مطالعات علوم زیستی و زیست فناوری

دوره ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

صفحات ۷-۱

Online ISSN: ۴۴۹۳-۲۴۷۶

Print ISSN: ۲۰۲۰-۲۵۳۸

www.irijournals.com

بررسی تاثیر گیاهان آپارتمانی در بهبود پایدار کیفیت هوای داخلی

امیر رشیدی آلاشتی[۱]، مهدی شیروانی جوادزاده[۲و۳]

[۱] رشته مدیریت، مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی

[۲] رشته مهندسی کشاورزی، مقطع کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی

[۳] رشته جغرافیا برنامه ریزی روستایی، مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی

چکیده

آلودگی داخل ساختمان تهدیدی جدی برای سلامت انسان است. یک راه حل پایدار برای افزایش کیفیت هوای داخل ساختمان استفاده از گیاهان می باشد. در حال حاضر در انتخاب گیاهان مناسب برای داخل ساختمان، فرآیندهای فیزیولوژیکی و مکانیسم‌های دخیل در پالایش گیاه در نظر گرفته نمی شود. بنابراین، ظرفیت گیاهان برای حذف آلاینده های هوای داخلی از طریق جذب روزنه ای و رسوب غیر روزنه ای تا حد زیادی ناشناخته باقی مانده است. علاوه بر این، اثرات میکروبیوم مرتبط با گیاهان داخلی بایستی به طور کامل تجزیه و تحلیل شود. در این مقاله در خصوص این که چگونه ترکیبی از ظرفیت پالایشی گیاهان به همراه فن آوری های پیشرفته تمیز کردن هوا و حسگرهای هوشمند می تواند زندگی داخل ساختمان را بهبود بخشد و در عین حال مصرف انرژی را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: گیاهان آپارتمانی، بهبود پایدار، کیفیت هوای داخلی

توسعه بیوسیستم‌های گیاهی جهت درمان هوای داخل ساختمان

ساختمان های مسکونی و تجاری تقریباً ۳۰ درصد از کل انرژی جهان را مصرف می کنند [۱]. در سال‌های اخیر، انگیزه‌های بهبود بهره‌وری انرژی، توسعه ساختمان‌های عایق حرارتی را تسهیل کرده است، که به انرژی کمتری برای سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع نیاز دارند. با این حال، گازهای بالقوه سمی و مواد خاص می تواند توسط منابع مختلف داخلی و فعالیت های ساکنین، از جمله مبلمان، رنگ، لاک، موم، فرش، حلال ها، لوازم تمیز کردن، تجهیزات اداری مانند دستگاه های کپی و چاپگر، اجاق گاز و ... گاز منتشر شود [۲]. آلاینده های رایج هوا در محیط های مختلف داخلی شامل مونوکسید و دی اکسید کربن، ترکیبات آلی فرار (به عنوان مثال، فرمالدئید و بنزن)، اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای می باشد [۳]. از آنجایی که مردم در کشورهای صنعتی بیش از ۸۰ درصد از زندگی خود را در داخل خانه سپری می کنند، افزایش غلظت آلاینده های هوا به سطوح خطرناک، یکی از مهمترین نگرانی ها برای سلامت انسان است [۴]. در واقع، قرار گرفتن مداوم در معرض آلاینده‌های هوا، که غلظت آن‌ها در داخل ساختمان حتی می‌تواند بیشتر از فضای باز باشد، ممکن است باعث بیماری‌های تنفسی و قلبی عروقی شود. یکی از نگرانی‌های عمده مربوط به فرمالدئید است، یک آلاینده خطرناک هوا که در درازمدت از فرسودگی مبلمان و محصولات چوب فشرده منتشر می‌شود و احتمالاً اثرات سرطان‌زایی در انسان دارد [۵]. گیاهان می توانند تقریباً هر آلاینده موجود در هوا را جذب و کاتابولیز کنند، اگرچه این ظرفیت پالایشی گیاه در داخل خانه به خوبی اعمال نشده است. تا به امروز، گیاهانی که برای محیط های داخلی انتخاب می شوند، ویژگی های زیبایی شناختی جذابی دارند و میکروبیوم مرتبط با آنها تا حد زیادی نادیده گرفته شده است. در این مقاله در خصوص این که چگونه ترکیبی از ظرفیت پالایشی گیاهان به همراه فن آوری های پیشرفته تمیز کردن هوا و حسگرهای هوشمند می تواند زندگی داخل ساختمان را بهبود بخشد و در عین حال مصرف انرژی را کاهش دهد.

