

文章编号: 1001-1498(2003)02-0209-07

华山松疱锈病发生与林分因子关系的研究*

杨松¹, 谢开立¹, 陈留山², 孙天华³

(1. 西南林学院保护生物学学院, 云南 昆明 650224;

2. 云南省巧家县林业局, 云南 巧家 654600;

3. 云南省东川林业局, 云南 昆明 654100)

摘要: 在云南巧家县和东川区二二二林场华山松疱锈病发病高峰期,通过典型抽样调查,经数据处理后得出影响华山松疱锈病发生的主导林分因子,在巧家县为:林木长势、林内卫生状况、样地内松树密度、郁闭度;在东川二二二林场为:林木长势、坡位、郁闭度。两地病害发生的主导林分因子有一定的差异,为两地采用有针对性的林业技术防治措施、可持续控制病害提供了依据。

关键词: 林分因子; 华山松疱锈病; 回归分析

中图分类号: S791.7 S791.241 **文献标识码:** A

华山松(*Pinus amandii* Franch.)是云南省以及长江中上游防护林体系主要造林树种之一,近年来我国四川、陕西和云南大理、东川、会泽、巧家等地的华山松受华山松疱锈病(*Cronartium ribicola* Fischer)危害严重。华山松疱锈病属五针松疱锈病(世界三大林木病害之一),其溃疡斑常环绕树干1周造成松树死亡,是华山松的一种毁灭性病害,属国内外检疫对象。由于该病潜育期长,病情早期诊断难度较大,给防治和预测预报带来很大困难。目前虽然对华山松疱锈病的病原学、发生发展规律、防治学已有研究报道^[1~6],但是由于缺乏其发生与林分因子关系的系统研究,使现阶段采取的营林技术防治,因缺少充分理论依据,而十分被动。鉴于此,笔者于2002年对该问题进行了较系统研究。

1 试验地概况

1.1 巧家县概况

巧家县位于滇东北,102°53'~103°27' E,26°32'~27°25' N,海拔最高点为4 040 m,最低点为517 m,属典型的亚高山深切地貌,立体景观明显;主要河流为金沙江;境内有亚热带、温带、寒温带三种地带性气候,降水和气温差异十分显著。年均气温7.1~21℃,最高温42.7℃,最低温-8℃;年均降水量534~489 mm,日照平均时数为1 889.5 h。

1.2 东川二二二林场

东川二二二林场海拔2 000~3 500 m,地处乌蒙山脉,该地区北、东、西三面分别为金沙江、小江和普渡河所切割,由北向西地势骤然升高,坡度一般为30°~40°。年均气温7℃,年均降

收稿日期: 2002-09-04

基金项目: 国家林业局2002年度重点项目(2002-08)

作者简介: 杨松(1977—),男,重庆合川人,在读研究生。

* 本文得到西南林学院周彤教授的指导,特致谢意。

水量 1 136.1 mm, 年均日照时数 1 898.8 h, 为亚热带、温带气候的高海拔地区。

2 研究方法

2.1 林分调查因子的选择

山地起伏不平和平不同林分因子不仅直接影响林分的光、热、水、气, 同时也影响华山松疱锈病的发生、流行, 参考有关文献^[6,7]并结合试验地实际情况, 把林分因子归类如下:

(1) 林龄(a); (2) 样地内松树密度(株 m^{-2}) (简称密度); (3) 坡度($^{\circ}$); (4) 坡位: 分为上坡、中坡、下坡; (5) 坡向: 分为阳坡(南向, 简称阳)、半阴半阳坡(东、西向, 简称半)、阴坡(北向, 简称阴); (6) 地形: 根据经验分为平地(简称平)、凸地(简称凸)、凹地(简称凹)、沟壑; (7) 林内卫生状况(简称林下卫生): 分为好、中、差; (8) 郁闭度; (9) 海拔(m); (10) 林木长势 分为好、中、差; (11) 土壤综合肥力(简称土壤肥力): 分为好、中、差; (12) 样地位置: 分为林内、林缘。

