

紫玉兰对模拟酸雨的胁迫响应

周兴文, 赵英, 李丽, 朱明涛

(玉林师范学院, 广西 玉林 537000)

摘要:以1 a生盆栽紫玉兰实生苗为试验材料,采用人工模拟酸雨的方法观测酸雨胁迫时紫玉兰的生长情况及其生理响应。结果表明:pH 3.5是酸雨对紫玉兰叶片隐性伤害的临界点。在轻度酸雨(pH>3.5)胁迫下,随着酸雨酸度增加,紫玉兰叶片内可溶性蛋白含量增加,超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性随酸度增加而增加;当pH<3.5时,随酸度增加,可溶性蛋白含量有所下降,SOD、POD活性急剧下降。相关性分析表明,紫玉兰叶片内过氧化氢酶活性与丙二醛含量呈显著负相关。

关键词:紫玉兰;酸雨;pH值;胁迫

中图分类号:S 685.15 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2012)04-0066-03

酸雨是pH<5.6的大气降水的总称,包括各种酸性的雨、雾、雪、霜等形式^[1]。目前,我国酸雨面积达到40%,雨水的酸性也愈来愈强^[2],酸雨对生态环境以及植物的严重危害越来越受到人们的重视。园林植物对城市生态环境具有重要的改善作用^[3],但不同种类的植物对酸雨的敏感性表现不同。因此,研究园林植物对酸雨胁迫的适应性将为园林树种的选择提供重要的参考依据。

紫玉兰(*Magnolia liliiflora*)花色艳丽,是一种非常优美的园林观赏树种,各大城市均有广泛栽培^[4]。该研究通过人工模拟酸雨胁迫条件,通过对紫玉兰幼苗不同生理指标的测定,以期寻找紫玉兰对酸雨胁迫的适应规律,为紫玉兰在酸雨危害较严重以及土壤酸性程度较大地区的园林种植提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用生长一致、株高80 cm左右的1 a生实生苗,种植在内径20 cm、深15 cm的花盆中;栽培基质按照园土:基质:有机肥=1:1:1的容积比例混合,每盆1株,常规管理;随机分成5个组,每组3次重复。

1.2 试验方法

1.2.1 模拟酸雨的配制 模拟酸雨的离子成分根据当地自然降雨的主要化学成分(SO_4^{2-} : NO_3^- 在1.41~7.15之间)配制^[5],先按 SO_4^{2-} : NO_3^- =4:1体积比配制酸雨母液,用便携式酸度计测定并配制pH分别为5.6(轻度)、4.5(中轻度)、3.5(中度)、2.5(重度)共4个

降雨梯度,以去离子水作对照(CK)。

1.2.2 喷淋方法 模拟酸雨的喷洒采用喷雾法,用喷雾器喷洒不同pH值的模拟酸雨。根据预备试验的胁迫效应表现程度,喷洒频率为每隔3 d喷1次,共5次,每次均喷至叶片滴液为度,每盆每次模拟酸雨喷洒量300 mL(相当于4.2 mm降雨量)。每次喷洒酸雨时,用塑料袋套在花盆上以防土壤酸化。喷淋在北京时间16:00~18:00进行。胁迫结束后的第3天开始进行生理指标的测定。

1.3 项目测定

丙二醛(Malondialdehyde, MDA)含量采用叶宝兴^[6]的方法测定;过氧化氢酶(Catalase CAT)活性采用紫外吸收法^[7]测定;过氧化物酶(Peroxidase, POD)活性采用愈创木酚法^[8]测定;超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)活性采用(Nitrotetrazolium Blue chloride NBT)光还原法^[7]测定。

2 结果与分析

2.1 模拟酸雨对紫玉兰MDA的影响

紫玉兰在不同pH人工酸雨的胁迫下,其体内MDA含量发生了一定变化(图1)。由图1可知,随着处理的pH下降,叶片MDA含量先缓慢下降,在pH为3.5时开始回

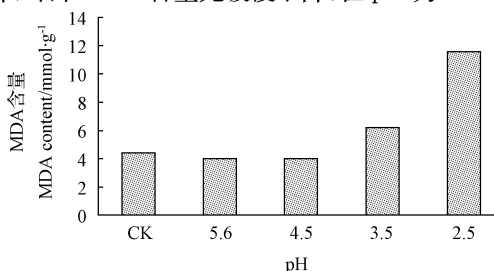


图1 模拟酸雨对紫玉兰MDA的影响

Fig. 1 The effects of simulated acid rain on MDA content of *Mchella liliiflora*

第一作者简介:周兴文(1979-),男,河南南阳人,硕士,讲师,研究方向为园林植物栽培与分子育种,现从事园林专业的教学与科研工作。E-mail: xingwenzhou2003@163.com。

