مجله علمی ترویجی گل و گیاهان زینتی (۱۳۹۵)، ۱(۱): ٤٥-٥٩

کاهش آلودگی هوای منازل و محل کار با استفاده از گیاهان زینتی

ملااحمد نالوسی ایوب[۱]، آزادی پژمان[۲، ۳*]، هدایت باقری[٤]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲. بخش مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران

۳. پژوهشکده ملی گل و گیاهان زینتی

٤. گروه بیوتکنولوژی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

* azadip22@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰٦/۰۸، تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹٤/۰۹/۰۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۲/۱۱

چکیده

گسترش بی‌رویه شهرنشینی، صنعتی شدن، افزایش استفاده از وسایل نقلیه شهری و عدم توسعه فرهنگی هماهنگ با این تغییرات، سبب افزایش آلودگی هوا در کلان‌شهرها شده است. با توسعه صنعتی شدن و شهرسازی مدرن، خانه‌های امروزی نیز از وسایل و تجهیزات مدرن استفاده می‌کنند که به خاطر مواد شیمیایی بکار گرفته شده در آنها، کیفیت هوای داخل منازل را تحت تاثیر قرار می‌دهند. دانشمندان نشان داده‌اند که در این شرایط هوای داخل خانه ۵ تا ۷ برابر آلوده‌تر از هوای بیرون است. افزایش کیفیت هوای داخل ساختمان‌ها با افزایش جمعیت شهرنشین و همچنین صرف بیشتر وقت مردم در منازل و اداره‌ها یکی از مسائل مهم جامعه مدرن است. سوال اصلی این است که چگونه می‌توان هوای داخل خانه و اداره را برای افراد سالم‌تر کرد؟ یکی از راه‌های کارآمد و کم هزینه برای کاهش آلودگی داخل منازل و اداره‌ها، استفاده از گیاهان زینتی جذب کننده و تصفیه کننده آلاینده‌های هوا است. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده جهت کاهش آلودگی هوا، در هر ۹ مترمربع از فضای خانه و محل کار استفاده از گیاهان زینتی مانند افرای پرچین، ارکیده، اسپاتی‌فیلوم، آزالیا، آلوئه‌ورا، بنت قنسول، پاپیتال، پوتوس ابلق، داوودی، دراسنا، درخت پول (پاچیرا)، ژربرا، زنبق رشتی، سرخس برگ شمشیری، شفلرا، فیکوس، فیکوس بنجامین، کروتون، گل گندمی، نخل بامبو، نخل بهشتی، زاموفیلیا، فونیکس و سینگونیوم پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: آلودگی هوا، ترکیبات آلی فرار، گیاهان زینتی

مقدمه

افزایش جمعیت، کاهش منابع طبیعی، افزایش مصرف انرژی و ناپایداری جوامع بشری و محیط زیست، از تهدیدهای جدی پیش روی انسان و تداوم حیات سایر موجودات روی کره زمین به شمار می‌روند. در نتیجه فعالیت‌های صنعتی، ذوب فلزات، کاربرد سوخت‌های فسیلی، معدن کاری، کشاورزی و غیره، حجم زیادی از ترکیبات آلاینده به محیط

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

وارد می‌شود که سلامت آب، خاک و هوا را به خطر می‌اندازد (متشرع‌زاده و ثواقبی فیروزآبادی، ۱۳۹٤). بشر امروزی از عوامل اصلی ایجاد برهم زدن توازن موجود در طبیعت می باشد. فضای سبز و محیط زیست از اساسی‌ترین عوامل پایداری حیات طبیعی و انسان می‌باشند. ایجاد فضای سبز مناسب در مناطق شهری و صنعتی با رعایت اصول و قواعد علمی، باعث کاهش اثرات زیان آور آلودگی‌های محیطی می‌شود. انسان امروزی با اینکه جزئی از طبیعت است و از بودن در آن لذت می‌برد اما خود به مهمترین نابودگر طبیعت تبدیل شده است. آلودگی هوا بزرگترین مشکل محیطی شهرهای بزرگ در نقاط مختلف جهان است (Nowak *et al.* 2006). سالیانه ۳ میلیون نفر در اثر آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند که ۹۰ درصد آنان در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه هستند. در بعضی از کشورها تعداد افرادی که در اثر همین عامل جان خود را از دست می‌دهند، بیشتر از قربانیان سوانح رانندگی است. این مرگ و میر بطور خاص مربوط به آسم، برونشیت، تنگی نفس و حملات قلبی و آلرژی‌های مختلف تنفسی است.

اهمیت کیفیت هوای داخل منازل برای سلامتی انسان در کشورهای توسعه یافته به میزان زیادی افزایش پیدا کرده است، مخصوصا برای کسانی که ۹۰ درصد از وقت‌شان را در داخل منازل مسکونی و ادارات سپری می‌کنند (Jenkins *et al.* 1992). آلوده‌کننده‌های داخل منازل به طور معمول از امکانات ساختمانی و رفاهی، فعالیت‌های انسان در داخل ساختمان و ورود هوای بیرون به داخل منازل بوجود می‌آیند (Zabirgala 2006). آلوده‌کننده‌های داخل منازل شامل ترکیبات آلی فرار (VOC_S)، ذرات ریز، اوزون، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد، رادون، سرب و آلاینده‌های بیولوژیکی هستند (Destaillats *et al.* 2008). آلودگی هوای داخل منازل برای کودکان بسیار خطرناک است، زیرا کودکان سریع‌تر نفس کشیده و هوای بیشتری را وارد بدن خود می‌کنند. اسپری های شیمیایی خوشبوکننده هوا، رنگ در و دیوار و کمدهای خانه، فرش، قالیچه و مبل، مواد تمیزکننده خانگی، لباس‌های گرفته شده از خشکشویی، دود سیگار، دود ظروف تفلون، اجاق گاز، گاز رادون، شومینه، مواد شیمیایی وسایل کاردستی منبع ایجاد آلودگی در داخل منازل هستند. گازهای منتشر شده توسط وسایل خانگی باعث بروز سریع سردرد، تهوع، سوزش چشم و گلو می‌شوند. وقتی افراد بطور بلند مدت در معرض ترکیبات ذکر شده قرار می‌گیرند، بیماری‌های مختلفی همچون تنگی نفسو تهوع و در موارد پیشرفته منجر به بروزسرطان، بیماری‌های ایمونولوژیک، عصبی، اختلالات تولید مثلی، ناهنجاری‌های رشدی و اختلالات تنفسی در انسان بروز می‌یابند (Suh *et al.* 2000).

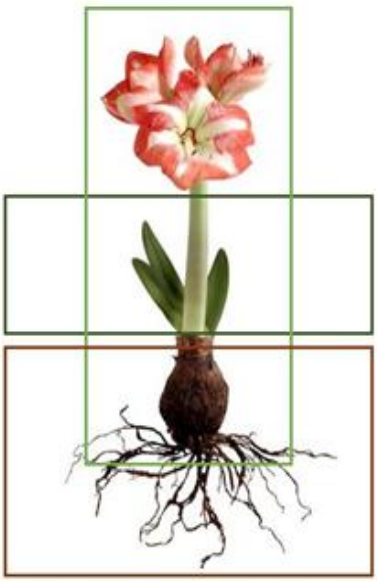
روش‌های فیزیکی و شیمیایی زیادی برای رفع آلودگی‌ها ابداع و اجرا شده‌اند که هر کدام دارای مزایا و معایبی می‌باشند. اخیرا روش جدیدی به نام گیاه پالایی یا پالایش سبز ارائه شده که به معنای کاربرد گونه‌های گیاهی به منظور پالایش منابع آب، خاک و هوا است. این فناوری، دوست‌دار محیط زیست، موثر، اقتصادی و کاربردی تلقی است (متشرع‌زاده و ثواقبی فیروزآبادی، ۱۳۹٤). درک فرآیند جذب در گیاه برای پیش‌بینی تجمع آلاینده‌های آلی و ارزیابی خطر آنها برای سلامتی انسان و اکوسیستم و همچنین برای توسعه تکنولوژی گیاه پالایی مناسب بسیار مهم است (Schmitz *et al.* 2000). گیاهان می‌توانند آلاینده‌های آلی را از روش‌های مختلفی جذب کنند (De La Torre-Roberto *et al.* 2012). میزان و کارآیی جذب توسط ریشه، برگ و ساقه معمولا وابسته به غلظت آلاینده، خصوصیت آلاینده، نوع گونه گیاهی، مدت زمان در معرض قرارگیری و سایر متغیرها است. آلاینده‌ها در ریشه می‌توانند از طریق آوند چوبی حرکت کرده و در نهایت به شاخه‌ها رسیده و از طریق برگ‌ها به صورت بخار وارد جو شوند.

