محفظه، به محفظه خالی غلظت ۱۳۳میکرو لیتر بنزن و ۱۵۸ میکرولیتر تولوئن هم زمان تزریق گردید و میزان کاهش طی ۶ روز بررسی گردید. همچنین برای در نظرگیری جذب بوسیله بخار آب، یک ظرف به حجم ۲۵۰ سی سی درون محفظه خالی قرار گرفت(۱۴). به منظور بررسی جذب بنزن و تولوئن توسط باکتری های خاک، خاک به تنهایی در معرض غلظت ۱۳۳میکرو لیتر بنزن و ۱۵۸ میکرولیتر تولوئن هم زمان قرار گرفت و میزان کاهش بنزن طی ۶ روز بررسی گردید. برای ارزیابی اثر گلدان گیاه هر گیاه طی ۶ روز در معرض غلظت ۱۳۳میکرو لیتر بنزن و ۱۵۸ میکرولیتر تولوئن هم زمان قرار داده شد . همچنین به منظور بررسی اثر تداخلی ترکیبات آلی تولیدی احتمالی توسط گیاه، نمونه ای کنترلی با قرار دادن گیاه درون اتاقک بدون تزریق بنزن و تولوئن بررسی گردید. هربار نمونه برداری بوسیله سرنگ هامیلتون به میزان ۱۰۰میکرولیترانجام گردید. با توجه به اینکه در محیط های شغلی به طور مداوم غلظت های گوناگون آلاینده وارد محیط می شوند و امکان عدم کاهش آلاینده بوسیله گیاه یا پژمرده شدن گیاه طی تماس های مداوم وجود دارد لذا در این مطالعه ما بر آن شدیم که اثر مواجهه مداوم گیاه با بنزن و تولوئن را مورد بررسی قرار دهیم. به همین منظور هرگیاه را سه مرتبه با فاصله یک روز استراحت در مواجهه با ۱۳۳میکرو لیتر بنزن و ۱۵۸ میکرولیتر تولوئن هم زمان قرار داده و روند کاهش و زنده بودن گیاه مورد بررسی قرار گرفت.

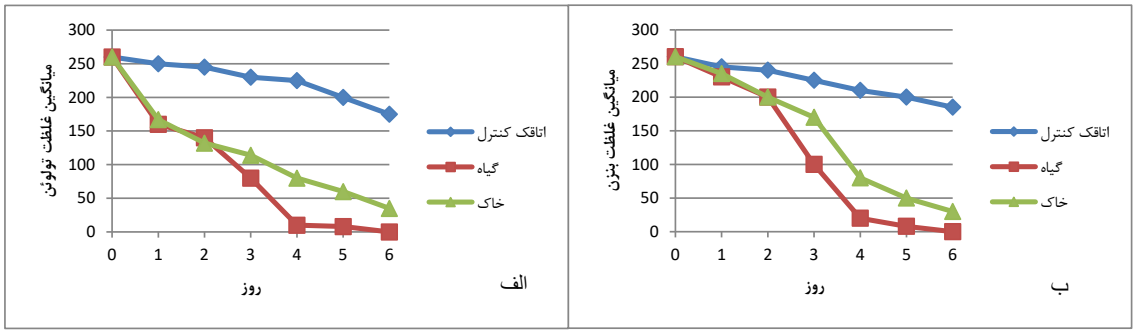
میزان کارایی گلدان گیاه بر اساس فرمول زیر محاسبه شده است(۲۰):

$$\text{درصد کارایی} = \frac{\text{غلظت ثانویه} - \text{غلظت اولیه}}{\text{غلظت اولیه}} \times ۱۰۰$$

آنالیز بوسیله دستگاه گازکروماتوگرافی Varian series CP3800 متصل به دتکتور یونش شعل های با ستونCP-sill13CB طول ستون ۲۵ متر، ضخامت فیلم ۰/۲۵ و قطر داخلی ستون ۰/۲۵ انجام گردید. دمای ستون ۲۰۰ C °، دمای محل تزریق ۲۲۰ °C و دمای دتکتور C۲۲۰ ° تنظیم گردید. برای این کار ابتدا دمای آون را به C۴۰ ° رسانده و برای مدت زمان یک دقیقه در این دما باقی میماند .سپس دما را با شیب ۰/۵ °C/min به ۴۲ درجه رسانده و ستون برای ۳ دقیقه در این دما باقی ماند.

