

虎尾兰吸收甲醛及其保护酶活性的初步研究

林丽仙, 谢志南, 苏明华, 赖瑞云, 钟赞华, 李惠华

(福建省亚热带植物研究所, 福建 厦门 361006)

摘要: 通过对不同甲醛浓度处理的密闭容器中甲醛含量、虎尾兰植株体内甲醛含量及其保护酶活性的测定, 探讨虎尾兰吸收空气中甲醛的效果, 并分析不同甲醛浓度处理后植株体内甲醛含量与保护酶活性的差异性。结果表明: 虎尾兰吸收甲醛量随着甲醛处理浓度的提高而增加, 当甲醛处理浓度为 $0.347 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $0.431 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $0.543 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $0.672 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $0.884 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 虎尾兰吸收甲醛量分别占容器中甲醛总量的 14.98%、20.64%、30.76%、39.43%、45.14%; 不同处理虎尾兰植株体内甲醛含量差异不显著, 且其含量随着处理时间呈波动性变化态势; 各处理的虎尾兰植株体内保护酶 (POD、SOD 和 CAT) 活性差异不显著。由此推断, 虎尾兰吸收的甲醛没有在植株体内积累, 甲醛处理对虎尾兰植株影响不显著。

关键词: 甲醛; 虎尾兰; 保护酶活性

中图分类号: S 682.36

文献标识码: A

A preliminary study on formaldehyde absorption and protective enzyme activity of *Sansevieria trifasciata*

LIN Li xian, XIE Zhi nan, SU Ming hua, LAI Rui yun, ZHONG Zharr hua, LI Hui hua

(Fujian Institute of Subtropical Botany, Xiamen, Fujian 361006, China)

Abstract: Reaction of *Sansevieria trifasciata* plant to formaldehyde pollution in a closed container was studied. Various formaldehyde concentrations were applied and the corresponding protective enzyme activities in the *S. trifasciata* plant determined. The results showed that at formaldehyde concentration of $0.347 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, $0.431 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, $0.543 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, $0.672 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ and $0.884 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, the absorption rates of formaldehyde by the plant was 14.98%, 20.64%, 30.76%, 39.43% and 45.14%, respectively. No significant correlation between the formaldehyde concentration in the container and that in the plant were found. On the other hand, the formaldehyde content in the plant varied with treatment time. The protective enzyme (i. e., POD, SOD and CAT) activities in the plant showed no significant difference, when the formaldehyde concentration was varied. The results suggested that the formaldehyde absorbed by *S. trifasciata* did not accumulate in the plant, leaving no significant residual effects on it.

Key words: formaldehyde; *Sansevieria trifasciata*; protective enzyme activity

甲醛是常用的防腐剂, 一般用于油漆、粘合剂、有机溶剂、杀菌剂及生物标本的制作。长期接触甲醛, 会引发人体多系统、多脏器的损害, 如神经行为改变、肝硬化、贫血和心血管病等多种疾患, 导致非特异性肿瘤增加, 且发生率随着接触时间的延长而增高。世界卫生组织 (WHO) 及美国环境保护局 (EPA) 均将甲醛列为潜在的危险致癌物及重要的环境污染物^[1-2]。对有效改善室内空气中甲醛污染的措施 (如甲醛去除剂) 国内学者已有研究, 但因效果不理想或价格昂贵难以推广使

用^[3-5]。

作为环境科学领域的一个重要组成部分, 室内空气净化技术正在成为研究和开发的热点。据报道, 君子兰、虎尾兰、和吊兰能够清除甲醛、三氯乙烯、硫化氢等有毒气体, 净化空气^[1,5]。但这些报道只是探讨植物净化室内空气, 吸收污染物的效果, 并未研究有毒气体是否在植物体内积累以及其对植株体的影响。本文不仅探讨了虎尾兰吸收甲醛的效果, 同时对甲醛是否在植株体内富集和对保护酶活性的影响进行初步研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验采用的虎尾兰品种为金边虎尾兰; 容器是自制的 $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 木筐子, 共 15 个, 用 0.8 mm 的透明塑料膜包住木筐, 留一圆口 (作为取样用) 用 PVC 管和盖子封住。