基金项目:玉林师范学院青年科研基金资助项目(2010YJQN29)。

收稿日期:2011-11-21

升, pH 为 2.5 时上升到 11.685, 为对照的 2.66 倍, 并与对照差异达到显著水平。多重比较分析(表 1)表明, 不同 pH 酸雨喷淋的紫玉兰处理组之间, 叶片 MDA 浓度在 pH 为 2.5 和 3.5 差异不显著, 与其它的处理组间都达到显著水平, 其它处理之间未出现显著差异。

2.2 模拟酸雨对紫玉兰可溶性蛋白的影响

可溶性蛋白是光合作用的产物之一, 也是光合作用中的酶、电子传递体和光合色素的主要组分。在逆境下植物体内的蛋白质与脯氨酸相互作用, 增加蛋白质的可溶性和减少可溶性蛋白的沉淀, 增加蛋白质的水合作用^[9]。紫玉兰在酸雨胁迫下, 其体内蛋白质含量发生了相应变化(图 2)。由图 2 可知, 轻微胁迫(pH 5.6)下叶片蛋白质含量与 CK 没有明显的变化, 其平均值分别为 1.726 和 1.814, 当 pH 值降至 3.5 时, 蛋白质含量达到最高值, 为 2.661, 而在 pH 值为 2.5 时, 其含量有所降低, 为 1.799。对蛋白质含量做方差分析发现, 当 pH 值为 3.5 时, 处理组与 CK 差异达到显著水平。

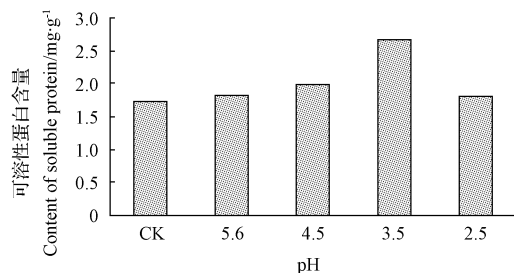


图 2 模拟酸雨对紫玉兰可溶性蛋白的影响

Fig. 2 The effects of simulated acid rain on the content of soluble protein of *Mchella liliiflora*

表 1 各生理指标多重比较

Table 1 The multiple comparison of physiological indexes

生理指标 Physiological index	CK	pH 5.6	pH 4.5	pH 3.5	pH 2.5
CAT/ $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	866.959a	811.306a	791.935a	632.352b	431.7220b
POD/ $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	310.259b	326.870b	382.815b	723.231a	372.083b
SOD/ $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$	377.1401b	382.722b	485.788a	524.607a	385.465b
MDA/ $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1}$	4.4007b	4.025b	4.005b	6.185a	11.568a
可溶性蛋白质 Soluble protein/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	1.726b	1.814ab	1.988ab	2.661a	1.799ab

2.3 酸雨对紫玉兰叶片 CAT 活性的影响

由图 3 可知, 保护酶 CAT 活性随 pH 的降低缓慢

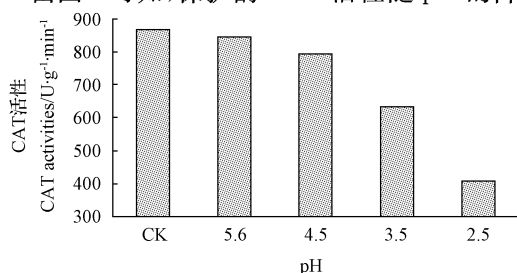


图 3 模拟酸雨对紫玉兰叶片 CAT 活性的影响

Fig. 3 The effects of simulated acid rain on catalase activity of *Mchella liliiflora*

下降, 在 $\text{pH} \leq 3.5$ 的处理下, CAT 酶活性下降较快, 并与对照差异达到显著水平。由此可见在模拟酸雨胁迫下紫玉兰体内 CAT 活性随酸度的加大而逐渐失去活性。在 pH 值达到 2.5 时, 叶片 CAT 的活性仅为对照的 0.471 倍, 说明了 CAT 可能失活了, 失去清除自由基等的的能力。多重比较分析(表 1)表明, pH 为 3.5 和 2.5 时, 与 pH 为 5.6、4.5、CK 间差异达到显著水平。