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

مسیر دوم، جذب توسط برگ است که آلاینده ها وارد بافت برگ می‌شوند یا در لایه واکسی برگ، تثبیت می‌شوند. آلاینده‌های آلی مثل تریکلراتیلن موجود در شاخه‌ها می‌توانند از طریق آوند آبکش وارد ریشه‌ها شوند (Boonsaner & Hawker 2012).

آلاینده‌ها و مکانیسم جذب برخی از آنها توسط گیاهان

گیاه پالایی از طریق تجزیه آلاینده‌ها (گیاه - تجزیه‌ای) (Phytodegradation)، استخراج (گیاه - استخراجی) (Phytoextraction)، فیلتر (گیاه - فیلتری) (Phytofiltration)، تبخیری (گیاه – تبخیری) (Phytovolatilization) تجزیه از طریق ریشه (Rhyzodegradation) و تثبیت (گیاه - تثبیتی) (Phytostabilization) صورت می‌گیرد (شکل ۱).



شکل ۱- قسمت‌های مختلف گیاه برای جذب آلاینده‌ها در سیستم گیاه پالایی، اندام هوایی: جذب از طریق کوتیکول و روزنه‌ها، اندام‌های زیرزمینی: جذب بوسیله ریشه و ریزسازواره‌ها (منبع: مؤلفین).

آلاینده‌های غیر آلی

اوزون

ورود اوزون از طریق تنفس به داخل بدن انسان بسیار خطرناک است. تاثیر منفی اوزون روی انسان از طریق اکسید کردن بافت‌های بیولوژیکی صورت می‌گیرد. غلظت بالای اوزون منجر به سرفه کردن، درد در هنگام کشیدن نفس عمیق و کاهش مقاومت انسان در برابر سرما و ذات الریه شده و در بعضی موارد سبب بروز آسم و برنشیت می‌شود. اوزون با غلظت بالاتر از ۱۰ میکروگرم در مترمکعب، توانایی از بین بردن فیبرمصنوعی، لباس‌های رنگی و سایر مواد را دارد (Lazaridis 2011). بخشی از اوزون داخل منازل از محیط بیرون منشأ می‌گیرد. غلظت اوزون در داخل ساختمان، تابع جذب در سطوح مختلف و واکنش‌های گازی داخل خانه است. منبع آزاد شدن اوزون، دستگاه‌های فتوکپی و پرینترهای لیزری هستند. به همین دلیل غلظت اوزون در داخل محیط اداری بسیار بیشتر است. همچنین وسایل تصفیه هوا که از رسوب الکترواستاتیک استفاده می‌کنند، منبع تولید اوزون هستند. میزان تغییر غلظت اوزون در داخل منازل به وسیله پارامترهای مختلفی که در بالا اشاره شد تعیین می‌شود، البته تغییرات روزانه و فصلی معنی‌دار هستند. میزان اوزون در داخل منازل بعد از جذب به وسیله مواد (لباس‌ها، وسایل خانه پوست انسان و غیره) و واکنش در سطح آن‌ها بسیار کمتر است. نیمه عمر غلظت اوزون در داخل منازل تقریباً ۷ تا ۱۰ دقیقه است (Weschler 2000). سطوح بالای اوزون در تابستان، همراه با تابش شدید خورشید، منجر به تولید مقدار زیادی ترکیبات نیتروژنه می‌شود. پاسخ گیاه به اوزون معمولا به غلظت اوزون بستگی دارد. نتایج آزمایشگاهی نشان داده است که جذب اوزون به وسیله گیاه بسته به گونه و رقم و فاکتورهای محیطی در طول رشد گیاه متفاوت است (Fiscus *et al*. 2005). برای درک چگونگی جذب اوزون

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

باید در خصوص مکانیسم‌های مولکولی و بیوشیمیایی که در فرایند سم‌زدایی اوزون و فاکتورهای محیطی که بر هدایت روزنه‌ایی تاثیر می‌گذارند، متمرکز شد (Massman 2004; Pleijel *et al*. 2004). فاکتورهای محیطی بسیار مهم هستند چون جذب اوزون به طور عمده از طریق روزنه‌های برگ صورت می‌گیرد (Runeckles 1992; Long & Naidu 2002).

جذب NO_2 به وسیله گیاه

دی اکسید نیتروژن گازی است مرئی با رنگ قهوه‌ای مایل به زرد یا قهوه‌ای مایل به قرمز که طی فرایندهای پیچیده اتمسفر به ذرات معلق نیترات (NO_3) تبدیل می‌شود. به علاوه دی اکسید نیتروژن نیز همچون اکسید نیتریک یکی از آلاینده‌های اصلی مه دود است. این گاز در شهرها به علت فعالیت‌های انسانی از غلظت بالایی برخوردار است. احتراق سوخت‌ها در دمای بالا سبب تولید این آلاینده می‌شود. چنانچه غلظت دی اکسید نیتروژن به حدود ۰/۲۵ پی پی ام برسد، قابلیت دید را به میزان قابل توجهی کاهش خواهد داد. ثابت شده که اثر دی اکسید نیتروژن بر روی انسانها کاملا به اثر تنفسی محدود می‌شود که باعث پیامدهائی نظیر اختلال در بویائی، بیحالی، خستگی، اشکالات تنفسی، تحریک گلو، چشم، ناراحتی‌های اعصاب، گشادی مردمک چشم و افزایش برونشیت حاد می‌شود. دی‌اکسید نیتروژن به طور مستقیم از طریق برگ‌ها جذب می‌شود. همچنین بطور غیر مستقیم از طریق آب باران وارد خاک شده و با جذب ریشه در داخل گیاه رسوب می‌کند. رسوب سطحی این گاز روی برگ در ارقام مختلفی از گیاهان و تحت تاثیر فاکتورهای محیطی، کرک‌ها، عکس االعمل کوتیکول، وضعیت آبی برگ و دما انجام می‌گیرد (Taylor *et al*. 1988). نفوذ گاز NO_2 به داخل برگ زمانی که روزنه‌ها باز هستند، به سن گیاه، غلظت NO_2، و بعضی از فاکتورهای محیطی و تغذیه‌ای بستگی دارد (Thoene *et al*. 1991). دی‌اکسید نیتروژن از طریق آب باران به صورت HNO_3 و HNO_2 جذب گیاه می‌شود. میزان حلالیت این گاز در آب اتمسفر بسیار بالا است و تقریبا به مدت یک هفته در اتمسفر باقی می‌ماند (Derwent & Steward 1973). خاک‌ها، مخصوصا خاک‌های قلیایی به طور مستقیم NO_2 اتمسفر را جذب می‌کنند (Ghiorse & Alexander 1976). سپس این گاز از طریق ریشه‌ها جذب شده و وارد گیاه می‌شود. بعد از حل شدن NO_2 در شیره سلولی، نیترات و نیتریت تولید می‌شوند که با فعالیت آنزیم نیترات و نیتریت ردوکتاز کاهش می‌یابند و در نهایت NH_4^+ تولید می‌شود که از طریق مسیر GS-GOGAT به گلومات تبدیل می‌شود. افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز پس از اینکه گیاه در معرض NO_2 قرار می‌گیرد به وسیله چندین محقق مشخص شده است (Yu *et al*. 1988; Wingsle *et al*. 1987; Takeuchi *et al*. 1985; Murray & Wellburn 1985; Wellburn *et al*. 1981; Yoneyama & Sasakawa 1979; Zeevaart 1974).

