

川东华山松死亡原因探讨*

I. 酸 雨

张锡津 潘世学 陈守常 彭旭东

(中国林业科学研究院林业研究所) (四川省林业科学研究所)

摘 要

本文就酸雨与四川东部华山松大面积枯死的关系进行了论证。华山松严重发病区巫山县梨子坪林场5—8月份大气降水的pH值分别为6.06、5.80、6.05、5.78, 土壤pH值为5.20—6.65。用pH为3.5、4.5、5.5的稀硫酸模拟酸雨试验, 喷雾200 h、400 h后对华山松的生长量、干重、叶绿素含量无不良影响, 实验证明四川东部华山松大面积枯死与酸雨无关。

关键词 华山松; 酸雨

近年来, 四川省东部山区开县、巫山、巫溪、奉节等县相继出现华山松大面积死亡现象, 每年8月出现症状, 当年生针叶基部呈现淡黄色(图版I-1), 而后陆续脱落, 连续受害3—5 a, 新发针叶逐年变短, 高生长停止, 严重时成片枯死(图版I-2)。万县地区华山松枯死面积为22.48万亩, 占全区华山松面积的23.14%。这一灾害引起了人们的广泛关注, 有关专业人员进行了实地考察, 认为华山松的死亡是酸雨和病虫害综合作用的结果^[1,2], 亦有人认为与生态条件有关^[3-6]。为了弄清确切原因, 我们从病理、酸雨和生态条件等方面做了较深入的研究, 本文仅报道其中的酸雨部分。

一、材料和方法

(一) 林间大气降水和土壤的酸度测定

选择华山松发病较重, 症状和余叔文等报道^[1]相同, 但林区没有硫磺厂的四川省巫山县梨子坪林场作为观测点, 收集雨水及附着在植物表面的露水。取样时使用由塑料布制成的勺形容器, 直径为60×40 cm, 每次降水时把容器放在室外开阔的地方, 对一日中的连续降水间隔采样3—4次, 计算日平均值; 对非连续性降水, 在降水开始10—22 min后收集。对植物表面的露水以抖落的方式随机收集; 对华山松针叶则先研磨、过滤, 收集汁液。用国产

本文于1988年4月2日收到。

* 四川省林校李君林参加部分工作, 中国林科院林研所杨光莹协助土壤分析, 特此致谢。

pHS-29 A型酸度计对上述雨水、露水及植物汁液进行酸度测定,同时,收集当地土壤资料并对病区土壤进行检测。

(二) 喷稀硫酸试验

用自来水将稀硫酸配制成 pH 3.5、4.5、5.5 三个浓度,并设自来水为对照,共四个处理、二个重复。每个处理的面积为 7.36 m², 其内栽植 8 年生华山松 12 株, 试验地设在北京。自 5 月 26 日至 7 月 4 日用背负式人力操作喷雾器每天早晚共喷 6 h (按叶面湿润时间计), 累积喷雾 200 h, 从 8 月 7 日至 9 月 16 日对其中的一个重复又喷雾 200 h。平均每天每株树的稀硫酸喷雾量为 1 700 ml。在喷稀硫酸的同时, 对供试的华山松进行了症状观察及针叶生长量、干重、叶绿素含量的测定, 并采集了经 pH 值为 3.5 的稀硫酸喷雾 350 h 后的处理区、对照区及四川华山松枯死区内的当年生针叶, 用 FAA 固定, 经乙醇逐级脱水, 真空喷镀, 最后用扫描电镜观察。

二、试验结果

(一) 林间大气降水、溪水、土壤和植物酸度的测定

1. 降水和溪水酸度的测定 1987年5月至8月间, 在海拔1 860 m的观测点——巫山县梨子坪林场, 对大气降水和溪水进行了 pH 值的测定, 结果见表 1、表 2。

表 1

雨水中的 pH 值测定结果

(1987)

月 份	项 目	测定次数	pH < 5.6		pH 极 值		月平均值
			出现次数	频率 (%)	最 低	最 高	
5		5	1	20	5.1	6.8	6.06
6		10	5	50	4.8	6.6	5.80
7		24	6	25	5.1	7.1	6.05
8		24	8	30	5.0	6.5	5.78

