

DOI:10.11937/bfyy.201624020

# 硫酸型酸雨对红豆杉生理生态的影响

陈丽文

(信阳农林学院 林学院,河南 信阳 464000)

**摘 要:**以长势良好的红豆杉中部枝条上的叶片为试材,采用人工配制 pH 分别为 6.7、5.6、4.0、2.5 的酸雨模拟溶液连续喷洒叶片 4 d,以自来水喷洒对照组,测定供试叶片的叶绿素荧光参数、叶绿素含量、相对电导率和抗氧化酶的变化值。结果表明:随着时间推移,红豆杉的  $F_v/F_m$  值、叶绿素含量呈下降趋势,pH 2.5 时, $F_v/F_m$  值、叶绿素含量下降程度最大;红豆杉的相对电导率、过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性均呈上升趋势,pH 2.5 时上升幅度最大;表明酸雨对红豆杉生长的各项生理指标有显著影响。

**关键词:**酸雨;红豆杉;生理生态特征

**中图分类号:**Q 945.78;S 791.49 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)24-0080-04

酸雨是指雨水形成和降落过程中,由于吸收了空气中的二氧化硫和氮氧化物等物质,使自身 pH 小于 5.6 的降水<sup>[1]</sup>。酸雨可导致土壤酸化,损坏金属及建筑物,并且当酸雨的 pH 达到一定数值时,会损坏植物的超微结构,降低叶绿素含量和光合效率,进而导致作物减产<sup>[2]</sup>。红豆杉是红豆杉属植物的通称,俗称“紫杉”,是常绿乔木或灌木状短根植物。红豆杉属约 11 种,我国有 4 种 1 变种,其中分布最广泛的是南方红豆杉,又称美丽红豆杉,主要分布于河南西部和安徽南部,集中分布于海拔 1 000~1 200 m<sup>[3]</sup>。红豆杉是世界上公认濒临灭绝的天然珍稀抗癌植物,其含有的多种药用化合物,最新的药理学研究发现,红豆杉属植物具有抑菌敛毒、消炎排毒作用,对于上呼吸道感染、糖尿病、肾脏疾病、高血压、高血脂等具有治疗效果<sup>[4]</sup>。红豆杉对生活环境要求较高,因为花期不遇、幼苗竞争力差、种子捕食压力、种子萌发条件和酸雨侵蚀等条件限制<sup>[5]</sup>,红豆杉的地理分布受到制约。所有植物生长主要通过光合作用来实现,酸雨使环境 pH 降低,致使植物光合速率下降<sup>[6]</sup>,而 pH 对植物光合作用的影响较复杂,该试验通过对红豆杉进行模拟酸雨淋洗,对叶片的叶绿素含量、相对电导率、叶绿素荧光参数进行测定,并结合光合作用的一系列生理生化指标,特别是抗氧化酶的变化情况<sup>[7]</sup>,以期探究

酸雨对红豆杉的生理生态影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试红豆杉由罗山县兴龙花木基地提供。

### 1.2 试验方法

试验于 2016 年 4 月 19—22 日在罗山县兴龙花木基地进行,选择长势相同的红豆杉,分别标号;采用硫酸溶液模拟酸雨,配制 4 种不同浓度硫酸溶液为处理试剂,pH 分别为 6.7、5.6、4.0、2.5,以喷洒自来水(pH 7.0)为对照,连续处理 4 d,每日 10:00 测定。每处理 3 次重复,平均值。

### 1.3 项目测定

1.3.1 叶绿素荧光参数的测定 选取红豆杉中部枝条上已经成熟但是尚未衰老的叶片,采用便携式叶绿素荧光仪(英国汉莎公司 Handy PEA),用叶片夹夹住,叶暗适应 20 min 后,每日 10:00 测定 1 次初始荧光值  $F_0$ 、最大荧光产量  $F_m$ ,计算  $F_v = F_m - F_0$ 。

1.3.2 叶绿素含量的测定 采用分光光度法测定叶绿素含量<sup>[9]</sup>。用丙酮和无水乙醇按照 1:1 体积比例配制混合提取液,将红豆杉叶片置入盛有提取液的试管中,在黑暗环境中直接浸提,当叶片变白后将叶绿素提取液注入比色管中,用相应提取液做参照,用分光光度计测定光密度值。 $Ca = 0.012\ 72A_{663} - 0.002\ 59A_{645}$ ,  $Cb = 0.022\ 88A_{645} - 0.004\ 67A_{663}$ 。式中, $Ca$ 、 $Cb$  分别为叶绿素  $a$  和叶绿素  $b$  的浓度。 $A_{663}$ 、 $A_{645}$  分别为叶绿素丙酮溶液于 663 nm 和 645 nm 处测得的光吸度值。

