

# 台湾桂竹林出笋量预测模型的研究\*

黄克福 杨笑如

**摘要** 应用数量化理论 I 原理,选择立竹度、抚育措施等 13 个影响出笋的因素,设立并调查 60 个样地的出笋量,以这 13 个因素作为项目,出笋量作为因变量建立台湾桂竹林出笋量的预测模型。复相关系数  $t$  检验呈极显著水平,标准误差率  $E$  检验为 13.1%,达到精度要求,这个模型可用于台湾桂竹林的出笋量预测。偏相关系数  $t$  检验表明竹林结构、立地条件、抚育措施、大小年等对台湾桂竹林的出笋量均有明显的影响。

**关键词** 台湾桂竹、出笋量预测、数量化模型

台湾桂竹(又名筴竹、棉竹)*Phyllostachys makinoi* Hayata<sup>[1]</sup>是散生竹中一种高产优质的笋、竹兼用竹种,在福建主要分布于闽东南各县,其中以永泰、莆田等县(市)资源较多。在发展台湾桂竹林生产中,出笋量是一个最为关键的问题,在研究该竹种的出笋规律同时,选择有关影响出笋量诸方面因素,探索建立该竹种的出笋预测模型,并分析影响其出笋量的主导因子,为确定并实施丰产培育技术、提高竹林产量提供理论依据。

## 1 竹林概况

样地设在永泰县清凉乡村尾村和莆田市黄龙林场,118°23'~118°50' E, 25°29'~25°24' N,年平均气温 15.7~19.5℃,最高气温 40.9℃,最低气温 -5.4℃,≥10℃的活动积温 5 000~6 284℃,年日照时数 1 884~2 193 h,年降水 1 400~1 870 mm,年平均相对湿度 75.8%,属亚热带季风气候。竹林分布主要在低山丘陵,样地海拔在 400~500 m,土壤为红壤或黄红壤,多石质、土层厚度在 90 cm 以内,林下植被主要为芒萁 *Dicranopteris dichotoma* (Thunb.) Bernh.、芒 *Miscanthus sinensis* Anderss.、五节芒 *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb.、金星蕨 *Parathelypteris glanduligera* (Kuntze) Ching 等。经营管理粗放,部分竹林每年劈草一次,少部分全锄松土,部分长期失管,大小年竹林系人为采取小年挖笋、大年留笋养竹并采伐老竹所致。村尾村现有竹林多为 3 年生大年竹林,黄龙林场为 2 年生和 4 年生大年竹林。

## 2 调查方法<sup>[2,3]</sup>

在两县台湾桂竹林内,按不同的立竹度、平均眉径、年龄结构、抚育措施、树种组成等指标作为类目划分标准(见表 1),共建立 60 个样地,样地面积为 10 m×10 m(水平距),其设置情况见表 2。在样地内进行各立地因子、测树因子和抚育措施的调查。出笋量调查,自 4 月 13 日

1994—06—24 收稿。

黄克福副教授(福建林学院 福建南平 353001);杨笑如(泉州市鲤城区林业局)。

\* 该项研究属福建省教委下达的“台湾桂竹生长发育规律研究”课题的部分内容。

至 4 月 26 日(莆田至 5 月 6 日),每天观察一次,并记下 4 月 13 日前已出笋的数目,每日出笋均插上标签,作为识别标志。每块标准地等分为 4 小块,分别记下每小块的立竹数,以计算均匀度。调查结果资料见表 3。

表 1 类目划分标准

立竹度 (株/hm <sup>2</sup> )	年龄结构 (2 a : 3 a : 4 a)	平均 肩径 (cm)	整齐 度	均匀 度	叶面 积指 数	坡 坡 土层 向 位 厚度	抚育 措施	树种 组成	大 病 小 虫 年 害
<2 700	2 : 0 : 1	<4	<5	<3	<2.9	阳 上 薄	失管	纯	小 有
2 700~3 300	0 : 3 : 0	4~4.5	5~7	3~5	2.9~3.1	阴 中 较厚	劈草	混马尾松 10%	大 无
3 300~3 900	1 : 0 : 2	>4.5	>7	>5	>3.1	- 下 厚	全锄垦复	混杉 10%	- -
>3 900	-	-	-	-	-	- - -	-	-	- -