جذب SO_2 به وسیله گیاه

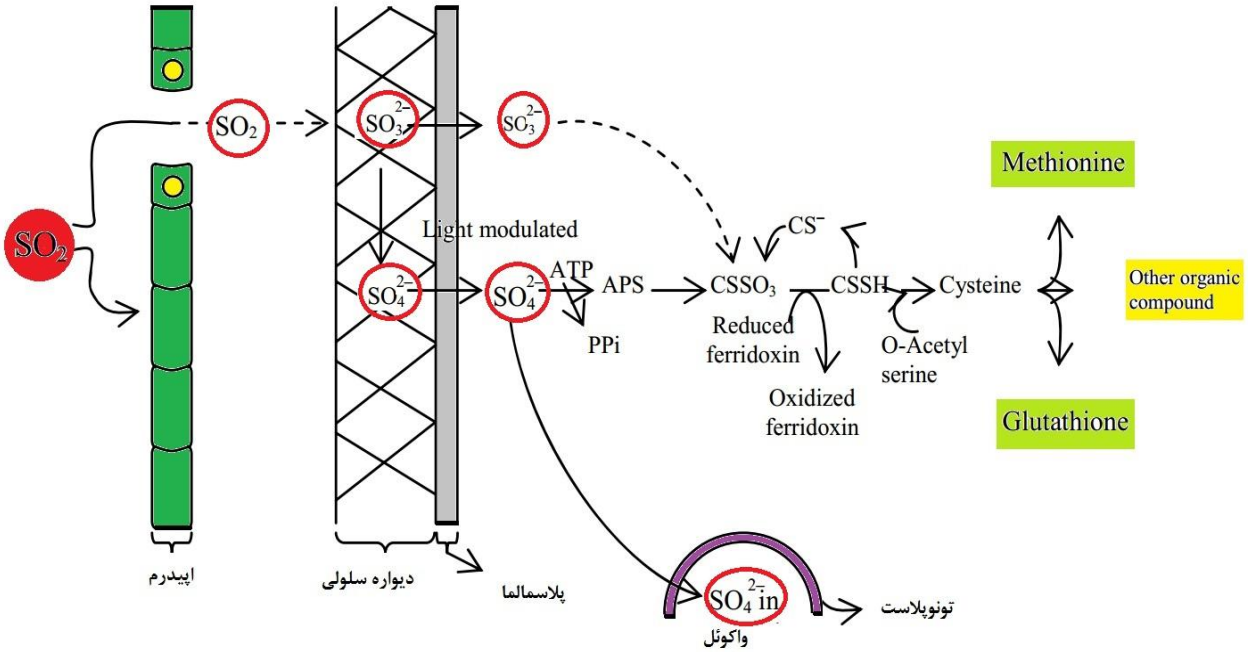
SO_2 گاز بی‌رنگ و بی بو است که در سطح کره زمین به میزان خیلی پایین وجود دارد. هنگامی که غلظت آن بین ۱-۳ پی پی ام در اتمسفر باشد بر حس چشایی اثر خواهد گذاشت و در مقادیر بالاتر از ۳ پی پی ام بوی بدی به همراه خواهد داشت. وقتی SO_2 در اتسفر منتشر شود در جریان واکنش‌های پیچیده به ذرات معلق سولفات (SO_4) تبدیل می‌شود. برخی از سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ و مواد نفتی سنگین (نفت کوره و گازوییل) حاوی مقادیر زیادی گوگرد هستند، که این گوگرد در اثر احتراق به شکل گاز دی‌اکسید گوگرد در فضا پخش می‌شود. خودروهای دیزلی با وجود سهم اندک در ترافیک عامل انتشار تقریبا تمامی دی اکسید گوگرد از منابع متحرک هستند. طبق

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

برآورد سازمان بهداشت جهانی به طور تقریبی ۲۹۴ میلیون تن از این گاز در سطح جهان تولید می‌شود، که حدود نیمی از این مقدار از منابع طبیعی (فعالیت آتش فشان) تولید می‌شود و نیم دیگر آن توسط فعالیت‌های انسانی به وجود می‌آید که در اثر سوختن سوخت‌های فسیلی است. SO_2 حتی در غلظت‌های بسیار کم موجب ایجاد واکنش‌هایی در مغز، تحریک غشاء مخاطی دستگاه تنفس، افزایش مقاومت ریه به جریان هوا، درد در ناحیه سینه، گاهی ریزش خون از بینی، اثر بر سیستم گوارش، تحریک چشم، تنگی نفس، افزایش ضربان قلب، افزایش سرعت حرکات تنفسی، توسعه بیماریهای مزمن ریوی بخصوص برونشیت، سرفه و کاهش ظرفیت تنفسی می‌شود. SO_2 معمولا از راه روزنه‌ها وارد بافت‌های گیاهی می‌شود. گیاهان می‌توانند از SO_2 جذب شده در چرخه کاهش دهنده سولفور برای رشد و نمو استفاده کنند (شکل ۲). در مناطق آلوده (خاک و هوا)، گیاهان میزان سولفات بیشتری داشته‌اند (Reddy & Dubey 2000; Krupa & Legge 1999).

Manninen و Huttunen در سال ۲۰۰۰ طی تحقیق خود روی کاج اسکاتلندی و نوئل نروژی نشان دادند که وقتی این درختان در معرض گاز SO_2 قرار می‌گیرند، میزان غلظت سولفات در بافت گیاه افزایش می‌یابد. بخشی از این جذب از طریق روزنه‌ها صورت گرفته و قسمت دیگر مربوط به جذب سولفور و نیترات از خاک است (Kumar & Dubey 1998). سولفات باقی مانده به اندازه کافی سمّی است و باعث کلروز و از بین بردن تعادل غذایی گیاه می‌شود (Giodano *et al.* 2005). بنابراین باید سولفات باقی مانده به عنوان آخرین مسموم کننده در متابولیسم SO_2 مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۲- کاهش دی‌اکسید سولفور در سطح سلولی، جذب از طریق روزنه: تبدیل شدن به متیونین، گلوتاتیون و سایر ترکیبات آلی (تغییر یافته از Singh & Verma 2007)