2.2 调查方法

在云南巧家县、东川二二二林场, 于华山松疱锈病发生高峰期(巧家县为3月底至4月中旬, 东川二二二林场为4月初至4月底), 采用典型抽样的方法, 样地面积 20 m \times 25 m, 在样地内进行每木检尺, 对病情指数(分级标准及计算公式见表1)^[2]和样地内的林分因子作仔细调查。借助 SPSS 统计分析软件处理数据^[8], 找出影响华山松疱锈病发生的主导林分因子。

表1 华山松疱锈病病情分级标准

病级	代表值	病情等级标准
0	0	无病
1	1	侧枝发病, 主干无病
2	2	主干溃疡占树干周长 1/2 以下
3	3	主干溃疡占树干周长 1/2 以上
4	4	大部分枝条枯死或全株枯死

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{各病级株数} \times \text{该级代表值})}{(\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值})} \times 100$$

3 结果与分析

样地调查按典型抽样的方法进行; 数据处理根据多元线性回归的要求, 因变量为华山松疱锈病病情指数(Y), 自变量为: 林龄(x_1), 样地内松树密度(x_2), 坡度(x_3), 坡向(x_4), 坡位(x_5), 地形(x_6), 林内卫生状况(x_7), 郁闭度(x_8), 林木长势(x_9), 海拔(x_{10}), 土壤综合肥力(x_{11}), 样地位置(x_{12})。

3.1 巧家县调查结果与分析

2002年3月20日至4月2日, 在巧家县马树、铅厂、东坪、巧家营4个乡镇调查样地48块, 调查数据见表2。

表2 巧家县发病与林分因子调查(2002-03-20—04-02)

序号	样地名	病情指数	林龄/a	坡度/ $^{\circ}$	坡向	坡位	地形	林下卫生	郁闭度	林木长势	土壤肥力	样地位置	海拔/m	密度/(株 m^{-2})
1	下臭水1	7.21	12	16	半	中	凸	差	0.70	中	中	林缘	2 800	0.33
2	下臭水2	2.03	12	20	半	中	凸	好	0.80	中	中	林缘	2 780	0.66
3	上臭水1	12.39	12	13	半	下	凸	差	0.70	差	差	林缘	2 820	0.44
4	上臭水2	10.22	12	14	半	中	凸	差	0.80	差	差	林缘	2 840	0.59
5	上臭水3	12.55	12	5	阴	中	沟壑	差	0.80	差	差	林缘	2 850	0.46
6	上臭水4	10.63	12	15	半	下	凸	差	0.70	差	差	林内	2 820	0.52

