

杨树溃疡病引致幼树的 生长量损失估测*

曾大鹏 戴玉成

(中国林业科学研究院林业研究所)

刘春静

张淑娟

(辽宁省铁岭市林业科学研究所) (中国林业科学研究院资源信息研究所)

摘要 杨树溃疡病经常在幼树干部形成大型溃疡斑, 造成枝枯和死树。以胸径下病斑面积与树周面积的比值计算的发病程度(X_0)与胸径年生长量(Y_2)之间呈显著相关。通过回归建立了三个品种不同病情下的生长量模型:

$$\text{美} \times 5_{99}: Y_2 = -0.15406 + 118.52194 / (102.9113 + X_0^2)$$

$$\text{加 杨}: Y_2 = -0.4136 + 278.32113 / (133.0115 + X_0^2)$$

$$\text{小} \times \text{黑}: Y_2 = -0.08487 + 110.16972 / (131.4548 + X_0^2)$$

三个估算模型经数学检验合理; 坐标曲线符合植物病理学原理, 可作为该病病情分级和生长量损失估算的参考。

关键词 杨树溃疡病; 生长量损失; 数学模型

杨树溃疡病(*Dothiorella gregaria* Sacc.)是一种重要的杨树病害, 经常在定植后的幼树上产生大型溃疡斑, 造成枝枯或死树。辽宁省康平、法库、昌图三县1987年死树180万株; 1988年损失132万株。在北京、河北、山西等地也经常发病。有关该病对树木生长量影响的研究, 迄今国内外均未见报道。作者1989年在辽宁省昌图县, 以三个常用品种为试材, 推导出三个数学模型, 用来估测杨树溃疡病引致幼树的生长量损失, 并讨论了该病的损失阈值及发病程度的分级标准, 可供确定该病的调查方法, 预测生长量损失及核算防治的经济效益参考。

一、试验方法

(一) 田间设计

地点设在历年发病较重的昌图县红英村。品种选择感病程度中等偏重的美 $\times 5_{99}$ (*P. pyramidalis* $\times 5_{99}$)、加杨(*P. canadensis*)和小 \times 黑(*P. simonii* \times *nigra*)。种植材料均采用当地苗圃的二年生苗。种植坑为60 cm \times 60 cm \times 60 cm。株行距2 m \times 3 m。每品种种植150株,

本文于1990年1月24日收到。

* 本文系国家“七·五”科技攻关专题“华北地区光肩星天牛、杨树溃疡病为主的杨树病虫害综合防治技术研究”, 和辽宁省铁岭市科委“杨树溃疡病防治技术研究”课题内容之一。

每小区50株，顺序排列，重复三次。自然感病。

(二) 生长量调查

于幼树定植后4月上旬调查一次；生长停止后10月上旬调查一次。测株高及胸径。

(三) 病情调查

发病盛期于6月上旬调查一次；发病终止后于10月上旬调查一次。分别按胸径上、下部记载各株干部水泡型溃疡斑和大型溃疡斑的个数及其面积(长×宽, cm²)。

二、数据处理

1. 在各品种中，选择胸径年生长量接近的幼树为计算样本，分别进行运算。胸径年平均生长量美×5₉为1.80 cm，加杨为1.42 cm，小×黑为1.17 cm，分别选取1.60~2.00 cm、1.20~1.60 cm和1.05~1.40 cm范围内的幼树。在选择幼树中，剔除干部虫害严重者及个别数据不完整者。

2. 自变量 X 为病情，整理为5个因子；因变量 Y 为年生长量，整理为3个因子：

X_1 : 水泡型溃疡斑个数；

X_2 : 胸径下大型溃疡斑面积(cm²)；

X_3 : 胸径上大型溃疡斑面积(cm²)；

X_4 : $X_2 + X_3$ ；

X_5 : 胸径下大型溃疡斑面积与胸径下树周面积的比值(%)；

Y_1 : 株高年增长量(cm)；

Y_2 : 胸径年增长量(cm)；

Y_3 : 材积年增长量(cm³)。各品种材积量的计算方法，参照陈章水的“杨树二元立木材积表”^[1]。

美×5₉，获得以上8个变量的配套样本65株，加杨为64株，小×黑为42株。对各品种变量做回归分析，从相关矩阵中选出自变量与因变量的相关显著因子。

3. 将各品种自变量与因变量之间的相关显著因子 X_5 和 Y_2 分别进行分组计算，先以自变量 X_5 为标准，按 $X_5 = 0$ 、 $0 < X_5 \leq 1$ 、 $1 < X_5 \leq 2$ 、……为组距，求出各组平均值，再算出各组中相应的 Y_2 平均值。详见表1。

