

毛竹林高产施肥技术探讨*

陈金林 张献义 叶长青 梁文焰 张碧松 李启鹏

摘要 通过对福建省邵武市龙湖采育场毛竹林进行随机区组设计连续 4 a 的施肥试验,主要结果经数理统计分析,获得毛竹林土壤养分(水解 N、速效 P、速效 K)对毛竹林总产值(毛竹十竹笋)的多元回归方程,作为毛竹林丰产施肥的基本理论依据;在保证高产高效的条件下,求得回归方程的最优解,作为高产毛竹林土壤养分的标准状态,其它毛竹林经测定其土壤养分后与之相比,便知土壤养分缺乏的种类和程度,由此确定合理施肥方案,则可成本低、效益好、产量高。

关键词 毛竹、产值、施肥技术、土壤、养分含量、回归方程

毛竹(*Phyllostachys pubescens* Mez ex H. de Lehaie)主要分布于我国及东南亚地区。生长快、产量高,是造纸、胶合板、家俱等重要材料。毛竹林施肥是促进发笋、壮竹、提高竹林产量的重要措施^[1]。早在 50 年代,日本就对竹林施肥进行了试验研究^[2],确认施肥的重要性和基本原则。我国也从 1957 年开始进行毛竹林施肥的试验研究^[3],至今已获得了毛竹施肥三要素的重要性顺序及其配比等一系列重要成果^[4~5]。但对毛竹林施肥具有重要指导意义的土壤养分标准状态的研究,目前尚未见报道。我国目前在毛竹林施肥中还存在着盲目性大、肥料浪费严重、成本较高等问题。为此,在福建省邵武市龙湖采育场采用随机区组设计,布置了 10 个处理的毛竹林改土施肥试验。根据主要的试验结果,利用多元回归及优化模型进行统计分析,提出了丰产高效毛竹林土壤养分的标准状态,作为毛竹林合理施肥的依据和参考。

1 内容和方法

1.1 试验地概况

试验地设于福建省邵武市龙湖采育场。海拔 500~1 200 m,坡度 20~35。年均温为 16.5 ℃,月均温为 5.6 ℃,属亚热带季风性气候。试验时每公顷立竹约为 1 700 株,大小年分明,大年竹占 83%以上,一届(度)至五届(度)竹分别占 32.7%、18.9%、23.1%、13.8%和 11.5%。土壤为花岗岩母质发育而成的山地红壤,土层较薄(<60 m),质地为砂壤到中壤土,容重为 1.3 g/cm³,土壤养分状况中等,在闽北地区具有一定的代表性。

1.2 试验设计

采用完全随机区组设计,用 N、P、K 三种肥料设置了肥料数量、配比、施肥次数和方法等 10 个处理、3 次重复试验。其中 N、P 肥有二个施肥水平,即每小区(500 m²)5.2、6.9 kg N,每小区 2.6、3.5 kg P₂O₅;K 肥一个施肥水平为每小区 3.5 kg K₂O。条施采用沿等高线每隔 1.2

1995—08—08 收稿。

陈金林讲师,张献义(南京林业大学森林资源与环境学院 南京 210037);叶长青,梁文焰(福建省邵武市林业委员会);张碧松,李启鹏(福建省邵武市龙湖采育场)。

* 本试验研究是由邵武市林委委托的合作项目。

m 开 10~15 cm 深的沟,将规定用量的混合肥料施入后即盖土;短沟施肥是将混匀肥料施于幼龄(1~2 年生)和壮龄(3~5 年生)竹根及其附近鞭根短沟处。自 1989 年起,一次施肥的为每年 6 月下旬,两次施肥的另一次是大年出笋前 15 d。具体 10 个处理见表 1。

表 1 各处理的 N、P、K 配比

0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
CK	N ₁ P ₁	<u>N₁P₁</u>	N ₂ P ₂	<u>N₂P₂</u>	<u>N₂P₂K₁</u>	N ₂ P ₂ K ₁	<u>N₂P₂K₁</u>	<u>N₂P₂K₁</u>	<u>N₂P₂K₁</u>