续表 2

序号	样地名	病情 指数	林龄/ a	坡度/ (°)	坡向	坡位	地形	林下 卫生	郁闭度	林木 长势	土壤 肥力	样地 位置	海拔/ m	密度/ (株·m ⁻²)
7	上臭水 5	16.55	12	11	半	中	凸	差	0.70	差	差	林缘	2 830	0.42
8	上臭水 6	13.72	12	16	阴	中	沟壑	差	0.70	差	差	林内	2 820	0.49
9	上臭水 7	12.83	12	18	半	中	凸	差	0.90	差	差	林内	2 840	0.60
10	上臭水 8	11.67	12	5	半	中	平	差	0.80	差	差	林内	2 840	0.51
11	格达地 1	12.80	12	21	阴	下	沟壑	差	0.80	差	差	林缘	2 800	0.84
12	格达地 2	15.14	12	3	阴	下	沟壑	差	0.70	差	差	林缘	2 800	0.78
13	格达地 3	2.85	26	18	阴	下	沟壑	差	0.90	中	中	林缘	2 780	0.28
14	格达地 4	6.73	12	22	半	中	凸	中	0.90	差	差	林缘	2 800	1.01
15	格达地 5	7.22	12	23	阳	中	沟壑	差	0.80	差	差	林内	2 800	0.81
16	格达地 6	6.21	12	25	半	中	沟壑	差	0.90	差	差	林内	2 800	0.90
17	煤炭丫口	3.19	10	3	半	中	凸	中	0.80	中	中	林缘	2 700	0.44
18	煤炭丫口	5.04	10	18	半	中	凹	差	0.70	中	差	林内	2 700	0.54
19	大白路	5.51	26	22	半	中	凸	中	0.70	中	中	林缘	2 780	0.12
20	大白路	6.54	26	23	半	中	凸	中	0.70	中	中	林内	2 800	0.13
21	大白路	3.08	26	5	半	中	凸	中	0.70	中	中	林内	2 770	0.13
22	大白路	3.30	26	12	半	中	凹	中	0.80	中	中	林缘	2 820	0.18
23	大白路	3.52	26	12	半	中	凸	中	0.70	中	中	林缘	2 800	0.13
24	大白路	2.13	26	20	半	中	凹	中	0.80	中	中	林缘	2 810	0.19
25	关村	0.32	13	8	阳	中	沟壑	中	0.70	中	中	林缘	2 730	1.24
26	关村	0.44	13	0	半	中	平	中	0.80	中	中	林缘	2 800	1.80
27	关村	0.75	13	0	半	中	平	中	0.70	中	中	林内	2 800	1.00
28	关村	0.50	13	0	半	中	平	中	0.60	中	中	林缘	2 830	0.80
29	张家老菁	4.06	30	15	阴	中	沟壑	中	0.80	中	中	林内	2 740	0.39
30	张家老菁	3.41	30	32	阴	下	沟壑	中	0.70	中	中	林内	2 740	0.35
31	张家老菁	3.53	30	20	半	中	沟壑	中	0.70	中	中	林内	2 740	0.34
32	张家老菁	0.00	30	12	半	中	凹	中	0.70	中	中	林内	2 750	0.35
33	张家老菁	2.91	22	25	阳	中	沟壑	中	0.70	中	中	林内	2 740	0.38
34	张家老菁	1.62	22	18	半	中	沟壑	中	0.70	中	中	林内	2 730	0.37
35	张家老菁	4.56	30	28	阴	下	沟壑	中	0.60	中	中	林缘	2 730	0.34
36	张家老菁	0.55	30	23	半	下	凹	中	0.80	中	中	林缘	2 740	0.36
37	张家老菁	1.79	30	28	阴	中	沟壑	中	0.80	中	中	林内	2 740	0.32
38	张家老菁	2.86	30	10	半	中	沟壑	中	0.70	中	中	林缘	2 740	0.28
39	张家梁子	0.67	10	17	半	中	凸	中	0.60	中	中	林内	2 020	1.20
40	张家梁子	0.65	10	18	半	中	凸	中	0.70	中	中	林内	2 020	1.24
41	张家梁子	0.76	10	17	阳	中	凹	中	0.70	中	中	林内	2 020	1.32
42	张家梁子	0.69	10	20	阳	中	凸	中	0.60	中	中	林内	2 030	1.16
43	张家梁子	0.71	10	22	半	中	凸	中	0.70	中	中	林内	2 050	1.68
44	张家梁子	0.42	10	17	半	中	凸	中	0.70	中	中	林内	2 060	1.90
45	张家梁子	0.83	10	18	半	中	凸	中	0.70	中	中	林内	2 060	1.20
46	张家梁子	1.25	10	12	半	中	凸	中	0.80	中	中	林内	2 070	1.44
47	张家梁子	2.25	10	22	半	中	沟壑	中	0.80	中	中	林内	2 070	1.60
48	张家梁子	1.11	10	20	半	中	凹	中	0.80	中	中	林内	2 000	1.44

为使定性因子参加计算,各定性因子按其与病情指数的关系分别给予权重值(表 3),各定性因子权重值按各指标病情指数的平均值的比值赋值。坡度按不同范围也给予权重值,海拔、林龄、郁闭度、样地内松树密度以实际值参加计算。

将变量输入计算机,运用 SPSS 统计软件,采用 Stepwise regression (逐步回归分析)^[8]得以下模型:

$$Y(\text{病情指数}) = 6.672 + 1.778x_9 - 2.091x_2 + 0.678x_7 - 7.598x_8$$

其中林木长势 x_9 ,样地内松树密度 x_2 ,林内卫生状况 x_7 ,郁闭度 x_8 为主导因子,各因子相系数分别为: $r(x_9) = 0.876, r(x_7) = 0.828, r(x_2) = -0.327, r(x_8) = 0.188, R = 0.934 > R_{0.01} = 0.254$,线性回归显著。各因子对病情指数影响程度大小依次为:林木长势、林下卫生、样地内松树密度、郁闭度。

