

不同用途毛竹林的施肥研究

I. 毛竹材用林的施肥*

傅懋毅 谢锦忠 方敏瑜 任晓京

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)

李岱一

(福建省林业厅造林经营处)

关键词 毛竹材用林; 复合肥; 沟施; 撒施

前 言

林木生长所必需的养分主要来源于: 土壤的矿化作用, 大气的干湿沉降, 凋落物和土壤动物、微生物的反馈, 施肥及林木器官组织间的养分转让等五个主要方面。其中唯一可以比较容易地受人为控制的因素是施肥。毛竹林由于每年或每度(二年)的采伐, 林地将损失大量养分元素。因此通过施肥及时补充毛竹生长所需的营养元素是获得毛竹林丰产、稳产的必要措施之一。

随着我国化肥工业的发展和社会对竹材需求量的日益增加, 在竹林生产实践中, 施肥的面积越来越大。因此近三十年来, 国内许多林业工作者从不同角度对竹林施肥开展了研究, 其目的无非是为了获得不同用途竹林的经济合理的施肥方法。本研究正是为达到这一目的而在以往基础上的继续探索。

一、试验立地描述

1985年春开始相继在我国亚热带北部的浙江省富阳县庙山坞(北纬 $30^{\circ}03'$, 东经 $119^{\circ}57'$)和安吉县合塘坞(北纬 $30^{\circ}39'$, 东经 $119^{\circ}41'$), 中部的江西省分宜县上村(北纬 $27^{\circ}30'$, 东经 $114^{\circ}30'$)和福建省连江县下车(北纬 $26^{\circ}23'$, 东经 $119^{\circ}22'$)建立了四个试验点。所有试验地都位于毛竹主要产区, 土壤为呈强酸性(pH值4.9—5.1)的粉壤土、重壤土或粘壤土、轻粘土。

本文于1988年2月25日收到。

* 本试验为加拿大国际发展研究中心(IDRC)资助的竹类研究项目中的一个研究内容。本文完成之前曾经亚林所副所长、副研究员陈益泰先生审阅并提供了修改意见。本所陈艳芳、杨之径、王惠雄, 浙江安吉县灵峰寺林场兰林富, 中国林科院大岗山实验局刘仲君、李旭明、尹德眉, 福建省林业厅造林经营处尤祖约等同志参加了其中的部分工作, 试验所用肥料全部由浙江省东阳县复合肥厂生产, 在此一并表示感谢。

由于经营水平不一,浙江的立地含N较高,而江西、福建的较低,但都富含K却极其缺P。此外浙江安吉的试验地土层薄(平均不到30cm),石砾含量高。(表1和表2为试验点的土壤、气候基本情况)。全部立地林分立竹度偏低(每亩约150—200株),眉围也不大(31.72cm)。

表1 试验立地的气候条件

地点	平均气温(°C)			极端最高气温(°C)	极端最低气温(°C)	年降雨量(mm)
	全年	七月	一月			
浙江富阳	16.1	28.9	3.3	37.8	-8.4	1700
浙江安吉	14.5	28.3	2.6	39.2	-8.8	1875.7
江西分宜	17.9	29.0	5.3	39.9	-8.3	1593.7
福建连江	16.9	28.5	9.5	38.0	-3.8	1540.1

表2 试验立地的土壤基本情况

地点	机械组成命名	pH值(水提)	全N(%)	全P ₂ O ₅ (%)	代换K(ppm)
浙江安吉	重壤土 轻粘土	5.1	0.1742	0.0699	70.58
江西分宜	重壤土	4.9	0.1234	0.0534	67.02
福建连江	粉壤土 粉粘土	5.0	0.1449	0.0300	79.53