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

آلاینده‌های آلی

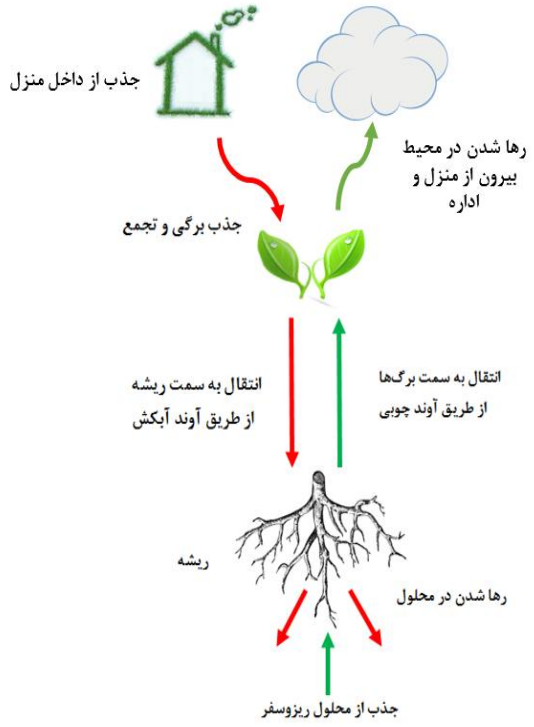
جذب بنزن و تولوئن در گیاه

بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن هیدروکربن‌های آروماتیک مونوسیکلیک هستند که بخش مهمی از ترکیبات آلی فرار در فضای داخل منازل و اداره‌ها را به خود اختصاص می‌دهند (Sriprapat & Thiravetyan 2013). بنزن به عنوان ماده سرطان‌زا برای انسان تلقی شده و قرارگرفتن طولانی مدت در معرض آن، منجر به لوسمی غیر لنفوسیتی می‌شود (Sriprapat *et al*. 2014). در سال ۱۹۳۷ دانشمندان انگلیسی پیشنهاد کردند که میانگین سالانه بنزن در هوا نباید بیش از ۵ واحد در میلیارد (ppb) باشد. هر گونه ورود بنزن به درون بدن، دارای اثراتی منفی برای سلامتی انسان است. بنزن از ترکیبات مهم نفت (٦ درصد حجمی) است (Anon 1994). بنابراین با توسعه وسایل حمل و نقل در جاده‌ها، میزان آزادسازی آن بیشتر می‌شود. آزادسازی بنزن معمولا به صورت ناپایدار در پمپ بنزین و با سوختن ناقص سوخت در وسایل نقلیه صورت می‌گیرد. بنزن همچنین به عنوان قالب ساخت در تولید پلاستیک استفاده می‌شود که ممکن است بصورت فرار آزاد گردد. مطالعات کمی روی قابلیت گیاهان در جذب ترکیبات فعال آلی مثل بنزن انجام شده است. مقدار بنزن کمی در گیاهان رشد کرده در کنار جاده های شهری یافت شده است (Keymeulen *et al*. 1993). در خاک آبیاری شده با بنزن نشاندار شده، بخش بزرگی از آن به صورت گاز آزاد شد و فقط ۲ درصد از آن وارد بافت گیاه گردید (Ferro *et al*. 1997). آزمایش‌های مختلف با هیدروکربن نشاندار (کربن ١٤) نشان داده است که بنزن و تولوئن توسط گیاه تحت شرایط استریل، جذب شده و حلقه آروماتیک این مولکول‌ها در طی تغییر و تبدیل متابولیکی شکافته می‌شوند. این هیدروکربن‌ها بعد از طی مراحلی تحت تغییر و تبدیل مشابه، وارد میوه و غده‌ها می شوند (Collins *et al*. 1998). تحقیق در مورد جذب و تبدیل هیدروکربن‌های آروماتیک توسط گیاهان از لحاظ شناسایی مکانیسم سمیت‌زدایی ترکیبات خارجی و متابولیسم مشتقات طبیعی بنزن مهم است. مطالعه‌های گوناگون شامل جذب و تبدیل آلکان‌های گازی، سیکلوهگزان، هیدروکربن آروماتیک مونوسیکلیک، فنول‌ها و برخی آفت کش‌ها در گیاهان یکساله و چند ساله نشان داده که بنزن و تولوئن، آلوده کننده‌های فراری هستند که توسط برگ گیاه جذب می‌شوند.

جذب فرمالدئید در گیاه

فرمالدئید یکی از ترکیبات آلی فرار است که در محیط کار و خانه وجود دارد. این ماده از مبلمان (خصوصا از صفحه‌های فیبر چوبی) و از لوازمی مانند رنگ مواد آرایشی، رنگ دیوار، فرش و پرده و غیره وارد هوا می‌شود. همچنین یکی از ترکیبات اصلی دود سیگار است. قرار گرفتن طولانی مدت در معرض این ماده در سطح سمّی منجر به بیماری های قلبی و عروقی می‌شود (Soto & Page 1990). فرمالدئید بسیار فرار بوده و خاصیت احیای شیمیایی آن بسیار بالا است (Xu *et al*. 2011). این ماده یکی از ترکیباتی است که متابولیسم گیاه را تنظیم می‌کند. فرمالدئید تولید شده در داخل گیاه در دو مرحله به CO_2 اکسید می‌شود و سپس در تاریکی رها می‌شود یا در نور طی فتوسنتز متابولیزه می‌شود (Schmitz *et al*. 2000). ترکیبات فرار مانند فرمالدئید از طریق روزنه‌ها و کوتیکول‌های برگ‌های جوان که آمادگی بیشتری برای جذب دارند، وارد گیاه می‌شوند. در شرایط تاریکی که فتوسنتز گیاه متوقف شده و فعالیت‌های سوخت و سازی به شدت کاهش می‌یابد، در بخش ریشه گیاه، ریزسازواره‌های موجود در خاک به جذب و حذف ترکیبات آلی فرار ادامه می‌دهند (Wood *et al*. 2001). Su و Liang (۲۰۱۵) طی پژوهش خود روی گیاه سجافی (گل گندمی) نشان دادند که

فرمالدئید خیلی سریع به وسیله بافت‌های این گیاه جذب می‌شود. فرمالدئید تجمع یافته در برگ با کاهش سطح فرمالدئید هوا می‌تواند دوباره به داخل هوا رها شود. بنابراین شاید می‌توان از این گل در داخل منازل و اداره‌ها به عنوان جاذب فرمالدئید استفاده کرد و در شبانه روز یک ساعت این گل را در محیط بیرون از منزل قرار داد تا فرمالدئید جذب شده در داخل را خیلی سریع در هوا رها کند، و دوباره برای جذب فرمالدئید به داخل منزل منتقل گردد که این روش به طور موثری میزان فرمالدئید را داخل منازل کاهش می‌دهد (شکل ۳). البته در این خصوص نیاز به بررسی‌های بیشتری می‌باشد. با بررسی گیاه مدل آرابیدوپسیس مشخص شده است که ژن *AtFALDH* مسئول جذب فرمالدئید می‌باشد. با جداسازی این ژن و انتقال آن به گیاه اطلسی توانسته‌اند گیاهان جاذب فرمالدئید را تولید کنند (Lee *et al*. 2014).



شکل ۳- جذب و آزاد شدن فرمالدئید (تغییر یافته از Su & Liang 2015).

کنترل ترکیبات آلی فرار

تولوئن و اتیل بنزن مواد شیمیایی هستند که در گروه ترکیبات آلی فرار قرار گرفته و معمولا در هوای داخل منازل به وفور یافت می‌شوند. تولوئن در ترکیبات متعددی مانند انواع رنگ، چسب، کاغذ دیواری، فرش، رنگ، لاک ناخن و گازوئیل یافت می‌شود. ولی اتیل بنزن فقط در رنگ وجود دارد. وجود این ترکیبات در هوای منزل می‌توانند برای سلامتی انسان بسیار مضر باشند (Sriprapat *et al*. 2014). مواد شیمیایی آلی به طور گسترده در ترکیب وسایل خانگی مثل رنگ، تمیزکننده‌ها، چسب‌ها و مصالح ساختمانی استفاده می‌شوند. آزاد شدن ترکیبات فعال آلی معمولا از وسایل خانگی در خانه‌هایی که ساکنین آن به عارضه سندروم ساختمانی (Sick building syndrome) مبتلا هستند، دیده می‌شود. سندروم ساختمانی به شرایطی گفته می‌شود که ساکنین ساختمان نشانه‌هایی از بیماریهایی را دارا هستند که به سپری کردن زمان زیاد در آن ساختمان نسبت داده می‌شود اما بیماری خاصی را به سبب آن نمی‌توان نام برد. علائم خاصی مانند تحریک دیواره موکوس، سردرد، کرخت شدن، خستگی و خواب آلودگی توسط ساکنین گزارش شده است (Hayward *et al*. 1993). محدوده غلظت اندازه‌گیری شده ترکیبات فرار آلی در هوای داخل منازل خیلی وسیع است. برای نمونه در یک مطالعه ملی در کانادا در مورد ۲۶ غلظت ترکیبات فرار آلی موجود در هوای داخل منازل مشخص شد که غلظت این ترکیبات بین ٤/٤ تا ۱۰/۸ میکروگرم در مترمکعب در ۷۵٤ منطقه مورد مطالعه بود (Fellin & Osten 1994). بیشترین غلظت ترکیبات فرار برای تولوئن ۸٤ و ٤۸ میکروگرم در متر مکعب اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری مقدماتی غلظت ترکیبات فرار آلی در منازلی در استرالیا نشان داد که غلظت ترکیبات آلی فرار بین ۳۲ تا ۱٤۳ میکروگرم در مترمکعب متغیر است. والاس و همکاران (۱۹۹۰) دریافتند که در ۵۰ درصد

