

盆栽吊兰净化空气中的甲醛研究

皮东恒 徐仲均* 王京刚 童 华

(北京化工大学环境科学与工程系, 北京 100029)

摘 要 采用动态箱模拟法研究了甲醛浓度、气体流量、光照强度对盆栽吊兰净化甲醛速率的影响,初步分析了吊兰茎叶和土壤对甲醛的净化贡献。结果表明,白天净化速率为 $0.24 \sim 1.88 \text{ mg/h}$,夜间净化速率为 $0.06 \sim 1.29 \text{ mg/h}$ 。吊兰对甲醛具有长期的净化作用,且净化速率白天大于晚上。在吊兰耐受范围内,通过提高入口气体甲醛浓度或流量增加甲醛负荷,均可增加吊兰对甲醛的净化速率。在 $4\,000 \sim 12\,000 \text{ lx}$ 范围内,光照强度的变化对净化速率无显著影响。研究还表明,吊兰茎叶白天的净化速率为 $0.94 \sim 7.43 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$,夜间 $0.15 \sim 3.4 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$ 。土壤(包括吊兰地下部分)净化甲醛的贡献大于吊兰茎叶。

关键词 甲醛 吊兰 净化 土壤 空气

中图分类号 X701.7 **文献标识码** A **文章编号** 1673-9108(2011)02-0383-04

Study on formaldehyde purification from air by potted spider plant

Pi Dongheng Xu Zhongjun Wang Jinggang Tong Hua

(Department of Environmental Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract A dynamic chamber technique was employed to investigate the effects of formaldehyde concentration, light intensity and flow rate on formaldehyde purification from air by potted spider plant. The results showed that the removal rate was $0.24 \sim 1.88 \text{ mg/h}$ in daytime, while $0.06 \sim 1.29 \text{ mg/h}$ in nighttime. Formaldehyde in the air could be removed by spider plant in a long-term period, and the removal rate was higher in daytime than that in nighttime. An increase in the removal rate of formaldehyde resulted from elevated inlet formaldehyde loading rate by increasing formaldehyde concentration or flow rate. In the range of $4\,000 \sim 12\,000 \text{ lx}$, the variation of the light intensity had no remarkable effect on the purification. The removal rate of aboveground spider plant was $0.94 \sim 7.43 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$ in daytime, while $0.15 \sim 3.4 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$ in nighttime. The soil (including underground spider plant) contribution to formaldehyde purification was higher compared to aboveground spider plant.

Key words formaldehyde; spider plant; purification; soil; air

近年来,室内空气的污染问题受到人们的普遍关注。甲醛作为室内空气污染的主要污染物其毒性大,来源广泛,持续时间长,已经作为评价室内空气质量的必测指标。众多研究表明,室内空气中的甲醛对人体危害包括呼吸道和眼部的刺激作用、肝肾功能损害、免疫功能异常、中枢神经受损、生殖功能受影响、遗传毒性、致敏和致突变作用等^[1-3]。现代人每天有 $80\% \sim 90\%$ 左右的时间呆在室内^[4],室内空气质量与人体健康密切相关。甲醛在我国有毒化学品优先控制名单上高居第二位^[5],并且,已经被世界卫生组织确定为致癌、致畸形、强致突变物质。因此,探索并研究治理室内空气甲醛技术,具有重大的现实意义。目前净化室内空气中甲醛的方法主要有:物理吸附法、化学法、光催化氧化法、组合法及植物净化法^[6]。植物净化法具有成本低、易行、无二

次污染、美化环境、可以大范围使用等优势。目前,国内外研究指出某些盆栽植物可以有效净化室内空气中甲醛,国内的研究较少,主要集中在含有一定浓度甲醛的空间内盆栽植物对甲醛的净化率^[7-9],但没有准确的量化,仅仅魏梅红等^[10]研究芦荟叶片及土壤对甲醛吸附;国外学者对植物净化甲醛进行了一些相关研究,但对盆栽植物净化甲醛的连续考察时间一般都不超过 72 h 而无法测试对甲醛的长期净化作用。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40705044);北京化工大学青年教师自然科学基金项目(QN0707)

