

天目山柳杉瘿瘤病发生规律的研究

龚小峰¹, 朱云峰², 杨淑贞³, 蒋文伟⁴, 罗佳琦¹

(1. 上海市嘉定区林业站, 上海 201800; 2. 浙江省林业有害生物防治检疫局, 浙江 杭州 310003; 3. 浙江天目山国家级自然保护区 管理局, 浙江 临安 311311; 4. 浙江农林大学 风景园林与建筑学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 在调查天目山地区柳杉瘿瘤病发生情况的基础上, 通过分析该病发生的不同影响因子和病原菌孢子的产生、释放、传播和侵染过程, 确定柳杉瘿瘤病为寄主主导性病害, 病害的发生危害受树体的生长势、树龄、立地条件等多种因素影响, 海拔高度在 1 000 m 和 100 年生以上的柳杉感病指数出现最大值; 病原菌孢子传播受气温、降水等气候因子影响, 孢子的释放飞散高峰期在 6 月上旬至 7 月上旬。图 2 表 4 参 15

关键词: 森林保护学; 柳杉瘿瘤病; 发生规律; 天目山

中图分类号: S763.1 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2012)06-0904-06

Pathogenesis regularity of the gall diseases of *Cryptomeria fortunei* in Mount Tianmu

GONG Xiao-feng¹, ZHU Yun-feng², YANG Shu-zhen³, JIANG Wen-wei⁴, LUO Jia-qi¹

(1. Forest Station of Jiading District, Shanghai 201800, China; 2. Forest Pest Control and Quarantine Bureau of Zhejiang Province, Hangzhou 310003, Zhejiang, China; 3. Management Office, National Nature Reserve of Mount Tianmu, Lin'an 311311, Zhejiang, China; 4. School of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: On the basis of survey on the gall diseases in the Mount Tianmu, this research analyzed various determinants of the gall's occurrence and the process of pathogenic fungus spore emergence, release, spread and invasion, and defined gall diseases as host dominant diseases. This disease could be affected by cryptomeria's growing situation, age and stand conditions. When the altitude was more than 1 000 m and cryptomeria was more than 100-year-old, there would be maximum susceptibility index. Pathogen spores spreading speed could be affected by climate aspects such as air temperature, rainfall and so on. Spores' releasing and scattering peak was between early June and middle July. [Ch, 2 fig. 4 tab. 15 ref.]

Key words: forest protection; gall of *Cryptomeria fortunei*; pathogenesis regularity; Mount Tianmu

天目山国家级自然保护区是国际生物圈保护区网络成员, 也是中国东部生物多样性保护的重要基地。柳杉 *Cryptomeria fortunei* 作为世界的自然遗产及天目山的主要景观树种, 在保护区内的地位极其重要^[1-2], 其分布面积达 267 hm², 是世界上最大的柳杉群落聚集地。近 10 多年来, 天目山的柳杉逐渐呈现衰退迹象, 古树相继枯死, 平均死亡 23.6 株·a⁻¹, 树龄越大的柳杉死亡率越高, 而造成柳杉死亡的原因之一为柳杉瘿瘤病。目前, 柳杉瘿瘤病愈来愈重, 它主要由拟隐孢壳属 *Cryptosporiopsis* 的真菌引起。在研究病原菌分类^[3-5]和生物学特性的基础上, 我们于 2005-2011 年在天目山柳杉瘿瘤病发生区, 就气象因子、立地条件、病原菌传播途径等因素对柳杉瘿瘤病发生发展的影响进行了调查研究, 以期对柳杉

收稿日期: 2011-10-17; 修回日期: 2011-12-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30972342)

作者简介: 龚小峰, 工程师, 从事植物保护植物检验检疫研究。E-mail: 0118110@163.com。通信作者: 蒋文伟, 副教授, 博士, 从事城市生态学与景观生态学研究。E-mail: wenweijiang@zafu.edu.cn

