

菊花新品系对气态复合苯—甲苯去除效果测试

杨 华^{1,2}, 刘智永², 葛 红³, 杨树华³, 葛维亚³, 刘艳菊²

(1. 浙江大学 环境与资源学院 浙江 杭州 310028; 2. 北京市理化分析测试中心, 北京 100089; 3. 中国农业科学院 蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘 要:采用动态熏蒸方式,选取更为接近实际环境的复合污染模式,在国内首次对菊花新品系进行苯—甲苯去除效果测试。结果表明:品系间对苯或甲苯的去除效果差异显著。虽然所测试的大多数菊花新品系对甲苯的去除效果更好,但是9个菊花新品系对苯和甲苯没有表现出明显的选择性去除机制。熏蒸6 h,品系2、4、5、9对苯和甲苯的去除率都在30%以上,而品系7对甲苯的去除率由熏蒸3 h的13%降至熏蒸6 h的0。从累计去除量的角度考虑,品系2、4、5、8、9对苯—甲苯的去除效果较好,可考虑做进一步的实际环境应用测试。

关键词:菊花; 苯; 甲苯; 植物净化
中图分类号: S 682.1⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2010)19—0005—04

利用观赏植物净化室内空气中的污染物已日渐受到消费者和专业人士的关注^[1]。某些绿色植物对室内空气中甲醛、苯等挥发性有机污染物净化功能已被试验和实践所证实^[2]。国际上,美国航天局(NASA)的Wol-
vertion B. C. 博士较早着手研究观赏植物对室内空气污染的净化技术^[3]。它的早期试验结果就已显示,菊花(*Chrysanthemum morifolium*)对单一甲醛、苯等气态污染物具有较好的净化作用。在国内,Liu等^[4]采用动态熏蒸的方式,对市场易于获得的73种花卉品种的筛选试验表明,菊花对约0.5 mg/m³浓度的单一苯去除效果较为理想。

菊花起源于中国,是中国的传统名花。自菊花出现至今长达七八百年的时间里,主要以药用和食用为主。随着菊花栽培和育种水平的不断提高,菊花新品种不断涌现。目前,菊花新品种的研究热点大多以提高其观赏特性、适应性以及抗逆性,以利于菊花的园林应用,满足菊花产业化发展的需求为目的^[5],尚欠缺空气净化功能性的菊花新品种开发研究。为此,现采用动态熏蒸方式,选取更为接近实际环境的复合污染模式,在国内首次对菊花新品种进行苯—甲苯去除效果测试,为开发功能性菊花特色新品种提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

第一作者简介:杨华(1977-),女,博士,助理研究员,现从事室内空气质量植物净化研究工作。
通讯作者:刘艳菊(1969-),女,博士,研究员,研究方向为环境生物。
基金项目:国家自然科学基金资助项目(40875082,40745027);北京市科学技术研究院科技萌芽计划资助项目(2007)。
收稿日期:2010—07—02

9个菊花新品系由中国农业科学院蔬菜花卉研究所培育并提供。新品系是通过选取盆栽的多头小菊类型为主要育种亲本材料,采用花药培养和辐射诱变方法培育出来的,其性状描述见表1。挑选冠径约0.3~0.4 m,株高0.2~0.3 m统一的9个新品系,每品系3盆进行苯—甲苯混合污染物动态熏蒸试验,观察其在混合污染条件下的净化效果。

表 1 菊花自育株系性状描述

Table 1 Physical prperties description for lines of *Chrysanthemum morifolium* in the experiment

品系编号	性状描述
Number	Description
1	枚红心黄 舌状花4~5轮 花冠径5.1 cm
2	暗或深紫红, 心黄 花冠径4.3 cm
3	紫红边, 白色瓣, 黄心, 单瓣2轮 花冠径4.7 cm
4	白色2轮, 黄心, 蕾紫红色, 花瓣背面紫色 花冠径4.8 cm
5	白色小花 黄心, 单瓣1轮 花冠径3.8 cm
6	黄色花, 4轮舌状花 分枝性不好 瓣宽, 花冠径4.7 cm
7	粉, 重瓣, 花稍大, 花心渐红 花冠径4.7 cm
8	分枝分蘖能力强 脚芽多, 黄色花, 瓣尖桔红 花序馒头状舌状花5轮, 花冠径4.4 cm
9	淡紫红色瓣, 黄心 舌状花2~3轮, 花冠径4.6 cm