收稿日期:2009-12-13; **修订日期:**2010-03-10

作者简介:皮东恒(1980-),男,硕士研究生,主要从事环境污染控制的研究工作。E-mail: pwww126com@126.com

* 通讯联系人, E-mail: zhongjunxu@163.com

本实验以盆栽吊兰 (*Chlorphytum comosum* L.) 作为其研究对象,采用动态箱模拟法研究了甲醛浓度、气体流量和光照强度对吊兰长期净化甲醛的影响,吊兰茎叶和土壤体对甲醛的净化贡献,旨在为研究盆栽植物净化室内空气中甲醛提供科学依据。

1 材料与方

1.1 材料和仪器

盆栽吊兰来源于北京市来广营花卉市场,30%~40% 甲醛溶液 (分析纯),光照培养箱 (GXZ-280B,宁波江南仪器厂),甲醛分析仪 (4160 型,美国 Interscan 公司)。

实验装置如图 1 所示。主要由光照培养箱、有机玻璃动态培养箱 (Φ400 mm × 600 mm)、氮气瓶 (高纯氮)、聚四氟乙烯管、广口瓶、空气泵、真空泵、浮子流量计组成。

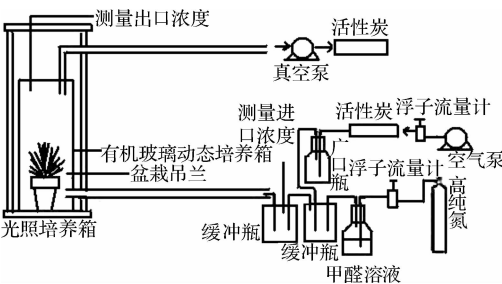


图 1 实验装置
Fig. 1 Experimental devices

1.2 实验方法

在实验过程中,温度控制在 23℃,相对湿度为 60%,白天 12 h,夜间 12 h。甲醛气体由高纯氮吹脱甲醛溶液制得。吹脱出的高浓度甲醛由压缩空气稀释到目标浓度后进入动态培养箱,由盆栽吊兰净化后从箱体上方出口流出,经真空泵由活性炭吸收以防止污染环境。通过测定动态箱进出口甲醛浓度即可计算盆栽植物对甲醛的净化速率。在实验之前,首先通过 7 d 的观测实验确定出开花期的吊兰对甲醛的耐受浓度为 11.7 mg/m³,以下的研究工作将开花期的吊兰放入动态培养箱中在该浓度下进行。

在实验过程中,每 2 d 测定一次盆栽体系的质量。上述实验完成后,去掉吊兰地上部分,将土壤 (包括吊兰地下部分) 放入动态培养箱内观测土壤

对甲醛的净化。实验操作参数如表 1 所示。

表 1 操作参数
Table 1 Operational parameters

项 目	气 流 量 (L/h)	光 照 强 度 (lx)
浓度影响	200	12 000
光照强度影响	200	12 000、8 000、4 000
气体流量影响	200、100	12 000
茎叶和土壤净化贡献	200	12 000

1.3 测定方法

使用甲醛分析仪实时监测动态箱进出口气体甲醛浓度,将 4160 型甲醛分析仪直读数据单位 ppm 换算成 mg/m³。一个甲醛浓度测定 2 d。

单位时间对甲醛的净化速率计算公式如下:

$$R = V(C_{\text{入}} - C_{\text{出}}) \tag{1}$$

式中:R 为净化速率,mg/h;V 为进口气流量,L/h; $C_{\text{入}} - C_{\text{出}}$ 为动态培养箱进出口甲醛浓度差,mg/m³。