1.3.3 相对电导率的测定 采用浸泡法测定相对电导率<sup>[10]</sup>。取红豆杉叶片用自来水洗净后用蒸馏水冲洗 3

**作者简介:**陈丽文(1981-),女,河南信阳人,硕士,讲师,现主要从事林业经营管理和林学技术等工作。E-mail:clw803@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(11371306);河南省科技厅计划资助项目(2013-332)。

**收稿日期:**2016-09-23

次,用滤纸吸干水分,快速称取鲜样,置于装有去离子水的刻度试管中,盖上玻璃塞置于室温中浸泡 12 h,用电导仪测定浸提液电导值  $R_1$ ,然后用沸水煮沸 30 min,冷却至室温后,再次测定浸提液电导值  $R_2$ ,计算相对电导率  $R=R_1/R_2$ <sup>[11-12]</sup>。

1.3.4 抗氧化酶活性的测定 采用氮蓝四唑法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,以抑制 NBT 光化学还原的 50% 为 1 个酶活性单位;采用愈创木酚显色法测定过氧化物酶(POD)活性,以 1 min 内 470 nm 下的光密度( $D_{470\text{ nm}}$ ) 为 1 个酶活性单位;采用紫外吸收法测定过氧化氢酶(CAT),以 1 min 内 240 nm 降低 0.1 为 1 个酶活性单位<sup>[13-15]</sup>。

#### 1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 进行整理、绘制图表。

## 2 结果与分析

### 2.1 酸雨对红豆杉叶绿素荧光参数的影响

由图 1 可知,对照组红豆杉叶片叶绿素荧光参数基本保持不变;用 pH 6.7 的硫酸溶液喷洒红豆杉,随着时间的变化,其叶绿素荧光参数呈先下降后上升的趋势,但总体变动不大;当硫酸溶液 pH 分别为 5.6、4.0、2.5 时,随着时间推移,红豆杉的  $F_v/F_m$  值不断减小,其中 pH 2.5 时下降幅度最大,为 0.23。

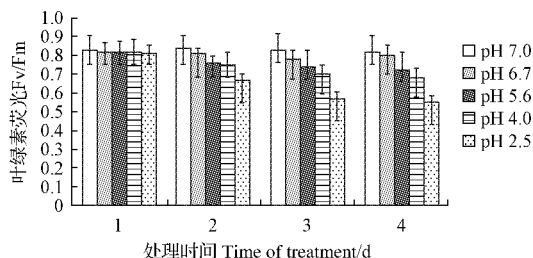


图 1 酸雨对红豆杉叶绿素荧光的影响

Fig. 1 Effect of acid rain on the *Taxus chinensis* chlorophyll fluorescence parameters

### 2.2 酸雨对红豆杉叶绿素含量的影响

由图 2 可以看出,对照组红豆杉叶片叶绿素含量略有上升;用 pH 6.7 的硫酸溶液喷洒的红豆杉,其叶绿素含量随着时间的变化变动不大,当硫酸溶液变成 pH 分别为 5.6、4.0、2.5 时,随着时间推移,红豆杉的叶绿素含量呈下降趋势,其中 pH 2.5 时下降幅度最大,为  $0.35\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

### 2.3 酸雨对红豆杉相对电导率的影响

由图 3 可知,对照组红豆杉叶片电导率值基本保持不变;用 pH 6.7 的硫酸溶液喷洒的红豆杉的相对电导率随着时间的变化幅度为 0.3,变动不大;当硫酸溶液变成 pH 分别为 5.6、4.0、2.5 时,随着时间推移,红豆杉的相对电导率呈上升趋势,其中 pH 2.5 时上升幅度最大,

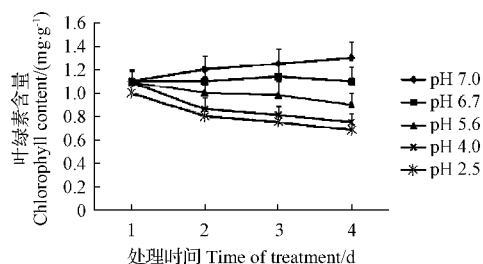


图 2 酸雨对红豆杉叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of acid rain on the *Taxus chinensis* chlorophyll content