瘿瘤病的防治工作提供依据。

1 材料与方法

1.1 病害调查

天目山国家级自然保护区位于 30°18'30"~30°24'55"N, 119°24'11"~119°28'21"E, 海拔高度为 300 ~ 1 556 m。为调查保护区内柳杉的生长和发病情况, 采用线路踏查法。在全面调查的基础上, 根据调查结果, 在禅源寺前后、大树王、新茅蓬等柳杉分布及发病具有代表性的区域按不同海拔、坡度、林分组成设置标准地, 进行每木观察, 调查病害发生与树龄、生长势及海拔等因子的关系, 计算发病率和感病指数。在调查时, 柳杉瘿瘤病分为 5 个等级: 健康无症状为 0 级, 瘤少见带瘤枝条占整株枝条的 1/4 以下为 I 级, 占整株枝条的 1/2 以下为 II 级, 占整株枝条的 1/2 以上为 III 级, 大部分枝条带瘤至枯死或全株枯死为 IV 级。各级代表值依次为 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0^[4]。

感病指数= $[\sum(\text{病级株数} \times \text{代表数值}) / (\text{株数总和} \times \text{发病最重级的代表数值})] \times 100$; 发病率= $(\sum \text{发病株数} / \text{株数总和}) / 100$ 。

1.2 病原菌孢子的捕捉

每年 5~6 月为柳杉瘿瘤病病原孢子释放期^[3]。方法: ①在不同海拔选取有代表性且枝干瘤较多的感病柳杉 3~5 株, 树选 2~3 年生枝干 5 个·株⁻¹, 距离枝干 5~10 cm 处各固定 1 个 5.0 cm × 2.5 cm 的载玻片, 并将载玻片均匀涂上凡士林, 将涂有凡士林的一面对应感病枝干的瘿瘤, 隔 3 d 更换 1 次载玻片, 带回室内镜检载玻片上捕捉到的孢子数量。②采用旋转式孢子捕捉器, 安装在发病重的柳杉林内, 悬挂高度为 1.3 m, 12 h 换下玻片带回室内镜检^[6-9]。

2 结果分析

2.1 天目山柳杉瘿瘤病的发病情况

对天目山保护区内开山老殿、禅源寺区域以及进山门至七里亭沿线范围内大小柳杉的生长和发病情况进行了全面调查, 发现柳杉瘿瘤病在天目山柳杉林中的发生非常普遍, 尤其胸径 50 cm 以上的 2 032 株古柳杉几乎都有不同程度的发病。对标准样地中的 405 株柳杉的调查结果表明(表 1), 柳杉瘿瘤病的发生率为 87.3%, 感病指数达到 44.59, 其中大树王区域的柳杉发病最为严重, 发病率高达 92.86%, 感病指数达到 66.1。老殿、七里亭等区域的柳杉, 单位长度枝干上瘿瘤数量最多, 分别达到 24.9 个·m⁻¹ 和 26.4 个·m⁻¹, 而禅源寺区域的柳杉受害较轻, 瘿瘤的数量为 7.2 个·m⁻¹。

表 1 天目山柳杉瘿瘤病发生情况

Table 1 Disease incidence of the gall of *Cryptomeria fortunei* in Mount Tianmu

调查地点	调查株数/株	发病率/%	感病指数
禅源寺前	73	83.56	20.00
禅源寺后	160	88.13	36.76
大树王	42	92.86	66.10
新茅蓬	130	84.62	55.50
合计	405	87.30	44.59

2.2 病害发生与树木生长势、树龄及海拔的关系

柳杉瘿瘤病的发病程度与树木生长势、树龄及海拔都有一定关系。从表 2 可知: 柳杉生长势越弱, 发病率越高。生长势好的柳杉, 瘿瘤数量明显较少。而生长势差特别是濒临枯死的柳杉, 大部分枝条上

