

云杉落针病损失估测的研究^{*}

邱书志¹, 曹秀文¹, 蔡 斌¹, 余 英²

(1 白龙江林业管理局 林业科学研究所, 甘肃 武都 746010; 2 陇南市林木种苗管理站, 甘肃 武都 746000)

[摘 要] 采用均匀典型整群抽样调查法, 调查了白龙江林区人工云杉落叶病发生严重地区的 40 块样地, 每标准样地按不同病级对 40 株云杉进行了解析, 并利用计算机辅助设计推导出了云杉落叶病材积损失率估测模型。研究表明, 云杉落叶病使云杉树高平均年生长量减少 12.4%~78.1%, 云杉直径平均年生长量减少 10.4%~71.1%, 材积平均年生长损失率为 13.0%~90.12%。检验结果表明, 该材积损失率估测模型预测准确, 精度高。

[关键词] 云杉; 云杉落叶病; 平均年生长量; 材积损失率

[中图分类号] S791.180.7

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)06-0064-05

云杉落针病(*Lophodermium piceae* (Fuckel) Von H. Hnel) 是云杉(*Picea asperata* Mast) 的一种重要侵染性叶部病害, 主要危害人工云杉林。在德、英、法等国^[1~3] 均有云杉散斑壳(*Lophodermium piceae*) 引起云杉属(*Picea* Dietr.) 落针病的报道; Dotzler^[4] 对云杉散斑壳(*Lophodermium piceae*) 在云杉上的致病性进行了分析, O. sorio M 等^[5] 也对云杉散斑壳在挪威云杉(*Picea abies* (L.) Karst.) 上的生活史进行了研究。在国内, 四川西北部、新疆天山林区也有此病的发生, 但尚未见有关的研究报道^[6, 7]。白龙江林区已有 10 多年云杉落针病的发病史, 累计有 1.66 万 hm^2 的人工云杉林发病, 个别地块已开始逐渐死亡, 对云杉生长构成严重威胁。为了有效控制该病的危害蔓延, 林区虽已投入大量人力物力进行防治, 但由于缺乏科学指导, 收效不大。本课题组对该病进行了系列研究, 旨在对云杉落针病造成的云杉生长损失进行定量分析, 对材积损失进行数学模拟以作估测, 明确该病对云杉生长的影响, 从而为防治决策提供科学依据。

1 调查研究方法

1.1 调查林分概况

调查在主要发病区的沙滩、茶岗、腊子口林场进行。调查林分是 20 世纪 60~80 年代初期由云杉属(*Picea* Dietr.)、冷杉属(*Abies* Mill.) 采伐迹地人工更新而成的云杉纯林, 林分郁闭度、密度大, 抚育跟不上实际需要, 枯枝落叶多, 卫生状况差, 地形复杂,

山高坡陡, 海拔 1 800~3 600 m, 相对高差大。调查点周围有少量的乔木, 如油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、落叶松(*Larix* Mill.)、辽东栎(*Quercus liaotungensis* Koidz.)、桦树(*Betula* L.)、椴树(*Tilia* Tuan.) 等, 灌木有榛属(*Corylus* L.)、杜鹃(*Rhododendron*)、忍冬(*Lonicera* L.)、箭竹等树种分布^[8]。气候冬长寒冷, 夏短阴凉, 湿润多雾, 树木生长期短。年平均气温 0~9℃, 最热月 17℃左右, 最冷月 -8℃左右, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温大于 1 300℃; 无霜期 10~130 d, 年降水量 600~1 100 mm, 相对湿度 70%~80%^[9]。

1.2 调查方法

调查主要对树龄 10~30 年的人工云杉林进行均匀典型整群抽样, 设置标准地 40 块, 各样地内林木不少于 100 株。调查分 2 次进行, 1994-05 下旬病害症状最明显时, 用分级计数法(分级标准见表 1) 调查发病情况; 9 月份, 调查生长情况。同时在标准地内选择代表性样木 40 株进行树干解析, 获得病级与云杉总生长量、总平均生长量、逐年生长量和生长率的关系。