注:“——”表示该处理肥料均分为两次施用;“……”表示挖除伐根后的纯林施肥;“~~~”则表示该处理为短沟施肥。

1.3 土壤样品的采集和分析

土壤分析样品为每小区多点混合样品,即在每小区内按“S”型确定 8 个采样点,将这 8 个 0~30 cm 的土样混合成一个分析样品。1988 年秋冬开始设置小区和本底调查,以后每年春、夏、秋三季采样分析。本底分析项目为容重、质地、三相比和各水分常数、pH 值、有机质、全 N、水解 N、全 P、速效 P、缓效 K 和速效 K。以后只分析水解 N、速效 P、K 含量和 pH 值。其中,土壤水解 N 采用 NaOH 水解扩散法,速效 P 采用 HCl-H₂SO₄ 浸提、钼锑抗比色法,速效 K 采用 NH₄Ac 浸提、原子吸收分光光度法^[6]。

1.4 试验期观察调查

每年笋期观察从少量发笋开始,至新竹全部展枝放叶结束。调查出笋数、高生长、退笋数(测定地径和高度)、退笋原因、展枝期等。发笋成竹后,调查新竹数、新竹眉围和枝下高,并分别编号。同时,详细记载各种营林措施的时间、方式和用工情况,建立小区档案。

2 结果和分析

2.1 回归方程的建立

经过近 4 年的连续施肥试验,到 1992 年,各处理小区的土壤养分含量出现了一定差异(相当于 10 个养分含量不同的立地),由 1992 年夏、秋两季土样的分析结果,求得夏季土壤养分对次年(1993 年)出笋、成竹的相关性(相关系数分别为 0.90 和 0.89),大于秋季(0.69 和 0.60),从而采用夏季土壤养分作为竹林产值的回归因子。表 2 是 1993 年竹林产值及其相应的 1992 年夏季土壤养分含量。

表 2 不同处理土壤速效 N、P、K 含量及竹林产值

处 理	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
竹林产值 Y	245.23	488.84	518.23	422.81	507.77	461.73	462.33	462.67	556.97	420.31
水解 N X ₁	15.75	16.21	16.63	16.26	16.59	16.07	16.23	16.31	16.40	17.45
速效 P X ₂	0.81	1.06	1.51	1.42	1.42	1.17	1.11	1.29	1.54	1.45
速效 K X ₃	5.44	4.39	5.17	5.50	5.20	5.27	5.44	5.60	5.53	5.77

注:竹林产值(单位:元/小区)含竹和笋,是按当地价格计算。土壤养分含量单位:mg/100 g。

对表 2 进行回归分析^[7],求得竹林产值与土壤养分间的多元回归方程为:

$$Y=1\ 162.401\ 7-15.937\ 2X_1+314.877\ 0X_2-157.644\ 3X_3$$

对回归方程进行系列检验,结果见表 3~7。由表 3 看出,通过对回归方程进行方差检验,求得 F 值为 5.02*,即土壤养分含量对竹林产值的回归性达到显著水平,其复相关系数为 0.85;表 4 的 T 检验和表 5 偏回归分析结果表明,土壤养分对该竹林产值影响的大小顺序是速效 P>速效 K>水解 N;表 6 的偏相关作用结果进一步说明速效 P 对该竹林产值的贡献为 58。

84% (即 $0.767 1^2$), 速效 K 为 38.38%, 水解 N 的贡献只有 1.21%。这表明该试验地土壤养分已失调, 速效 P 严重缺乏, 已成为竹林生长的限制因子, 增加速效 P, 对该竹林生长应有促进作用; 而土壤速效 N、K 相对过剩, 并已引起竹林营养过剩的不良反应, 从而产生负效应。因此, 对该竹林应加强施用速效性 P 肥, 少施甚至不施 N、K 肥。表 7 说明在了解竹林土壤养分含量的情况下, 利用该回归方程预测竹林产值, 准确度较高 (相对误差为 8%)。因此, 土壤养分对竹林产值的回归方程可以作为毛竹林预测产值、合理施肥的理论依据。