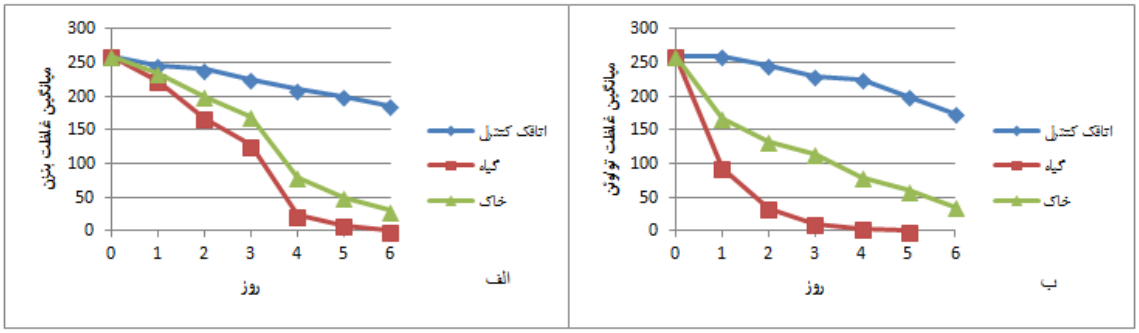
یافته ها

نتایج جذب بنزن و تولوئن توسط خاک به تنهایی و هم چنین گلدان گیاه *Danae Racemosa* در مقایسه با اتاقک کنترل در نمودار ۱(الف و ب) آمده است. همان طور که مشاهده می کنید میانگین غلظت بنزن و تولوئن در اتاقک حاوی گیاه با گلدان پس از ۶ روز به حدود صفر پی پی ام رسیده است. روند نزولی کاهش غلظت بنزن و تولوئن توسط گیاه درون گلدان در مقایسه با خاک به تنهایی نشان می دهد که پس از پایان ۶ روز خاک نتوانسته بنزن و تولوئن را به طور کامل جذب کند و میزان جذب خاک به تنهایی کمتر از گلدان گیاه (مجموع خاک و برگ) می باشد. نمودار ۲ (الف و ب) نشان دهنده روند



نمودار ۱(الف و ب). مقایسه میانگین کاهش غلظت بنزن و تولوئن توسط گیاه *Danae Racemosa* ، خاک تنها و اتاقک کنترل(n=3)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]



نمودار ۲(الف و ب). مقایسه میانگین کاهش غلظت بنزن و تولوئن توسط گیاه *Hedera helix* ، خاک تنها و اتاقک کنترل(n=3)

جدول ۱. مقایسه میزان درصد کارایی بنزن و تولوئن سه تزریق متولی با یک روز استراحت(n=3)

گیاه	ترکیب	شماره تزریق		
		۱	۲	۳
Danae Racemosa	بنزن	۳±۸۰	۴±۹۲	۲±۹۷
	تولوئن	۵±۷۰	۴±۸۰	۲±۸۹
Hedera helix	بنزن	۴±۵۳	۳±۵۶	۳±۶۰
	تولوئن	۴±۹۶	۲±۹۶	۲±۹۷

کاهش میانگین غلظت بنزن و تولوئن توسط خاک به تنهایی و هم چنین گلدان گیاه *Hedera helix* در مقایسه با اتاقک کنترل می باشد. روند نزولی کاهش غلظت بنزن و تولوئن توسط گیاه *Hedera helix* در مقایسه با خاک به تنهایی نشان می دهد که پس از پایان ۵و۶ روز خاک نتوانسته بنزن و تولوئن را به طور کامل جذب کند و میزان جذب خاک به تنهایی کمتر از گلدان گیاه(مجموع خاک و برگ) می باشد. این نتایج نشانگر نقش موثر برگ گیاه در کاهش غلظت ترکیبات آلی فرار در هوا می باشد.