表 2 柳杉瘿瘤病与树木生长势的关系

Table 2 Relationship between the growth and gall of *Cryptomeria fortunei*

生长势	感病指数	生长势	感病指数	生长势	感病指数	生长势	感病指数
好	6.9	中等	22.0	差	44.7	枯死	78.4
较好	11.8	较差	31.1	很差	56.6		

都有瘿瘤着生,且瘿瘤的数量多、密度高。

柳杉瘿瘤病的感病指数与柳杉树龄密切相关(图1)。1~10年生的柳杉发病相对较轻,感病指数为25.1;大于100年生的柳杉感病指数高达48.1,柳杉林整体感病且感病级别高;11~20年生的柳杉感病指数达到39.8,而21~50年生的感病指数又有所下降。分析原因是,起初柳杉对该病原缺乏抗性,11~20年生的柳杉上感病指数较高,随着寄主生长势及抗性的提高,与病原菌的侵染达到一个动态平衡,20~50年生柳杉病害的危害又有所减轻。随着寄主树龄的增加及生长势的下降,病害的危害开始加重,表现为老龄柳杉感病严重,以100年生以上的柳杉受害最为严重,部分植株的带瘿瘤枝条占整株枝条的50%以上,平均感病级别达到2.01。这一点在调查瘿瘤的着生数量与枝条龄级及生长势的关系中也有所体现。

从表3可知:在2~3年生的柳杉枝条上,瘿瘤的着生比例最高,达到30%以上。随树木龄级增加,瘿瘤的发生率逐渐下降,到枝条生长势衰弱甚至枯死时,瘿瘤的发生比例又显著增加,达到25%。瘿瘤主要集中在2~3年生的枝条上,主干上也能见到瘿瘤,直径大,但数量较少。

表3 柳杉瘿瘤病与枝龄的关系

Table 3 Relationship between the branch ages and gall of *Cryptomeria fortunei*

枝龄/a	瘿瘤比例/%	枝龄/a	瘿瘤比例/%	枝龄/a	瘿瘤比例/%	枝龄/a	瘿瘤比例/%
1	6	5	5	9	2	主干	1
2	32	6	2	10	1		
3	15	7	1	11	1		
4	7	8	1	枯枝	26		

海拔高度也影响柳杉瘿瘤病的发生和危害程度(图2)。在低海拔区禅源寺(海拔400 m),柳杉发病程度较低,平均感病指数为28.4。随着海拔高度的增加,柳杉受害加重,在海拔1 000 m的大树王区域,柳杉平均感病指数达到66.1,该区域也是天目山柳杉瘿瘤病受害最为严重的地方。而在1 100 m更高的海拔区新茅篷附近,柳杉发病程度又有所下降,感病指数为55.5,但仍显著高于禅源寺。