表 2

露水和溪水中的 pH 值 测定结果

(1987)

样 品	pH 值	测 定 日 期 (月. 日.)										平均 pH 值
		5.10.	6.16.	6.26.	7.2.	7.24.	7.25.	8.1.	8.2.	8.17.	8.19.	
露 水	华山松	7.0	5.4	5.3	6.4	6.3	5.3	5.4	5.6	6.5	5.5	5.9
	问 荆	7.0	7.3	—	6.2	6.4	6.9	6.2	—	5.9	—	6.6
溪 水		6.9	7.6	6.8	7.0	5.9	6.2	—	—	—	—	6.7

从表中可见, 该观测点 5 月至 8 月间的雨水月平均 pH 值, 华山松、问荆上的露水和溪水的平均 pH 值均高于酸雨的临界值 pH 5.6。观测期间共出现 pH 值小于 5.6 的降水 20 次, 频率为 32%, 极端最低 pH 值为 4.8。

2. 土壤酸碱度测定 巫山县位于四川盆地东缘, 东经 109°33' 至 110°11', 北纬 30°45' 至 31°28', 东邻巴东, 西与奉节接壤。地层以石灰岩和紫色沙泥岩为主。1983 年 3 月至 1985 年

5月的调查材料表明, 该县95.9%的耕地 pH 值在6.5—8.5之间, 其中海拔1500 m以上的中山区为山地黄棕壤, pH 值在5.5—6.5之间, 呈微酸性¹⁾。

我们在海拔1650 m和海拔1860 m处分别取0—20、20—40 cm土层的土样进行分析, 结果见表3。

表3 华山松枯死区土壤分析结果

海拔 (m)	深度 (cm)	pH 值	交换性氢 (mmol/100g±)	交换性铝 (mmol/100g±)
1650	0—20	6.65	0.374	0.046
	20—40	6.82	0.327	0.093
1860	0—20	5.48	1.027	1.308
	20—40	5.20	1.308	1.868

由上表可见, 该县山区土壤呈微酸性, 适合华山松生长。

3. 华山松针叶和问荆叶 pH 值的测定 取北京生长正常的华山松、四川省巫山县梨子坪林场枯死区华山松及其林下植物问荆的嫩叶, 测得华山松的 pH 值为3.7—3.8, 问荆的 pH 值为5.7。以上结果说明, 华山松本身的汁液酸度较高, 而华山松的生物学特性是在微酸性的土壤上生长最好, 因此, 该区虽有酸雨发生, 但其频率和酸度较低, 尚不足以对华山松产生危害。据日本资料报道, 对柳杉、紫藤、花柏连续喷洒 pH 2.5的酸液, 17 d后出现酸害, 但在 pH 3.0以上时均未发生酸害, 作者认为, 在日本即使连续降 pH 3.0以下的酸雨, 对本植物叶部也不会发生可见的酸害^[7]。

(二) 喷稀硫酸试验

1. 症状观察 喷雾93 h后, pH 3.5、pH 4.5的处理区内华山松叶鞘轻度变黑, 129 h后除对照区外所有处理的华山松叶鞘均变黑。喷雾200 h后少量当年生针叶尖部枯黄, 症状与一般报道中的酸害相同^[6], 但与四川枯死华山松所表现的症状不同, 没有出现针叶基部黄化现象。

2. 对生长量的影响 从所有处理中各选4株, 每株选1束针叶, 在喷雾前和喷雾200 h后分别测量针叶平均长度, 结果见表4。

表4 喷雾前后各处理针叶净生长长度对比 (单位: cm)

处 理 株 号	pH 5.5				pH 4.5				pH 3.5				对 照			
	3	4	11	12	5	6	13	14	7	8	15	16	1	2	9	10
喷 雾 前	3.5	3.8	5.6	4.1	6.6	2.1	5.1	2.8	3.8	4.3	3.7	3.8	4.7	4.5	4.6	2.9
喷 雾 后	5.1	4.6	7.2	6.0	8.0	3.2	5.5	4.4	5.3	5.4	5.3	4.7	5.9	5.5	6.0	4.8
净 生 长	1.6	0.8	1.6	1.9	1.4	1.1	0.4	1.6	1.5	1.1	1.6	0.9	1.2	1.0	1.4	1.9
平均净生长	1.25				1.12				1.27				1.37			

