深山含笑对酸雨胁迫的适应性研究*

许建新[1] 张金像[1] 许 涵[1] 庄雪影[1,#] 陈智营[2] 何志东[2]
（1. 华南农业大学林学院 广东广州 510642；2. 珠海市环境保护监测站）

摘要 应用模拟酸雨溶液喷洒法和石蜡切片技术，研究了深山含笑幼苗在不同pH值（2.0，3.0，4.0，5.6（对照））的酸雨溶液胁迫下的生长情况（叶面积、苗高、根长等）和叶片解剖结构变化。结果表明：pH < 3.0的酸雨溶液严重抑制幼苗的生长，植株出现明显的伤害症状，大量的苗木出现死亡；显微结构观察显示，叶表皮及叶肉细胞结构均受损或坏死。与对照相比，pH ≥3.0的酸雨溶液处理对苗木的伤害较轻，可见性伤害症状不明显，显微观察结果显示仅表皮细胞受损。从生长指标来看，pH ≥3.0的酸雨溶液对苗木生长有促进作用，呈正生物效应。

关键词 深山含笑 模拟酸雨 抗酸雨能力 解剖结构
中图分类号：Q948.116 文献标识码：A 文章编号：1006－4427（2007）01－0022－06

Growth Adaptation of Seedlings of Michelia maudiae Dunn to Acid Rain Stress

Xu Jianxin[1] Zhang Jinxiang[1] Xu Han[1]
Zhuang Xueying[1,#] Chen Zhiying[2] He Zhidong[2]
（1. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou, 510520;
2. Zhuhai Environmental Protection and Monitoring Station）

Abstract The effect of the simulated acid rain on the seedling of Michelia maudiae Dunn was studied by the spray experiment and wax dissection technique. The growth responses (leaf area, seedling height, and root length) and leaf anatomical structure of the seedlings in different simulated acid rain treatments were compared. The result showed that the seedling growth were seriously depressed in the acid rain with pH value < 3.0. The leaves presented injury symptoms; many seedlings died. Some of the epidermal and vascular bundle cells were found broken or necrosis under microscopy. By comparison, in the treatments with pH values greater than 3.0, the seedlings exhibited minor symptom. Visible damage was not clear; only epidermal cells were damaged. Based on the growth parameter, acid rain with pH value between 3.0～4.0 could stimulate the seedling growth, which was dominated by a positive effect.

Key words Michelia maudiae Dunn; simulated acid rain; resistance to acid rain; anatomy

酸雨已成为跨越国界的全球性环境问题，严重威胁着人与自然的和谐、健康发展，因此被喻为“空中死神”[1]。我国正遭受着酸雨的严重影响，灾区面积已达到国土面积的40%，成为仅次于欧洲和北美的第三大酸雨区，经济损失惨重。广东省酸雨污染情况十分严峻，广州、韶关、汕头、深圳、佛山、江门、清远、东莞和潮州的酸雨频率超过70%，因酸雨而造成的农林经济损失达20亿元[2-4]。

酸雨对农作物以及蔬菜生长影响方面已见有大量报道[5-20]，但有关树木对酸雨的抗性方面的研究比较少，有关酸雨对乡土树种生长影响的研究也鲜有见报端。而对深山含笑生理生态学特性，及酸雨对其生长影响的研究更是一项空白。本文报道了模拟酸雨溶液对深山含笑苗木生长影响的研究结果，拟为深山含笑的开发、利用以及城市污染区绿化的植物选择提供理论依据。

* 珠海市酸沉降对森林土壤及植被生长影响监测研究项目。第一作者简介：许建新（1982－），男，福建省莆田市，在读硕士，研究方向为资源植物学。#通讯作者：E－mail: xyzhuang@scau.edu.cn。

WWW.OOG.COM

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验苗木 采用深山含笑(*Michelia maudiae* Dunn)苗木作为酸雨胁迫的试验植株。深山含笑是木兰科乔木种,在广东省自然分布于北部、中部、南部及沿海岛屿。生长于海拔 600 ~ 1 500 m 的密林中,为华南地区常绿阔叶林优势树种之一[11]。该树种四季常青、树形优美、叶面深绿、花大、纯白而芳香,是一种极具开发价值的乡土庭园香花树及行道树,且木材纹理直,结构细,易加工,可供家具、板料、绘图版、木工用材。