کاهش پایدار آلودگی هوای داخل خانه به روشی طبیعی

گیاهان می توانند کیفیت هوای داخل ساختمان را با مصرف همزمان دی اکسید کربن و آزادسازی اکسیژن از طریق فتوسنتز وابسته به نور بهبود بخشند و رطوبت هوا را با بخار آب منتقل شده از برگ ها از طریق منافذ میکروسکوپی برگ، یعنی روزنه ها، افزایش دهند [۶]. ظرفیت برگها برای تبادل گازها و در نتیجه جذب هر گونه آلاینده از هوای داخل ساختمان، به دلیل محدودیتهای فیزیکی مربوط به مقاومت روزنه و مزوفیل محدود شده است. گیاهان به طور فعال دیافراگم روزنه ها را در پاسخ به شرایط محیطی متغیر (به عنوان مثال، در دسترس بودن نور یا رطوبت هوا) از طریق یک شبکه سیگنالینگ پیچیده از هورمون ها که بین ریشه ها و شاخه ها رد و بدل می شود، تعدیل می کنند [۷]. علاوه بر این، آلاینده های هوای داخل خانه می توانند به طور غیر فعال روی سطوح خارجی سیستم ریشه-خاک گیاه جمع شوند و در نتیجه به طور موثر حذف شوند. فرآیندهایی که جذب «غیر روزنه‌ای» را انجام می‌دهند نه تنها به مساحت کل، ویژگی‌های تشریحی، صفات مورفولوژیکی و خواص شیمیایی سطح گیاه بستگی دارند، بلکه به ویژگی‌های بستر خاک نیز مرتبط هستند [۸]. به طور خاص، ظرفیت سطح برگ برای حذف آلاینده های هوا تحت تأثیر حضور، شکل و چگالی تریکوم ها قرار دارد [۹]. ترکیب چربی غشای سلول‌های اپیدرم پوشش‌دهنده سطوح گیاه نقش مهمی در جذب آلاینده‌ها، به‌ویژه ترکیب های آلی چربی دوست، مانند بنزن، دارد [۱۰].

مطالعاتی که توسط ناسا در طول دهه ۱۹۸۰ انجام شد با موفقیت نشان داد که گیاهان قادر به حذف آلاینده های موجود در هوا هستند [۱۱]، اگرچه این یافته ها بر اساس یک رویکرد تجربی ساده [۱۲] بود. اخیراً، آزمایش‌های دقیق‌تر شبیه‌سازی از قرار گرفتن در معرض طولانی‌مدت غلظت‌های آلاینده‌های هوا در محیط داخلی شبیه سازی شد که [۱۳] نشان داد که جذب روزنه‌ای (وابسته) ۳۰ تا ۱۰۰ برابر بیشتر از مقدار جذب غیرفعال از طریق رسوب غیر روزنه‌ای است [۱۴]. این نتایج همچنین نشان می‌دهد که پس از ورود به برگ گیاه، برخی از آلاینده‌ها از نظر متابولیکی تجزیه می‌شوند و/یا به شاخه‌ها و ریشه‌ها منتقل می‌شوند [۱۵]. گیاهان دارای آنزیم هایی هستند که می توانند تجزیه آلاینده ها را کاتالیز کنند، مانند اکسیداسیون فرمالدئید [۱۶] یا هیدروکسیل شدن و برش حلقه های معطر بنزن و تولوئن [۱۷]. آلاینده‌های موجود در هوا که از طریق جذب روزنه‌ای برگ جذب می‌شوند، می‌توانند به دنبال اکسیداسیون آنزیمی و تبدیل به محصولات زیستی مختلف با ترکیبات درون‌زای گیاهی (مانند قندها، اسیدهای آمینه و اسیدهای آلی) تغییر شکل دهند. پس از کاتابولیزاسیون، آلاینده های جذب شده ممکن است دوباره دفع شوند (انتشار مجدد به هوا یا بیرون راندن از طریق ترشحات ریشه) یا بیشتر متابولیزه شوند تا در نهایت به عنوان منبع کربن و انرژی مورد استفاده قرار گیرند [۱۷]. مکانیسم‌های آنزیمی گیاهی برای جمع‌آوری و سم‌زدایی، شیب کاهش غلظت آلاینده‌ها را بین هوا و فضای داخلی برگ‌ها حفظ می‌کند و امکان جذب ثابت و مداوم را در هنگام باز بودن روزنه‌ها فراهم می‌کند. با این حال، تنها تعداد کمی از آنزیم‌های مسئول تبدیل متابولیک آلاینده‌های موجود در هوا در حال حاضر شناخته شده‌اند [۱۸] و سرنوشت بسیاری از ترکیبات گازی سمی دیگر در گیاهان ناشناخته باقی مانده است. بنابراین، اگرچه شواهد واضحی وجود دارد که گیاهان می‌توانند هوای داخلی ساختمان را بهبود بخشند، اما به دلیل درک محدود ما از فرآیندهای مؤثر بر جذب روزنه‌ای و عوامل مؤثر بر اندازه سینک غیر روزنه‌ای برای جذب آلاینده‌های هوا، کاربردهای واقعی با مشکل مواجه شده‌اند.