3.2 东川二二二林场调查结果与分析

2002 年 4 月 10 日至 15 日,在东川二二二林场调查样地 43 块,调查数据见表 4。

表 4 东川二二二林场发病与林分因子调查(2002-04-10—15)

序号	样地名	病情指数	林龄/a	坡度/(°)	坡向	坡位	地形	林下卫生	郁闭度	林木长势	土壤肥力	样地位置	海拔/m	密度/(株·m ⁻²)
1	过磅站	6.00	17	20	半	上	凸	中	0.7	中	中	林缘	3 160	0.77
2	文家坟	0.71	18	25	阳	中	沟壑	中	0.7	好	中	林内	3 030	0.62
3	文家坟	1.63	18	27	半	中	凹	中	0.8	中	中	林内	3 000	0.73
4	文家坟	1.73	17	16	阳	上	凹	中	0.8	中	中	林缘	3 010	0.61
5	大牛场	1.31	18	25	半	中	凹	中	0.6	好	中	林内	2 850	0.57
6	大牛场	0.45	18	30	半	中	凸	中	0.6	好	中	林内	2 920	0.45
7	石道班	0.00	18	25	半	中	凹	差	0.6	好	中	林内	2 820	0.41
8	石道班	0.16	18	25	半	中	凹	差	0.7	好	好	林内	3 030	0.31
9	韭菜冲	4.21	17	20	半	上	凸	中	0.6	中	中	林内	3 100	0.74
10	韭菜冲	5.48	17	20	阴	上	凹	中	0.7	中	中	林内	3 100	0.68
11	韭菜冲	3.46	16	20	半	上	凸	差	0.7	中	中	林内	2 990	0.74
12	韭菜冲	1.69	16	20	半	上	凸	中	0.8	好	好	林内	2 990	0.65
13	韭菜冲	2.24	16	25	半	上	凹	中	0.7	好	好	林内	2 990	0.62
14	过磅站	6.50	17	25	半	上	凸	中	0.7	中	中	林内	3 100	0.70
15	过磅站	4.75	17	25	阴	上	凸	差	0.6	中	中	林内	3 070	0.82
16	马吃水	10.00	17	20	阴	中	凸	差	0.6	中	中	林缘	3 040	0.56
17	马吃水	7.25	18	25	半	中	凹	中	0.7	好	中	林内	3 050	0.50
18	218	5.75	18	30	半	上	凸	中	0.8	好	好	林内	3 050	0.70
19	218	5.75	17	30	半	上	凸	中	0.8	中	中	林内	3 040	0.62
20	218	10.25	18	30	半	上	凸	中	0.8	中	好	林内	3 050	0.80
21	218	3.50	16	20	阳	上	凸	中	0.7	中	好	林内	3 070	0.80
22	牛尖包	9.25	17	25	阳	中	凸	中	0.8	好	好	林内	3 030	0.79
23	牛尖包	2.50	18	25	半	中	凸	中	0.6	好	好	林内	3 010	0.51

表 3 调查因子权重值

因子	指标	权重值	指标	权重值	指标	权重值	指标	权重值
坡向	阳	1	半	2	阴	4		
坡位	中	1	下	2				
地形	凹	1	平	2	凸	3	沟壑	3
林下卫生	好	1	中	1	差	5		
林木长势	中	1	差	5				
土壤肥力	中	1	差	5				
样地位置	林内	1	林缘	2				
坡度	16 以上	1	0~15°	2				