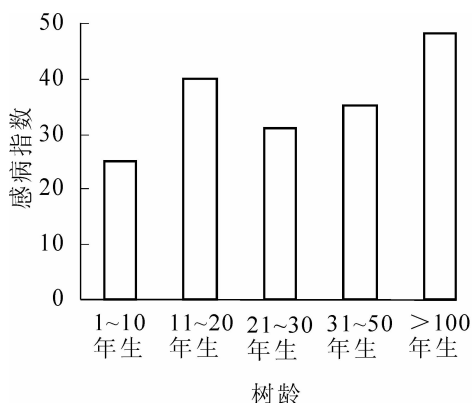


图1 柳杉瘿瘤病与树龄关系

Figure 1 Relationship between the tree's ages and gall of *Cryptomeria fortunei*

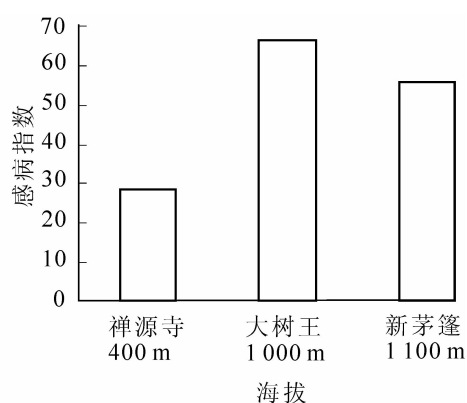


图2 柳杉瘿瘤病与海拔高度的关系

Figure 2 Relationship between elevation and gall of *Cryptomeria fortunei*

2.3 病原菌孢子的释放与传播

室内观察分离结果表明:从5月下旬开始观察到病原菌子囊孢子,随着气温的升高,子囊孢子捕捉率越来越高,子囊孢子在6月份达到释放的高峰期(表4)。

表4中可以看出:病原菌孢子的释放传播受气温影响,当气温达到一定值时病原菌孢子开始释放传播,5月中旬至6月下旬在林间均可以捕捉到病原菌的子囊孢子。不同海拔对病原菌子囊孢子释放的时间存在一定的影响。在低海拔地区,病原菌的子囊孢子释放的时间比高海拔的早,也提早结束。在海拔400 m的地区,孢子在5月中旬开始释放,到6月下旬释放结束。在海拔1 000 m左右的地区,孢子在6月上旬开始释放,7月中旬结束释放,明显晚于低海拔地区。此外,孢子的释放传播量受天气情况影

表 4 不同海拔捕捉的孢子数

Table 4 Numbers of conidia captured at different altitudes

调查日期/(月-日)	海拔/m	捕捉孢子数/(个·视野 ⁻¹)				天气状况	
		视野 1	视野 2	视野 3	平均		
05-01-05-05	1 080	0	0	0	0	0	1-3 日晴；4-5
	400	0	0	0	0	0	日小雨
05-06-05-10	1 080	0	0	0	0	0	多云、晴
	400	0	0	0	0	0	
05-11-05-15	1 080	0	0	0	0	0	雨
	400	3	4	4	3.7	11	
05-16-05-20	1 080	0	0	0	0	0	16 日雨；17-
	400	3	3	5	3.7	11	20 日多云、晴
05-21-05-25	1 080	0	0	0	0	0	20-23 日多云；
	400	5	6	4	5.0	20	24-25 日雨
05-26-05-30	1 080	1	2	4	2.3	7	26 日雨；27-
	400	6	11	14	10.3	31	30 日多云
06-01-06-05	1 080	2	4	5	3.7	11	1-2 日雨；3-4
	400	9	23	13	15.0	45	日多云；5 日雨
06-06-06-10	1 080	5	8	9	7.3	22	多云
	400	11	11	12	11.3	34	
06-11-06-15	1 080	11	13	24	16.0	48	11-12, 15 日多
	400	11	15	12	12.7	38	云；13-14 日雨
06-16-06-20	1 080	9	23	13	15.0	45	16-19 日多云；
	400	21	13	16	13.3	40	20 日暴雨
06-21-06-25	1 080	9	13	13	11.7	35	21-22, 24-25
	400	2	1	5	2.7	8	日雨；23 日多云
06-26-06-30	1 080	11	13	12	12.0	36	多云
	400	1	2	4	2.3	7	
06-30-07-04	1 080	5	6	4	5.0	20	雨
	400	1	0	2	1.0	3	
07-05-07-09	1 080	3	1	2	2.0	6	晴
	400	0	0	0	0	0	
07-10-07-14	1 080	4	3	2	3.0	9	10, 14 日雨；
	400	0	0	0	0	0	11-13 日多云
07-15-07-19	1 080	0	0	0	0	0	15 日雨；16-
	400	0	0	0	0	0	19 日晴；
07-20-07-24	1 080	0	0	0	0	0	20-21 日多云；
	400	0	0	0	0	0	22-24 日阵雨

响，雨天尤其是狂风暴雨的天气要比晴天的捕捉量大，6 月 11-20 日有雨，孢子捕捉量达到最大值，可见该病原菌的子囊孢子是靠气流、雨水传播扩散的，在有风及雨的天气下传播得更快。