1.2 试验处理设置和取样

本试验设置 5 个甲醛浓度处理, 分别为 A: $0.347\text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、B: $0.431\text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、C: $0.543\text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、D: $0.672\text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、E: $0.884\text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。每个处理 3 次重复, 每个重复即每个密闭容器中放入 2 株 7 个叶片的金边虎尾兰。甲醛处理后每隔 3 d 取样 1 次, 试验期间取样 5 次: 每次从预留的圆口处剪下虎尾兰叶片约 10 g, 称取 0.50 g 为一小袋, 共 6 袋, 称完后用塑料袋包好后进行液氮预冷处理, 置于低温冰箱, 待测。

1.3 测定方法

1.3.1 虎尾兰体内甲醛提取与测定 虎尾兰植株体内甲醛提取参照徐碧珠和吕维影的蒸馏法^[6-7]: 将虎尾兰叶片 0.50 g 倒入研钵中, 加 5 mL 蒸馏水研磨成匀浆状。然后用 15 mL 的蒸馏水分 3 次洗涤研钵, 一并倒入蒸馏瓶中, 再加 10 mL 蒸馏水、2.5 mL 液体石蜡和 1 mL 浓磷酸进行蒸馏。在磷酸酸性 (pH 5.5~7.0) 条件下对样品进行蒸馏, 用 10 mL 蒸馏水吸收蒸馏液。吸收液中的甲醛与乙酰丙酮及铵离子反应生成黄色 3, 5-乙酰基-1, 4-二氢毗啶二羧酸, 在 412 nm 波长处有最大吸收峰。甲醛测定法参照张冬民等的方法^[8]。

1.3.2 空气中甲醛含量测定 采用便携式 PPM-400ST 测定空气中甲醛含量。PPM-400ST 具有温度补偿, 在 5~40 °C 温度内, 能保证测量精确性。

1.3.3 保护酶活性 (SOD、POD、CAT) 测定 SOD 活性测定参照朱广廉等的方法^[9]; 过氧化氢

酶 (CAT) 采用硫代硫酸钠滴定法^[10]; 过氧化物酶 (POD) 采用比色法^[11]。

2 结果与讨论

2.1 虎尾兰对不同甲醛浓度处理的吸收效果

试验期间不同处理密闭容器中甲醛浓度的变化见图 1。从图 1 看出, 随着时间的推移, 虎尾兰吸收甲醛后容器中甲醛浓度量越来越低。不同处理的密闭容器中甲醛浓度变化表现为: 高浓度处理 (C、D、E) 其容器中甲醛浓度变化幅度较大; 低浓度处理 (A、B) 其密闭容器中甲醛浓度变化幅度较小, 整个图形比较平稳, 说明了虎尾兰植株对高浓度处理的甲醛吸收量较多, 对低浓度处理的甲醛吸收量较少。

不同处理虎尾兰吸收甲醛量和差异性列于表 1。表 1 可见, 高浓度处理 C、D、E 第 1 时段 (前 3 d) 吸收甲醛量最大; 第 2 时段次之; 第 3 时段吸收甲醛量锐减; 第 4 时段吸收甲醛量少。低浓度 A、B 处理第 2 时段吸收甲醛量最大, 第 1 时段吸收甲醛量次之; 第 4 时段吸收甲醛量最少。试验期间虎尾兰吸收容器中甲醛总量依次为 A: 0.052 mg、B: 0.089 mg、C: 0.167 mg、D: 0.265 mg、E: 0.399 mg, 分别占容器中甲醛总量的 14.98%、20.64%、30.76%、39.43%、45.14%。