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

ساختمانهای آمریکا غلظت ترکیبات آلی فرار بیشتر از ۱ میکروگرم در مترمکعب است. سیفرت (۱۹۹٤) دادههای حاصل از مطالعه مزرعهای را در منازل آلمان جهت تخمین میزان ترکیبات فرار آلی استفاده کرد و غلظت ۳۰۰ میکروگرم در مترمکعب ترکیبات فرار آلی (TVOCs) را بعنوان سطح غیر بیماریزا در خانههای آلمان پیشنهاد کرد. براون و همکاران (۱۹۹٤) با بازنگری بینالمللی اندازهگیری ترکیبات فرار آلی، دریافتند که میانگین ترکیبات فرار آلی در ساختمانهایی که دارای سکونت هستند ۱۱۳۰ میکروگرم در مترمکعب و در ساختمانهای تازه ساخت حدود ٤۰۰۰ میکروگرم در مترمکعب است. هالکومب و سیبروک نیز دریافتند میانگین غلظت ترکیبات فرار آلی در مکانهای عمومی ۳۱۵/۱ میکروگرم در مترمکعب در محدوده ۱۷/۸۵ تا ۱٦۲۷ بود. گاماج و همکاران (۱۹۸۹) سطح مجاز میزان ترکیبات فرار آلی را ۵۰۰۰ میکروگرم در مترمکعب را توصیه کردند. موسسه تحقیقات دارو و سلامتی استرالیا غلظت درون خانهای ترکیبات فرار را ۵۰۰ میکروگرم در مترمکعب در ساعت برای ترکیبات فرار آلی منفرد که غلظت آنها کمتر یا مساوی ۵۰ درصد غلظت ترکیبات آلی کل باشد را بعنوان سطح مجاز و غیر بیماریزا توصیه کردند. برای دستیابی و حفظ کیفیت هوای درون منازل، مکان ساختمان و کیفیت هوای بیرون آن منطقه، خصوصیات طراحی سازه، فضای مورد استفاده، فضای اشغال شده، طراحی تهویه، مصالح به کاررفته، مبلمان و نحوه تکمیل و اداره ساختمان از مسائل خیلی مهم هستند. از لحاظ تکنیکی سه روش برای بهبود کیفیت هوای خانه وجود دارد. اولین و موثرترین روش جلوگیری از ورود آلودگی است. دومین گزینه، افزایش سرعت تهویه برای کم کردن منابع غیرقابل کنترل میباشد. گزینه سوم تمیز کردن هوا و کنترل آلودگی هوا است که به طور گسترده برای کنترل ترکیبات فرار آلی ایجاد شده یه وسیله وسایل درون منازل به کار میرود (Guo *et al.* 2003). کنترل ترکیبات آلی فرار در اتمسفر مشکل محیطی بزرگی است. استفاده از دستگاههای تصفیه هوا که دارای فناوریهای جدیدی مانند فیلترهای کربن و فیلترهای هپا میباشند روش جدیدی است که باین منظور بکار برده میشوند اما این روشها دارای هزینههای بسیار بالایی بوده و ممکن است تولید زبالههای ثانویه کنند. گیاهپالایی، روش دیگری برای کاهش آلودگی ترکیبات آلی فرار در هوا است. تحقیقات نشان میدهد که گیاهان زیادی توانایی جذب این ترکیبات را دارند (Liu *et al.* 2007; Nelson & Wolverton 2011). روزنه و کوتیکول گیاهان (شکل ٤)، مسیر بسیار مهمی برای جذب ترکیبات آلی فرار است (Kvesitadze *et al.* 2009). در شرایط تاریکی آلایندههای گازی به طور مداوم به وسیله گیاهان جذب میشوند (Orwell *et al.* 2004). فیزیولوژی روزنه هر گونه گیاهی، ویژگیهای فیزیکوشیمیایی کوتیکول گیاهان و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آلایندهها مثل حلالیت در آب یا آبگریزی (چربی دوستی) از مهمترین فاکتورهایی هستند که بر کارایی جذب آلایندهها توسط گونههای گیاهی تاثیر میگذارند.

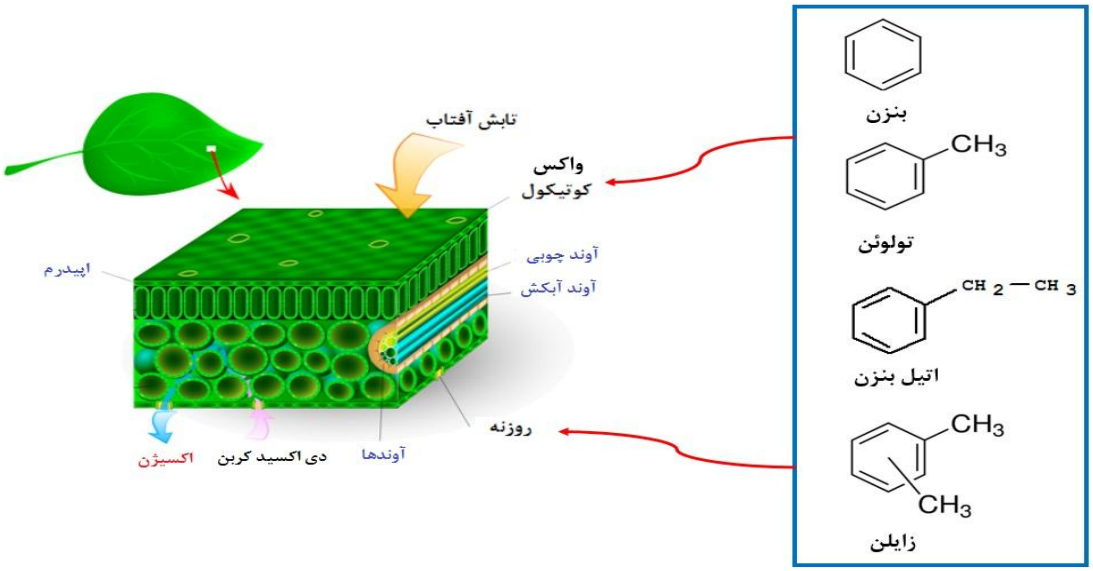
فواید گیاهان زینتی آپارتمانی برای سلامتی انسان

گیاهان زینتی آپارتمانی به طور مستقیم فواید قابل اندازهگیری در سلامتی افراد دارند. فجلد و همکاران (۱۹۹۸) در تحقیق خود نشان دادند که با استقرار گیاهان زینتی در محل کار، مرخصی استعلاجی کارکنان حدود ٦۰٪ کاهش یافت. همچنین قرار دادن گیاهان در کلاسهای مدرسه باعث شد تا غیبت استعلاجی کمتری در بین بچههای مدرسه صورت گیرد. کارکنانی که در دفترشان از گیاهان نگهداری میکنند، ۳۷ درصد سرفه کمتر، ۳۰ درصد خستگی کمتر و ۲۳ درصد علائمی از جمله سردرد، چشم درد و گلو درد و سنگینی سر را با میزان کمتری نشان داده اند (Fjeld *et al.* 1998). دراویجن و همکاران (۲۰۰۸) در یک بررسی روی بیش از ٤۰۰ فرد مشاهده کردند که با

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]



شکل ٤- جذب آلاینده‌ها از طریق روزنه‌ها و واکس کوتیکول (مؤلفین)

قرار دادن گیاهان زینتی در محل کار، رضایت‌مندی شغلی کارکنان به طور معنی‌داری افزایش یافته و کارکنان در این بین ترجیح دادند که گیاهان زینتی را در جلوی پنجره کشت کنند. اثر گیاهان زینتی آپارتمانی بر سلامتی فیزیولوژیکی ممکن است به دلیل تماس هوای سالم با پوست به جای هوای آلوده باشد (Bringslimark *et al.* 2009). مزایای فیزیولوژیکی مواد گیاهی ممکن است وابسته به حجم مواد گیاهی در فضای منزل و اداره، حضور خطی در مسیر دید و مدت تماس افراد باشد. همان طور که اساس بعضی از روش‌های بیوتکنولوژی برای تمیز کردن هوا به وسیله گیاهان، دیوار گیاهی (استفاده از گیاهان به صورت دیوار سبز)، مرتبط با افزایش اساسی در میزان مواد گیاهی در ساختمان است، پتانسیلی وجود دارد که این سیستم‌ها بتوانند اثرات دو جانبه برای سلامتی فیزیولوژیکی و همچنین سودمندی موثری روی افزایش کیفیت هوا داشته باشند (Tropy *et al.* 2015).