吊兰茎叶对甲醛的净化速率为 $R_{\text{盆栽}} - R_{\text{地下}}$,单位质量吊兰茎叶净化速率为 $(R_{\text{盆栽}} - R_{\text{地下}})/M$,M 为吊兰茎叶的质量。

2 结果与讨论

2.1 甲醛浓度对吊兰净化甲醛速率的影响

图 2 显示了吊兰盆栽体系在白天和夜间净化甲醛的情况。从图中可以看出,在 11.7 mg/m³ 甲醛浓度以下,盆栽体系白天净化速率为 0.24 ~ 1.88 mg/h,夜间净化速率为 0.06 ~ 1.29 mg/h。Wolverton 等^[11]曾报道盆栽波斯顿蕨、菊花和软叶刺葵 3 种植物在光照度为 1 150 ± 50 lx 下对甲醛去除率分别为 1.863、1.450 和 1.385 mg/h,这与本实验结果相当。从图中还可以看出,盆栽体系对甲醛的净化效率随入口甲醛浓度升高而增强。Kondo 等^[12]也曾报道盆栽夹竹桃随着甲醛浓度的增加对甲醛的净化能力提高。这表明,甲醛的入口负荷还未超过盆栽体系对甲醛的最大净化效率。另外,盆栽体系白天的净化速率明显大于夜间。这可能是由于白天吊兰进行光合作用,代谢能力强,增强了吊兰对甲醛的净化能力。Schmitz 等^[13]研究了在 24 h 内 (8 h 光照,16 h 黑暗) 金绿萝和垂叶榕对浓度为 0.5 mg/m³ 室内空气甲醛的净化,发现白天对甲醛的净化效率大于夜间,与本研究一致。

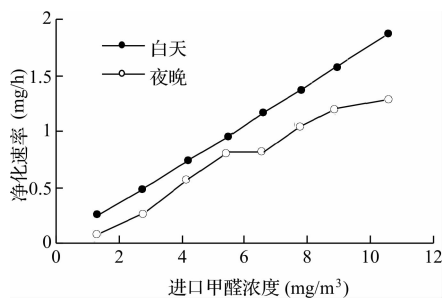


图 2 甲醛浓度对盆栽吊兰净化甲醛速率的影响

Fig. 2 Effect of formaldehyde concentration on purification rate by potted spider plant

具体多大的光照强度可以满足要求,有待进一步研究。

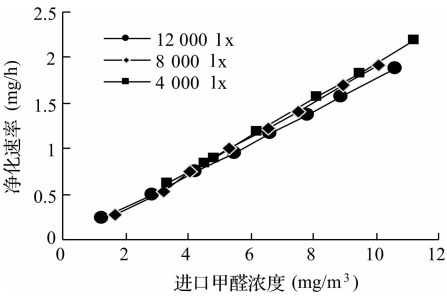


图 4 光照强度对盆栽吊兰净化甲醛速率的影响

Fig. 4 Effect of light intensity on formaldehyde purification rate by potted spider plant

2.2 气体流量对吊兰净化甲醛速率的影响

在甲醛耐受浓度下,光照强度为 12 000 lx 时,研究了甲醛废气流量为 200 L/h 和 100 L/h 时,吊兰盆栽体系对甲醛的净化,结果如图 3 所示。从图中可以看出,无论在白天还是夜间,盆栽体系在 200 L/h 流量时的净化速率明显大于在 100 L/h 流量时的净化速率,且随着甲醛浓度的升高净化速率差异增大。在未超过盆栽体系的最大净化能力时,流量的增加相当于单位时间内盆栽吊兰增大了和甲醛的接触频率,从而增大了盆栽体系对甲醛的净化速率。