4. 以三个品种的 X_5 和 Y_2 为材料，分别进行自变量与因变量的数学模型拟合，选择出最佳方程。

以上运算采用了中国林科院资源信息研究所森林经理室编制的程序，在IBM PC/XT型计算机上进行^[3]。

三、试验结果

(一) 自变量与因变量相关显著因子的选择

将三个品种各自的5个自变量和3个因变量分别进行相关分析，从相关矩阵中选择相关显著因子，结果见表2。

表1 三个品种自变量与因变量相关显著因子分组数值

品 种	美 × 5 ₉₉		加 杨		小 × 黑	
样 本 数	64		62		42	
分 组 数	17		16		19	
误 差	0.000 1		0.000 1		0.000 1	
组 值	X ₅	Y ₂	X ₅	Y ₂	X ₅	Y ₂
1	0.625 0	0.875 0	0	1.715 7	0	0.757 5
2	1.611 3	1.053 8	0.685 0	1.525 0	0.546 7	0.666 7
3	2.592 0	0.908 0	1.571 7	1.558 3	1.578 0	0.970 0
4	3.591 7	0.913 3	2.360 0	1.650 0	2.535 0	0.630 0
5	4.328 8	0.843 8	3.650 0	1.300 0	3.436 0	0.680 0
6	5.525 0	0.675 0	4.010 0	1.850 0	4.590 0	0.650 0
7	6.451 8	0.610 9	5.270 0	1.250 0	5.880 0	0.350 0
8	7.385 0	0.850 0	7.730 0	1.550 0	6.370 0	0.700 0
9	8.860 0	0.483 3	8.120 0	0.500 0	7.130 0	0.475 0
10	9.390 0	0.600 0	12.350 0	0.587 5	10.845 0	0.325 0
11	10.630 0	0.200 0	14.695 0	0.375 0	11.640 0	0.150 0
12	11.240 0	0.100 0	17.850 0	0.100 0	12.830 0	0.650 0
13	12.180 0	0.400 0	19.980 0	0.050 0	14.503 3	0.100 0
14	17.585 0	0.275 0	20.200 0	0.050 0	16.640 0	0.300 0
15	22.400 0	0	25.260 0	0	24.590 0	0.050 0
16	23.815 0	0.025 0	27.680 0	0	26.790 0	0
17	26.220 0	0			28.080 0	0
18					30.730 0	0.050 0
19					31.070 0	0

表2 相关分析结果

品 种	相关最显著因子		相关系数 (r)
	自变量	因变量	
美 × 5 ₉₉	X ₅	Y ₂	0.732 34
加 杨	X ₅	Y ₂	0.867 00
小 × 黑	X ₅	Y ₂	0.754 31

相关分析结果表明：三个品种相关最显著的因子都是 X₅ 和 Y₂，即胸径下大型溃疡斑面积与树周面积的比值和胸径的年生长量之间，呈紧密相关。

(二) 相关显著因子的最佳模型选择

以三个品种的 X₅ 和 Y₂ 分组样本数据回归运算，选择最佳数学模型。试算的模型

有12个：

- ① $Y_2 = a + b/(c + X_5)$ ② $Y_2 = a + b/(c + X_5^2)$ ③ $Y_2 = a + bx/(c + X_5)$
- ④ $Y_2 = a + b \log(c + X_5)$ ⑤ $Y_2 = a + bX_5^2$ ⑥ $Y_2 = a + be^{cX_5}$
- ⑦ $Y_2 = a + bc^{X_5}$ ⑧ $Y_2 = a + b/(1 + be^{X_5})$ ⑨ $Y_2 = a + bxe^{cX_5}$
- ⑩ $Y_2 = a + b/(1 + ce^{2X_5})$ ⑪ $Y_2 = K/(1 + me^{-RX_5})$ ⑫ $Y_2 = a(1 - e^{-KX_5})^b$

回归结果：三个品种皆以 $Y_2 = a + b/(c + X_5^2)$ 的相关系数 (r) 最高，剩余方差 (Se) 最小。

三个方程分别是：

a. 美 × 5₉₉: $Y_2 = -0.154 06 + 118.521 94/(102.911 3 + X_5^2)$;

b. 加 杨: $Y_2 = -0.413 6 + 278.321 13/(133.011 5 + X_5^2)$;

c. 小×黑: $Y_2 = -0.08487 + 110.16972 / (131.4548 + X_5^2)$.

三个方程的坐标曲线拟合性良好, 形状也合理(图1)。

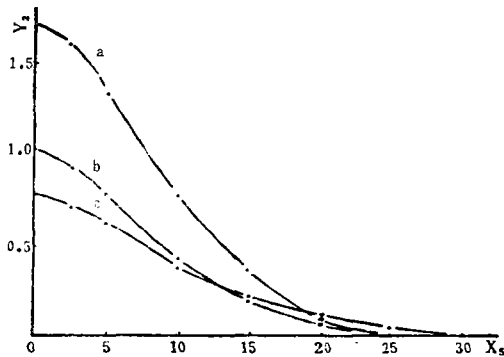


图1 杨树溃疡病引致三个品种生长量损失模型曲线

(三) 三个最佳模型的适合性检查

通过表1所列三个品种的 X_5 和 Y_2 实测值的残差分析, 对所得三个模型的理论值 \hat{Y}_2 进行适合性检查^[8], 结果如下:

$$\begin{aligned} \text{a 式 } F &= 0.9369976 < f_{0.05}(2, 15) \\ &= 3.68, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b 式 } F &= 0.716118 < f_{0.05}(2, 14) \\ &= 3.74, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c 式 } F &= 1.844015 < f_{0.05}(2, 17) \\ &= 3.59. \end{aligned}$$