3 结论与讨论

通过对天目山柳杉瘿瘤病发生状况的调查发现,柳杉瘿瘤病作为一种寄主主导性病害,受柳杉树体的生长势、树龄、立地条件等多种因素影响。树龄与病害的关系密切,11~20年生的柳杉出现感病小高峰,21~50年生的柳杉感病指数较稳定,100年生以上的柳杉感病指数出现最大值;柳杉瘿瘤病感病指数与寄主生长势呈反比关系;调查发现,海拔也是影响天目山柳杉瘿瘤病发生的因素之一。首先,柳杉瘿瘤病随着海拔升高,感病指数有所上升。海拔达到1 000 m时,感病指数达到高峰,随后又开始逐步下降。

孢子捕捉试验表明,柳杉瘿瘤病是以子囊孢子为侵染源,病原菌孢子的释放需要一定的温度。子囊孢子的飞散期在5月中旬至7月上旬,释放飞散高峰期在6月上旬至7月上旬,孢子的释放飞散受气候因子的控制。在连续降水且雨量大的情况下,子囊孢子释放飞散量明显增加,出现飞散高峰;而在连续晴好天气,子囊孢子释放飞散数量明显下降。根据病原菌释放飞散规律,可以确定5月中旬至7月上旬为该病害侵染期,此时段是喷药预防病菌侵染树体的关键期,若遇到多雨年份应雨后补喷,适当增加中后期用药,缩短施药间隔期,延长药剂持效期,将有助于该病的治理^[10-11]。针对不同海拔子囊孢子释放时间上的差异,在防治过程中要做到因地制宜。

柳杉瘿瘤病的发生原因非常复杂,既有侵染性病原的因素又有非侵染性的因素。有些非侵染性因素成为侵染性病害的诱因,而侵染性病原所致瘿瘤病又可以降低树木对非侵染性因素的抵抗能力^[12]。1997年以前,柳杉瘿瘤病对柳杉的危害并不严重,但随着各种外界因素的影响如酸雨、柳杉生境被破坏等,柳杉瘿瘤病开始威胁古柳杉的生长。调查发现,天目山处于该地区的主要酸沉降区域,境域内雨水的酸度最小值已达pH 3.7左右,酸雨对柳杉角质层产生伤害,造成伤口,病原容易侵入^[13-15]。此外,酸雨导致土壤酸度增加,土壤中的营养成分难以被树木吸收,引起柳杉生长势衰退。所以,危害程度开始并不严重的柳杉瘿瘤对树木生长势差的柳杉来说,侵染性更强。酸性强,伤口多,瘿瘤释放的孢子容易在树体上迅速生长,吸走树体养分,最终导致整株柳杉的死亡。因此,酸性环境与柳杉瘿瘤病的发生发展的内在关系将是我们下一阶段研究的重点问题。

参考文献:

- [1] 张明如,俞益武,赵明水,等.天目山国家级自然保护区柳杉群落空气负离子浓度日变化征[J].浙江林学院学报,2009,26(5):701-707.
ZHANG Mingru, YU Yiwu, ZHAO Mingshui, et al. Diurnal change in the negative ion concentration of the air for two *Cryptomeria fortunei* communities of National Nature Reserve of Mount Tianmu [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, 26(5): 701 - 707.
- [2] 赵丽娟,蒋文伟,杨淑贞,等.天目山柳杉的茎干液流特征[J].浙江林学院学报,2009,26(2):169-175.
ZHAO Lijuan, JIANG Wenwei, YANG Shuzhen, et al. Stem sap flow of *Cryptomeria fortunei* in Mount Tianmu National Reserve [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, 26(2): 169 - 175.
- [3] 龚小峰,朱云峰,刘亮,等.柳杉瘿瘤病病原菌鉴定[J].浙江农林大学学报,2011,28(2):337-342.
GONG Xiaofeng, ZHU Yunfeng, LIU Liang, et al. Causal agent of *Cryptomeria fortunei* gall disease [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2011, 28(2): 337 - 342.
- [4] 宫崎潤二,桑原康成.スギ二段林におけるスギこぶ病に関する研究(Ⅱ)13年生時の被害状況と材質への影響[J].日林九支研論文集,2001(54):95-98.
- [5] 福田健二,鈴木和夫.スギこぶ病の解剖学的観察[J].日本林学会誌,1986,68(11):462-466.
- [6] 曹青,房辉,何有才,等.稻瘟病菌孢子传播的影响因素与田间捕捉方法[J].信阳农业高等专科学校学报,2004,14(3):7-9.
CAO Qing, FANG Hui, HE Youcai, et al. The influencing factors of *Pyricularia oryzae cavara* spore distribution and spore trapping methods in fields [J]. *J Xinyang Agric Coll*, 2004, 14(3): 7 - 9.
- [7] 王学良,刘洁,刘家成,等.安徽省梨黑星病测报方法[J].安徽农业科学,2004,32(1):101-103.
WANG Xueliang, LIU Jie, LIU Jiacheng, et al. Method of forecasting and report on pear scab [J]. *J Anhui Agric Sci*,