表 3 方差分析

变 因	平方和	自由度	均 方	F 值	$F_{0.05}$
回 归	46 272.534 4	3	15 424.171 8	5.02 *	4.76
剩 余	18 453.118 9	6	3 075.519 8		
总 和	64 725.653 3	9			

注: $R^2=0.714 9$ (即复相关系数为 0.85)。

表 4 回归系数及 T 检验

序 号	回归系数	T-统计量
0	1 162.402	1.365
1	-15.937	-0.271
2	314.877	2.929
3	-157.644	-1.933

表 5 偏回归分析

序号	回归系数	偏平方和	偏 F 值
1	-15.937 2	7 723.283	1.083 9
2	314.877 0	27 056.026	6.324 4
3	-157.644 3	11 493.225	3.737 0

表 6 偏相关作用

	Y	C_1	C_2
C_1	-0.109 8		
C_2	0.767 1	0.504 4	
C_3	-0.619 5	0.158 0	0.465 8

表 7 观测值与拟合值比较

处理	观测值	拟合值	剩余值
0	245.230 0	308.855 9	-63.6259
I	488.840 0	460.642 7	28.197 3
II	518.230 0	557.809 0	-39.579 1
III	422.810 0	483.344 2	-60.534 3
IV	507.770 0	525.378 3	-17.608 3
V	461.730 0	443.911 3	17.818 7
VI	462.330 0	395.669 2	66.660 8
VII	462.670 0	425.849 0	36.821 0
VIII	556.970 0	514.168 9	42.801 0
IX	420.310 0	431.261 3	-10.951 3

2.2 标准状态的求解

所谓标准状态是指在一定限制条件下能使毛竹林取得丰产高效的土壤养分状况。其限制条件是: 要求标准状态下竹林产值不低于已获取的试验最高产值, 即 $(1) Y \geq 556.97$; 根据土壤交换、吸持性等理化特性, 土壤养分含量应为: $(2) 10.00 \leq X_1 \leq 35.00$; $(3) 0.30 \leq X_2 \leq 3.00$; $(4) 3.00 \leq X_3 \leq 25.00$ 。另外, 根据尿素、钙镁磷肥、氯化钾的有效养分含量分别为 46%、13% 和 55%, 它们当时的价格 (元/kg) 分别为 0.54、0.33 及 0.52, 考虑肥料施入土壤后平均有 20% 左右被强烈固定或淋失^[8]。这样, 在对照 (CK) 基础上每小区 (500 m²、30 cm 土层、1.3 g/cm³) 所施肥料成本为:

$$[(5 \times 10^6 \times 30 \times 1.3) / 100] \times [(X_1 - 15.75) \times 100 / 46 \times 0.54 + (X_2 - 0.81) \times 100 / 13 \times 0.33 + (X_3 - 5.44) \times 100 / 56 \times 0.52] \times 100 / 80 \times 1 / 10^6 = 2.86X_1 + 6.19X_2 + 2.26X_3 - 62.39$$

若施工费 9.00 元/小区, 则总成本 $W = \text{肥料成本} + \text{施工费} = 2.86X_1 + 6.19X_2 + 2.26X_3 - 53.39$ 。由生产实际要求每份成本至少增加两倍产值效益, 即 $Y/W \geq 3$, 以 Y 的回归式及 W 的多项式代入上式得出条件 (5):

$$1 322.571 7 - 24.517 2X_1 + 296.307 0X_2 - 164.424 3X_3 \geq 0$$

在上述(1)~(5)条件下对回归方程 Y 这一目标函数求得最大值 $Y_{\max}=1\ 468.26$ (元/小区),即 $29\ 365.2$ 元/hm²。这时相应的最优解即土壤标准状态为:水解氮 $N(\text{mg}/100\text{g})X_1=10.01$;速效磷 $P_2O_5(\text{mg}/100\text{g})X_2=3.00$;速效钾 $K_2O(\text{mg}/100\text{g})X_3=3.04$ 。因此,土壤养分含量满足上述要求时毛竹林便可达到丰产高效。