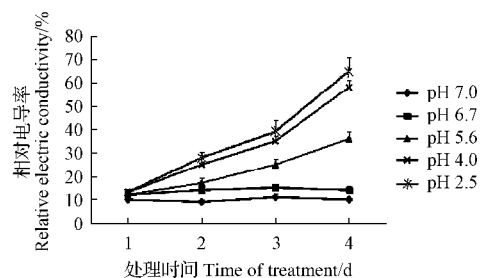


图 3 酸雨对红豆杉电导率的影响

Fig. 3 Effect of acid rain on the *Taxus chinensis* relative electric conductivity

上升了 54%。

### 2.4 酸雨对红豆杉抗氧化酶活性的影响

2.4.1 酸雨对过氧化氢酶(CAT)活性的影响 由图 4 可知,对照组红豆杉 CAT 活性基本保持不变;用 pH 6.7 的硫酸溶液喷洒红豆杉时,CAT 活性随着时间的变化幅度上升了  $34\text{ U} \cdot \text{min}^{-1}$ ,变动不大;当硫酸溶液 pH 分别为 5.6、4.0、2.5 时,随着时间推移,红豆杉的 CAT 活性呈明显上升趋势,其中 pH 2.5 时上升幅度最大,上升幅度为  $143\text{ U} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

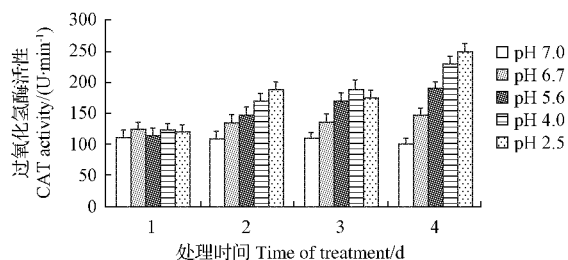


图 4 酸雨对红豆杉过氧化氢酶活性的影响

Fig. 4 Effect of acid rain on the catalase activity of *Taxus chinensis*

2.4.2 酸雨对超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响 由图 5 可知,对照组红豆杉叶片 SOD 活性基本保持不变;用 pH 6.7 的硫酸溶液喷洒的红豆杉的 SOD 活性随着时间变化呈先上升后略有下降,但整体变动差值为  $9\text{ U} \cdot \text{min}^{-1}$ ,变动不大;当硫酸溶液 pH 分别为 5.6、

4.0、2.5 时,随着时间推移,红豆杉的 SOD 活性呈上升趋势,其中 pH 2.5 时上升幅度最大,为  $102 \text{ U} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

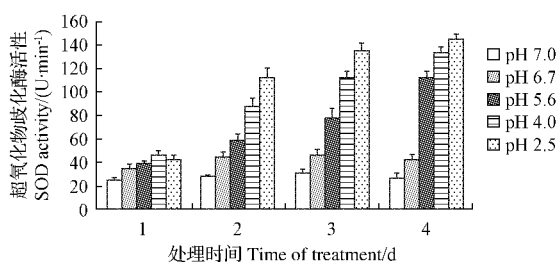


图 5 酸雨对红豆杉超氧化物歧化酶活性的影响

Fig. 5 Effect of acid rain on the SOD activity of *Taxus chinensis*

2.4.3 酸雨对过氧化物酶(POD)活性的影响 由图 6 可知,对照组红豆杉叶片 POD 活性基本保持不变;用 pH 6.7 的硫酸溶液喷洒红豆杉时,POD 活性随着时间的变化变动不大,当硫酸溶液 pH 分别为 5.6、4.0、2.5 时,随着时间推移,红豆杉的 POD 活性呈上升趋势,其中 pH 为 2.5 时上升幅度最大,为  $73 \text{ U} \cdot (30\text{min})^{-1}$ 。