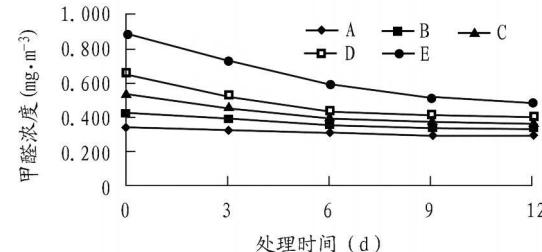


图 1 虎尾兰吸收甲醛的动态变化

Fig 1 Dynamic changes of formaldehyde absorption in *S. trifasciata*

表 1 虎尾兰吸收甲醛量

Table 1 Formaldehyde absorbed by *S. trifasciata*

处理	1~3 d(第 1 时段) 吸收甲醛量(mg)	4~6 d(第 2 时段) 吸收甲醛量(mg)	7~9 d(第 3 时段) 吸收甲醛量(mg)	10~12 d(第 4 时段) 吸收甲醛量(mg)	吸收甲醛量总量 (mg)	吸收甲醛 (%)
A	0.015	0.019	0.016	0.002	0.052 dD	14.98
B	0.032	0.044	0.011	0.002	0.089 cCD	20.64
C	0.086	0.060	0.013	0.008	0.167 bBC	30.76
D	0.135	0.098	0.018	0.014	0.265 abB	39.43
E	0.147	0.145	0.077	0.030	0.399 aB	45.14

注: 表中总量一栏的大小写英文字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上的显著性差异。

方差分析表明：不同处理间存在着显著或极显著性差异。E 处理与 A、B 处理之间差异极显著，与 C 处理差异显著；D 处理与 A、B 处理之间差异极显著；C 处理与 A 处理之间差异极显著，与 B 处理之间差异显著；B 处理与 A 处理之间差异显著。由此可见，随着甲醛处理浓度提高，虎尾兰吸收甲醛量明显增加。

2.2 虎尾兰吸收甲醛后植株体内甲醛含量变化

不同甲醛浓度处理后，虎尾兰植株体内甲醛含量变化见图 2。从图 2 可以看到，金边虎尾兰吸收甲醛后植株体内甲醛含量增加，随即下降，降到整个试验期间最低点。之后再次上升，但上升幅度较小，随即又有所下降，降到跟试验初期的基本一样。在整个试验期间，虎尾兰植株体内甲醛含量呈现出起伏波动性，由此说明了甲醛被虎尾兰吸收后没有在植株体内积累，而是可能作为碳源被虎尾兰吸收利用。

不同处理虎尾兰植株体内甲醛含量不同。方差分析结果（见表 2）显示不同甲醛浓度间差异不显著，不同处理阶段（T）之间存在着显著差异，表明了不同甲醛浓度处理对金边虎尾兰植株体内甲醛含量的影响不明显，但虎尾兰植株体内甲醛含量在不同的处理时间里存在着显著或极显著差异，具有起伏波动性，说明了甲醛处理不影响虎尾兰植株体内甲醛含量和其起伏波动变化态势。

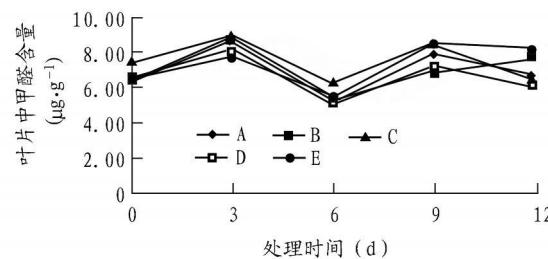


图 2 金边虎尾兰吸收甲醛后体内甲醛含量变化

Fig 2 Changes in formaldehyde content in *S. trifasciata* after formaldehyde exposure