表 2 样地设置数量

项目	立竹度 $x_1$ (株/hm <sup>2</sup> )				年龄结构 $x_2$ (2 a : 3 a : 4 a)			平均肩径 $x_3$ (cm)		
	<2 700 $x_{11}$	2 700~3 300 $x_{12}$	3 300~3 900 $x_{13}$	>3 900 $x_{14}$	2:0:1 $x_{21}$	0:3:0 $x_{22}$	1:0:2 $x_{23}$	<4 $x_{31}$	4~4.5 $x_{32}$	>4.5 $x_{33}$
样地数	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1

  

项目	整齐度 $x_4$			均匀度 $x_5$			叶面积指数 $x_6$			坡向 $x_7$	
	<5 $x_{41}$	5~7 $x_{42}$	>7 $x_{43}$	<3 $x_{51}$	3~5 $x_{52}$	>5 $x_{53}$	<2.9 $x_{61}$	2.9~3.1 $x_{62}$	>3.1 $x_{63}$	阳 $x_{71}$	阴 $x_{72}$
样地数	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2

  

项目	坡位 $x_8$			土层厚度 $x_9$			抚育措施 $x_{10}$				树种组成 $x_{11}$			大小年 $x_{12}$		病虫害 $x_{13}$	
	上 $x_{81}$	中 $x_{82}$	下 $x_{83}$	薄 $x_{91}$	较厚 $x_{92}$	厚 $x_{93}$	失管 $x_{101}$	劈草 $x_{102}$	全锄 $x_{103}$	垦复 $x_{104}$	纯 $x_{111}$	混马 10% $x_{112}$	混杉 10% $x_{113}$	小年 $x_{121}$	大年 $x_{122}$	有 $x_{131}$	无 $x_{132}$
样地数	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1

表 3 各样地数据整理表

样地号	出笋数(个)	立竹度(株/hm <sup>2</sup> )	年龄结构	平均肩径(cm)	整齐度	均匀度	叶面积指数
1	2 100	2 400	0 : 3 : 0	4.8	5.1	3.4	2.8
2	4 500	3 450	0 : 3 : 0	4.5	6.3	6.1	3.2
3	2 505	3 000	0 : 3 : 0	4.5	7.2	5.2	3.06
4	1 800	4 095	2 : 0 : 1	4.3	6.8	2.7	3.2
5	4 105	3 105	0 : 3 : 0	4.1	5.9	4.6	2.93
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	600	7 905	2 : 0 : 4	3.1	4.9	2.6	3.3

样地号	坡向	坡位	土层厚度	抚育措施	树种组成	大小年	病虫害
1	阳	中	薄	劈草	混杉	大	茎腐
2	阳	下	厚	失管	纯	大	无
3	阳	上	较厚	劈草	纯	大	茎腐
4	阳	上	薄	失管	混杉	大	茎腐
5	阴	中	薄	劈草	纯	大	无
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	阳	上	薄	失管	纯	小	枯梢

### 3 结果分析<sup>[4,5]</sup>

#### 3.1 数量化理论 I 模型的建立

由于此次分析的项目(影响出笋的有关因素)既有定性的又有定量的,故选用数量化理论 I 模型建立预测模型

$$Y_k = x_0^k + \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{Y_i} x_k(i, j)b_{ij}$$

式中  $x_k(i, j)$  为  $k$  个样本第  $i$  个项目第  $j$  个类目的反应值,  $b_{ij}$  为第  $i$  个项目第  $j$  个类目的得分值,  $x_0$  为常数项,  $Y_k$  为第  $k$  个样本的台湾桂竹林 666.6 m<sup>2</sup> 出笋量估计值( $k=1, 2, 3, \dots, 60$ )

将表 3 的原始数据按下式进行数量化:  $x_k(i, j) = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ , 即当第  $k$  个样本第  $i$  个项目的原始数据为第  $j$  个类目时取值为 1, 否则为 0。由此构成原始数据的反应表(表略)。表中除第一项目外, 其它项目的第一类目划去后按各类将数据(以 666.6 m<sup>2</sup> 计)输入计算机, 经处理, 得如下结果(表 4)。