1.3 数据处理

单株立木材积(V) 的计算查取《云杉人工林二元材积表》, 在径级超出此表范围时, 用下式^[10] 计算

$$V = \frac{\pi D^2 H}{4} \times (0.184870411 + \frac{0.290073263}{D} + \frac{2.124001653}{H}) \div 1000$$

* [收稿日期] 2004-12-07

[基金项目] 甘肃省自然科学基金项目(2R-93-065)

[作者简介] 邱书志(1963-), 男, 河南宁陵人, 高级工程师, 硕士, 主要从事森林病害研究。

式中, V 为材积; D 为胸高直径; H 为树高。

病情指数 (X)、各生长指标损失率 (Y)、样地材积损失量及损失率分别按下式计算

$$X = \frac{\sum (\text{各病级株数} \times \text{代表数值})}{\text{调查总株数} \times \text{最高病级代表值}} \times 100$$

$$Y(\%) = (1 - \frac{\text{样地实际生长量}}{\text{调查总株数} \times \text{健株平均生长量}}) \times 100$$

$$\text{材积损失量} = \text{样地 0 级林木平均单株材积} \times \text{样地总株数} - \text{样地实测材积}$$

$$\text{材积损失率}(\%) = \frac{\text{样地材积损失量}}{\text{0 级平均单株材积} \times \text{样地总株数}} \times 100$$

表 1 云杉落针病的分级标准
Table 1 Classification standard of the spruce-needle-cast

病级 Disease level	分级标准 Classification standard	代表值 Code
I	健康株 Healthy	0
II	1/4 以下针叶表现症状, 叶色近正常 Less than a quarter needles show symptom with normal colour	1
III	1/4~ 2/4 针叶表现症状, 部分叶色黄绿, 2 年生针叶少量脱落 1/4- 2/4 needles show symptom with some are yellowish, only a few two-year-old needles fallen	2
IV	2/4~ 3/4 针叶表现症状, 全株叶色多数赤褐, 2 年生针叶大部分脱落 2/4- 3/4 needles show symptom with almost all needles are dark brown, most of two-year-old needles	3
V	3/4 以上针叶表现症状, 2 年生针叶几乎全部脱落 3/4 needles show symptom with almost all of two-year-old needles fallen	4

1.4 损失模型的确定

将 40 块调查样地的前 32 块样地作为建模基础数据, 以病情指数 (X) 为横坐标, 材积损失率 (Y) 为纵坐标绘制散点图, 结果如图 1 所示。

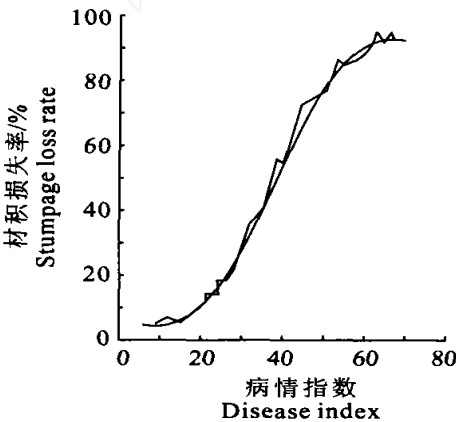


图 1 病情指数与材积损失率的关系
Fig. 1 Relationship between disease index and stumpage loss rate

从图 1 可以看出, 各点间描绘出 1 条曲线后, 大体呈“S”形。 Y 最后逐渐趋向与 X 轴平行而接近某一最大值 K 。采用最小二乘法意义下的逐步逼近计算机优化, 进行曲线拟合, 求得损失估测模型^[11, 12]。

2 结果与分析

2.1 标准地调查

对 40 块标准地进行调查、分析和计算, 结果见表 2 (只列出前 32 块标准地, 后 8 块作为检验用)。从表 2 可以看出, 发病株率、材积损失量、损失率、每公顷损失量总体上随病情指数的增大而增大。病情指数在 20 以下时, 材积生长有损失, 但影响不大; 病情指数在 20~ 50 时, 发病株率、材积损失随病情指数增大而急剧增大; 病情指数在 50~ 60 时, 发病株率稳定在 100%, 材积损失增大的趋势减缓; 病情指数在 60 以上时, 发病株率仍为 100%, 材积损失率逐渐稳定在 90%~ 95%, 严重地影响了林分的正常生长。