二、试验设计和方法

(一) 试验小区面积的确定

毛竹具有地下横向延伸蔓延的竹鞭,林分常由若干个鞭—竹系统构成,不同于一般树木,而且竹林又常常分布于地形复杂的丘陵山地。因此确定合适的试验小区面积,使之既能保证足够的试验精度,又易于试验的布置和节约经费是很有必要的。为此我们在所有试验点上随机选取40×40m或32×32m数片竹林,将其按4×4m等分成若干个调查小区。通过对各调查小区总生产力(全部立竹产量和当年生产力(新竹产量))的测定,计算其变异系数(C.V.),然后将邻接小区逐渐合并,扩大面积后再计算其产量及变异系数。最终整理全部数据绘制小区面积与变异系数的关系图(图1、图2)。

由图可知,不论新竹产量或总立竹量的变异系数都随着调查小区面积的扩大而变小,这种变化开始非常急剧,但面积扩大到一定程度(160 m²)后就趋于平缓。根据调查

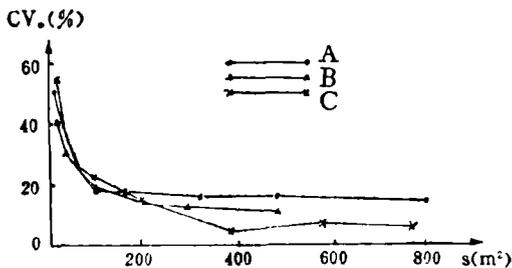


图1 不同面积小区全部立竹产量的变化情况

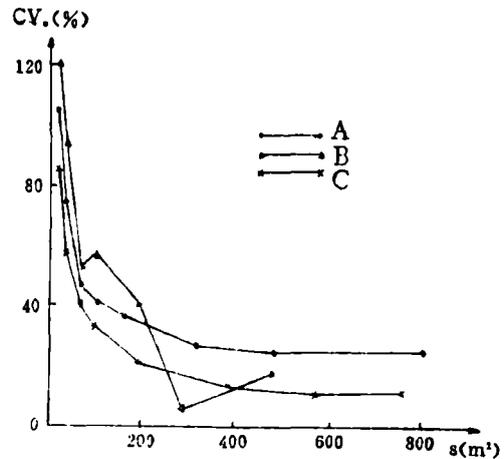


图2 不同面积小区新竹产量的变化情况

图中A、B、C分别代表安吉、富阳、分宜的立地

结果并考虑竹鞭系统的生长特点,本试验确定试验纯小区面积为400 m²。

(二) 保护带和隔离沟的设置

由于不可能将试验标准地全部设于同一等高的坡地上,因此必须考虑标地间的边际效

应。本试验在相邻小区间设置10 m宽的缓冲带并在带中间开挖宽40 cm、深50 cm的隔离沟。缓冲带内与邻接小区的处理相同，使其既起到保护纯小区的作用，又能用于破坏性采样。

(三) 试验设计与数据处理

1. 试验设计 将位于每一试验立地的15个小区，尽可能按相似条件等分成三个区组。每一区组包括一个对照小区(不加施肥措施)，其余四个小区按 $L_4(2^3)$ 正交表，将不同施肥时间(2月底至3月初，8月底至9月初)，不同施肥方法(沟施、桩施)和不同施肥剂量(N、P、K、Si复合肥 $375 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $750 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) 搭配后随机安排于各区组的小组内(见表3)。自1985年秋季开始，按设计要求连续每年施肥。

表3 毛竹材用林施肥试验的处理搭配

处理号	列号			处 理 搭 配		
	1	2	3			
1	1	1	1	春施	沟施	$375 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
2	1	2	2	春施	桩施	$750 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
3	2	1	2	秋施	沟施	$750 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
4	2	2	1	秋施	桩施	$375 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
5	0	0	0	对 照 (不施肥)		