1.1.2 模拟酸雨的配制 依据广州自然降水的化学成分组成[2,12,13],把酸雨溶液调配成 H_2SO_4: HNO_3 = 7: 1(摩尔比),同时按试验要求把溶液调配成 4 个 pH 梯度:2.0,3.0,4.0,5.6(CK)。

1.1.3 苗木试验 将萌发 1 个多月后的深山含笑幼苗直接移植于 50 cm × 8 cm 的营养袋中(每袋土重约 500 g,pH 值为 6.0),幼苗平均高度约 6.25 cm。每个处理 25 株,共 3 个重复,置于室外通风挡雨的棚中,每 3 天喷洒 1 次模拟酸雨溶液,并根据天气情况进行调整,每次喷洒时间 10 min。

1.2 试验方法

1.2.1 苗木生长指标和生理指标的测定 每隔 1 个月进行苗木叶伤害调查、苗木高度与地径测定;最后一次喷洒模拟酸雨溶液后第 2 d,使用 Li-3100 叶面积测定仪测定叶片的叶面积,应用酒精提取法测定叶绿素含量[14];试验结束时测量所有苗木的主根长,并测量苗木根、茎、叶的鲜重与干重。

1.2.2 叶片结构的观测 本试验采用石蜡切片法[15],步骤包括:抽气、脱水、透明、包埋、染色和封片。切片后利用显微镜进行观测。

2 结果与分析

2.1 不同 pH 值的模拟酸雨对幼苗叶片形态特征的影响

从幼苗的叶片数量来看,pH 3.0 ~ 4.0 处理组的幼苗与对照组呈现相同的生长趋势,叶片数差异不显著。但 pH 2.0 处理组幼苗受害严重,几乎停止生长,叶片数为对照的 1/2,与对照差异达到极显著水平(表 1)。

表 1 不同 pH 值的模拟酸液处理下幼苗总叶片数及受害叶片数的变化情况

调查时间	总叶片数(片)				受害叶片百分比(%)			
	2.0	3.0	4.0	5.6	2.0	3.0	4.0	5.6
移苗时	3	3	3	3	0	0	0	0
第 30 d	3	4	4	4	3.6*	4.0**	2.0	0
第 60 d	2**	6	6	6	65.7**	11.0*	1.4	0
第 90 d	4**	7	7	7	59.1**	8.3	2.4	0
第 120 d	3**	8	9	8	72.2**	7.0	3.5	0
第 150 d	4**	9	10	8	67.7**	6.8	3.6	0

注:表中数值均为平均值,** 表示 0.01 水平极显著差异,* 表示 0.05 水平显著差异。

从叶片受害程度来看,pH 2.0 组的幼苗受害最为严重(表 1)。移苗后 30 d,幼苗叶片开始出现伤害症状,叶表面中央、边缘以及叶柄上均出现黑褐色斑点;移苗后 60 d,坏死的斑点继续扩展成斑块导致叶片大面积出现伤害症状,组织坏死,叶片出现穿孔现象;移苗后 90,120,150 d,叶片受害面积不断增加,而且受害叶片达到 70% 以上,部分叶柄也出现大面积的黑色斑块,基部干枯而引起叶片脱落。对受害叶片数目的方差分析结果表明酸雨 pH 2.0 处理组苗木的生长明显受到抑制。pH 3.0 和 pH 4.0 处理组苗木的受害叶片大部分小于 10%,叶片上只有零星的斑点分布,叶柄几乎没有出现伤害症状。移苗后 60 d 始,处理组苗木生长稳定,抗酸雨能力增强,对酸雨的胁迫效应产生一定的适应性。

显微观察结果显示,对照组(pH 5.6)苗木没有出现受害症状,其叶片扁平,上、下表皮均由一层表皮细胞组成,细胞相嵌排列,而且上表皮细胞明显比下表皮细胞体积大,角质层发达(见图版 1:1)。气孔器仅分布于叶片远轴面,保卫细胞清晰可见,呈半月形,细胞内叶绿体个体大,数量多,与周围的表皮细胞形成鲜明的对比。叶绿体栅栏组织和海绵组织分化明显,栅栏组织细胞纵向排列,细胞排列紧密,细胞内具有丰富的叶绿体;海绵组织细胞间隙大,形状不规则,但个体比较大,叶绿体含量少,细胞比较透明。叶片维管束为外