表 2 病情指数与云杉发病株率和材积损失量的关系

Table 2 Co-efficiency of disease index with affected rate and stumpage loss of spruce

样地号 Plot No	病情指数 Disease index	发病株率/% Affected trees	样地损失量/ m^3 Stumpage loss in plot	损失率/% Loss rate	公顷损失量/ m^3 Stumpage loss per hm^2
1	39.82	84.54	0.19869	57.45	2.98035
2	24.25	64.65	0.06373	18.42	0.95595
3	15.36	50.82	0.01892	5.47	0.28380
4	66.45	100.00	0.31984	92.48	4.79760
5	60.34	100.00	0.30175	87.25	4.55643
6	67.45	100.00	0.32358	93.56	4.73852

续表 2 Continued Table 2

样地号 Plot No	病情指数(X) Disease index	发病株率/% A fected trees	样地损失量/m ³ Stumpgae loss in plot	损失率/% Loss rate	公顷损失量/m ³ Stumpage loss per hm ²
7	5.26	30.25	0.015 04	4.35	0.227 10
8	11.47	40.86	0.022 62	6.54	0.339 30
9	23.82	70.23	0.051 01	14.75	0.765 15
10	27.57	80.42	0.072 35	20.92	1.086 70
11	30.54	80.50	0.092 41	26.72	1.388 90
12	40.61	86.95	0.186 34	53.88	2.793 05
13	42.51	89.00	0.209 45	60.56	3.141 75
14	45.73	92.50	0.250 98	72.57	3.764 70
15	50.60	100.00	0.265 61	76.80	3.954 93
16	54.21	100.00	0.296 05	85.60	4.443 71
17	55.82	100.00	0.293 70	84.92	4.405 50
18	61.06	100.00	0.306 22	88.54	4.593 30
19	20.90	60.25	0.039 53	11.43	0.592 95
20	25.47	73.45	0.061 73	17.85	0.934 59
21	28.58	80.35	0.074 32	21.49	1.114 80
22	35.64	89.42	0.139 24	40.26	2.135 94
23	32.43	80.26	0.122 92	35.54	1.826 47
24	7.20	28.42	0.016 91	4.89	0.253 65
25	37.82	90.50	0.167 84	48.53	2.514 24
26	38.69	82.02	0.181 40	52.45	2.766 35
27	64.56	100.00	0.320 05	92.54	4.967 18
28	66.84	100.00	0.326 83	94.50	4.902 45
29	57.46	100.00	0.298 26	86.24	4.599 17
30	18.62	62.45	0.030 64	8.86	0.457 15
31	48.26	100.00	0.257 83	74.55	3.845 02
32	64.01	100.00	0.326 90	94.52	4.870 48

2.2 落针病病级对林木生长的影响

按每个病级选取 8 株解析木计算不同病级对云杉高生长、径生长和材积生长年平均生长量的影响,

其结果见表 3。由表 3 可知,该病 II~V 级对树高、胸径、去皮材积的年平均生长量有明显影响。

表 3 病级对云杉树高、胸径、去皮材积年平均生长量的影响

Table 3 Effects of disease level on the height, chest-height-diameter and average annual growth

病级 Disease level	树高 Height					胸径 Chest-height diameter					去皮材积 Stumpage volume with no bark				
	$\bar{X}$	损失量/m Loss	损失率/% Loss rate	显著水平 Significant level		$\bar{X}$	损失量/m Loss	损失率/% Loss rate	显著水平 Significant level		$\bar{X}$	损失量/m Loss	损失率/% Loss rate	显著水平 Significant level	
				5%	1%				5%	1%				5%	1%
I	0.459	0.000	0	-	-	0.663	0.000	0	-	-	0.020	0.000	0	-	-
II	0.402	0.057	12.4	a	A	0.599	0.070	10.4	a	A	0.017	0.003	13.00	a	A
III	0.355	0.104	22.7	b	B	0.442	0.226	33.8	b	B	0.010	0.010	49.21	b	B
IV	0.258	0.245	53.4	c	C	0.334	0.335	50.1	c	C	0.003	0.016	83.97	c	C
V	0.101	0.359	78.1	d	D	0.193	0.475	71.1	d	D	0.002	0.018	90.12	d	D

注:“-”表示不显著。下表同。

Note:“-” Do not show the significant. It is the same in the following tables.