2.3 甲醛对虎尾兰保护酶 POD、SOD、CAT 活性的影响

2.3.1 甲醛处理对 POD 酶活性的影响 试验期间 POD 酶活性总体呈现下降趋势（图 3）。从图 3 看出，POD 酶活性从第 1 d 到第 6 d 处于波动状态，大部分处于下降状态；第 9 d 有 1 个小高峰，但还是比第 1 d 低（除 E 处理外）；第 9 d 到第 12 d 继续下降，并且降到整个试验期间的最低点。

表 2 不同甲醛浓度和处理的不同阶段二因素试验的方差分析

Table 2 Variance analysis of two factor test with different formaldehyde treatments

变异来源	DF	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
重复间(区组)	2	2.42	1.21	1.25	3.19	5.08
处理间	24	102.53	4.27	4.42	1.74	2.2
浓度	4	9.54	2.38	2.46	2.56	3.74
阶段	4	75.13	18.78	19.41	2.56	3.74
浓度*阶段	16	17.87	1.12	1.15	1.86	2.4
误差	48	46.44	0.97			
总变异	74	151.39				

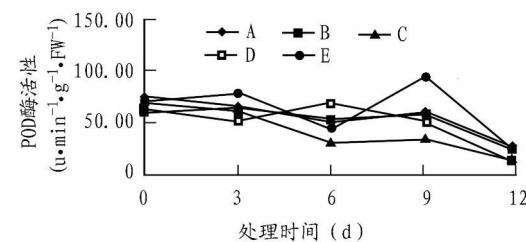


图 3 甲醛对 POD 酶活性的影响

Fig 3 Effect of formaldehyde on POD activity

方差分析显示 $F = 1.882$, $F_{0.05} = 3.48$, $F < F_{0.05}$, 各处理间的差异不显著，且上述的各处理 POD 酶活性图形趋势基本一致，说明不同浓度的甲醛处理对 POD 酶活性的影响不显著。

2.3.2 甲醛处理对 CAT 酶活性的影响 图 4 是试验期间虎尾兰植株体内 CAT 酶活性变化趋势图形。从图 4 可以看出，虎尾兰吸收甲醛后植株体内的 CAT 酶活性变化分 3 个阶段：先急剧下降（从第 1 d 到第 3 d）；接着平稳阶段（从第 3 d 到第 12 d）；最后急剧上升，并且超过第 1 d。

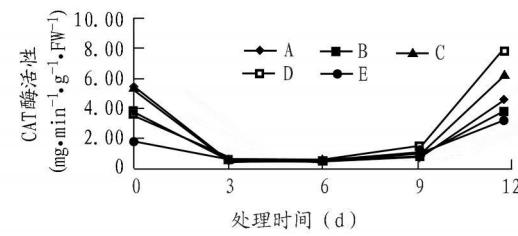


图 4 甲醛对 CAT 酶活性的影响

Fig 4 Effect of formaldehyde on CAT activity

由方差分析得知 $F = 0.744$, $F_{0.05} = 3.48$, $F < F_{0.05}$, 处理间的差异不显著。说明不同浓度的甲醛处理对虎尾兰 CAT 酶活性的影响不显著。

2.3.3 甲醛处理对SOD酶活性的影响 试验期间虎尾兰植株体内SOD酶活性变化见图5,可以看出:虎尾兰吸收甲醛后,处理C、处理D、处理E的SOD酶活性先呈上升趋势(从第1d到第9d);接着下降,下降到刚开始的水平(从第9d到第12d);最后达到平稳的状态,和处理前的水平相当。处理B的SOD酶活性基本不变。处理A先上升,接着下降,后平稳上升到处理前的水平。方差分析显示 $F=2.050$, $F_{0.05}=3.48$, $F < F_{0.05}$,各处理间的差异不显著。说明不同浓度的甲醛处理对SOD酶活性的影响不显著。