- 2004, **32** (1): 101 – 103.
- [8] 李洪涛, 曹克强, 甄文超. 保护地番茄灰霉病分生孢子飞散动态[J]. 河北农业科学, 2004, **8** (2): 45 – 48.
LI Hongtao, CAO Keqiang, ZHEN Wenchao. The dynamics of airborne spores of tomato grey mold in greenhouse[J]. *J Hebei Agric Sci*, 2004, **8** (2): 45 – 48.
- [9] 胡同乐, 甄文超, 杨晓利, 等. 生长季苹果园冠层空气中斑点落叶病分生孢子飞散动态[J]. 河北农业大学学报, 2002, **25** (3): 57 – 60.
HU Tongle, ZHEN Wenchao, YANG Xiaoli, *et al.* The dynamics of airborne spores of *Alteranria mali* Roberts in the canopy in apple orchard during growing season [J]. *J Agric Univ Hebei*, 2002, **25** (3): 57 – 60.
- [10] 周增强, 王昌明, 阎志红, 等. 苹果轮纹烂果病的发生和施药始期研究[J]. 中国农学通报, 2001, **17** (3): 88 – 89.
ZHOU Zengqiang, WANG Changming, YAN Zhihong, *et al.* Study on occurrences and control of fungicide of apple ring spot [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2001, **17** (3): 88 – 89.
- [11] 时春光, 张满让, 袁军儒, 等. 陕西省苹果轮纹病发生与药剂防治技术[J]. 西北农业学报, 2001, **10** (3): 100 – 102, 115.
SHI Chunguang, ZHANG Manrang, YUAN Junru, *et al.* Study on occurrences and control of fungicide of apple Ring Spot in Shaanxi [J]. *Acta Agric Boreali-Occident Sin*, 2001, **10** (3): 100 – 102, 115.
- [12] 戚佩坤. 关于由非侵染性病害演变为侵染性病害的病原[J]. 植物病理学报, 1995, **25** (3): 197 – 198.
QI Peikun. Pathogens of infectious diseases developed from noninfectious diseases [J]. *Acta Phytopathol Sin*, 1995, **25** (3): 197 – 198.
- [13] 杨淑贞, 陈建新, 赵明水, 等. 天目山柳杉古树群衰退死亡原因调研初报[C]//丁平, 程育全. 浙江省第 3 届生物多样性保护与可持续发展研讨会会议论文摘要集. 杭州: 浙江省动物学会, 2006: 25 – 26.
- [14] 邱栋梁, 刘星辉. 模拟酸雨对龙眼叶绿体活性的影响[J]. 应用生态学报, 2001, **3** (12): 1559 – 1562.
QIU Dongliang, LIU Xinghui. Effects of simulated acid rain on chloroplast activity in *Dimorcarpus longana* Lour. ‘Wulongling’ leaves [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2001, **3** (12): 1559 – 1562.
- [15] 贺庆棠. 森林环境学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999: 119.