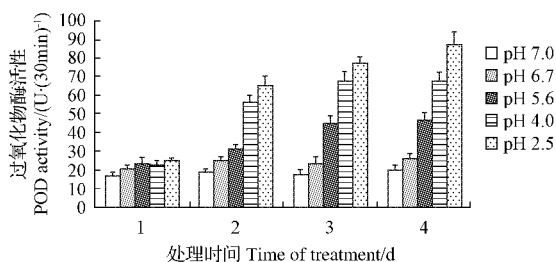


图 6 酸雨对红豆杉过氧化物酶活性的影响

Fig. 6 Effect of acid rain on the peroxidase activity of *Taxus chinensis*

### 3 结论与讨论

用自来水处理的对照组红豆杉叶片的各项生理指标在 4 d 内基本保持不变,可据此忽略因叶片衰老等原因对试验结果的影响。当 pH 6.7 时红豆杉各项指标的数据变化幅度均不大,但是当 pH 5.6 甚至更低时,红豆杉各项指标数据的变化幅度均增大了。硫酸溶液 pH 分别为 6.7、5.6、4.0、2.5 时,随着时间推移,红豆杉的  $F_v/F_m$  值和叶绿素含量值均呈现持续减小趋势,pH 2.5 时减小幅度最大。 $F_v/F_m$  值和叶绿素含量均与植物的光合作用能力及健康状况均息息相关,是植物光合作用能力和营养生理状况的重要指标,准确印证了 pH 降低严重影响植物的光合作用能力和营养生理状况的结论<sup>[2]</sup>。硫酸溶液 pH 分别为 6.7、5.6、4.0、2.5 时,随着时间推移,红豆杉的电导率、抗氧化物酶 CAT、SOD 活性和

POD 活性均呈上升趋势,pH 2.5 时上升幅度最大。植物相对电导率是一个反映植物膜系统状况的重要生理指标,当植物体受到逆境胁迫时(该试验考量 pH 变化),膜蛋白受到伤害,细胞膜破裂,细胞液外流而使相对电导率增大,电导率的数据直接真实反映了植物的逆境胁迫情况;硫酸溶液处理显著提高了红豆杉的抗氧化物酶 CAT、SOD 活性和 POD 活性,印证了酸雨的刺激能够激活植物的抗氧化系统的结论,而过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)等抗氧化酶的活性也被认为是污染胁迫指示剂<sup>[7]</sup>。

酸雨对红豆杉生长各项生理指标的影响显著,可能不是完全有害,虽然酸雨能降低红豆杉的叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  值和叶绿素含量,但是能提高红豆杉的相对电导率和抗氧化物酶含量。该试验只选择了 4 个方面的指标,不能完全概括红豆杉的生长状况,为了进一步探究酸雨对红豆杉的影响,还需要更加全面和细致地研究。

### 参考文献

- [1] 宋国君,金书秦,冯时.论环境政策评估的一般模式[J].环境污染与防治,2011,33(5):100-106.
- [2] 冯丽丽,姚芳芳,王希华,等.低硫氮比酸雨对亚热带典型树种气体交换和质膜的影响[J].生态学报,2011,31(7):1911-1917.
- [3] 吴琼,段小群,陈旭,等.基于高通量测序的红豆杉 EST-SSRs 标记研究[J].中国中药杂志,2012(24):3728-3733.
- [4] BARTOLOMEO S, RAQUEL C F, FEDERICO V, et al. *Taxus chinensis* in the Azores: a relict form at risk of imminent extinction[J]. Biodiversity and Conservation, 2010, 45(6): 1398-1401.
- [5] 苗莉云,张鹏,付春华,等.紫杉醇合成关键酶基因 *dbtnt* 的克隆及原核表达[J].湖北农业科学,2012,51(9):1912-1915.
- [6] 崔秀妹,刘信宝,李志华,等.不同水分胁迫下水杨酸对分枝期扁蓊豆生长及光合生理的影响[J].草业学报,2012,21(6):82-93.
- [7] 郎莹,张光灿,张征坤,等.不同土壤水分下山杏光合作用光响应过程及其模拟[J].生态学报,2011,31(16):4499-4508.
- [8] 张石锐,董大明,郑文刚,等.农田土壤水分含量的激光诱导荧光光谱表征[J].光谱学与光谱分析,2012,32(10):2623-2627.
- [9] 马茜,饶建华.滤液法和沉淀法测定宁夏枸杞果实醇提物中季铵型生物碱的含量[J].北方园艺,2015(18):142-145.
- [10] 陈爱葵,韩瑞宏,李东洋,等.植物叶片相对电导率测定方法比较研究[J].广东教育学院学报,2010,30(5):88-91.
- [11] 杨晓宇,田建保,韩凤,等.应用电导法测定晋扁系列扁桃抗寒性研究[J].山西农业科学,2010,38(3):20-22.
- [12] 刘易超,肖建忠,杨际双.高温胁迫对菊花电阻抗图谱参数的影响[J].植物科学学报,2012,30(2):198-203.
- [13] 徐东,赵建,黄汉昌,等.改良的黄嘌呤氧化酶法测定动植物组织中 SOD 比活力[J].食品科学,2011,32(6):237-241.
- [14] 卓成龙,宋江峰,李大婧,等.微波处理对毛豆仁 POD 酶活的影响[J].食品科学,2010,31(14):289-293.
- [15] 杨兰芳,曾巧,李海波,等.紫外分光光度法测定土壤过氧化氢酶活性[J].土壤通报,2011,42(1):207-210.