1.2 熏气试验

测试采用动态熏蒸模式。试验气路如图1所示。

熏蒸箱为约92 L(内径×高:410 mm×700 mm)的圆柱状箱体,顶部掀盖式设计,用厚为50 mm的有机玻璃制作而成。采用动态式熏蒸方法,钢瓶空气(转子流量计控制流速在7.5 L/min)与苯—甲苯混合标准气体(苯和甲苯的浓度分别为260、310 mg/m³)混合后均匀分配至各熏蒸箱。根据熏蒸浓度(0.64 mg/m³苯,0.76 mg/m³甲苯),质量流量计控制标准气体流量。目标气体由箱底部中央入口孔进入,通过的不锈钢筛板后,与

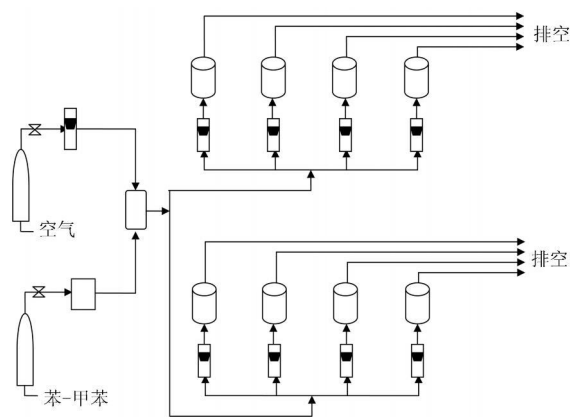


图 1 苯-甲苯混合动态熏蒸气路简图

Fig. 1 Schematic diagram for plant fumigation system

注: 钢瓶气 Gas cylinder 转子流量计 Float flow meter 质量流量计 Mass flow meter
气体混合、分流装置 Mixing chamber 植物熏蒸箱 Fumigation chamber 气体减压阀门 Pressure-reducing valve

植物充分接触,最后由顶盖出口孔排空。采样点设在熏蒸箱顶盖出口孔处(图 1)。熏蒸箱内壁贴聚四氟乙烯薄膜,管路用不锈钢管和聚四氟乙烯管,以减少试验材料对苯、甲苯的吸附及对试验结果的影响。

每个新品系选取植株大小相同的 3 个植株体以备重复试验。在熏蒸 3、6 h 时各采样 1 次。每种植物设 3 次重复。每批次试验均设空箱对照(不放植物和花盆)及土壤对照(放置与植物生长基质一样的有土花盆)。试验在室内自然光线下进行,每次熏蒸均在 9:00~15:00。

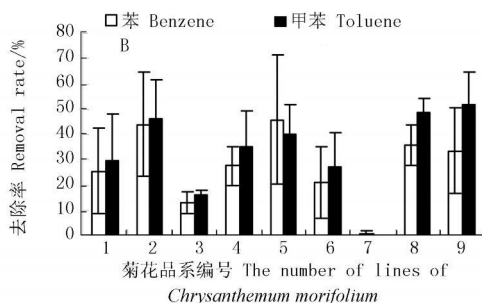
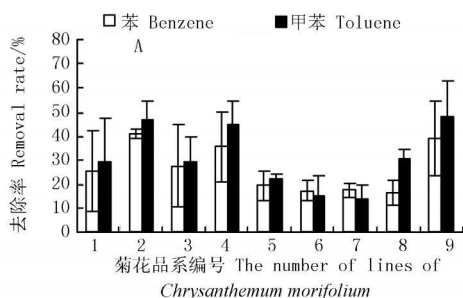


图 2 菊花新品系在动态熏蒸不同时段对苯和甲苯的去除率

Fig. 2 Removal rates of benzene and toluene for new lines of *Chrysanthemum morifolium* at two sampling periods

注 A 为动态熏蒸 3 h; B 为动态熏蒸 6 h。

Note: A: 3 hours of fumigation; B: 6 hours of fumigation.