معرفی گیاهان زینتی ویژه برای کاهش آلودگی هوا در داخل ساختمان

تحقیق در مورد تجمع مواد آلوده درون گیاه بیشتر روی محیط‌های آلوده مایع و جامد متمرکز شده و اطلاعات کمتری در مورد تجمع آلاینده‌های هوا در گیاهان موجود است. همانطور که در بالا اشاره شد آلاینده‌های موجود در هوا به طور مستقیم از برگ‌ها و اندام هوایی وارد گیاه می‌شوند. در بسیاری از کشورهای جهان اقداماتی برای کاهش آثار آلودگی هوا بر محیط زیست انجام شده است. درحالی که دانشمندان آثار زیانبار آلودگی هوا را بر گیاهان، حیوانات و زندگی انسان‌ها مطالعه می‌کنند، قانون‌گذاران قوانینی را برای کنترل آلاینده‌ها تصویب نموده و آموزگاران در مدارس و استادان در دانشگاه‌ها آثار آلودگی هوا را برای نسل جوان تشریح می‌کنند. اولین گام برای حل مشکل آلودگی هوا ارزیابی است. محققان آلودگی هوا را بررسی نموده و استانداردهایی را برای اندازه‌گیری نوع و مقدار

آلاینده‌های خطرناک تعیین می‌کنند. بعد از آن باید حد مجاز آلاینده‌های هوا مشخص شود. در مرحله بعد می‌توان گام‌هایی برای کاهش آلودگی هوا برداشت. تنظیم مقرراتی برای موادی که در اثر فعالیت‌های انسانی در فضا منتشر می‌شود این مسیر را تکمیل می‌کند. بسیاری از کشورها برای میزان انتشار آلاینده‌های خودروها و صنایع محدودیت‌هایی را اعمال کرده‌اند. این کار از طریق سازمان‌های هماهنگ‌کننده که وظیفه نظارت بر محیط زیست و هوا را به عهده دارند، انجام می‌شود. سازمان ملل با برنامه مدیریت جو، طرح‌های زیست محیطی را در سراسر جهان اجرا می‌کند (NASA 2011). محققان ناسا با هدف بهبود کیفیت زندگی فضانوردان در ایستگاه فضایی بین‌المللی (International Space Station (ISS))، گیاهان زینتی مختلف را در معرض مواد شیمیایی قرار داده و توانایی آنها را برای حذف آلودگی هوا بررسی کرده‌اند. طی تحقیقات دو ساله ناسا، فهرستی از گیاهان زینتی با توانایی تصفیه هوا و حذف آلاینده‌های سمّی از محیط منزل و محل کار تهیه شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد برخی از گیاهان زینتی قادر به فیلتر کردن و حذف چشمگیر آلاینده‌های سمّی هستند بطوری که تنها در مدت ۲۴ ساعت می‌توانند تا ۹۰ درصد مواد سمّی موجود در هوا را به خود جذب کنند. این گیاهان، جذب مواد شیمیایی خطرناک در هوا را از طریق روزنه‌های برگ‌ها انجام می‌دهند (جدول ۱). بر اساس تحقیقات ناسا، یک گیاه در فضای ۹ مترمربع خانه یا محل کار دارای اثر بخشی مناسب در پاکسازی و تصفیه هوا است. در این فهرست گیاهانی شامل فیلودندرون، پوتوس ابلق، آگلونما، سرخس، فیکوس بنجامین، ژربرا، کلروفیتوم، بامبو، پیچک و گیاه سانسوریا قرار دارند.

یانگ و همکاران (Yang *et al.* 2009) گیاهان زینتی را از نظر قدرت جذب آلاینده‌ها در سه دسته قرار دادند:

۱- گیاهان زینتی که قدرت جذب آلایندگی بالایی دارند مانند: *Hemigraphis alternata*، عشقه (*Hedera helix*)، ترادسکانتیا پالیدا (*Tradescantia pallida*)، مارچوبه زینتی (*Asparagus densiflorus*) و پیچ شمعی (*Hoya carnosa*).

۲- گیاهان زینتی که قدرت جذب آلایندگی متوسطی دارند مانند: فیکوس بنجامین، فیتونیا، سانسوریا، گازمانیا، آنتوریوم، شفلرا (*Schefflera elegantissima*)، *Polyscias fruticosa*.

۳- گیاهان زینتی که قدرت جذب آلایندگی پایینی دارند مانند: پپرومیا (*Peperomia clusiifolia*)، گل گندومی (*Chlorophytum comosum*)، نخل کنتیا (*Howea belmoreana*)، گل اسپاتی‌فیلوم (*Spathiphyllum wallisii*)، شفلرا (*Schefflera arboricola*)، کروتون (*Codiaeum variegatum*)، کالاتیا رزپیکتا (*Calathea roseopicta*)، برگ عبایی (*Aspidistra elatior*)، مارانتا (*Maranta leuconeura*)، دراسنا (*Dracaena fragrans*)، فیکوس معمولی (*Ficus elastica*)، دیفن باخیا (*Dieffenbachia seguine*)، فیلودندرون (*Philodendron scandens* ssp.)، سیگونیوم (*Syngonium podophyllum*)، پوتوس ابلق (*Epipremnum aureum*) و شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens*) (Yang *et al.* 2009).

سریپراپات و همکاران (۲۰۱۴) طی تحقیقی که روی ۱۲ گونه گیاهان زینتی انجام دادند، نشان دادند که این گیاهان توانایی جذب آلاینده‌هایی مانند تولوئن و بنزن را دارند این گیاهان زینتی عبارتند از: آلوئه‌ورا، سانسوریا (*Sansevieria masonina*)، سانسوریا (*Sansevieria trifasciata*)، سانسوریا (*Sansevieria hyacinthoides*)، سانسوریا (*Sansevieria ehrenbergii*)، کالانکوئه (*Kalanchoe blossfeldiana*)، دراسنا (*Dracaena deremensis*)، دراسنا (*Dracaena sanderiana*)، کروتون (*Codiaeum variegatum*)، گل گندومی (*Chlorophytum comosum*)، کوردلین (*Cordyline fruticosa*)، و آگلونما

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

(*Aglaonema commutatum*) (Sriprapat *et al.* 2014).

جدول ۱- گیاهان مناسب برای منازل که قابلیت جذب آلاینده‌های هوا را دارند

آلاینده‌ها	گیاهان زینتی تصفیه کننده آلاینده‌ها
بنزن	ارکیده، اسپاتی‌فیلوم، آزالیا، آلوئه‌ورا، بنت قنسول، پاپیتال، پتوس، داوودی، دراسنا، درخت پول (پاچیرا)، ژربرا، زنبق رشتی، سرخس برگ شمشیری، شفلرا، فیکوس، فیکوس بنجامین، کروتون، نخل بامبو، نخل بهشتی (آزادی و همکاران، ۱۳۹۳)، زاموفیلیا (*Zamioculcas zamiifolia*) (Sriprapat & Thiravetyan, 2013)، افرای پرچین (*Acer campestre*) (Ugrekhelidz *et al.* 1997)، داودی (Liu *et al.* 2007)، پوتوس ابلق (*Epipremnum aureum*)، فونیکس (*Phoenix roebelenii*) (Baosheng *et al.* 2009)، سینگونیوم (*Syngonium podophyllum*) (Chun *et al.* 2010).
تولوئن	ارکیده، اسپاتی فیلوم، آزالیا، آلوئه ورا، آنتوریوم، بنت قنسول، پاپیتال، پتوس، داوودی، دراسنا، کروتون، نخل بامبو، نخل راپیس و نخل ققنوس (آزادی و همکاران، ۱۳۹۳). افرای پرچین (Ugrekhelidz *et al.* 1997)، داودی (Liu *et al.* 2007).
فرمالدئید	اسپاتی فیلوم، اسطوخودوس، آلوئه‌ورا، آنتوریوم، بابا آدم، پاپیتال، پتوس، داوودی (Aydaogan & Montoya 2011)، دیفن باخیا، دراسنا، پاچیرا، ژربرا، شفلرا، شمعدانی، فیکوس، فیکوس بنجامین، کالاته‌آ، گواوا، نخل بامبو، نخل راپیس، نخل ققنوس (آزادی و همکاران، ۱۳۹۳). گل گندومی (عنکبوتی) با نام علمی *Chlorophytum comosum* (Xu *et al.* 2011). گیاه تاریخته اطلسی با ژن *AtFALDH* (Lee *et al.* 2015). آگاو، آگلونما، آلوکاسیا، فیلودندرون، سانسوریا، پوتوس ابلق (Zhou *et al.* 2011)