نتایج نمودار ۲(الف و ب) نشان می دهد که میزان بنزن توسط گلدان گیاه *Hedera helix* پس از پایان ۶ روز به حدود صفر پی پی ام رسیده است و همچنین غلظت تولوئن پس از ۵ روز توسط این گیاه به حدود صفر پی پی ام رسیده است. مقایسه نمودار ها نشان می دهد که گیاه *Danae Racemosa* و *Hedera helix* هر دو طی ۶ روز غلظت ۲۵۰ پی پی ام بنزن را به حدود صفر رسانده اند در حالی که مقایسه نتایج کاهش تولوئن در این دو گیاه نشان می دهد که غلظت ۲۵۰ پی پی ام تولوئن سریعتر طی ۵ روز توسط گیاه *Hedera helix* به حدود صفر رسیده است.

مقایسه میزان کارایی دو گیاه طی سه روز در جدول ۱ نشان می دهد هنگامی که گیاهان به طور مکرر(سه مرتبه) در معرض بنزن و تولوئن قرار گرفتند توانایی کاهش غلظت این ترکیبات در هوا توسط گیاه افزایش پیدا کرده است. مقایسه کارایی کاهش در تزریق های پی در پی نشان می دهد که با قرار گرفتن گیاه در معرض بنزن و تولوئن غلظت این ترکیبات در تزریق سوم سریعتر کاهش داشته است. مقایسه کارایی کاهش بنزن در سه روز بین دو گیاه *Danae Racemosa* و *Hedera helix* نشان دهنده افزایش بیشتر کارایی گیاه *Danae Racemosa* در تزریق های متوالی می باشد. از سوی دیگر افزایش روند میزان کارایی گیاه *Danae Racemosa* برای تولوئن در مقایسه تزریق اول و سوم ۱۹ درصد می باشد. کمترین میزان کارایی در طی سه روز برای ترکیب بنزن و گیاه *Hedera helix* می باشد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

بحث

نتایج حاکی از آن است که در پایان روزششم میزان غلظت بنزن و تولوئن توسط گیاه*Danae Racemosa* کاهش قابل توجه یافته و غلظت آن از ۲۵۰ پی پی ام به صفر پی پی ام رسیده است. همچنین نتایج نشان می دهد که غلظت بنزن در پایان روز ششم و غلظت تولوئن در پایان روز پنجم توسط گیاه *Hedera helix* از ۲۵۰ پی پی ام به صفر پی پی ام رسیده است. مقایسه روند کاهش این ترکیبات بین دو گیاه حاکی از آن است که تولوئن سریعتر کاهش یافته است هرچند در کل می توان هر دو گیاه را دارای توانایی یکسان در کاهش آلودگی ترکیبات آلی فرار دانست.

در مطالعه ای که توسط Orwel و همکاران انجام گردید از بین گیاهان بررسی شده *Dracaena deremensis*، *Epipremnum aureum*، *Dracaena marginata*، *Scheflera actinophylla*، *Spathiphylum petit* بیشترین جذب بنزن را از خود نشان داده اند(۱۵). گیاهان *Spathiphylum sensation* و *Howea forsteriana* کمترین جذب بنزن را داشته اند(۱۵). گیاهان *Spathiphyllum wallisii* ، *Syngonium podophyllum* ، *Hedera helix* و *Cissus rhombifolia* در مطالعه Yoo به ترتیب بیشترین جذب را برای بنزن و تولوئن داشته اند. هرچند این مطالعه نشان داده است که حضور هم زمان بنزن و تولوئن در هوای اطراف گیاهان توانایی آنها را در کاهش این ترکیبات کاهش می دهد(۲۷).

در مطالعه ای که توسط Cornejo انجام گردید گیاهان *Pelargonium domesticum*، *Kalanchoe blossfeldiana*، *Saxifraga stolonifera*، *Magnesia sp.*، *Chlorophylum comosum* ، *Primula sinesis*، *Dracaena deremensis* و *Tradescantia fluminesis* به ترتیب بیشترین جذب را برای بنزن داشته اند(۲۸).