2. 数据处理 通过施肥处理后，于来年调查计算各小区的出笋数、成竹数及新竹产量。用反映处理前小区生产力的立竹数(n)、立竹平均胸径(\bar{d})和平均枝下高(\bar{h})之乘积为协变量，利用协方差分析的部分功能作产量调整，但必须在其回归方差分析结果显著时，再计算调整回归系数 b ，并用其将调查所得的处理后新竹产量调整至同一水平。用调整后产量中的施肥部分数据作正交设计的直观分析和方差分析。再作全部数据的方差分析，若结果显著则继续将全部平均数与对照进行比较。

(四) 其它措施

为使试验结果直接应用于生产实践，在全部林地中开展毛竹材用林正常生产所需的营林措施，如松土、除草、挖退笋、钩梢、伐竹等。但不包括施肥，且在确实判定竹笋死去后再挖退笋，以免影响产量统计。

三、结果分析

毛竹材用林的竹材产量与林分密度(n)，立竹的平均胸径(\bar{d})和平均枝下高(\bar{h})关系密切(表4)，故应该并可以对原基础不一的各小区产量进行调整。由表5之数据求得调整回归系数 $b = 0.1303$ ，用之计算得调整后各试验小区的产量列于表6。

表4 回归显著性方差分析

变 差 来 源	DF	SS	MS	F	F α
回 归	1	375 183.582	375 183.582	205.97**	$F_{0.05(1, 27)} = 4.21$
离 回 归	27	49 180.768	1 821.510		$F_{0.01(1, 27)} = 7.63$
总 计	28	424 364.350			

根据按原正交设计分析的结果，可知不同施肥季节对新竹产量在统计意义上有显著的影响。即在出笋前一个月左右的早春(2月底)施用N、P、K、Si复合肥比在秋季(8月底)笋芽分化期施用的效果要好(见表7、图3和表8)。

表 5 协变量 $x(n, \bar{d}, \bar{h})$ 产量 (y) 的平方和及乘积和

变 差 来 源	DF	SS(x)	SS(y)	Sp
区 组 间	7	20 792 420.98	580 423.90	3 346 110.65
处 理 间	4	7 857 566.75	106 241.25	894 807.00
机 误	28	22 083 581.65	424 364.35	2 878 436.60
总 计	39	50 733 569.38	1 111 029.50	7 119 354.25
处理间 + 机误	32	29 941 148.40	530 605.60	3 773 243.60

注: $b = \frac{2\ 878\ 436.60}{22\ 083\ 581.65} = 0.1303$

表 6 调整后各试验小区的产量

区 组 处 理									处 理 平均值	所占百分 数 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1 348.2	1 089.8	1 313.4	1 230.8	1 038.5	906.3	1 003.7	851.5	1 097.8	129.5
2	1 541.4	1 376.1	942.8	1 155.9	1 050.7	774.0	973.3	839.3	1 081.7	127.6
3	1 030.7	1 069.0	1 028.1	871.5	1 231.6	721.0	872.3	813.2	954.7	112.6
4	1 281.2	1 068.1	943.7	1 020.2	1 216.0	750.5	910.6	754.9	993.2	117.2
5	858.4	1 025.9	721.8	940.2	801.0	761.0	778.4	883.6	847.5	100

表 7 施肥后产量的直观分析

因 素 处 理												T(T)
	(1)	(2)	(3)	1	2	3	4	5	6	7	8	
(1)	1	1	1	1 348.2	1 089.8	1 313.4	1 230.8	1 038.5	906.3	1 003.7	851.5	8 782.2
(2)	1	2	2	1 541.4	1 376.1	942.8	1 155.9	1 050.7	774.0	973.3	839.3	8 653.5
(3)	2	1	2	1 030.7	1 069.0	1 028.1	871.5	1 231.6	721.0	872.3	813.2	7 637.4
(4)	2	2	1	1 281.2	1 068.1	943.7	1 020.2	1 216.0	750.5	910.6	754.9	7 945.2
K 1	17 435.7	16 419.6	16 727.4	5 201.5	4 603.0	4 228.0	4 278.4	4 536.8	3 151.8	3 759.9	3 258.9	33 018.3
K 2	15 582.6	16 598.7	16 290.9									
M 1	1 089.7	1 026.2	1 045.5									
M 2	973.9	1 037.4	1 018.2									
R	115.8	11.2	27.3									