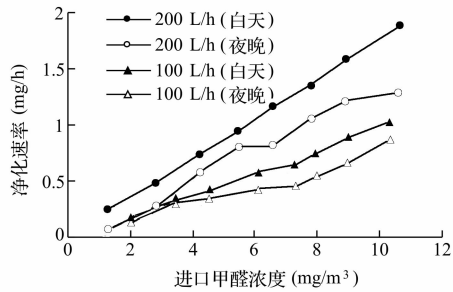


图 3 流量对盆栽吊兰净化甲醛速率的影响

Fig. 3 Effect of flow rate on formaldehyde purification rate by potted spider plant

2.3 光照强度对盆栽体系净化甲醛速率的影响

图 4 为光照度 12 000、8 000 和 4000 lx 下吊兰盆栽体系白天对甲醛的净化速率。从图中可以看出在 4 000 ~ 12 000 lx 范围内,光照强度对盆栽体系白天净化速率无显著影响。这与 Kondo 等^[12]的研究结果不一致。他们发现盆栽夹竹桃随着光照强度的增加对白天甲醛的净化能力显著增加。这说明吊兰净化甲醛过程中对光照强度的需求不如夹竹桃。比较图 2 和图 4 可知,光照强度大于 4 000 lx,即可满足吊兰对光照的需求。但吊兰净化甲醛的过程中,

2.4 吊兰茎叶和土壤分别对甲醛的净化贡献

甲醛废气流量控制在 200 L/h,光照度控制在 12 000 lx,研究吊兰茎叶和土壤分别对甲醛的净化贡献,结果如图 5 所示。从图中可以看出不论白天还是夜间土壤对甲醛的净化速率都大于吊兰茎叶对甲醛的净化速率,且随着甲醛浓度的升高土壤对甲醛的净化速率也增大。魏梅红等^[10]以玻璃箱模拟室内空间环境研究芦荟对甲醛的净化,结果指出通入 100 μg 的甲醛,吊兰叶片吸附 20 μg ,土壤也可以吸附甲醛且吸附量为 21 μg ;Wolverton 等^[14]报道土壤及微生物对甲醛具有明显吸收作用。Godish 等^[15]研究盆栽吊兰对空气中甲醛的净化时,指出除了吊兰叶片对甲醛的净化外,更主要的是土壤对甲醛的净化。这些研究结果与本研究基本一致。土壤净化甲醛的贡献大于吊兰茎叶可能是因为植物根系分泌物有利于土壤中亚氏阴性菌群的生长,革兰氏阴性菌能高效地净化甲醛^[14]。

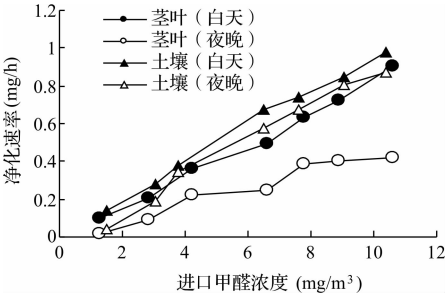


图 5 吊兰茎叶和土壤对甲醛的净化贡献

Fig. 5 Contributions of spider plant shoot and soil to formaldehyde purification

图 6 为单位质量吊兰茎叶(鲜重)对甲醛的净

化速率。图中可以看出,对于单位质量吊兰茎叶对甲醛的净化速率白天大于晚上,且随着甲醛浓度的增加净化速率增大,吊兰茎叶白天的净化速率为 $0.94 \sim 7.43 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$,夜间 $0.15 \sim 3.4 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$ 。Schmitz 等^[13]的研究表明,在 24 h (8 h 光照, 16 h 黑暗) 内按叶片计算金绿萝和垂叶榕对浓度为 $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ 室内空气甲醛的净化速率分别为 $88 \text{ ng}/(\text{g} \cdot \text{h})$ 和 $127 \text{ ng}/(\text{g} \cdot \text{h})$ (鲜物质重)。从图 6 可以看出,单位质量吊兰茎叶对甲醛的净化速率大于金绿萝和垂叶榕。