表 4 出笋量的得分值、得分范围、偏相关系数、偏相关  $t$  值

项目	$x_1$				$x_2$				$x_3$				$x_4$				$x_5$				$x_6$			
类目	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{41}$	$x_{42}$	$x_{43}$	$x_{51}$	$x_{52}$	$x_{53}$	$x_{61}$	$x_{62}$	$x_{63}$					
得分值	12.32	29.89	85.41	40.57	0	15.23	26.43	0	12.12	9.10	0	5.22	6.94	0	1.83	7.11	0	9.49	0.82					
得分范围	73.09				26.43				12.12				6.94				7.11				9.49			
偏相关系数	0.739				0.499				0.417				0.205				0.216				0.369			
偏相关 $t$ 值	5.712				2.794				1.863				0.743				0.816				1.084			

  

项目	$x_7$				$x_8$				$x_9$				$x_{10}$				$x_{11}$				$x_{12}$				$x_{13}$			
类目	$x_{71}$	$x_{72}$	$x_{81}$	$x_{82}$	$x_{83}$	$x_{91}$	$x_{92}$	$x_{93}$	$x_{101}$	$x_{102}$	$x_{103}$	$x_{104}$	$x_{111}$	$x_{112}$	$x_{113}$	$x_{121}$	$x_{122}$	$x_{131}$	$x_{132}$									
得分值	0	26.63	0	18.12	38.00	0	11.19	40.62	0	10.02	42.07	83.63	0	17.06	-10.81	0	76.64	0	20.04									
得分范围	26.63				38.00				40.62				83.63				27.87				76.64				20.04			
偏相关系数	0.483				0.519				0.527				0.804				0.456				0.762				0.410			
偏相关 $t$ 值	2.629				3.433				3.617				6.289				2.008				5.908				1.851			

复相关系数  $R=0.926$ ,  $t$  值 = 6.63, 最小出笋量 = 1.51 个/666.6 m<sup>2</sup>, 最大出笋量 = 448.35 个/666.6 m<sup>2</sup>。

将表 4 的各类目得分值分别乘以相应的类目反应值, 再累加, 即可得出笋量预测模型

$$\hat{Y} = 12.32x_{11} + 29.89x_{12} + 85.41x_{13} + 40.57x_{14} + 15.23x_{22} + 26.43x_{23} + 12.12x_{32} + 9.10x_{33} + 5.22x_{42} + 6.94x_{43} + 1.83x_{52} + 7.11x_{53} + 9.49x_{62} + 0.82x_{63} + 26.63x_{72} + 18.12x_{82} + 38.00x_{83} + 11.19x_{92} + 40.62x_{93} + 17.06x_{112} - 10.81x_{113} + 76.64x_{122} + 20.04x_{132}$$

式中  $Y$  为 666.6 m<sup>2</sup> 出笋量预测值,  $x_{ij}$  为第  $i$  项目第  $j$  类目的反应值。

#### 3.2 出笋量预测模型的检验

3.2.1 部分样点回归值与实测值的比较检验 由上面预测模型求得部分样点回归值  $\hat{Y}$  与实测值  $Y$  对比列于表 5, 可看出回归值与实测值还是比较接近的。

表5 部分样点回归值  $\hat{Y}$  与实测值  $Y$  的比较 (单位:个/666.6 m<sup>2</sup>)

样地号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Y_1$	140	300	167	120	227	260	147	287	267	140
$\hat{Y}_1$	138.32	300.91	167.34	124.17	225.05	251.14	148.16	291.97	260.7	140.6
$Y_1 - \hat{Y}_1$	1.68	-0.97	0.24	-4.17	-1.95	8.86	4.84	-4.97	6.3	-0.6

3.2.2 复相关系数  $t$  的检验 由表5计算结果,  $t=6.63$ ,  $t_{0.05}=2.01$ ,  $t_{0.01}=2.70$ 。  $t=6.63 > t_{0.01}$  是极显著水平。

3.2.3 标准误差率  $E$  的检验  $E = [(t_{0.05}(46) \cdot S_x) / \bar{y}] \cdot 100\%$ ,  $S_x$  为回归剩余标准差;  $\bar{y}$  为样地 666.6 m<sup>2</sup> 出笋量的平均值, 由计算机处理结果:  $t_{0.05}(46)=2.015$ ;  $S_x=8.804$ ;  $\bar{y}=135.47$ ; 则  $E=13.1\%$ , 已达精度要求。