مطالعات Wood در سال ۲۰۰۰ و Orwel در سال ۲۰۰۴نشان داد که گونه های گوناگون قابلیتهای مختلف نسبت به جذب ترکیبات آلی فرار دارند(۲۹، ۱۴). مطالعه مصدق نشان داده است که غلظت ۲۵۰ پی پی ام بنزن توسط دو گیاه دراسنا و عشقه در طی ۵ روز تقریبا به صفر پی پی ام رسیده است(۲۲) هرچند مقایسه سطح برگ مطالعه مصدق با مطالعه حاضر نشان می دهد که سطح برگ گیاهان *Dracaena deremensis* و *Hedera helix* و *Danae racemosa* رابطه مستقیمی را بین سطح برگ گیاهان و میزان کاهش بنزن و تولوئن نشان نمی دهد. در واقع *H. helix* با سطح برگ کمتر سریعتر بنزن را نسبت به D. Racemosa کاهش داده است. از سوی دیگر مقایسه کارایی سه گیاه *H. helix*($mg \cdot m^{-3} \cdot h^{-1}$) *D. deremensis*،(۱۴/۱ $mg \cdot m^{-3} \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$) (۲/۴ $mg \cdot m^{-3} \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$) و D. racemosa (۱۳ $mg \cdot m^{-3} \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$)نشان می دهد که دو گیاه H. helix و D. racemosa گیاهان بهتری برای کاهش بنزن نسبت به D. deremensis می باشند. مطالعات گوناگون نشان داده است که علت این کاهش به دلایل گوناگون می باشد که مهم ترین آنها جذب بوسیله باکتری های خاک و روزنه ها است(۱۴،۱۷).

مطالعه Yang در سال ۲۰۰۹ نشان داد که از بین ۲۸ گیاه مورد مطالعه ۶ گیاه *Hemigraphis alternata*، *Tradescantia pallida*، *Hedera helix*، *Fittonia argyroneura*، *Asparagus densiflotus* و *Hoya carnosa* دارای بیشتری جذب بنزن پس از ۶ ساعت تماس می باشند. گیاهانی از قبیل *Aspidistra elatior*، *Philodendron scandens* و *Epipremnum aureum* در مقایسه با ۶ گیاه ذکر شده مساحت برگ حدود ۲تا۳ برابر داشته اند اما کمترین میزان جذب بنزن را از خود نشان داده اند(۳۰).

نتایج مطالعه حاضر در بخش تزریق های متوالی بر روی گیاهان نشان داد که گیاهان با تزریق های متوالی تطابق پیدا کرده و میزان کاهش بنزن و تولوئن بیشتر شده است. هرچند این افزایش توانایی در روز سوم در مورد گیاه *Danae racemosa* بیشتر قابل مشاهده است و گیاه *Hedera helix* روند تغییرات کمتری را در طی سه روز داشته است.

نتایج مشاهدات مطالعه حاضر با مطالعه Kim در

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

سال ۲۰۱۱ همخوانی داشته است. Kim نشان داد که توانایی اکثرگیاهان گوناگون در کاهش غلظت تولوئن در تزریق سوم افزایش یافته است. در این مطالعه گیاه *Pittosporum tobira* بیشترین تطابق را از خود نشان داده است(۷). گیاه *Hedera helix* در مطالعه Kim پس از سه تزریق متوالی در حضور تولوئن روند افزایشی زیادی را از خود نشان نداده است (7).

مطالعه Orwel و همکاران در سال ۲۰۰۴ نشان داد که با تزریق مداوم در چند مرحله گیاهان در معرض بنزن تطابق پیداکرده و با تماس مداوم قدرت جذب گیاهان افزایش پیدا کرده است. بدین صورت که در تزریق اول کمتر از ۱/۵ پی پی ام در روز اول جذب داشته است و با تکرار تزریق های بعدی میزان جذب به ۹-۶ پی پی ام رسیده است(۱۴).