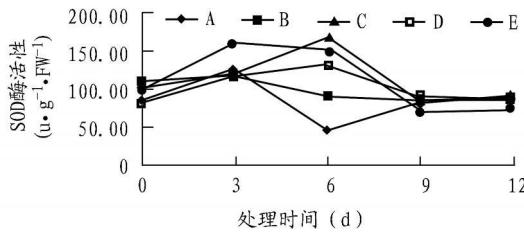


图5 甲醛对SOD酶活性的影响

Fig 5 Effect of formaldehyde on SOD activity

3 讨 论

绿色植物通过光合作用,不断地从外界环境中吸收所需的水分和矿物质,与大气进行大量的气体交换,吸收二氧化碳同时放出氧气。存在大气中的污染物沉降于植物表面,气态物可在植物产生气体交换时扩散入植物体内,在细胞表面溶解而被吸收^[1],这种溶解和吸收不是等量的,而是随着气体浓度的提高逐渐增加。本试验结果表明:虎尾兰吸收甲醛随着甲醛处理浓度的提高而增加,5个处理的虎尾兰在试验期间吸收密闭容器中甲醛总量分别达14.98%、20.64%、30.76%、39.43%、45.14%。虎尾兰吸收甲醛后,随容器中甲醛浓度降低其吸收速度减慢,吸收甲醛量减少。

虎尾兰吸收甲醛后,甲醛是在植株体内积累还是被吸收利用?美国宇航局的科学家威廉沃维尔发现绿色植物对居室和办公室的空气污染有很好的净

化作用,他用了几十年的时间,测试了几十种不同的绿色植物对几十种化学复合物的吸收能力,结果发现各种绿色植物都能有效地降低空气中的化学物质并将它们转化为自己的养料^[12]。本试验结果表明:①金边虎尾兰吸收甲醛后植株体内甲醛含量具有起伏波动性。②甲醛处理对金边虎尾兰内源POD、SOD和CAT酶活性的影响不显著,植株也没有受到甲醛的逆境胁迫而呈现受害症状。这就说明了甲醛没有在植株体内积累,甲醛处理对金边虎尾兰不造成逆境胁迫伤害,可能是作为碳源被虎尾兰吸收利用,但究竟吸收利用机制如何,有待于进一步的研究。

参考文献:

- [1] 白雁斌, 刘兴荣. 吊兰净化室内甲醛污染的研究 [J]. 海峡预防医学杂志, 2003, 9 (3): 26- 27.
- [2] 闫树刚, 刘慧, 朱力, 等. 甲醛的快速检测方法之研究 [J]. 中国农学通报, 2003, 19 (3): 122- 125.
- [3] 董敬朋, 原林, 王兴海. 去除福尔马林刺激性气味的初步试验 [J]. 临床解剖学杂志, 1986, 3 (2): 81.
- [4] 文军慧, 卢范, 张明利. 用PM防毒防腐剂作尸体保存剂的研究 [J]. 中国临床解剖学杂志, 1996, 14 (1): 71- 72.
- [5] 郭秀珠, 黄品湖, 王月英, 等. 君子兰、虎尾兰对室内环境的改善及有害物质吸收试验 [J]. 浙江亚热带作物通讯, 2005, 7 (1): 9- 11.
- [6] 吕维影, 常洁, 姜秋实, 等. 水发产品中甲醛测定方法研究 [J]. 中国现代实用医学杂志, 2004, 3 (4): 20- 21.
- [7] 徐碧珠, 廖华勇, 黄杰周. 分光光度法测定蜜枣中的甲醛 [J]. 中国卫生检验杂志, 2002, 12 (2): 162- 163.
- [8] 张冬民, 胡亚奇, 俎志平, 等. 空空气中甲醛的乙酰丙酮测定法 [J]. 职业与健康, 2005, 21 (11): 1731- 1732.
- [9] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学实验 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 226- 245.
- [10] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导 (第3版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 123- 190.
- [11] 荆加海, 丁钟荣译. 植物生物化学分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1981: 201- 209.
- [12] 周中平, 赵寿堂, 朱立, 等. 室内污染检测与控制 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 321-322.

(责任编辑:林海清)