استراتژی‌های جدید جهت انتخاب گیاهان داخلی

گیاهانی که در داخل خانه استفاده می‌شوند، بر اساس ترجیحات مصرف‌کنندگان انتخاب شده‌اند که معمولاً از ویژگی‌های زیبایی‌شناختی، بقای خوب و نیازهای نگهداری کم برخوردار هستند. اکثر گیاهان زینتی که در حال حاضر در داخل خانه رشد می کنند، گونه های همیشه سبز پهن برگ از زیرشاخه آب و هوای گرمسیری و نیمه گرمسیری هستند. برای رشد در زیر سایبان های جنگلی متراکم، چنین گیاهانی عملکرد فتوسنتزی برگ خود را در شدت نور کم بهینه کرده اند [۱۹]. با این حال، سازگاری با سایه مستلزم وجود مناطق بزرگ سطح برگ و کاهش روزنه‌های روزنه‌ای است [۲۰]. کیفیت و شدت نوری که معمولاً در داخل خانه رخ می دهد، باز شدن روزنه را محدود می کند، که به نوبه خود، جریان آلاینده هایی را که می توانند وارد برگ ها شده و توسط آنزیم های گیاهی حذف شوند، مهار می کند.

علاوه بر توانایی زنده ماندن در شرایط محدود نور ارائه شده توسط سیستم‌های روشنایی سنتی و سازگاری با محیط‌های عاری از یخبندان، توصیه‌های واضحی برای انتخاب گیاهان داخلی مناسب وجود ندارد. بنابراین، معیارهای علمی باید فوراً برای غربالگری گونه‌های گیاهی با عملکرد بهینه در محیط‌های سرپوشیده مشخص شود. درک جامعی از فرآیندهای بیوشیمیایی گیاهی که در تخریب آلاینده‌های هوای داخلی دخیل هستند را می‌توان از طریق کاربرد ترکیبی فناوری‌های پیشرفته (ژنومیک، پروتئومیکس و متابولومیک) به دست آورد. در آینده نزدیک، تعداد گونه هایی که برای گیاه پالایی هوای داخل خانه

استفاده می شود، می تواند با ویرایش ژنوم گیاهان از طریق اصلاحات دقیق و هدفمند DNA با هدف بیان بیش از حد یا قرار دادن ژن های کد کننده آنزیم های سم زدایی افزایش یابد.