2.3 材积损失模型确定

根据 32 块样地数据,采用最小二乘法逐步逼近及计算机优化和曲线拟合,获得材积损失估测模型为

$$Y(\%) = 93.0215(1 - e^{-0.0602X})^{4.5012} \quad (1)$$

式中, Y 为材积损失率, X 为病情指数。

相关系数 $R = 0.9436 > R_{0.01} = 0.54706$, 说明病情指数与样地材积损失率关系紧密。

2.4 模型的检验

2.4.1 模型内检验 根据损失率估测模型,可求出前 32 块样地的病情指数估测值(表 4)。由表 4 的检验结果看,估计值与实测值差异不显著,拟合良好。

2.4.2 模型外检验 为检验模型的可靠性,用 33

~ 40 号样地的数据来检验模型, 结果列于表 5。从模型外 8 块样地的检验结果看, 估计值与实测值差异也不显著, 证明该模型拟合良好。

表 4 各样地材积损失率的实测值与估测值比较

Table 4 Stumpage loss rate of real volume and estimated volume of different plots											
样地号 Plots	病情指数 Disease index	实测值/% Real value	估测值/% Estimated value	5% 显著 水平 Significant level	1% 显著 水平 Very significant level	样地号 Plots	病情指数 Disease index	实测值/% Real value	估测值/% Estimated value	5% 显著 水平 Significant level	1% 显著 水平 Very significant level
1	39.82	57.45	60.55	-	-	17	55.82	84.92	79.35	-	-
2	24.25	18.42	28.32	-	-	18	61.60	88.54	82.88	-	-
3	15.36	5.47	9.58	-	-	19	20.90	11.43	20.65	-	-
4	66.45	92.48	85.60	-	-	20	28.58	21.49	38.31	-	-
5	60.34	87.25	82.43	-	-	21	28.58	21.49	38.31	-	-
6	67.45	93.56	86.04	-	-	22	35.64	40.26	53.13	-	-
7	5.26	4.35	0.26	-	-	23	32.43	35.54	46.69	-	-
8	11.47	6.54	4.05	-	-	24	7.20	4.89	0.84	-	-
9	23.82	14.75	27.30	-	-	25	37.82	48.53	57.14	-	-
10	27.57	20.92	36.01	-	-	26	38.69	52.45	58.65	-	-
11	30.54	26.72	42.67	-	-	27	64.56	92.54	84.74	-	-
12	40.61	53.88	61.84	-	-	28	66.84	94.50	85.76	-	-
13	42.51	60.56	64.73	-	-	29	57.46	86.24	80.54	-	-
14	45.73	72.57	69.17	-	-	30	18.62	8.86	15.75	-	-
15	50.60	76.80	74.72	-	-	31	48.26	74.55	72.21	-	-
16	54.21	85.60	78.03	-	-	32	64.01	94.52	84.46	-	-

表 5 模型外检验的实测值与估测值

Table 5 Real measurements and estimation outside of the model											
样地号 Plot	病情指数 Disease index	实测值/% Real value	估测值/% Estimated value	5% 显著 水平 Signifi- cant level	1% 显著 水平 Very signifi- cant level	样地号 Plot	病情指数 Disease index	实测值/% Real value	估测值/% Estimated value	5% 显著 水平 Signifi- cant level	1% 显著 水平 Very signifi- cant level
33	14.37	6.96	9.94	-	-	37	24.63	18.76	17.21	-	-
34	43.58	64.42	66.29	-	-	38	38.90	45.83	47.41	-	-
35	59.47	86.82	77.40	-	-	39	65.60	92.92	91.45	-	-
36	18.42	8.84	8.25	-	-	40	53.54	83.96	85.10	-	-