بنزن و تولوئن از طریق روزنه وارد گیاه شده در ادامه اکسیده شده، حلقه آن شکسته شده و به ترکیبات آلی از جمله دی اکسیدکربن تبدیل می شود. از سوی دیگر بنزن به اسیدهای آلی غیرفعال و آمینو اسیدها تبدیل میشود. فنل و پیروکتکول *pyrocatechol* اولین ترکیبات واسطه در اکسیداسیون بنزن هستند. در بین اسید های ارگانیک، اسید موکونیک اولین محصول شکست حلقه کربنی است لازم به ذکر است بر اساس مطالعه صورت گرفته توسط Ugrekhelidze در سال ۱۹۹۶ مقداری از کاهش بنزن و تولوئن نیز بوسیله جذب سطحی بر روی قسمت های مختلف گیاه مانند ساقه و برگ نیز می باشد(۲۴).

بر اساس مشاهدات و بررسی های صورت گرفته درحین و بعد از آزمایش بر روی گیاه *D. racemosa* و *Hedera helix* این میزان غلظت بنزن و تولوئن برای گیاهان سمی نبوده و گیاه بدون ریزش برگ و یا تغییر رنگ برگ ها به حیات خود ادامه داد.

کاهش آلاینده ها در بسیاری از محیط های کاری نیازمند صرف هزینه های گزافی می باشد و در بسیاری از محیط ها موجب محدودیت کار افراد می شود، لذا متخصصین در تلاش هستند با مدیریت بیشتر، صرف هزینه کمتر و استفاده از روش های ساده تر محیط کار سالم تر و ایمن تری را برای افراد ایجاد کنند. استفاده از گیاهان علاوه بر پالایش هوا ، آسایش و راحتی، منظر مناسبی را برای کارکنان و مشتریان در محیط کار در پی دارد(۳۳-۳۱). بر اساس مطالعه اف جلد در سال ۲۰۰۲ هنگامی که گیاهان در زیرزمین یک بیمارستان در بخش رادیولوژی قرار گرفتند غیبت های کارگران به علت بیماری های گوناگون تا ۶۰٪ کاهش داشته اند. که این نشانگر نقش مفید گیاهان در ایجاد آرامش و افزایش کارایی افراد می باشد. با قرار دادن گیاهان در محیط های کاری احساس راحتی و آسایش را در پرسنل ایجاد کرده و موجب بهبود عملکرد آنها می شوید(۳۴) در این مطالعه برای اولین بار گیاه بومی ایرانی معرفی شده است که برای کاهش غلظت بالای بنزن و تولوئن در هوا از آن می توان استفاده کرد. مزیت استفاده از این گیاه این است که نیاز به مراقبت زیاد نداشته، آبیاری متوسط و شرایط سایه آفتاب برای آن مناسب است. از سوی دیگر آفتاب مستقیم برای این گیاهان مناسب نبوده و شرایط رشدمناسب از قبیل سایه آفتاب می بایست فراهم گردد.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان می دهد که گیاه *Danae Racemosa* نیز مانند گیاه *Hedera helix* قادر به جذب غلظت های بالای بنزن و تولوئن از هوا بوده و گیاه مناسبی برای کاهش این ترکیب از هوا می باشد. همچنین این مطالعه ثابت کرد که گیاه بومی منطقه هیرکانی نیز توانایی مشابهی در کاهش غلظت های بالای ترکیبات آلی فرار با گیاه دیگر این مطالعه داشته است. از سویی لازم به ذکر است که استفاده از گیاهان در محیط های کاری علاوه بر کاهش آلودگی هوا موجب ایجاد منظری مناسب و افزایش روحیه کارکنان می شود. مقایسه بین تزریق اول و تزریق سوم در مورد این گیاهان نشان می دهد که نه تنها توانایی گیاهان برای کاهش غلظت بنزن و تولوئن کم نشده است بلکه گیاهان با تطابق توانسته اند میزان کاهش غلظت بنزن و تولوئن را افزایش دهند.