1) 四川省巫山县农业区划办公室, 1985, 巫山县农业区划。

在喷雾200 h和400 h后,用干重法测得各处理针叶干重占鲜重百分比,第二年6月底测量各处理的新梢长度,结果见表5、表6。

表5 喷雾200 h、400 h后各处理针叶干重占鲜重的百分比

处 理	重 复	鲜 重 (mg)	干 重 (mg)	干 鲜 重 比 (%)	平 均 (%)	
200 h	pH 5.5	I	89.40	32.20	36.01	36.17
		II	106.20	38.60	36.34	
	pH 4.5	I	80.10	28.50	35.58	36.24
		II	157.55	58.15	36.90	
	pH 3.5	I	122.65	44.35	36.15	35.45
		II	155.95	54.20	34.76	
	对 照	I	64.50	23.02	35.65	33.84
		II	258.85	82.95	32.04	
400 h	pH 5.5	I	505.9	230.9	45.6	—
	pH 4.5	I	376.7	146.7	38.7	
	pH 3.5	I	422.8	166.4	39.3	
	对 照	I	461.0	184.2	39.3	

表6 稀释硫酸后各处理供试苗木第二年抽梢长度^①

梢 长 (cm)	处 理			
	pH 5.5	pH 4.5	pH 3.5	对 照
喷雾时间(h)				
200	10.86	13.42	12.88	11.87
400	10.87	8.46	8.76	9.37
平均长 (cm)	10.87	10.94	10.82	10.62

① 每处理调查12株的平均长度。

由表4—6可见,经稀硫酸喷雾200 h、400 h后对针叶的净生长长度、针叶的干鲜重百分比、新梢的抽梢长度均无显著影响。

3. 针叶的叶绿素含量 经稀硫酸喷雾200 h和400 h后,用分光光度计法测量各处理针叶的叶绿素含量,各处理内供试苗木针叶的叶绿素含量与对照无明显差异(表7)。

表7 喷雾200 h、400 h后各处理针叶内叶绿素含量

处 理	叶 绿 素	处 理			占 干 重 比 (%)
		C _a (mg/l)	C _b (mg/l)	C _T (mg/l)	
200 h	pH 5.5	2.283 34	3.627 96	5.911 30	0.270 1
	pH 4.5	2.494 48	2.761 44	5.255 92	0.229 1
	pH 3.5	2.635 81	3.213 26	5.849 07	0.276 8
400 h	pH 5.5	1.979 03	2.184 58	4.163 61	0.182 7
	pH 4.5	2.993 35	3.169 14	6.162 49	0.257 0
	pH 3.5	2.412 46	2.528 76	4.941 22	0.227 4
对 照		2.269 45	3.435 90	5.705 35	0.248 8

4. 针叶表面蜡质层的电镜观察 在喷雾 350 h 后, 采集对照、处理为 pH3.5 的针叶及四川病针叶进行扫描电镜观察。处理为 pH3.5 的针叶表面蜡质层有聚集现象发生, 气孔被破碎的蜡质堵塞, 这一现象与国外同类实验的报道相一致^[9], 表明针叶表面的蜡质层轻度酸蚀, 而对照针叶及四川病针叶则无此现象发生, 结果见图版 I-3-5。

三、结 论

四川省巫山县梨子坪林场的大气降水观测表明, 该地雨水的月平均 pH 值为: 5 月份 6.06, 6 月份 5.80, 7 月份 6.05, 8 月份 5.78, 均属正常大气降水。病区土壤呈中至微酸性, 适于华山松生长。

在北京用 pH3.5、4.5、5.5 的稀硫酸处理的华山松叶鞘变黑。喷雾 200 h 后, 苗木色泽无异常变化, 针叶干重及高生长较对照略有增加。喷雾 290 h 后, 极少量针叶尖部变黄干枯, 但并未出现针叶基部黄化现象。电镜扫描观察, 用 pH3.5 的稀硫酸喷雾 350 h 后的当年生针叶表面蜡质层聚集, 出现酸蚀现象, 而对照及四川病针叶则无此现象发生。此外, 在与华山松同一立地条件下对 SO₂ 敏感的落叶松^[8] 生长正常(图版 I-6), 13 年生的落叶松平均高 8.9 m, 平均胸径为 11.6 cm。