续表 4

序号	样地名	病情指数	林龄/a	坡度/(°)	坡向	坡位	地形	林下卫生	郁闭度	林木长势	土壤肥力	样地位置	海拔/m	密度/(株·m ⁻²)
24	牛尖包	3.00	17	25	半	中	凹	中	0.6	好	好	林内	2 980	0.48
25	牛尖包	10.75	18	30	阴	中	凸	中	0.6	好	好	林内	2 920	0.35
26	六房凹	2.07	18	25	半	中	凸	差	0.7	中	中	林内	2 990	0.36
27	六房凹	0.61	18	25	半	中	凹	差	0.7	好	中	林内	2 990	0.57
28	滑石板	0.87	16	30	半	上	凸	中	0.7	中	中	林缘	3 000	0.74
29	滑石板	0.26	18	30	半	中	凹	中	0.7	中	中	林缘	2 900	0.76
30	滑石板	0.26	18	30	半	中	凹	中	0.8	中	中	林内	2 900	0.58
31	滑石板	0.53	18	25	半	中	凹	中	0.7	中	中	林内	2 880	0.57
32	零公里	1.81	18	27	半	上	凹	中	0.8	中	中	林内	2 890	0.50
33	零公里	0.62	18	25	阳	上	凸	中	0.7	中	中	林内	2 880	0.49
34	板山沟	9.16	18	30	半	中	凹	中	0.8	中	中	林内	3 030	0.32
35	板山沟	5.83	18	30	半	中	凸	中	0.8	中	中	林内	3 120	0.48
36	板山沟	4.78	18	30	半	中	凸	中	0.8	中	中	林内	3 100	0.81
37	板山沟	51.02	18	35	半	下	沟壑	差	0.9	差	中	林缘	2 900	0.69
38	板山沟	2.76	18	35	半	下	沟壑	中	0.8	中	中	林内	2 930	0.69
39	板山沟	4.00	18	35	半	中	凹	中	0.8	中	中	林内	3 000	0.85
40	板山沟	6.59	18	35	半	上	凹	中	0.8	中	中	林内	3 000	0.49
41	板山沟	8.39	18	20	半	上	凹	中	0.9	差	中	林缘	3 020	0.62
42	板山沟	3.00	18	30	阴	上	凹	好	0.7	好	中	林内	3 030	0.37
43	板山沟	12.66	16	25	阴	中	凹	中	0.7	差	中	林内	3 010	0.61

为使定性因子参加计算,各定性因子按其
与病情指数的关系分别给予权重值(表 5),各
定性因子权重值按各指标病情指数的平均值的
比值赋值。坡度按不同范围也给予权重值,
海拔、林龄、郁闭度、样地内松树密度以实际值
参加计算。

经数据处理(同巧家县数据处理方法)得
以下模型:

$$Y(\text{病情指数}) = -9.022 + 2.115x_5 +$$

$$7.832x_9 + 2.154x_8$$

其中坡位 x_5 , 林木长势 x_9 , 郁闭度 x_8 为主导因子, 各因子偏相关系数分别为: $r(x_5) = 0.586$, $r(x_9) = 0.660$, $r(x_8) = 0.362$, 复相关系数 $R = 0.759 > R_{0.01} = 0.254$, 线性回归显著。各因子对病情指数影响程度从大到小依次是: 林木长势、坡位、郁闭度。

3.3 关键因子分析

3.3.1 影响华山松疱锈病发生的主导林分因子 在巧家县主导因子为林木长势 x_9 、样地内松树密度 x_2 、林内卫生状况 x_7 、郁闭度 x_8 ; 它们的相关显著程度顺序由大到小为: 林木长势 林下卫生 样地内松树密度 郁闭度; 在东川二二二林场的主导林分因子为: 坡位 x_5 、林木长势 x_9 、郁闭度 x_8 , 它们的相关显著程度顺序由大到小: 林木长势 坡位 郁闭度。

表 5 调查因子权重值

因子	指标	权重值	指标	权重值	指标	权重值
坡向	阳	1	半	2	阴	3
坡位	上	2	中	1	下	8
地形	凹	1	凸	2	沟壑	6
林下卫生	好	1	中	2	差	3
林木长势	好	1	中	2	差	8
土壤肥力	好	1	中	2	差	2
样地位置	林内	1	林缘	3		
坡度	16°~25°	1	26°以上	2		

3.3.2 影响两地相同的主导林分因子 林木长势和郁闭度。在相同林龄、相似的环境条件下,长势好的林分抗病力和受害后恢复的能力强,所以发病较轻,反之发病较重;郁闭度的大小对林间小气候有显著影响,郁闭度适中的林分,光照、温度、湿度等不利于病原菌的生长和传播,反之发病则较重^[5]。