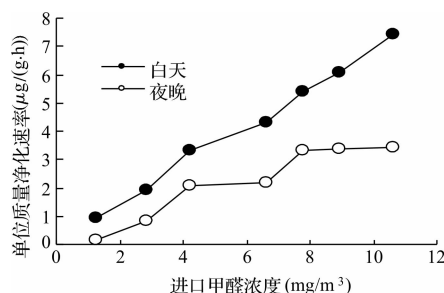


图6 吊兰茎叶对甲醛的净化速率

Fig. 6 Formaldehyde purification rate by spider plant shoot

3 结 论

吊兰盆栽体系对甲醛具有长期的净化作用。盆栽体系对甲醛的净化速率白天大于晚上,随着甲醛浓度的增大,盆栽体系对甲醛的净化能力增加,白天净化速率为 $0.24 \sim 1.88 \text{ mg}/\text{h}$,夜间净化速率为 $0.06 \sim 1.29 \text{ mg}/\text{h}$ 。在 $4\,000 \sim 12\,000 \text{ lx}$ 范围内,光照强度对净化速率无显著影响。不论白天还是夜间,随着流量的增大盆栽体系对甲醛的净化速率增大。在相同条件下,土壤净化甲醛的贡献大于吊兰茎叶。单位质量吊兰茎叶对甲醛的净化速率白天为 $0.94 \sim 7.43 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$,夜间 $0.15 \sim 3.4 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$ 。

参 考 文 献

[1] 鲁志松. 室内空气甲醛对人体健康的危害. 中国环境卫生, 2003, 6(1-3): 22-30

[2] 王文超, 周仕学, 姜瑶瑶, 等. 室内甲醛污染治理技术的研究进展. 环境科学与技术, 2006, 29(9): 106-108

[3] 吴萍, 刘金洲. 室内空气甲醛污染危害及其控制措施. 公共卫生与预防医学, 2006, 17(4): 59-60

[4] 李玉华, 王琨, 孙丽欣, 等. 室内空气甲醛污染控制研究. 低温建筑技术, 2007, (6): 131-132

[5] 王国庆, 江丽, 陈实, 等. 室内甲醛污染及其控制. 环境科学与技术, 2006, 29(12): 36-38

[6] 丁震, 林萍, 吕永生, 等. 室内空气甲醛污染的净化与控制. 中国公共卫生, 2003, 19(8): 998-1000

[7] 胡海红, 戴修道, 李莉, 等. 室内绿化净化功能的研究. 上海建设科技, 1996, (6): 37-38

[8] 白雁斌, 刘兴荣. 吊兰净化室内甲醛污染的研究. 海峡预防医学杂志, 2003, 9(3): 26-27

[9] 景慧, 李玉敏, 王春华. 花卉可以消除居室装修污染. 青海农技推广, 2005, (2): 17-21

[10] 魏梅红, 马华章, 陈登龙, 等. 芦荟植物 SOD 酶对甲醛气体胁迫的应答. 安全与环境学报, 2003, 7(2): 29-31

[11] Wolverton B. C., Wolverton J. D. Plants and soil microorganisms: Removal of formaldehyde, xylene, and ammonia from the indoor environment. Journal of the Mississippi Academy of Sciences, 1993, 38(2): 11-15

[12] Kondo T., Hasegawa K., Uchida R., et al. Absorption of formaldehyde by oleander (*Nerium indicum*). Environmental Science and Technology, 1995, 29(11): 2901-2903

[13] Schmitz H., Hilgers U., Weidner M. Assimilation and metabolism of formaldehyde by leaves appear unlikely to be of value for indoor air purification. New Phytologist, 2000, 147(2): 307-315

[14] Wolverton B. C., McDonald R., Watkins EAJr. Foliage plants for removing indoor air pollutants from energy-efficient homes. Economic Botany, 1984, 38(2): 224-228

[15] Godish T., Guindon C. An assessment of botanical air purification as a formaldehyde mitigation measure under dynamic laboratory, chamber conditions. Environmental Pollution, 1989, 61(1): 13-20