可见三个数学模型都有较高的准确性。

四、讨 论

1. 在相关分析的相关矩阵中, 从5个自变量和3个因变量之间选择出 X_5 和 Y_2 这一对相关显著因子, 不但有其数学上的依据, 而且也符合植物病理学的逻辑性。从自变量方面分析: 首先, 杨树溃疡病在幼树上的发生部位主要集中在于基部, 其次, 这种大斑型溃疡斑的大小差异悬殊, 只有用胸径以下病斑面积的总合才能较好地表达病情的轻重。但是, 同等大小的病斑面积对生长情况不同的幼树所造成的影响也不一样, 所以, 用胸径以下“病斑面积总合/树周面积”这一指标, 来说明不同发病程度对不同生长状况幼树的影响是最合适的。至于因变量中 Y_2 的中选, 显然是因为幼树干基部的发病程度对胸径增长量有较大影响的缘故。

2. 三个品种中, X_5 与 Y_2 这一对相关显著因子回归的最佳方程都是 $Y_2 = a + b / (c + X_5^2)$, 经数学检验合理, 坐标曲线拟合性好, 而且曲线形状合理, 可见这个数学模型比较真实地表达了发病程度与生长量之间的数量关系。

应用这一模型, 当计算某品种在某种发病程度下的生长量损失时, 首先设 $X_5 = 0$, 则 $Y_2 = a + b/c$, 而当 $X_5 = X_s$ 时, $\hat{Y}_2 = a + b / (c + X_s^2)$, 则胸径年损失量 $L_n = Y_2 - \hat{Y}_2$ 。据此也可以算出相应的材积量损失。

3. 从坐标曲线图上可以看出: 试验的三个品种生长量虽然各不相同, 但当 X_5 在5%以下时, Y_2 降低均不显著; X_5 在5%~15%之间, Y_2 随 X_5 的增加而降低, 两者之间接近于线形关系; X_5 在15%~25%之间, Y_2 降低渐缓; 当 X_5 达25%以上时, Y_2 趋近于零。所以, 可以初步确定5%和25%分别是杨树溃疡病引致幼树生长量损失的损失阈值和致死阈值。发病程度的分级可根据胸径下“大型溃疡斑面积/树周面积”分为四级: 0~5%为Ⅰ级; 5%~15%为Ⅱ级; 15%~25%为Ⅲ级; 25%以上为Ⅳ级。

4. 本试验所提供的经验模型, 发病程度的适用范围, $0 \leq X_5 < 30$ 。三个模型都仅适合类似的杨树品种及环境条件。适应性较广的生长量损失模型有待于对多个品种和不同类型立地条件做进一步研究才能产生。此外, 以株为单位研究病害对植物造成的损失时, 可能会产生

邻株间或群体间的补偿作用, 尚有待研究。

参 考 文 献

- [1] 陈章水, 1989, 杨树二元立木材积表的编制, 林业科学研究, 2(1): 78~83。
 [2] 曾士迈等, 1986, 植物病害流行病学, 农业出版社, 195~204。
 [3] 郎奎健等, 1989, IBM PC 系列程序集, 中国林业出版社, 24~36。

THE STUDY ON GROWING LOSS ASSESSMENT OF YOUNG POPLAR CAUSED BY *DOTHIORELLA* *GREGARIA*

Zeng Dapeng Dai Yucheng

(The Research Institute of Forestry CAF)

Liu Chunjing

(Forest Research Institute of Tie Ling City)

Zhang Shujuan

(The Research Institute of Forest Resource Information Technique CAF)

Abstract According to the investigation of single tree, the study on assessment of growing loss of young poplars caused by *Dothiorella gregaria* was carried out. The proportion of area (X_5) between disease spots and bark of tree under breast diameter was independent variable, the growth data of breast diameter (Y_2) in a year were dependent variable. (X_5) and (Y_2) of the three species were studied by regression analysis.

$$1. P. pyramidalis \times 5_{\text{E}_0} : Y_2 = -0.15406 + 118.52194 / (102.9113 + X_5^2)$$

$$2. P. canadensis : Y_2 = -0.4136 + 278.32113 / (133.0115 + X_5^2)$$

$$3. P. simonii \times nigra : Y_2 = -0.08487 + 110.16972 / (131.4548 + X_5^2)$$

It is believed that the three holistic models are useful in grading and loss assessment of the disease.

Key words *Dothiorella gregaria*, growing loss, mathematical model