的苯或甲苯的浓度差异均小于 10%,由此推测污染物的去除作用主要来自植物体本身。在 2 个采样时段,品系间对苯或甲苯的去除率均具有显著差异。虽然多数菊花新品系对甲苯的去除率略高于苯,但同一品系在相同

1.3 样品采集与测定

每次采样均在对采样口管线排空几分钟后进行,以避免采样口管线残留气体对试验结果产生干扰。使用 100 mL 玻璃注射器采集 100 mL 气体样品,用硅胶管和弹簧止水夹封存气体待检。使用气密针抽取 1 mL 待检气体,采用配备 PID 检测器的便携式气相色谱 GC-4400 (北京东西电子分析仪器有限公司)进行分析。检测条件: SE30 色谱柱(20 m× 0.53 mm);柱箱温度 30℃;载气为高纯氮气,流速 10 mL/min。采用空气与标准气体配置不同浓度气体绘制标准曲线,保留时间定性,面积定量,获得样品浓度。

1.4 数据处理

植物对污染气体的净化效果由去除率和累计去除量进行比较。其中,去除率的定义为:苯或甲苯的去除率=(土壤空白箱苯或甲苯浓度-植物熏蒸箱苯或甲苯浓度)/土壤空白箱苯或甲苯浓度×100%;累计去除量的定义为:苯或甲苯的累计去除量=(土壤空白箱苯或甲苯浓度-植物熏蒸箱苯或甲苯浓度)×通过熏蒸箱的气体累计体积。试验数据用 Excel 软件分析、绘制柱状图。使用统计软件 SPSS (V13)进行单因素方差分析,观察变量间的显著性差异和变化(显著性水平 $\alpha=0.05$);同时进行二元定距变量的相关性分析,考察变量间的相关性。

2 结果与分析

2.1 去除率

9 个菊花新品系在 2 个采样时段对苯或甲苯的去除率如图 2 所示。由图 2 看出,土壤空白与空箱对照之间

采样时段对苯或甲苯的去除率无显著性差异。不同品系在 2 个熏蒸时段对苯和甲苯的去除率均呈显著正相关(相伴概率 ≤ 0.01),Pearson 简单相关性系数分别为 0.881(3 h)和 0.896(6 h)。

熏蒸 3 h 后, 品系 2、4、9 对苯和甲苯的净化效果较好, 去除率都在 30% 以上。随熏蒸时间的变化, 不同品系对污染物的去除率呈现不同变化趋势。熏蒸时间延长至 6 h 时, 品系 1、2、9 继续保持其熏蒸 3 h 的去除率; 品系 5、6 和 8 对苯和甲苯的去除率较熏蒸 3 h 有提高, 且品系 5 对苯的去除率显著增加, 且其在熏蒸至 6 h 时对苯和甲苯去除率均高于 30%; 品系 3、4、7 的去除率随

熏蒸时间延长而降低, 其中品系 7 对甲苯的去除率由熏蒸 3 h 的 13% 降至熏蒸 6 h 的 0。

2.2 累计去除量

通过熏蒸箱的气体累积体积随熏蒸时间的延长而增加, 因此, 采用累计去除量可以更好地表征植物的动态净化效果。9 个菊花新品系在 2 个采样时段对苯或甲苯的累计去除量如图 3 所示。

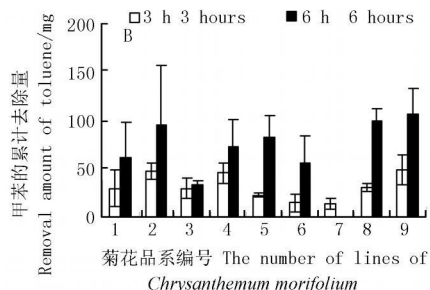
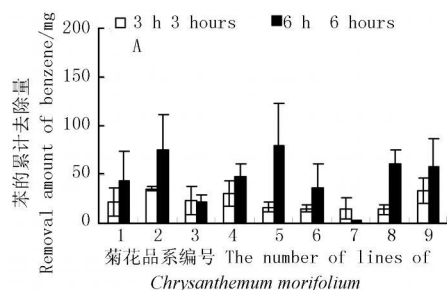


图 3 菊花新品系在动态熏蒸不同时段对苯和甲苯的去除量

Fig. 3 Removal amount of benzene and toluene for new lines of *Chrysanthemum morifolium* at two sampling periods.