ارزیابی و مدلسازی

گونه‌های گیاهی مناسب برای تمیز کردن هوای داخل ساختمان باید به طور همزمان عملکرد فیزیولوژیکی بالایی را هنگام قرار گرفتن در معرض شرایط محیطی محدود (به عنوان مثال، شدت نور کم یا دمای رشد کمتر از حد مطلوب) از خود نشان دهند و در عین حال بتوانند به طور موثر سطوح آلاینده‌های مضر هوا را کاهش دهند. مدل‌های پیش‌بینی پیچیده‌تر که قادر به بازتولید توانایی گیاه در تصفیه هوای داخل خانه هستند، باید بر اساس مکانیسم‌های مبتنی بر فرآیند حذف آلاینده‌ها از طریق روزنه و غیر روزنه‌ای پویا ایجاد شوند. بنابراین، یک رویکرد آزمایشی دقیق برای تعیین کمیت، در طول زمان، شار آلاینده‌های داخلی جدا شده توسط شاخ و برگ و کل گیاه در شرایط محیطی بسیار کنترل‌شده مورد نیاز است. علاوه بر این، زمانی که گیاهان در داخل خانه معرفی شوند، می توانند به منبع آلودگی تبدیل شوند. اکسیداسیون آغاز شده با ازن منجر به تولید آلاینده های فاز گاز ثانویه بسیار واکنش پذیر (به عنوان مثال، هایپر اکسیدها، آلدئیدها و کربونیل ها) می شود که می تواند مضرتر از پیش سازهای آنها باشد و به تشکیل ذرات داخلی با اثرات نامطلوب بالقوه بر سلامت انسان کمک می کند [۲۱]. در نتیجه، ظرفیت کلی سیستم‌های میکروبی گیاهی برای گیاه پالایی هوا باید در سناریوهای واقعی شبیه‌سازی شیمی، انتقال و نرخ رسوب آلاینده‌ها تحت شرایط اختلاط کم (راکد) هوا که در داخل خانه رخ می‌دهد، آزمایش شود.

ادغام نیروگاه ها با فن آوری های پاک کننده هوا

فن آوری های موجود برای تمیز کردن هوا که گرمایش، تهویه، تهویه مطبوع با الکتروفیلترها، نورهای فرابنفش (UV)، سلول های سوختی و کاتالیزورها را ادغام می کند، ابزارهای امیدوارکننده ای برای بهبود هوای داخل ساختمان هستند. با این حال، استفاده از این سیستم‌های تصفیه هوای تجاری اغلب به دلیل هزینه‌های بالای مربوط به تعمیر و نگهداری مکرر و مصرف انرژی قابل توجه آنها محدود می‌شود. در ساختمان‌های آینده، بهبود هوا می‌تواند به لطف استفاده از «بیوسیستم‌ها» که فناوری‌های تمیز کردن هوا را با بهینه‌ترین عملکرد گیاهان داخلی ترکیب می‌کنند مقرون به صرفه‌تر و پایدارتر شود. معرفی سیستم‌های روشنایی LED، کوددهی و تهویه کنترل‌شده با حسگر می‌تواند انرژی مورد نیاز را کاهش دهد تا شرایط بهینه برای رشد گیاه فراهم شود و گیاه پالایی هوای داخلی را افزایش دهد. به طور خاص، استفاده از طیف هدفمند نور ارائه شده توسط روشنایی LED به طور همزمان کارایی جذب دی اکسید کربن فتوسنتزی را بهبود می بخشد و باز شدن روزنه ها را تحریک می کند، در نتیجه قدرت فرورفتگی شاخ و برگ برای آلاینده های موجود در هوا را افزایش می دهد [۲۲]. توسعه چنین بیوسیستم‌هایی مهندسی محیط‌های داخلی را از طریق نظارت بر زمان واقعی کیفیت هوا که از حسگرهای شبکه بی‌سیم کم‌هزینه در ارتباط با ایستگاه‌های ورود به سیستم، مانند رایانه‌های شخصی و تلفن‌های هوشمند، بازیابی می‌شود، ممکن می‌سازد. علاوه بر این، نرم‌افزار کاربرپسند به عنوان یک سیستم پشتیبانی تصمیم برای برنامه‌ریزی و تنظیم کارآمد بیوسیستم پاک‌کننده هوا با پیشنهاد مناسب‌ترین گونه‌های گیاهی، تعداد بهینه گیاهان، موقعیت‌یابی و الزامات محیطی که گیاه پالایی هوا را مطابق با سطوح آلاینده و ویژگی های فیزیکی فضاهای داخلی (یعنی حجم، دما و رطوبت نسبی).به حداکثر می‌رساند، عمل خواهد کرد. با این حال، محیط‌های سرپوشیده «سبز» جدید را می‌توان تنها با دنبال کردن یک رویکرد بین رشته‌ای و چند