هرچند متاسفانه تاکنون آمار دقیقی در ارتباط با

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

سرطان شغلی در پمپ بنزین های ایران منتشر نشده است اما این گیاهان را به عنوان راه حلی برای کاهش میزان غلظت بنزن و تولوئن در هوای جایگاه های سوخت برخی از مناطق کشور با توجه به عوامل مداخله گر از قبیل شرایط رشد گیاهان، شرایط زندگی گیاهان، شرایط آب و هوایی منطقه، محل قرار گیری گیاهان، تعداد گیاه به کارگرفته شده می توان استفاده کرد. در پایان استفاده از گیاهان به عنوان راه حلی مطمئن و ارزان در پاکیزگی هوای صنایع پیشنهاد میگردد و پیشنهاد می شود مطالعه موردی در چند جایگاه سوخت با رعایت کلیه عوامل مداخله کننده انجام گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله نفر اول مقاله می باشد که با حمایت گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شده است. نویسندگان وظیفه خود می دانند که از همکاری این گروه تشکر و قدردانی نمایند.

REFERENCES

1. Capleton AC, Levy LS. An overview of occupational benzene exposures and occupational exposure limits in Europe and North America. J Chemico-Biological Interactions. 2005;153-154.
2. Omidi L, Zare S, Rad RM, Meshkani M, Kalantary S. Effects of shift work on health and satisfaction of workers in the mining industry. International Journal of Occupational Hygiene. 2017 May 28;9(1):21-5.
3. Jafari M, Kalantari S, Zendehdel R, Sarbakhsh P. Feasibility of Substituting Ethylene with Sulfur Hexafluoride as a Tracer Gas in Hood Performance Test by ASHRAE-110-95 Method. International Journal of Occupational Hygiene. 2014;6(1):31-6.
4. Huff J. Benzene-induced Cancers: Abridged History and Occupational Health Impact. Int J Occup Environ Health. 2007;13(2): 213–221.
5. Yoon J.H, Kwak W.S, Ahn Y.S. A brief review of relationship between occupational benzene exposure and hematopoietic cancer. Annals of Occupational and Environmental Medicine. 2018;30:33.
6. Zarei F, R Azari M, Salehpour S, Khodakarim S, Kalantary S, Tavakol E. Exposure assessment of core making workers to respirable crystalline silica dust. Journal of Health and Safety at Work. 2017 Apr 15;7(1):1-8. [Persian]
7. Kim K.J, Yoo E.H, Jeong M.I. Song S and Lee S.Y. Changes in the phytoremediation potential of indoor plants with exposure to toluene. HortScience.2011;46(12):1646-1649
8. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs and BEIs: Based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH.2007.
9. Rastkari N, Izadpanah F and Yunesian M. Exposure to Benzene in Gas Station Workers: Environmental and Biological Monitoring. Iran. J. Health & Environment. 2015;8(2):163-170. [Persian]
10. Javadi I, Mohammadian Y, Heybati B and Elyasi E.Occupational exposure of shahindej county refueling stations workers to BTEX compounds, in 2016.J of research in aenvironmental Health. 2017;3(1):75-83. [Persian]
11. Mosaddegh MH, Tahmasebi N, Barkhordari A, Fallahzadeh H, Esmaielian S and Soltanizadeh K.The investigation of exposure to benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) with Solid Phase Microextr action Method in gas station in Yazd province.Iran. South Medicine J.2014;