3 小 结

1) 研究表明, 云杉落针病对云杉的树高、胸径和材积生长量均有显著影响。树高平均年生长最低减少 12.4%, 最高达 78.1%; 直径平均年生长最低减少 10.4%, 最高达 71.1%, 材积平均年生长损失率最低 13.0%, 最高 90.12%。

2) 本项研究从病害种群体的角度出发, 对云杉落针病造成的材积损失情况进行预测, 建立了损失

率数学预测模型。检验结果表明, 该模型预测准确, 精度高, 可靠性强。

3) 通过此项研究, 清楚地了解到云杉落针病对云杉人工林生长的影响强度, 并进行了损失预测, 提高了人们对该病的重视程度, 为防治决策提供了科学依据, 同时为该病害防治指标的研究奠定了基础。

4) 预测模型是依据白龙江林区的情况研建的, 其他地区在使用时要结合本地区的实际情况进行适当调整。

致谢: 本文得到原西北林学院景耀教授的审阅指导, 在此深表谢忱!

[参考文献]

[1] Gregory S C, Redfern D B. The pathology of Sitka spruce in northern Britain[J]. Biological Sciences, 1987, 93(1): 145- 156

[2] Heiniger U. Fungal diseases of spruce needles—investigations in Switzerland[J]. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1990, 141(4):

295- 301.

- [3] Livsey S, Barklund P. *Lophodermium piceae* and *Rhizosphaera kalkhoffii* in fallen needles of Norway spruce (*Picea abies*) [J]. European Journal of Forest Pathology, 1992, 22(4): 204- 216
- [4] Dotzler M. Infection experiments with *Rhizosphaera kalkhoffii* and *Lophodermium piceae* on young trees of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stressed by different treatments[J]. European Journal of Forest Pathology, 1991, 21(2): 107- 123
- [5] Osorio M, Stephan B R. Life cycle of *Lophodermium piceae* in Norway spruce needles[J]. European journal of Forest Pathology. 1991, 21(3): 152- 163
- [6] 邱书志. 云杉落针病感病指数预测模式的研究[J]. 甘肃林业科技, 1995, 20(2): 60- 62
- [7] 邱书志. 云杉落针病发病规律的研究[J]. 西北林学院学报, 1998, 13(4): 76- 81
- [8] 尹祚栋, 赫卓峰. 白龙江、洮河林区综合科学考察报告[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1991.
- [9] 王阳临. 白龙江林区气象观测资料汇编[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1995
- [10] 吴桂荣, 王会儒, 李永忠, 等. 白龙江林区人工云杉林立木材积表[Z]. 甘肃武都: 白龙江林业管理局林科所, 1986
- [11] 景耀. 杨树烂皮病造成材积损失及其防治指标的研究[J]. 林业科技通讯, 1988, 31(11): 3- 6
- [12] 郎奎健, 唐守正. IBM PC 系列程序集[M]. 北京: 中国林业出版社, 1987. 333- 336
- [13] 北京林业大学. 数理统计[M]. 北京: 中国林业出版社, 1980

Research on detemining wood loss of the spruce-needle-dropping

QIU Shu-zhi¹, CAO Xiu-wen¹, CAI Bin¹, YU Ying²

(1 Forestry Research Institute of Gansu Bailongjiang Forst Bureau, Wudu, Gansu 746010, China;

2 Forest Seeds and Seedlings Managing Bureau Of Longnan Municiple Government, Wudu, Gansu 746000, China)

Abstract: Forty spruce afforestation plots with serious spruce-needle-dropping were selected with evenly grouping principle in Bailongjiang forest plantations. Forty trees with different disease seriousness were sectioned and analyzed. Relations between the disease seriousness and the height, breast height diameter, average cubage growth, total cubage loss and the loss proportion of the trees were obtained by CAD. The correlation between the disease index and the total cubage loss, the loss proportion of the trees were also gained. Speculated models with high precision of the cubage loss rate of the pine needle dropping disease were then set up.

Key words: spruce; pine needle dropping disease; annual growth volume; loss proportion