رشته‌ای طراحی کرد که فناوری‌های نوآورانه را با درک عمیق ظرفیت گیاه پالایی هوا و میکروبیوم مرتبط با آن‌ها ادغام می‌کند، به طور کامل ارزیابی و مدل‌سازی می‌شود تا رفاه انسان را بهبود بخشد.

نتیجه گیری و پیشنهادات

توانایی گیاهان در تصفیه آلاینده های هوای داخل ساختمان برای مدت طولانی نادیده گرفته شده است. انتخاب گیاهان مناسب برای گیاه پالایی داخلی به جای اینکه فقط ویژگی های زیبایی شناختی آنها را در نظر گرفته شود، بایستی از معیارهای علمی روشنی پیروی کند که نشان دهنده ظرفیت آنها برای جداسازی آلاینده های موجود در هوا است. ظرفیت گیاهان فضای سرپوشیده برای حذف آلاینده‌های هوا باید به صورت کمی در سناریوهای واقعی ارزیابی شود و بر اساس مکانیزم‌های مبتنی بر فرآیند جذب (روزنه‌ای) و رسوب (غیر روزنه‌ای) مدل‌سازی شود. با این حال، برخی از نکات مهم باید در هنگام برنامه ریزی گیاه پالایی داخلی مورد توجه قرار گیرند:

(۱) تولید آلاینده های ثانویه فاز گازی ممکن است بر هوای داخلی ساختمان تأثیر منفی بگذارد.

(۲) میکروبیوم مرتبط با گیاهان فضای سرپوشیده باید مدیریت شود تا مزایای حذف آلاینده ها بدون هیچ گونه خطری برای سلامت انسان درک شود.

امکان ادغام شبکه‌های حسگر هوشمند و فن‌آوری‌های رایانه‌ای برای تمیز کردن هوا با گونه‌های گیاهی سرپوشیده با عملکرد بالا، فرصتی برای بهبود زندگی در داخل خانه و همچنین کاهش مصرف انرژی فراهم می‌کند. توسعه بیوسیستم‌های گیاهی پایدار، مقرون به صرفه که قادر به بهبود هوا هستند، تأثیر مثبتی بر جامعه بشری و صنعت مسکن به شیوه‌ای بی‌سابقه خواهد داشت که می‌تواند به نسخه پست مدرن معماری منجر شود. اگر قرار بود این اتفاق بیفتد، جامعه به عنوان یک کل تغییر پارادایم در نحوه درک و طراحی خانه‌ها و فضاهای داخلی را تجربه می‌کرد، زیرا گیاهان، که تاکنون تنها به عنوان یک ابزار تزئینی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، به یک بازیگر کلیدی در همه افراد زندگی تبدیل می‌شوند.

منابع:

۱. Ürge-Vorsatz, D. et al. (۲۰۱۳) Heating and cooling energy trends and drivers in buildings. Renewable Sustainable Energy Rev. ۴۱, ۸۵–۹۸.

۲. Maisey, S.J. et al. (۲۰۱۳) An extended baseline examination of indoor VOCs in a city of low ambient pollution: Perth, Western Australia. Atmos. Environ. ۸۱, ۵۴۶–۵۵۳.

۳. Geiss, O. et al. (۲۰۱۱) The AIRMEX study – VOC measurements in public buildings and schools/kindergartens in eleven European cities: statistical analysis of the data. Atmos. Environ. ۴۵, ۳۶۷۶–۳۶۸۴.

۴. Bruce, N.G. et al. (۲۰۰۲) The Health Effects of Indoor Air Pollution Exposure in Developing Countries, World Health Organization.