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

16(6): 419-427. [Persian]
12. Kalantary S, Golbabaei F, Yazdanirad S, Farhang Dehghan S. Review of literature on occupational exposure to the dusts in Iran over the past 14 years. Journal of Health and Safety at Work. 2019 Sep 15. [Persian]
13. Nasri A, Jebelli B, NasrAbadi T, Hadizadeh H and Ghazanchaei E. Determining the Risk of Occupational Exposure to Benzene and Toluene among Gasoline Station Workers, a Case Study in Kerman. Occupational Medicine J. 2015;7(2):57-63.[Persian]
14. Orwell R, WR, Tarran J, Torpy F, Burchett M. Removal of benzene by the indoor plant/ substrate microcosm and implications for air quality. Water, air and soil pollution.2004;(157):193-207
15. Orwell R, WR, Burchett M, Tarran J, Torpy F. The potted-plant microcosm substantially reduces indoor air voc pollution: II. Laboratory study. Water,air and soil pollution.2006;(177):59-80.
16. Wolverton B C, Mcdonald R, Watkins E. Foliage plants for Removing Indoor Air Pollutants From Energy-efficient Homes. Economic Botany. 1984;(35):224-228
17. Wolverton B C, Johnson A, Bounds K. Interior landscape plants for indoor air pollution abatement. National Aeronautics Space Administration.Report. 1989;No.: final
18. Wolverton B C, Wolverton J D. Plants and Soil Microorganisms:Removal of Formaldehyde, Xylene and Ammonia from the Indoor Environment. Missiissippi Academy of Science. 1993;38.
19. Sriprapat W, Suksabye P, Areephak S and Klantup P. Uptake of toluene and ethylbenzene by plants: Removal of volatile indoor air contaminants. cotoxicologyandEnvironmentalSafety.2014; (102):147–151
20. Sriprapat W, Boraphech P and Thiravetyan P. Factors affecting xylene-contaminated air removal by the ornamental plant Zamioculcas zamiifolia. Environ Sci Pollut Res.2014; (21):2603–2610
21. Kim K J, Kil M J, Song J s, Yoo E H. Efficiency of volatile formaldehyde removal by indoor plants: contribution of aerial plant parts versus the root zone. Hortscience.2008;133(4):521-526
22. Mosaddegh M.H, Barkhordari A, Fooladi M. Efficiency of volatile benzene removal by indoor plants,Hedera helix and Dracaena dremensis. Occupational Medicine.2012;(3):34-40. [Persian]
23. Fooladi M, Moogouei R, Jozi S.A, Golbabaei F and Tajadod G. Phytoremediation of BTEX from indoor air by Hyrcanian plants. Environ. health eng. manag. 2019, 6(4): 233-240
24. Ugrekhelidze D, Korte F, Kvesitadze G. Uptake and Transformation of Benzene and Toluene by Plant Leaves. ecotoxicology and environmrntal safety.1997; (37):24-29.
25. Jahani, A. Sycamore failure hazard classification model (SFHCM): an environmental decision support system (EDSS) in urban green spaces. International Journal of Environmental Science and Technology.2019; (16): 955–964.
26. Jahani, A.: Forest landscape aesthetic quality model (FLAQM): A comparative study on landscape modelling using regression analysis and artificial neural networks. Journal of Forest Science.2019.65(2), 61-69.
27. Hwa yoo M, Kwon Y, Son K C, Kay S J. Efficiency of indoor plants for removal of single and mixed volatile organic pollutants physiological effects of the volatiles on the plants. Hortscience 2006;131(4):452-8.
28. Cornejo J, Munoz F J, Ma C Y, Stewart A J. Studies on the Decontamination of Air by Plants. Ecotoxicology.1999;(8):311-20
29. Wood RA, Orwell RL, Tarran J, Torpy F, BurchettM. Potted-plant/ growth media interactions and capacities for removal of volatiles from indoor air. Hortic Sci Biotechnol.2002; (77):120–129

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]

30. Yang D, Pennisi S, Son K, Kays S. Screening indoor plants for volatile organic pollutant removal efficiency. Hortscience.2009; 44(5):1377-81.
31. Jahani, A., Makhdoum, M., Feghhi, J., and Etemad, V. Landscape quality appraisal from lookouts for ecotourism land use (Case study: Patom district of Kheirud forest). Journal of Environment Researches.2011; 2(3): 13-20.
32. Jahani A. Aesthetic quality evaluation modeling of forest landscape using artificial neural network, J. of Wood & Forest Science and Technology. 2017;24(3):17-33.
33. Jahani, A., Mohammadi Fazel, A.: Aesthetic quality modeling of landscape in urban green space using artificial neural network. Journal of forest and wood products (JFWP) .Irainian Journal of natural resources.2017; 69(4), 951-963.
34. Fjeld T. the effect of plants and artificial day-light on the Well-being and health of office workers, school children and health care personnel. Reducing health complaints at work Plants for people. 2002. Report No.: Int. Hort. Exhib. Floriade.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-04]