دستورالعمل ترویجی

جهت کاهش آلودگی هوا در منزل و محل کار موارد ذیل پیشنهاد می‌شود:

۱) استفاده از گیاهان زینتی زیر در منزل و محل کار:
ارکیده، اسپاتی‌فیلوم، آزالیا، آلوئه‌ورا، بنت قنسول، پاپیتال، پتوس، داوودی، دراسنا، درخت پول (پاچیرا)، ژربرا، زنبق رشتی، سرخس برگ شمشیری، شفلرا، فیکوس، فیکوس بنجامین، کروتون، گل گندمی، نخل بامبو، نخل بهشتی زاموفیلیا، افرای پرچین، داودی، پوتوس ابلق، فونیکس، سینگونیوم.

۲) در استفاده از گیاهان زینتی در داخل منازل و اداره‌ها باید این مسئله را مد نظر قرار داد که به ازای مساحت تقریبی هر ۹ مترمربع از فضای ساختمان یکی از گیاهان زینتی پیشنهاد شده را نگهداری کرد.

۳) برای کاهش آلودگی هوا در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و آفتاب متوسط می‌توانید از گل‌های زینتی نظیر ارکیده، آزالیا آگلونما، آلوئه‌ورا، آنتوریوم، پاپیتال، پتوس، سرخس، فیکوس، فیکوس بنجامین، کالاته‌آ، گندومی، نخل بهشتی و نخل زینتی استفاده کنید (این گل‌ها معمولا در خاک سبک کشت می‌شوند).

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

منابع

آزادی پ، باقری ه، جزقاسمی س (۱۳۹۳). گیاهان زینتی فیلتر زیستی هوای آلوده. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۸۳ صفحه.

متشرع‌زاده ب.، ثواقبی فیروزآبادی غ (۱۳۹٤) گیاه‌پالایی یا پالایش سبز. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۸۳ صفحه.

Akeuchi Y, Nihira J, Kondo N, Tezuka T (1985). Change in nitrate-reducing activity in squash seedlings with NO_2 fumigation. Plant Cell Physiol. 26: 1027–1035.

Aksoy A, Sahin U (1998). Elaeagnus angustifolia as a biomonitor of heavy metal pollution. Tr J Botany. 23: 83-88.

Anon (1994). The European gasoline survey. The Associated Octel Company, Berkeley Square, London.

Aydogan A, Montoya LD (2011). Formaldehyde removal by common indoor plant species and various growing media. Atmos Environ. 45: 2675–2682.

Baosheng K, Shibata S, Sawada A, Oyabu T, Kimura H (2009). Air purification capability of potted Phoenix roebelenii and its installation effect in indoor space. Sensor Mater. 21: 445–455.

Boonsaner M, Hawker DW (2012). Investigation of the mechanism of uptake and accumulation of zwitterionic tetracyclines by rice (*Oryza sativa* L.). Ecotoxicol Environ Saf. 78: 142–147.

Brown SK, Sim MR, Abramson MJ, Gray CN (1994). Concentrations of volatile organic compounds in indoor air: a review. Indoor Air. 4: 123–34.

Chun SC, Yoo MH, Moon YS, Shin MH, Son KC, Chung IM, Kays SJ (2010). Effect of bacterial population from rhizosphere of various foliage plants on removal of indoor volatile organic compounds. Korean J Hortic Sci. 28: 476–483.

Collins CD, Startin J, Bell JNB, Crews C, MacFarlane A (1998). Uptake and metabolism of benzene by horticultural crops. In: De Kok, L.J, Stulen, I. (Ed.), Responses of Plant Metabolism to Air Pollution and Global Change. Backhuys Publishers, Leiden, the Netherlands. 287-290.

Derwent R G, Stewart H N M (1973). Air pollution from the oxides of nitrogen in the United Kingdom. Atmos. Environ. 7(4): 385-401.

Destaillats H, Maddalena RL, Singer BC, Hodgson AT, McKone TE (2008). Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs. Atmos Environ. 42: 1371–1388.

Dravigne A, Waliczek TM, Lineberger RD, Zajicek JM (2008). The effect of live plants and window views of green spaces on employee perceptions of job satisfaction. HortScience. 43: 183–187.

Fellin P, Otson R (1993). Seasonal trends of volatile organic compounds (VOCs) in Canadian homes. Proceedings of the Sixth International Conference on Indoor Air Quality and Climate, vol. 2, Helsinki, Finland. 117–22.

Fiscus, EL, Booker FL, Burkey K O (2005). Crop responses to ozone: uptake, modes of action, carbon assimilation and partitioning. Plant, Cell Environ. 28: 997–1011.

Fjeld T, Veierstedb B, Sandvike L, Riisec G, Levyd F (1998). The effect of indoor foliage plants on health and discomfort symptoms among office workers. Indoor Built Environ. 7: 204–209.

Gammage RB, Hansen DL, Johnson LW (1989). Indoor air quality investigations: A practitioner's approach. Environ Int. 15(1): 503-510.

Giordano M, Norici A, Hell R (2005). Sulfur and phytoplankton: acquisition, metabolism and impact on the environment. New Phytol. 166: 371-382.

Guo H, Murray F, Lee SC (2003). The development of low volatile organic compound emission house a case study. Build Sci. 38: 1413–1422.

Hayward SB, Wesolowski JJ (1993). Guidelines for reduction of exposure to volatile organic compounds (VOC)

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

in newly constructed or remodelled oDce buildings. Proceedings of the Sixth International Conference on Indoor Air Quality and Climate, vol. 2, Helsinki, Finland. 605–10.

Jenkins PL, Phillips TJ Mulberg EJ, Hui S.P (1992). Activity patterns of Californians use of and proximity to indoor pollutant sources. Atmos Environ. 26: 2141–2148.

Keymeulen, R, Schamp N, Van Langenhove H (1993). Factors affecting airborne monocyclic aromatic hydrocarbon uptake by plants. Atmos Environ. 27 (2): 175- 180.

Krupa SV, Legge AH (1999). Foliar injury symptoms of Saskatoon service berry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) as a biological indicator of ambient sulfur dioxide exposures. Environ Pollut. 106: 449-454.

Kumar GS, Dubey PS (1998). Differential response and detoxifying mechanism of *Cassia siamea* Lam. and *Dalbergia sissoo* Roxb. of different ages to SO2 treatment. J Environ Biol. 9 (3): 243-249.

Kvesitadze E, Sadunishvili T, Kvesitadze G (2009). Mechanisms of organic contaminants uptake and degradation in plants. World Acad Sci Eng Technol. 55: 458–468.

Lee SY, Lee JL, Kim JH, Kim KJ (2015). Enhanced removal of exogenous formaldehyde gas by *AtFALDH*-transgenic Petunia. Hort Environ Biotechnol. 56 (2): 247-254.

Liu Y, Mu Y, Zhu Y, Ding H, Arens N (2007). Which ornamental plant species effectively remove benzene from indoor air? Atmos Environ. 41: 650–654.

Long SP, Naidu SL (2002) Effects of oxidants at the biochemical, cell and physiological levels, with particular reference to ozone. In *Air Pollution and Plant Life* (Eds J.N. B. Bell & M. TreshowJohn Wiley and Sons, Ltd, West Sussex). 69–88.