۵. Hu, D.E. et al. (۲۰۱۰) Formaldehyde in residences: long-term indoor concentrations and influencing factors. Indoor Air ۲۰, ۱۹۶–۲۰۳.

۶. Smith, A. and Pitt, M. (۲۰۱۱) Healthy workplaces: plantscaping for indoor environmental quality. Facilities ۲۹, ۱۶۹–۱۸۷.

۷. Tardieu, F. et al. (۲۰۱۰) Control of leaf growth by abscisic acid: hydraulic or non-hydraulic processes? Plant Cell Environ. ۳۳, ۶۳۶–۶۴۷.

۸. Irga, P.J. et al. (۲۰۱۳) Can hydroculture be used to enhance the performance of indoor plants for removal of air pollutants? Atmos. Environ. ۷۷, ۲۶۷–۲۷۱.

۹. Li, S. et al. (۲۰۱۸) Glandular trichomes as a barrier against atmospheric oxidative stress: relationships with ozone uptake, leaf damage, and emission of LOX products across a diverse set of species. Plant Cell Environ. Published online January ۲, ۲۰۱۸. http://dx.doi.org/۱۰.۱۱۱۱/pce.۱۳۱۲۸.

۱۰. Gawronska, H. et al. (۲۰۱۵) Phytoremediation of particulate matter from indoor air by Chlorophytum comosum L. plants. Air Qual. Atmos. Health ۸, ۲۶۵–۲۷۲.

۱۱. Wolverton, B.C. et al. (۱۹۸۴) Foliage plants for removing indoor air pollutants from energy-efficient homes. Econ. Bot. ۳۸, ۲۲۴–۲۲۸.

۱۲. Levin, H. (۱۹۹۲) Can house plants solve IAQ problems? Indoor Air Bull. ۲, ۱–۷.

۱۳. Fares, S. et al. (۲۰۱۵) Bidirectional flux of methyl vinyl ketone and methacrolein in trees with different isoprenoid emission under realistic ambient concentrations. Environ. Sci. Technol. ۴۹, ۷۷۳۵–۷۷۴۲.

۱۴. Tani, A. et al. (۲۰۰۹) Uptake of methacrolein and methyl vinyl ketone by tree saplings and implications for forest atmosphere. Environ. Sci. Technol. ۴۴, ۷۰۹۶–۷۱۰۱.

۱۵. Oikawa, P.Y. and Lerdau, T.M. (۲۰۱۳) Catabolism of volatile organic compounds influences plant survival. Trends Plant Sci. ۱۸, ۶۹۵–۷۰۳.

۱۶. Giese, M. et al. (۱۹۹۴) Detoxification of formaldehyde by the spider plant (Chlorophytum comosum L.) and by soybean (Glycine max L.) cell-suspension cultures. Plant Physiol. ۱۰۴, ۱۳۰۱–۱۳۰۹.

۱۷. Ugrekhelidze, D. et al. (۱۹۹۷) Uptake and transformation of benzene and toluene by plant leaves. Ecotoxicol. Environ. Saf. ۳۷, ۲۴–۲۹.

۱۸. Korte, F. et al. (۲۰۰۰) Organic toxicants and plants. Ecotoxicol. Environ. Safety ۴۷, ۱–۲۶.

۱۹. Anderson, J.M. and Osmond, C.B. et al. (۱۹۸۷) Shade–sun responses: compromises between acclimation and photoinhibition. In Photoinhibition (Kyle, D.J., ed.), pp. ۱–۳۸, Elsevier.

۲۰. Gommers, C.M.M. et al. (۲۰۱۳) Shade tolerance: when growing tall is not an option. Trends Plant Sci. ۱۸, ۶۵–۷۱.

۲۱. Fry, J.L. et al. (۲۰۱۱) SOA from limonene: role of NO۳ in its generation and degradation. Atmos. Chem. Phys. ۱۱, ۳۸۷۹–۳۸۹۴.

۲۲. Ouzounis, T. et al. (۲۰۱۵) Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism: a review. Hortic. Sci. ۵۰,۱۱۳۵–۱۱۲۸.