2.4 酸雨对紫玉兰叶片 POD 活性的影响

由图 4 可知, 随酸雨胁迫强度的升高, 叶片 POD 酶活性在轻度酸雨胁迫时呈现升高的趋势, 但变化并不是很明显, 在 pH 3.5 时, POD 酶活性急剧升高, 达 $723.231 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 为对照的 2.33 倍, 与对照差异达到显著水平, 表明酸雨胁迫可能诱导了 POD 酶的大量合成, 活性急剧增大, 以清除由于酸雨胁迫造成的活性氧。但随着酸雨酸度增强(pH 2.5)时, POD 活性急速下降, 表明较强的酸雨胁迫下细胞中活性氧的增加超过该酶的清除能力, 从而使细胞内多种功能膜和酶系统受到破坏, 代谢紊乱, 致使 POD 活性也降低。

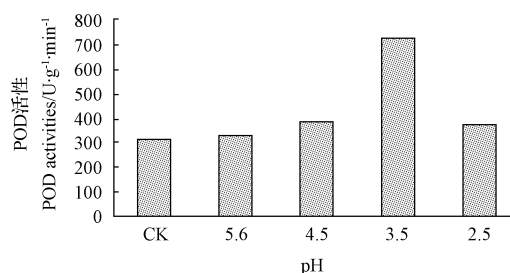


图 4 模拟酸雨对紫玉兰叶片 POD 活性的影响

Fig. 4 The effects of simulated acid rain on peroxidase activity of *Mchella liliiflora*

2.5 人工酸雨对紫玉兰叶片 SOD 活性的影响

由图 5 可知, 酸雨胁迫使叶片中 SOD 酶活性显著上升, 说明在酸雨胁迫下, 叶片细胞内产生较多的超氧负离子(O_2^-), 诱导了 SOD 酶活性的增加, 提高了自身清除 O_2^- 的能力, 随着胁迫酸度的增加($\text{pH} \leq 2.5$), SOD 酶活性降低, 可能原因是叶片细胞内产生过量的 O_2^- , 从而使 SOD 酶失活。

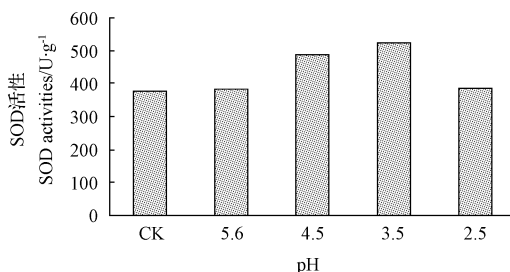


图 5 模拟酸雨对紫玉兰叶片 SOD 活性的影响

Fig. 5 The effects of simulated acid rain on dismutase activity of *Mchella liliiflora*

2.6 模拟酸雨对紫玉兰部分生理指标的相关性分析

植物的生理代谢是一个复杂、灵敏和有序的过程。

在逆境胁迫下,某个生理过程(指标)的变化将会引起其它生理过程(指标)发生相应的变化。由表 2 可知,MDA 与 CAT 活性呈极显著负相关,说明随着 CAT 的下降,MDA 含量表现出增加的趋势,产生大量的 MDA。同时,蛋白质含量与 POD 活性呈极显著正相关;叶绿素含量与 CAT 活性呈极显著正相关;SOD 活性与蛋白质含量呈显著相关。可见,各个生理指标中,CAT 与 POD 活性可以更好地体现紫玉兰对模拟酸雨胁迫的生理响应。

表 2 各生理特征之间的相关系数

Table 2 The correlation coefficients of physiologic characteristics

	MDA	蛋白质 Soluble protein	CAT	POD	SOD
MDA	1				
蛋白质 Soluble protein	-0.136	1			
CAT	-0.914 *	-0.204	1		
POD	0.007	0.987 *	-0.321	1	
SOD	0.324	0.889 *	-0.076	0.827	1

3 结论与讨论

研究表明多种逆境胁迫下植物体内正常蛋白质合成常受到抑制,但往往会有一些被诱导出的新蛋白出现或原有蛋白质含量明显增加^[10]。该研究结果表明,轻度胁迫(pH 为 5.6~4.5)下,紫玉兰叶片可溶性蛋白质含量增加,在 pH 达到 3.5 时,可溶性蛋白含量呈现下降趋势,其可能原因是轻度胁迫下紫玉兰叶片合成了对酸雨胁迫更稳定、活性更强的同工酶,进而取代对酸雨逆境不稳定的酶,使叶片可溶性蛋白含量增加。而在遭受重度胁迫时,体内的抗氧化系统消除活性氧的能力下降,过量的活性氧致使细胞膜过氧化加剧,膜透性增强,影响植物正常的生理代谢而引起可溶性蛋白含量下降。