Manninen S, Huttunen S (2000). Response of needle sulphur and nitrogen concentrations of Scots pine versus Norway spruce to SO_2 and NO_2. Environ Pollut. 107(3): 421-436.

Massman WJ (2004). Toward an ozone standard to protect vegetation based on effective dose: a review of deposition resistances and a possible metric. Atmos Environ. 38: 2323–2337.

Morikawa H, Erkin ÖC (2003). Basic processes in phytoremediation and some applications to air pollution control. Chemosphere. 52 (9): 1553–1558

Murray AJS, Wellburn AR (1985). Differences in nitrogen metabolism between cultivars of tomato and pepper during exposure to glasshouse atmospheres containing oxides of nitrogen. Environ Pollut. 39: 303–316.

NASA (2011). Space Center Environmental Assurance Program. National Aeronautics and Space Administration. https://www.nasa.gov/centers/stennis/. Accessed 7 Sep 2011.

Nelson M, Wolverton BC (2011). Plantsþsoil wetland microbes: food crop systems that also clean air and water. Adv Space Res. 47: 582–590.

Nowak D, Daniel J, Crane E, Stevens JC (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry and Urban Greening. 4: 115–123.

Orwell RL, Wood RL, Tarran J, Torpy F, Burchett MD (2004) Removal of benzene by the indoor plant. Water Air Soil Pollut. 157: 193–207.

Pleijel H, Danielsson H, Ojanpera K, Temmerman LD, Hogy P, Badiani M, Karlsson PE (2004). Relationships between ozone exposure and yield loss in European wheat and potato – a comparison of concentration-and flux-based exposure indices. Atmos Environ 38: 2259–2269.

Reddy BM, Dubey PS (2000). Scavenging potential of trees to SO_2 and NO_2 under experimental condition. Intl J Ecol Environ Sci. 26: 99-106.

Runeckles VC (1992). Uptake of ozone by vegetation. In *Surface Level Ozone Exposures and Their* effects on vegetation (ed. A.S. Lefohn. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, USA.). 157–188

Schmitz H, Hilgers U, Weidner M (2000). Assimilation and metabolism of formaldehyde by leaves appear unlikely to be of value for indoor air purification. New Phytol. 147: 307-315.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2026-01-23 07:+0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

Seifert B (1990). Proceedings of the fifth international conference on indoor air quality and climate, vol. 5, Toronto, Canada. 35–49.

Singh SN, Verma A (2007). Phytoremediation of air pollutants: A review. Environ Biorem Technol. 293-314. Soto MR, Page M (1990). Features of the potential energy surface for reactions of OH with CH_2O. J Phys Chem. 94: 3242–3246.

Sriprapat W, Suksabye P, Areephak S, Klantup P, Waraha A, Sawattan, A, Thiravetyan P (2014). Uptake of toluene and ethylbenzene by plants: Removal of volatile indoor air contaminants. Ecotoxicol Environ Saf. 102: 147-151.

Su Y, Liang Y (2015). Foliar uptake and translocation of formaldehyde with Bracket plants (*Chlorophytum comosum*). J. Hazard. Mater 291: 120–128.

Suh, HH, Bahadori T, Vallarino J, Spengler JD (2000). Criteria air pollutants and toxic air pollutants. Environ Health Perspect. 108: 625–633.

Taylor GE Jr, Hanson PJ, Baldochi DD (1988). In: Heck WW, Taylor OC, Tingey DT (Eds) Assessment of crop loss by air pollutants, Elsevier Pub. New York. 227.

Thoene B, Schrader P, Papen H, Egger A, Rennenberg H (1991). Absorption of atmospheric NO_2 by spruce (*Picea abies* L. Karst.) trees. 1. NO_2 influx and its correlation with nitrate reduction. New Phytol. 117: 575-585.

Wellburn AR, Capron TM, Chan HS, Horsman DC (1980). In: Mansfield TA (Eds) effects of air pollutants on plants, Cambridge University Press, Cambridge. 105.

Wellburn AR, Higginson C, Robinson D, Walmsley C (1981). Biochemical explanations of more than additive inhibitory effects of low atmospheric levels of sulfur dioxide plus nitrogen dioxide upon plants. New Phytol. 88: 223–237.

Weschler CJ (2000). Ozone in indoor environments: concentrations and chemistry. Indoor Air. 10 (4): 269–288.

Wingsle G, Näholm T, Lundmark T, Ericsson A (1987). Induction of nitrate reductase in needles of Scots pine seedlings by NOx and NO_3^-. Physiol Planta. 70: 399–403.

Wood R, Ralph O, Jane T, Burchett M, Burchett M (2001). Pot plants really do clean indoor air. The Nursery Papers. 1326-1495.

Xu ZJ, Wang L and Hou HP (2011). Formaldehyde removal by potted plant–soil systems. J Hazard Mater. 192 (1): 314–318.

Yang DS, Pennisi SV, Son K, Kays SJ (2009). Screening indoor plants for volatile organic pollutant removal efficiency. Hortscience. 44(5): 1377–1381.

Yoneyama T, Sasakawa H (1979). Transformation of atmospheric NO_2 absorbed in spinach leaves. Plant Cell Physiol. 20: 263–266.

Yu S, Li L, Shimazaki K (1988). Response of spinach and kidney bean plants to nitrogen dioxide. Environ Pollut. 55: 1–13.

Zabiega1a B (2006). Organic compounds in indoor environments. Polish J Environ Stud. 15: 383– 393.

Zeevaart AJ (1974). Induction of nitrate reductase by NO_2. Acta Bot Neerl. 23: 345–346.

Zhou JH, Qin FF, Su J, Liao JW, Xu HL (2011). Purification of formaldehyde-polluted air by indoor plants of Araceae, Agavaceae and Liliaceae. J Food Agric Environ. 9: 1012–1018.

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]

Reduction of air pollution in homes and workplaces using ornamental plants

"Impact of ornamental plants on quality improvement of indoor air"

Molaahmad Nalousi Ayoub[1], Azadi Pejman[2, 3, *], Bagheri Hedayat [4]

1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture Science, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Department of Genetic Engineering, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, AREEO, Iran
3. Department of Plant biotechnology, National Institute of Ornamental Plants, (NIOP), Mahallat, AREEO, Iran
4. Department of Plant biotechnology, Faculty of Agriculture Science, Buali Sina University, Hamedan, Iran.

azadip22@gmail.com

Abstract

In the modern world, unbridled urbanization, industrialization, increased use of motor vehicles and a lack of cultural development in line with those changes are eroding air quality in major population centers. By developing modern industrialization and urbanization, nowadays using the modern equipment is increasing and indoor air quality is affected by chemicals which applied in such equipment. Scientists found that indoor air could be 5 to 7 times more polluted than outside. As people spend more and more time in the homes or in offices quality improvement of indoor air became one of the most important concerns of modern societies. Here, the main question is that how can we make indoor air healthier for people? According to many studies, one of the most efficient and cost-effective ways is taking advantage of ornamental plants for absorbing and removing air pollutants. Overall, for reduction of indoor air pollution using at least one ornamental plants such as *Acer campestre*, *Cymbidium sinense*, *Spathiphyllum wallisii*, *Rhododendron simsii*, *Aloe barbadensis*, *Euphorbia pulcherrima*, *Hedera helix*, *Epipremnum aureum*, *Chrysanthemum* spp, *Dracaena fragrans*, *Pachiraaquatica*, *Gerbera daisy*, *Hemer ocallisfulva*, *Nephrolepis exaltatabostoniensis. Schefflera arboricola*, *Ficus elastic*, *Ficus benjamina Codiaeum variegatum Chlorophytum comosum*, *Chamaedora seifizii*, *Howea forsteriana*, *Zamioculcas zamiifolia*, *Phoenix roebelenii* and *Syngonium podophyllum* per 9 m^2 at home or offices are strongly recommended.

Key word: Air pollution, Ornamental plant, Volatile Organic Compounds (VOCs).

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:37 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1395.1.1.5.8]