注: A 为对苯的去除量; B 为对甲苯的去除量。

Note: A; Removal amount of benzene; B; Removal amount of toluene.

与熏蒸 3 h 比较, 熏蒸 6 h 时, 随进气量的加倍, 编号为 1、2、3、4、6、9 的各品系对苯和甲苯的累计去除量也随之加倍。而在后 3 h 的熏蒸过程中, 品系 5 对苯的累计去除量显著超过前 3 h, 但其对甲苯的累计去除量无显著性提升。这与品系 5 的去除效率随时间的变化趋势一致。品系 7 在前 3 h 的熏蒸过程中对污染物的去除已达到饱和点, 随熏蒸时间的延长其累计去除量无显著性变化。

3 讨论

以往的研究^[9]表明, 在试验条件(如熏蒸方式、污染物浓度、熏蒸时间等)一致的情况下, 除植物外形(如冠径、株高等)的差异, 不同品种的植物对污染物的去除效果差异显著。该试验中, 在相同试验条件下, 即使种属一致, 不同的植物品系对污染物的去除效果差异显著。试验采用动态熏蒸方式, 即恒定浓度的污染气体在熏蒸环境入口及出口间连续流动。从去除率和累计去除量的定义来看, 去除率强调瞬时净化效果, 而累计去除量则强调累积净化效果。结合去除率和累计去除量分析, 品系 2、4、5、8、9 对苯和甲苯混合污染物的去除效果较好, 可考虑做进一步的实际环境应用测试。

在高等植物体中, 羟基化被认为是苯系物转化的第一步, 其转化后的产物参与植物体的酚代谢途径^[6-7]。该试验中, 与苯比较, 大多数菊花新品系对甲苯的去除效果更好, 这可能是由于在植物体内甲苯较苯更易羟基化的缘故。即便如此, 相同采样时段对苯或甲苯的去除率无显著性差异的结果暗示, 各新品系对甲苯未表现出明显的选择性去除性能。

杨振亚^[8]在其研究中指出, 植物以气态形式吸收的

有机污染物, 通过其角质层或气孔进入叶片后, 会扩散至细胞间的空气间隙, 并分配到临近的水和脂肪物质中。叶片内外两部分吸收积累有机污染物的能力存在差异, 据此可以将其一分为二。一部分是能够快速吸收积累有机污染物的叶表部分, 在叶片中只是薄薄的一层; 另一部分是体积较为庞大的叶片内部, 其吸收积累有机污染物的速率相对缓慢。该试验中, 大多数菊花新品系(除品系 7 外)对苯和甲苯的去除均未达到饱和点, 这可能是由于试验采用的污染物浓度较低, 植物对污染物的吸收始终停留在叶表部分, 而品系 7 对污染物的去除过程已进入叶片内部。

参考文献

- [1] 刘艳菊, 葛红. 室内观赏植物对苯和甲醛的净化研究及养护技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 1-117.
- [2] 吴丹丹, 周云龙. 常见盆栽植物对室内空气的净化[J]. 生物学通报, 2006, 41(9): 58-60.
- [3] 黄爱葵. 几种盆栽观赏植物对室内空气净化能力的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2005.
- [4] Liu Y J, Mu Y J, Zhu Y G, et al. Which ornamental plant species effectively remove benzene from indoor air[J]. Atmospheric Environment, 2007, 41: 650-654.
- [5] 张莉俊, 戴思兰. 菊花种质资源研究进展[J]. 植物学报, 2009, 44(5): 526-535.
- [6] Ugrehelidze D, Korte F, Kvesitadze G. Uptake and transformation of benzene and toluene by plant leaves[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 1997, 37: 24-29.
- [7] Porter J R. Toluene removal from air by Dieffenbachia in a closed environment[J]. Adv Space Res, 1994, 14(11): 99-103.
- [8] 杨振亚. 植物吸收积累多环芳烃的过程、机理及预测模型[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.