综上所述症状、电镜观察、雨水和土壤酸度、人工喷稀硫酸试验的结果都表明, 川东华山松大面积枯死和酸雨无关。

参 考 文 献

- [1] 余叔文等, 1985, 抢救森林——四川大片松林死亡调查报告, 环境科学, 6(5): 63—66。
- [2] 马光靖等, 1987, 酸雨、酸雾和大气二氧化硫对茅草坝华山松的危害, 林业科技通讯, (8): 17—19。
- [3] 刘军, 1984, 华山松生态气候的初步分析——对绿萼坡地区华山松的考察报告, 湖北林业科技, (3): 29—34。
- [4] 戴德秀, 1988, 奉节县华山松人工林生长现状与地形因素的关系, 四川林业科技, 9(1): 67—69。
- [5] 四川省东部华山松林枯死问题综合考察组, 1986, 四川东部华山松林区枯死问题综合考察报告, 四川林业科技, 7(3): 68—74。
- [6] 高绪平等, 1987, 105种植物对模拟酸雨的反应, 中国环境科学, 7(2): 16—20。
- [7] 永井智雄, 1987(朱熙樵译, 1988), 人工酸雨对园林植物的影响和指示植物, 林业文摘, (3): 119。
- [8] Tanaka, K., 1987, Field Studies on the effects of air pollution on trees in Japan, XV II IUFRO.
- [9] Karhu, M. et al., 1986, Erosion effects of air pollution on needle surfaces, Water, Air and Soil Pollution, 31(1/2): 417—423.

DISCUSSION ON DEATH OF *PINUS ARMANDI* IN EASTERN PART OF SICHUAN PROVINCE I. ACID RAIN

Zhang Xijin Pan Shixue
(The Research Institute of Forestry CAF)

Chen Shouchang Peng Xudong
(Sichuan Institute of Forestry)

Abstract

This paper summarized the relationship between acid rain and death of *Pinus armandi*. In severe affect areas of Liziping Forest Farm, Wushan County, the average acidity in the rain per month, from May to August were pH 6.06, 5.80, 6.05 and 5.78 respectively. Experiments were conducted by simulation testing, spraying diluted sulphuric acids in pH 3.5, 4.5 and 5.5 on the trees. Results showed that there were no harmful effects either on growth, dry weight or chlorophyl contents of *P. armandi*. It demonstrated that so called 'acid rain' was not the causal agent responsible for the death of trees in vast eastern mountainous area 1600 m above sea level in Sichuan Province.

Key words: *Pinus armandi*; acid rain

征订启事

欢迎订阅《北京林业大学学报》

《北京林业大学学报》为综合性学术刊物，主要刊登林学基础理论、造林经营、病虫害防治、水土保持、林业经济、森林资源信息管理、林业机械、木材加工、林产化学、园林植物与园林设计等方面的论文、研究报告、简报、文献综述、学术问题讨论、书评以及学术动态等。本刊主要读者对象：林业院校师生，林业生产、设计、科研、管理等部门以及与林业科学有关的学科(专业)的科技或管理人员。本刊为季刊，16开，120页左右。从1988年起，每年出两期增刊(其中一期为社科版)，随学报赠送给订户。本刊国内外公开发行。国内总发行：河北省廊坊邮局，各地邮局(所)均可订阅；国外总发行：中国国际图书贸易总公司(中国国际书店)。国内读者请到当地邮局(所)订阅，如当地订阅不到，也可向本刊编辑部订阅。地址：北京市海淀区清华东路。国外读者请向中国国际图书贸易总公司联系办理。本刊国内刊号18—91，定价每期2.50元。



1. 四川发病区华山松叶部症状; 2. 受害严重的华山松大面积枯死; 3. 喷雾350 h后PH3.5的处理区内供试苗木针叶表面出现蜡质层聚集现象; 4. 对照区内供试苗木针叶表面蜡质层结构正常; 5. 四川发病区内华山松针叶表面蜡质层结构正常, 但表面有少量菌丝; 6. 四川华山松发病区的落叶松生长正常。