以上检验可知, 用上述项目作为变量建立的出笋量预测模型, 具有极显著的线性相关, 可作为出笋量的预测模型。

## 4 讨论

根据偏相关  $t$  值大小及其得分值范围, 确定项目对出笋量影响大小的原理。从表5可看出立竹度、年龄结构、大小年、坡向、坡位、树种组成、土层厚度、抚育措施的偏相关  $t$  值均大于 2, 可认为这些项目对出笋量影响最大; 叶面积指数、平均眉径、病虫害的偏相关  $t$  值大于 1 小于 2, 这些项目对出笋量的影响次之, 整齐度、均匀度的偏相关  $t$  值小于 1, 可认为对出笋量影响不显著。下面就林分结构、立地条件、抚育措施、大小年、病虫害等 5 个因素进行具体分析。

### 4.1 林分结构对出笋量的影响

立竹度在林分结构中的偏相关  $t$  值和得分范围最高, 是影响台湾桂竹林出笋量的首要因素, 其次为年龄结构、树种组成, 再其次为平均眉径、叶面积指数、最低的为整齐度与均匀度。

在立竹度因素中, 其得分值  $3\ 300 \sim 3\ 900$  株/hm<sup>2</sup>  $> 3\ 900$  株/hm<sup>2</sup> 以上  $> 2\ 700 \sim 3\ 300$  株/hm<sup>2</sup>  $> 2\ 700$  株/hm<sup>2</sup> 以下。从莆田和永泰的台湾桂竹林中看, 以  $3\ 300 \sim 3\ 600$  株/hm<sup>2</sup> 最为合理, 但笔者认为, 目前两地竹林经营都很粗放, 若能提高经营集约度, 立竹度还可适当提高。

在年龄结构中, (2 a : 3 a : 4 a) 比例的得分顺序为 (2 : 3 : 1)  $<$  (0 : 3 : 0)  $<$  (1 : 0 : 2), 即 4 年生老竹占 2/3 的竹林得分值最高, 说明 4 年生竹有较高的养笋能力。莆田、永泰两地均属人为经营大小年竹林, 现有林分都是隔年留笋养竹, 本身年龄结构就是不合理的。合理年龄结构应每年留养数量大致相同, 以合理立竹度看大致每年留养 900 ~ 1 200 株/hm<sup>2</sup> 为宜。从上面得分值顺序看, 均为 3 年生竹的林分比 4 年生竹占 2/3 的林分得分值小, 其实应该说 3 年生竹有最高的光合作用能力, 它们合成的营养物质提供第 4 年养笋, 但 4 年生竹仍有较高养笋能力, 所以台湾桂竹林的采伐年龄应定为 5 年生竹为好。

在平均眉径中, 4 ~ 4.5 cm 的得分值高于 4.5 cm 以上和  $< 4$  cm 的得分值, 可见平均眉径以 4 ~ 4.5 cm 最合理, 笔者认为提高经营集约度, 平均眉径还可以再适当提高。

在叶面积指数中,  $< 2.9$  和  $> 3.1$  的得分值差不多, 2.9 ~ 3.1 的得分值最高, 合理的叶面积指数应在 2.9 ~ 3.1 之间, 从这个台湾桂竹合理的叶面积指数看比毛竹小得多, 说明台湾桂

竹比毛竹更喜光,林内需要更多的透光才能增加出笋量。

整齐度与均匀度虽然偏相关 $t$ 值 $<1$ ,但对出笋量也有一定影响。整齐度与均匀度大对光能利用率高,科学经营也应该考虑整齐度与均匀度对产量的影响。将其调整到合理程度。

#### 4.2 立地条件对出笋量的影响

立地条件中土层厚度与坡向、坡位偏相关 $t$ 值大于2,得分范围也大,是影响产量的主要因素,台湾桂竹竹鞭分布深度范围达80 cm左右,所以厚层土壤能使其地下部分生长良好,薄层土壤必然竹鞭互相挤压,地下部分生长不良,所以土层厚度影响产量是明显的。至于坡向偏相关 $t$ 值大于2,得分范围也较大是值得讨论的,地形是因为它会影响气象因子与土壤而间接影响竹林生长,阴坡出笋量大于阳坡有这个可能,但不是绝对明显的,这可能是在选择样地时,两样地的经营措施或其它条件大不相同,引致出笋量有较大差别,所以偏相关 $t$ 值比较大。坡位的影响其偏相关 $t$ 值 $>2$ ,出笋量下坡 $>$ 中坡 $>$ 上坡,这主要也是因为下坡土层厚、肥力较高、水分较充裕的缘故。