酸雨对植物的伤害与植物体内超氧阴离子自由基(O_2^-)等活性氧(ROS)的过量积累和抗氧化系统的失衡有关^[10]。该试验中随着酸雨胁迫的加剧,紫玉兰叶片 SOD 活性上升趋势均比较缓慢;POD 活性在 pH 为 5.6~4.5 之间没有明显变化,但在 pH 为 3.5 时,其活性急剧上升,在 pH 降为 2.5 时又急剧下降;CAT 活性在酸雨胁迫下呈逐渐下降趋势,MDA 含量呈缓慢下降趋

势,表明在轻度胁迫下,POD、SOD 在抗氧化系统消除有害物质的过程中起关键作用。当 pH 值下降到 3.5 时,CAT 活性加剧下降,MDA 含量急剧增加,并与对照差异达到显著水平,同时相关性分析表明,叶片内 MDA 含量与 CAT 活性呈极显著负相关,表明可能是由于 CAT 活性的急剧下降引起植物体内抗氧化酶之间的协同作用发生了变化,从而导致了氧自由基的积累,使细胞膜结构被破坏,从而产生大量 MDA。

酸雨的酸度越高,对植物造成的伤害就越重,伤害的程度与酸雨的酸性强度成正比。研究表明^[24]酸雨对许多植物叶片产生伤害的 pH 临界值为 3.5,对植物生长和生物量影响的 pH 临界值 2.0~3.0,对森林的直接危害仅在降水酸度很高($pH \leq 4.0$)时才会出现^[11]。该试验表明,随着酸雨酸度的增强,特别是在较重酸雨($pH \leq 3.5$)的胁迫下,紫玉兰叶片各生理指标含量均与对照呈显著差异,因此可以认为 pH 值 3.5 是酸雨对紫玉兰叶片隐性伤害的临界点。这将为紫玉兰在酸雨区的栽培种植提供重要的指导意义。

参考文献

- [1] 杨昂,孙波,赵其国.中国酸雨的分布、成因及其对土壤环境的影响[J].土壤,1999(1):13-18.
- [2] 邱栋梁.酸雨对园艺植物危害的研究进展[J].福建农业大学学报,1999,28(1):28-32.
- [3] 肖艳,黄建昌,刘少娴,等.模拟酸雨对 12 种园林植物的伤害及敏感性反应[J].西南农业大学学报,2004,26(3):270-276.
- [4] 周兴文,朱宇林.紫玉兰的观赏特性及其在园林中的应用[J].北方园艺,2011(8):93-95.
- [5] 覃东才.广西酸雨污染及变化趋势[J].中小企业科技,2007(10):274-275.
- [6] 叶宝兴.生物科学基础实验—植物类[M].北京:高等教育出版社,2007:443.
- [7] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2008.
- [8] 王学奎.植物生理生化试验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [9] 王忠.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [10] 周希琴,李裕红.木麻黄种子萌发对铝胁迫的生理生态响应[J].中国生态农业学报,2004,12(1):53-55.
- [11] 陈忠林,马溪平,张利红,等.UV-C 辐射增强对绿化树种膜质过氧化及抗氧化酶的影响[J].生态环境,2006,15(5):1014-1017.

The Response of *Magnolia liliiflora* to the Intimidation of Simulated Acid Rain

ZHOU Xing-wen, ZHAO Ying, LI Li, ZHU Ming-tao
(Yulin Normal University, Yulin, Guangxi 537000)

Abstract: Using one year old potted seedlings of *Magnolia liliiflora* as material, the growth and physiological responses to the intimidation of simulated acid rain were measured by testing the concerned biochemistry index of one year old *Magnolia liliiflora*. The results indicated that pH value of 3.5 was the critical point which *Magnolia liliiflora* could endure the hurts from acid rain. Under the intimidation of gently acid rain ($pH > 3.5$), the content of soluble protein the activity of peroxidase and superoxide dismutase of *Mchella liliiflora* increased with the acidity of the acid rain increased, but the content of soluble protein declined and the activity of peroxidase and superoxide dismutase decreased rapidly with the acidity increased When the pH value under 3.5. The correlation analysis of several indexes showed that the activity of catalase and the content of malondialdehyde were obvious negative correlated.

Key words: *Magnolia liliiflora*; acid rain; pH; intimidation