表 8 依据表 7 数据的正交设计方差分析

变 差 来 源	SS	DF	MS	F	F α
区 组 间	855 389.912 2	7	122 198.558 9	7.94**	$F_{0.05(1, 21)} = 4.32$
因 子 A	107 311.862 8	1	107 311.862 8	6.97*	$F_{0.01(1, 21)} = 8.02$
因 子 B	1 002.400 3	1	1 002.400 3	0.07	$F_{0.05(7, 21)} = 2.49$
因 子 C	5 954.132 8	1	5 954.132 8	0.39	$F_{0.01(7, 21)} = 3.64$
机 误	323 334.366 6	21	15 396.874 6		
总 计	1 292 992.674 7	31			

注: 表中因子 A 为施肥季节, 因子 B 为施肥方法, 因子 C 为施肥剂量。

通过对全部数据所作的方差分析和全部不同处理平均数与对照平均数的比较分析，得知处理 1 和处理 2，即春季每公顷沟施 375 kg 复合肥和春季每公顷桩施 750 kg 复合肥，都明显提高了毛竹材用林的竹材产量(见表 6、9、10、11)。

表 9 毛竹材用林施肥试验结果的方差分析

变 差 来 源	SS	DF	MS	F	F _α
区 组 间	764 280.56	7	109 182.94	6.24**	F _{0.01(7,28)} = 3.36
处 理 间	331 617.07	4	82 904.27	4.74**	F _{0.01(4,28)} = 4.07
机 误	490 173.38	28	17 506.19		
总 计	1 586 071.01	39			

表10 不同水平的最小 Q 检验值

P	2	3	4	5
Q ₅ (0.05)	2.90	3.50	3.87	4.12
Q ₅ (0.01)	3.91	4.49	4.84	5.09
LQ ₅ (0.05)	135.66	163.73	181.03	192.73
LQ ₅ (0.01)	182.91	210.04	226.41	238.11

表11 各处理平均数间的比较

处 理	X	x-847.5	x-954.7	x-993.2	x-1 081.7
(1)	1 097.8	250.2**	143.1	104.6	16.1
(2)	1 081.7	234.2**	127.0	88.5	
(3)	993.2	145.6	38.5		
(4)	954.7	107.1			
(5)	847.5				

四、结论与讨论

毛竹材用林由于施用 N、P、K、Si 复合肥增加了出笋数量，提高了成竹率(见表 12、13)，从而也增加了竹材产量。因此施肥无疑是获得竹林丰产稳产不可缺少的一项经营措施。当然出笋数量与成竹率并不是决定产量高低的全部因素，竹材产量(重量)还取决于竹材的质量，即其粗度、长度和竹壁厚度。故若比较表 6 和表 12、13 可发现，虽然处理 3 的出笋数和成竹率均为最高，但竹材产量却不及处理 1、处理 2 乃至处理 4。但无论如何，施肥的结果都比对照的产量为高。根据我们的试验，在浙江、江西、福建等毛竹中心产区，若于每年春季，每公顷毛竹材用林中开沟施入 375 kg 或伐桩内施用 750 kg N、P、K、Si 复合肥，