#### 4.3 抚育措施对出笋量的影响

抚育措施的偏相关 $t$ 值大于2,得分范围最大,是影响出笋量的主导因素。其影响是失管 $<$ 劈草 $<$ 全锄 $<$ 垦复。可见随着经营集约度的提高,抚育措施的加强,对产量有明显的影

#### 4.4 大小年对出笋量的影响

大小年的偏相关 $t$ 值 $>2$ ,得分范围也最大,故对出笋量影响极大,大年出笋量显著高于小年这是必然的。但是大小年现象,完全可以通过人为的经营管理措施而加以调控。科学经营应该是每年基本等量留笋养竹,林分各年成竹数量基本相同,这样每年出笋量就不可能大起大落,也就是说不会有大小年现象,这种竹林可称均年竹林,大小年竹林总产必然低于均年竹林,而且也不能做到笋、竹产品均衡地供应市场需求。

#### 4.5 病虫害对出笋量的影响

病虫害因素的偏相关 $t$ 值在1~2之间,可见该因素也有较明显影响。目前莆田、永泰台湾桂竹林均不同程度地受到水枯病等病害影响,受害严重的出笋量明显下降,所以科学经营竹林要十分重视病虫害防治,特别要注意加强抚育管理,提高林分质量,以营林措施抑制病虫害的发生与发展。

#### 4.6 其它忽略因子对出笋量的影响

前一年的气候状况,特别是在笋芽分化期的降水状况,将会明显影响次年的出笋量。本次调查,出笋量较少,与去年下半年久旱不雨有一定影响,竹林要获得丰产其气候节律和竹林生长节律要吻合,也就是说不要出现严重的气候反常,反常的气候往往也会明显影响竹林出笋量。

### 参 考 文 献

- 1 梁天干,黄克福,郑清芳. 福建竹类. 福州:福建科学技术出版社,1978. 86~87.
- 2 陈豪华,丁思统,洪伟,等. 林业应用数理统计. 大连:大连海运学院出版社,1988. 230~235.
- 3 张长礼,杨斌,刘国臣,等. 高等数学(线性代数). 福州:福建人民出版社,1988. 77~86.
- 4 黄克福. 竹林培育技术. 福州:福建科技出版社,1992. 81~82,101~104.
- 5 林思祖. 数量理论 I 在杉木湿籽研究中的应用. 林业科技通讯,1988,(6):10~11.

## Prediction Model for the Bamboo Shoot Yield of *Phyllostachys makinoi* Hayata

Huang Kefu Yang Xiaoru

**Abstract** A prediction model for the shoot yield of *Phyllostachys makinoi* Hayata was established based on the data of shoot yield of the sample plots. The principles of quantitative theory I was adopted to analyze 13 factors which had influence on the shoot yield such as culm density, silvicultural operations etc. The complex correlation coefficient  $t$  test is extremely significant, with the result of standard error rate  $E$  test being 13.1%, reaching the precision prescribed. The established model can be used to predict the bamboo shoot yield of *Ph. makinoi*. Furthermore, the results of partial correlation coefficient  $t$  test demonstrate that such factors as bamboo stand structure, site condition, cultural operations, and bumper or on-off year etc. have apparent influence on the shoot yield of *Ph. makinoi*.

**Key words** *Phyllostachys makinoi*, prediction of shoot yield, quantitative model

---

Huang Kefu, Associate Professor (Fujian Forestry College Nanping, Fujian 353001); Yang Xiaoru (Forestry Bureau of Licheng District, Quanzhou City).

.....

### 国际农用林培训班圆满结束

由亚太地区农用林网(APAN)、加拿大国际发展研究中心(IDRC)、亚太地区林业培训中心(RECOFT)、森林、树木与人类(FTPT)和中国林科院资助,中国林科院国际农用林培训中心和APAN中国秘书处具体经办的“亚太地区农用林技术推广和市场培训班”于1994年9月18日在中国林科院开幕,24~27日在杭州附近考察亚热带农用林,27~30日在广州附近考察,于9月30日下午在中国林科院热林所圆满结束。来自亚太地区13个国家和4个国际组织的44位代表出席了研讨会,研讨会达到了预期的目标。代表们对我院在组织接待、会议准备、材料和现场考察、食宿交通安排等方面予以高度评价,说这次培训班是近年来亚太地区非常成功的一次,时间短、路线长、学员多、效率高、内容丰富、现场壮观,一些国家组织和代表还希望今后举办类似的培训班,适当延长时间,重点深入讨论等。

(熊耀国)