3.3.3 两地不同的主导因子 在巧家为样地内松树密度和林内卫生状况,东川二二二林场为坡位。巧家由于树龄差异较大,抚育管理不一,一些林分松树密度或林内卫生状况差异较大,对郁闭度和林木长势都有影响,进而直接影响病害的发生;东川二二二林场,由于树龄相近,管理力度相似,林内卫生状况和松树密度相差不大,因而对病害影响较小,另外东川二二二林场由于坡度大,水土流失严重,上坡土壤肥力差,华山松长势较差,病害发生严重;而下坡由于温湿度适宜,适合转主寄主生长,故发病较严重。

4 小结

研究结果表明,影响巧家县和东川二二二林场病害的主导林分因子有一定差异,这就为两地采用有针对性的林业技术防治措施、对现有华山松疱锈病发生基地的改造、持续控制病害以及今后营造抗病林分提供依据和治理技术措施。

根据华山松疱锈病发生与林分条件关系的调查研究结果,作者提出如下防治方法:

(1) 加强对现有林分的经营管理,提高林木长势,增加林木抗病能力;同时开展适时修枝、间伐等抚育管理,改善林内环境和林内卫生。

(2) 营造华山松林时应采用“适地适树,合理密度,合理混交”的原则,营造抗病林分,发挥自然控制作用。

(3) 培育抗病品种^[9]。在感病严重的林分挑选健康华山松,进行种子繁育或无性繁殖(嫁接),经过接种试验,筛选并培育出抗病品种。

(4) 针对华山松疱锈病潜育期长的特点,对发生华山松疱锈病周围的未发病林分加强系统监测,做到早发现早治理。

(5) 适时开展化学防治,在锈孢子器始见期,可用松焦油、2%粉锈宁等化学药剂涂干,能有效控制华山松疱锈病^[5]。

参考文献:

- [1] 西南林学院,云南省林业厅. 云南森林病害[M]. 昆明:云南科技出版社,1992. 69~71
- [2] 马建鹏,杨宏波,徐士忠,等. 华山松疱锈病防治指标研究[J]. 西南林学院学报,1999,19(4):219~223
- [3] 杨斌,周彤. 云南省华山松疱锈病研究[D]. 云南省植物病理重点实验室论文集,1998. 2:295~305
- [4] 杨佐忠,金德强. 华山松疱锈病菌及其转主的初步研究[J]. 森林病虫通讯,1991(3):13~14
- [5] 杨佐忠,金德强,粟安全,等. 华山松疱锈病综合防治技术研究[J]. 森林病虫通讯,1997(1):24~26
- [6] 景耀,张星耀,路雅彬. 华山松疱锈病的调查研究初报[J]. 陕西林业科技,1986(1):30~35
- [7] 贾云,陈忠东,张利民,等. 人工红松林疱锈病的调查研究[J]. 东北林业大学学报,2000,28(3):43~47
- [8] 卢纹岱. SPSS for Windows 统计分析[M]. 北京:电子工业出版社,2000
- [9] Phillips D H, Burdekin D A. Diseases of Forest and Ornamental Trees[M]. The Macmillan Press Ltd., 1982. 152~155

Study on Relationship between Forest Factors and Occurrence of *Pinus armandii* Blister Rust

YANG Song¹, XIE Kai-li¹, CHEN Liou-shan², SUN Tiar-hua³

(1. Conservation Biology Faculty, Southwest Forestry College, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. Forestry Bureau of Qiaojia County, Yunnan Province, Qiaojia 654600, Yunnan, China;

3. Forestry Bureau of Dongchuan, Yunnan Province, Dongchuan 654100, Yunnan, China)

Abstract : Through typical sampling technique, the relationship between forest factors and occurrence of *Pinus armandii* blister rust was studied in 222-Forest Farm and Qiaojia County. It was found that the key forest factors in these two places are different. In 222-Forest Farm, the key forest factors are the tending status of trees, slope position and sanitation conditions under trees, but that in Qiaojia County are the tending status of trees, the density of trees, sanitation conditions under trees and canopy density. The results provide some references for forest management and sustainable control of *Pinus armandii* blister rust.

Key words : forest factors; *Pinus armandii* blister rust; regression analysis