2.3 应用

凡立地条件与本试验地相近的毛竹林,首先于夏季采集土样分析,测定土壤中各养分含量,然后与标准状态土壤养分比较,不足额即为养分缺乏量(mg/100g),据此求得每公顷土壤养分总需求量,再由各种肥料的养分含量算得每分顷需肥量作为施肥依据。按照这种技术指导毛竹施肥,就能从实际出发,缺什么施什么,做到合理施肥,减少浪费,降低成本,提高产量。

3 结论和建议

(1)毛竹林总产值与夏季土壤速效养分含量建立的多元回归,代表性好,其复相关达到显著水平。

(2)用多元回归方程来预测竹林产值误差小、准确度高。因此,在一般情况下,只要在夏季测定毛竹林土壤养分含量,便可根据回归方程估测竹林产值,为生产预算、劳力安排等提供一定参考。

(3)对试验结果进行数理统计分析得出的土壤养分标准状态,有利于了解土壤养分缺乏的种类和数量,从而指明了合理施肥的方向和目标。这对加强毛竹林合理施肥具有重要意义。

(4)我国毛竹林施肥研究,虽然已取得了一定成果,但目前对毛竹林合理施肥的完善、简便的诊断技术尚缺。本文提出的毛竹林土壤养分标准状态是根据同一土壤条件下设计的人为施肥试验得到的结果,从理论上加以理想化的状态。在生产实践中,由于多种因素影响,只能相对“接近”理想状态。另外,在不同竹林结构、土壤母质、质地的毛竹林中施肥,应结合实际进行适当修正,使这一技术更准确、更有效。

参 考 文 献

- 1 周建夷,祝钦史.三要素施肥与笋用毛竹林产量构成因子的相关分析.竹类研究,1988,(3):21~28.
- 2 Koichiro Ueda. Studies on the physiology of bamboo with reference to practical application resources bureau reference data,1960,34.
- 3 熊文愈,张献义.毛竹林丰产培育施肥试验.南林学报,1959,2(2):17~23.
- 4 石全太,卞尧荣.竹伐桩内施化肥的研究.竹子研究汇刊,1987,6(1):24~32.
- 5 洪顺山.毛竹配方施肥研究初报.竹子研究汇刊,1987,6(1):35~41.
- 6 国家标准局.中华人民共和国国家标准,森林土壤分析方法(第三分册).北京:科学出版社,1988.
- 7 方开泰.实用多元统计分析.华东师范大学出版社,1989.
- 8 李仁岗.肥料效应函数.北京:农业出版社,1987.

Study on Fertilization Practice for High Yield *Phyllostachys pubescens* Grove

Chen Jinlin Zhang Xianyi Ye Changqing
Liang Wenyan Zhang Bisong Li Qipeng

Abstract The test of fertilizer application in *Ph. pubescens* grove progressed between 1989~1993 in Longhu Forest Farm of Shaowu, Fujian Province. According to the main results and mathematical statistical analysis, the regression equation between soil nutrient (N, P, K) and output value of *Ph. pubescens* are important basis for fertilizer practice in *Ph. pubescens* grove. As a result, the standard of soil nutrient, with which the highest yield of *Ph. pubescens* would be produced, is set up. The amount of nutrient contents required in the soil in other *Ph. pubescens* grove and the contrast should be determined. Then, how much nutrient and what kind of nutrient are needed in the soil can be determined.

Key words *Phyllostachys pubescens*, output value, fertilization practice, soil, nutrient content, regression equation

Chen Jinlin, Lecturer, Zhang Xianyi (Nanjing Forestry University Nanjing 210037); Ye Changqing, Liang Wenyan (Forestry Bureau of Shaowu, Fujian Province); Zhang Bisong, Li Qipeng (Longhu Forest Farm of Shaowu, Fujian Province).