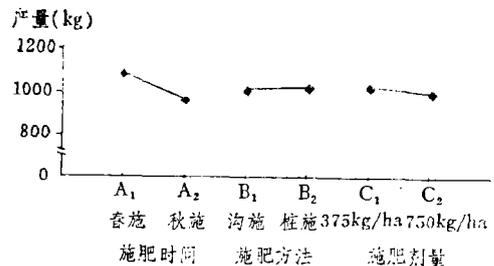


图 3 根据表 7 数据，各因子的水平比较

表12 毛竹材用林施肥试验出笋数量

处 理	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	处 理 平均数 x	所占百分数 (%)
1	107	100	112	48	42	62	84	55	76	140.7
2	133	112	86	53	48	58	54	81	78	144.4
3	116	130	136	53	46	62	62	89	87	161.1
4	83	64	93	40	47	47	47	69	62	114.8
5 (对照)	64	95	77	27	25	55	43	48	54	100

表13

毛竹材用林施肥试验成竹数

处	区 理	组	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	处 理 数 x	所占百分数 (%)
1			62	52	58	27	28	38	51	35	44	141.9
2			59	53	49	31	27	31	40	39	41	132.2
3			65	64	56	29	32	30	41	44	45	145.2
4			50	39	35	22	24	29	33	39	34	109.7
5		(对照)	33	48	38	15	15	30	38	37	31	100

最高可分别增产竹材46.9%和54.3%，除去经营成本(包括肥料、垦复、伐竹、劈山及其他零星开支)，仅竹林一项可分别净增收 832.20元·ha⁻¹和797.70元·ha⁻¹。但考虑到我国目前竹农的经济实力，化肥产量，过量施用化肥可能产生毒害作用(见图3因子c的趋势)以及现有的经验，我们建议在毛竹材用林生产中以采取春季沟施375 kg·ha⁻¹的N、P、K、Si竹林复合肥的措施为宜(但在水土易流失的陡坡上则改用桩施)。因春季正是万物复苏，植物开始生长的季节，对于毛竹这个仅在50 d左右内完成20m左右高生长的极速生的树种来说，迫切需要补充大量养分，以顺利完成这一过程，所以若能在此期间及时为其提供必需的营养元素(即施用速效化肥)必将取得极好的结果。当然为获得更经济科学的竹林施肥方法，还应对不同立地上的毛竹林生长所需的养分量及其可能获得的养分量(即前言中所提及的五个主要方面)和施肥的经济分析等方面作进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] 南京林产工业学院林学系竹类研究室, 1976, 竹林培育, 农业出版社。
 [2] 马乃训等, 1984, 毛竹专用复合肥试验研究, 亚林科技, (3): 6—12。
 [3] 赵仁翰等, 1984, 田间试验方法, 农业出版社。
 [4] Robert G. D. steel James H. Torrie, 1960, Principles and Procedures of statistics, Mc GRAW-HILL BOOK COMPANY, INC.

FERTILIZATION STUDIES IN BAMBOO STANDS WITH DIFFERENT END USES

I. FOR BAMBOO TIMBER STAND

Fu Maoyi Xie Jingzhong Fang Mingyu Ren Xiaojing

(The Research Institute of Subtropical Forestry CAF)

Li Daiyi

(Forestry Department of Fujian Province)

Abstract

Totally 40 plots have been laid out at three experiment sites located in the main *Phyllostachys pubescens* production area of China, where the productivity of plot before treated is obtained through uniformity trial, based on which the proper plot area is determined as 400 m².

According to the orthogonal design, three factors with two levels for each, i. e. A. fertilizer dosage (375 kg·ha⁻¹, 750 kg·ha⁻¹); B. fertilizer applying time (Spring: one month before shooting, Autumn: shoot/bud differentiation stage); C. fertilization method (in furrow, in stump), have been combined for searching the best combination. In all sites, N P K Si compound commercial fertilizer is adopted, the proportion of which is N:P:K:Si = 2:1:0.5:0.5. The results have shown that the best one is in spring, one month before shooting, to apply 375 kg·ha⁻¹ in furrow with a depth of 20 cm, which can increase culm yield by 7 282.50 kg or a net income of RMB 832.20 Yuan compared with the control.

Key words: timber stand of *Phyllostachys pubescens*; compound commercial fertilizer; fertilization at furrow; fertilization at stump