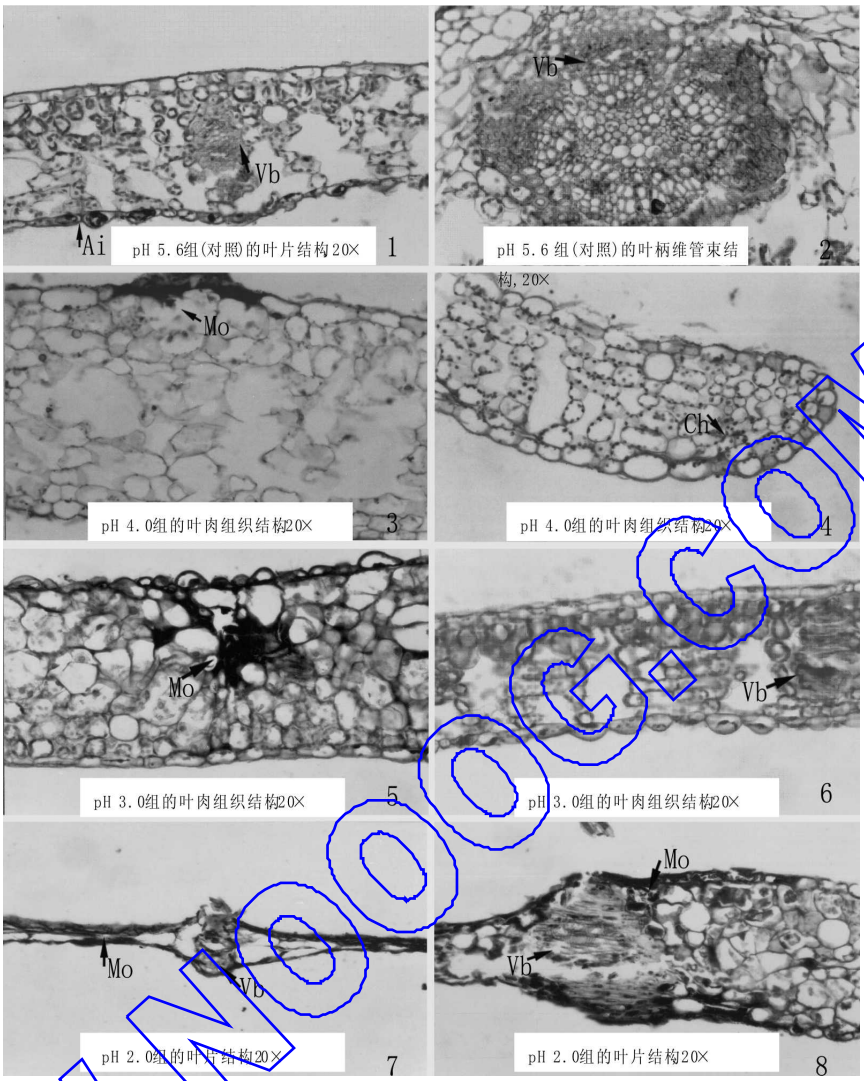
WWW.NOOG.COM

韧型(图版 1:2),维管系统由 5 个大小均匀的维管束环状排列组成,髓部面积较大,由大量的小型薄壁细胞组成。

pH 4.0 组苗木的叶片上表皮细胞受到伤害,角质层消失,细胞膜破裂,细胞坏死,细胞内的物质凝聚在伤害部位,呈黑色状。而且在上表皮细胞和叶肉组织细胞的间隙中颗粒状的黑色叶绿体出现,但叶柄维管束结构完整(见图版 1:3 ~4)。

pH 3.0 组苗木的叶片受到严重伤害,伤害部位由上表皮延伸至叶肉组织。上表皮角质层消失,大量表皮细胞死亡,叶肉细胞个体明显小,而且细胞间有较大的空隙(见图版 1:5 ~6)。

pH 2.0 处理组苗木受害最严重,除叶肉和侧脉出现伤斑外,中脉也出现伤害(见图版 1:7 ~8)。叶片的伤斑面积较大,伤斑自上表皮、叶肉组织延伸至下表皮,最终导致叶片穿孔。



图版 1 不同 pH 值的模拟酸雨对深山含笑幼苗叶片结构的影响

注:Vb 为维管束(vascular bundle),Ai 为气孔(stoma),Mo 为叶肉组织(mesophyllic tissue),Ch 为叶绿体(chloroplast)。

2.2 不同 pH 值的模拟酸雨对幼苗高生长的影响

酸雨的 pH 值对幼苗的高生长有明显的影响。pH 2.0 处理组的苗木高生长明显受到抑制(见图 1);但 pH 3.0 和 pH 4.0 处理组苗木的生长在 90 d 后明显高于对照组。

WWW.NOOG.COM