# 墨兰花部超微结构与昆虫传粉行为的对应性

侯 佳<sup>1</sup>, 范燕萍<sup>2</sup>

(1. 内蒙古农业大学 职业技术学院, 内蒙古 包头 014109; 2. 华南农业大学 园艺学院, 广东 广州 510642)

**摘 要:**兰科植物多具有独特、精巧、多样化的花部结构以及高度多样的吸引传粉者的方式。采用透射电镜技术对墨兰的萼片、侧瓣、唇瓣的超微结构进行对比研究, 寻找其与昆虫传粉行为的对应关系。结果表明: 墨兰萼片质体、线粒体结构发达, 数量多; 墨兰的花瓣质体、线粒体结构欠发达, 数量少于前者, 还有一部分质体是以造粉体和造蛋白质体的形式出现的; 唇瓣质体数量极少, 线粒体内膜欠发达。在传粉过程中, 萼片和花瓣通过释放强烈的香气吸引传粉者, 而唇瓣则为传粉者提供落脚处。

**关键词:**传粉行为; 花部; 香气

**中图分类号:**S 682.31 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)24-0083-05

兰科(Orchidaceae)植物类群庞大, 多具有独特、精巧、多样化的花部结构以及高度多样的吸引传粉者的方式<sup>[1]</sup>。兰科植物常常利用现有植物与传粉者之间的关系甚至昆虫的性吸引来达到传粉的目的, 因此一些兰科植物模仿其它食源植物的花部特征欺骗昆虫进行传粉, 或通过唇瓣上的 V 形斑反光吸引传粉者<sup>[2-3]</sup>。兔耳兰通过其唇瓣上无规则的紫栗色小斑点(假蜜导)来吸引中

华蜜蜂为其传粉, 杏黄兜兰模仿食源性植物黄花香 *Hypericum beanii* 吸引传粉者<sup>[1,4]</sup>。大多数兰科植物依靠花蜜或特殊的气味来吸引传粉者<sup>[5-6]</sup>, 这类兰花多蜜腺发达或香气浓郁, 如春兰通过其强烈的香味来吸引传粉者<sup>[7]</sup>。对于兰花传粉系统的研究, 多集中在兰花花部结构与传粉者传粉行为的适应性上, 而对于兰花花部解剖结构与传粉行为的适应性研究较少。

国兰是我国古老的名花之一, 花开时幽香清远、馥郁袭人<sup>[8]</sup>。墨兰香气浓郁且释香持久, 为国兰中的精品。墨兰的花期一般在 14 d 左右, 如不授粉整个花期都香气馥郁。即使在室内瓶插, 仍可保持 7 d 的释香周期。墨兰花部结构精巧, 6 枚花被片, 外轮 3 枚萼片, 内轮 2 枚侧瓣, 中间 1 枚特化为唇瓣, 唇瓣细胞外切向壁有乳

**第一作者简介:**侯佳(1981-), 女, 硕士, 讲师, 现主要从事园林花卉栽培及抗性生理等研究工作。E-mail: hjl16116@sina.com.

**责任作者:**范燕萍(1964-), 女, 博士, 教授, 现主要从事花卉分子生物学及生理等研究工作。E-mail: fanyanping@scau.edu.cn.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(30972026)。

**收稿日期:**2016-09-27

## Effects of Sulfuric Acid Type Acid Rain on Physiological and Ecological Character of *Taxus chinensis*

CHEN Liwen

(Department of Forestry, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang, Henan 464000)

**Abstract:** Central leaves of growing good yew branches were used as test materials, leaves were continually spray four days by artificial preparation acid rain under pH 6.7, 5.6, 4.0, 2.5, the control group with spraying water. And then chlorophyll fluorescence parameters of leaves, chlorophyll content, relative electric conductivity and the change values of antioxidant enzyme were determined. The results showed that over time,  $F_v/F_m$  value and chlorophyll content continually decreased.  $F_v/F_m$  value and chlorophyll content were the biggest to decline when pH was 2.5; the relative conductivity, SOD, CAT and POD activities were on the rise, the largest value obtained when pH was 2.5. The acid rain had remarkable effect on the growth physiological indexes of *taxus*.

**Keywords:** acid rain; *Taxus chinensis*; physiological and ecological character