(该文作者还有李秋香、王甜甜, 工作单位为中国农业科学院蔬菜花卉研究所。)

赤霞珠葡萄光合生理生态特性的研究

房 林¹, 张 振 文^{1,2}, 贾 媛 媛³, 岳 泰 新¹

(1. 西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省葡萄与葡萄酒工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100;

3. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 利用 Li-6400 便携式光合作用测定系统对杨凌地区赤霞珠葡萄的生理生态特性进行研究, 探讨葡萄不同节位叶片不同季节光合作用和蒸腾作用的动态规律, 并揭示其主要影响机理。结果表明: 不同节位叶片净光合速率在 5~9 月份中呈典型的单峰曲线, 5 月份时光合速率最大值出现在第 6 节位, 随着时间推移这一峰值逐渐向高节位移动。从整个生长季节来看, 在光合有效辐射(PAR)人为恒定的情况下气孔导度(G_s)是影响叶片净光合速率(P_n)最重要的生理因子。在 5~9 月份不同节位叶片蒸腾速率(T_r)变化呈现单峰曲线, 整个生长季 T_r 与叶片大气水汽压亏缺(V_{pdL})、气孔导度(G_s)的相关性均比较显著, 说明叶片 V_{pdL} 、 G_s 是影响葡萄叶片蒸腾速率的主要因子。

关键词: 葡萄; 净光合速率; 生态特征

中图分类号: S 663.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)19-0008-05

第一作者简介: 房林(1984-), 男, 陕西西安人, 硕士, 现主要从事葡萄与葡萄酒学研究工作。E-mail: fallany2001@163.com。

通讯作者: 张振文(1960-), 男, 陕西耀县人, 教授, 博士生导师, 现主要从事葡萄与葡萄酒研究工作。E-mail: Zhangzhw60@nwsuaf.edu.cn。

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(nycytx-30-zp-04)。

收稿日期: 2010-05-25

葡萄(*Vitis vinifera*)属于葡萄科葡萄属多年生藤本落叶植物, 用途广, 除鲜食外, 还可以酿制各种葡萄酒、制成葡萄汁和葡萄干, 世界葡萄产量的 80% 以上用于酿酒^[1]。因此, 了解葡萄的光合特性、蒸腾特性及其对环境因子的响应和适应性, 一方面有利于加深对葡萄的生态学特征及其对变化环境适应性的认识与理解, 另一方面也有助于促进对它的进一步研究及其资源的开发利用。近年来对于葡萄的研究大都集中于设施栽培条件

Performance-Testing in Removing Benzene-Toluene Binary Gas Using New Lines of *Chrysanthemum*

YANG Hua^{1,2}, LIU Zhi-yong², GE Hong³, YANG Shu-hua³, GE Wei-ya³, LI Qiu-xing³, WANG Tian-tian³, LIU Yan-ju²

(1. College of Environmental and Resource, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310028; 2. Beijing Center for Physical and Chemical Analysis, Beijing 100089; 3. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: It was the first performance-testing in China to remove gaseous benzene-toluene using new lines of *Chrysanthemum morifolium* in the dynamic fumigation. The results showed that while selective removal of benzene or toluene was not significantly shown in nine lines of *Chrysanthemum*, most of them removed more toluene than benzene. Removing rates varied significantly among lines. Samples from 6-hour of fumigation suggested that above 30% of removal rate of both benzene and toluene were reached by lines of the number 2, 4, 5, 9, in the meanwhile removal rate of toluene from line of the number 7 dropped to 0 from 13% at 3-hour of fumigation. From the results of removal amount, lines of the number 2, 4, 5, 8, 9 should be taken for application performance testing in real world considering better performance-testing results.

Key words: *Chrysanthemum morifolium*; benzene; toluene; phytoremediation