

不同用途毛竹林的施肥研究

II. 毛竹笋用林丰产经营技术*

傅懋毅 谢锦忠 方敏瑜

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)

摘要 为探索高产稳产毛竹笋用林经营技术,以研究施肥方法为主,利用正交设计原理,布置了一个具有2次重复,4因子3水平(A.毛竹林密度, B.挖山深度, C.施肥剂量, D.施肥时间与次数)的试验,设计中加设无处理措施的对照小区,以增加试验结果的可靠性。

连续5年分别统计10种处理的春笋产量,并对数据进行正交设计的直观分析和时间裂区设计的方差分析。结果表明,处理2($A_1B_2C_2D_2$)、处理4($A_2B_3C_2D_3$)和处理5($A_2B_2C_3D_1$)为试验中的三种最佳处理组合,于正常年景可比对照增产近10倍。据综合分析的结果,建议在我国亚热带中、北部山地毛竹笋用林中推行中等水平($A_2B_2C_2D_2$)的经营方式。采用该套技术经营的毛竹笋用林,每度(二年)每公顷林地可以增产春笋2万kg左右,除去经营成本可增收0.7万元。

关键词 毛竹;笋用林;丰产经营方式

食用笋是大多数人喜爱的蔬菜,随着我国人民生活水平的不断提高和食品结构的改变,社会对竹笋的需求量越来越大。目前,国内外市场上笋产品的销售量持续上升,但以我国竹笋生产的现状看,每年的产量还远远不能满足市场的需要,因此,大力发展我国的竹笋生产有着广阔的前景。

毛竹是我国面积最大的一种优良的笋、材两用竹种,尤其在我国亚热带中部和北部原分布有大面积的毛竹林,使发展毛竹笋用林具有得天独厚的条件。人们只要按笋用林的丰产经营技术措施对原有立地条件较好的毛竹材用林稍加改造,即可培育成丰产毛竹笋用林。这种方法具有投资少、见效快的特点。近十几年来,人们已经在毛竹笋用林的栽培管理方面作了一些探索。如浙江省鄞县爱中乡和湖州市郊区等地已培育出一批高产毛竹笋用林。本试验试图在已有试验的基础上从毛竹笋用林的林分密度、林地挖山垦复深度、NPK复合肥料(N:P:K=4:3:1)用量及施肥方法(包括施肥时间与次数)等方面,综合探讨将一般材用竹林培育成丰产毛竹笋用林的合理且易于推广的生产经营措施,以求达到以适当的投入,获取较高产量和经济效益之目的。

1 试验立地的基本情况

试验地位于浙江省富阳县中国林科院亚热带林业研究所庙山坞试验林场(30°03'N,

本文于1990年7月7日收到。

*本研究为加拿大国际发展研究中心(IDRC)资助的“竹类(中国)研究”项目中的一个内容。杨之径和任晓章(已调北京市民政局)参加过部分野外工作,在此一并致谢。

119°37'E)的白峰坞林区和笔架坞林区。该林区的主要气象因子值:全年平均温度16.0℃,七月份平均温度28.7℃,一月份平均温度3.6℃,年极端最高气温39.6℃,年极端最低气温-8.4℃,年平均降水量1700mm(10年统计计算值)。土壤为石英、长石砂岩上发育的红壤,呈强酸性,1~30cm土层肥力中等,但白峰坞的立地速效钾较高(表1)。在本试验开始前所选林分均已达到中产毛竹材用林水平。林分密度白峰坞为3000~3750株/ha,笔架坞为2700~3300株/ha,立竹粗度(平均眉围)分别为31.3cm和29.7cm。

2 试验设计和方法

2.1 试验小区面积的确定和隔离沟的设置

2.1.1 小区面积的确定 通过对试验地毛竹林的立竹分布匀度和小区竹材生产力的调查分析,并考虑到本试验有较多的处理,确定试验小区面积为200m²,从而既保证有足够的试验精度又尽可能将全部处理安置在较一致的立地上。

2.1.2 隔离沟的设置 由于毛竹林地下竹鞭系统发达,延伸扩展能力极强,而且各试验小区不可能全部设置于等高的坡地上,必须考虑处理后标地间的相互影响,故在相邻试验小区间设置宽40cm、深50cm的隔离沟,以减少试验误差。

2.2 试验设计

本试验采用4因子3水平(表2)的正交试验设计。根据正交表L₉(3⁴),应有9种处理组合。为提高试验精度,增加一个对照处理(即不施肥的处理),这样每一区组包含有10种处理(表3),在白峰坞和笔架坞林区各设置一个区组,10种处理随机布置在各区组内。

自1986年春开始,按设计要求连续每年施肥。于1986年秋季进行毛竹林立竹密度的调整和林地的深翻工作,使小区内毛竹林立竹的年龄组成调整为一度竹、二度竹、三度竹和四度竹分别约占全林立竹的30%、30%、30%和10%。自1987年起在每年出笋盛期按设计密度留养新竹,秋季挖除与留养新竹数相等的老竹及病竹,并挖去死鞭、老鞭。每年的初夏、中秋各锄草一次。同时于每年秋末冬初在所有的小区内进行钩梢。

2.3 数据收集和处理

2.3.1 试验数据的收集 1986年春开始,

表1 试验立地的土壤基本情况

地点	机械组成	pH值 (水提)	全N (%)	全P ₂ O ₅ (%)	速效K (ppm)
白峰坞	重壤土	5.0	0.2344	0.086	108.50
笔架坞	重壤土	4.9	0.2305	0.079	66.25

表2 4因子3水平设计

水平	竹林密度 A (株/ha)	挖山 深度 B(cm)	NPK复 合肥剂量 C(kg/ha)	施肥时间 及次数 D
1	1500	15	1972.5	2月, 100%
2	2250	25	3945	2、9月,各50%
3	3000	40	7890	2、5、9月,分别为20%、30%、50%

表3 毛竹笋用林施肥试验处理搭配

处理号	列号				处理搭配			
	1	2	3	4				
1	1	1	1	1	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁
2	1	2	2	2	A ₁	B ₂	C ₂	D ₂
3	1	3	3	3	A ₁	B ₃	C ₃	D ₃
4	2	1	2	3	A ₂	B ₁	C ₂	D ₃
5	2	2	3	1	A ₂	B ₂	C ₃	D ₁
6	2	3	1	2	A ₂	B ₃	C ₁	D ₂
7	3	1	3	2	A ₃	B ₁	C ₃	D ₂
8	3	2	1	3	A ₃	B ₂	C ₁	D ₃
9	3	3	2	1	A ₃	B ₃	C ₂	D ₁
10	0	0	0	0	不加任何措施			

连续5年调查统计各试验小区的出笋数量和春笋产量。

2.3.2 数据处理 因1987年至1990年4年(2度)的数据是按设计要求给予处理后的完整数据,故首先将9种施肥处理4年的春笋产量分别按年作正交试验设计的直观分析,然后采用时间裂区试验的统计分析法,将4年全部处理的春笋产量作方差分析,若结果显著则继续将全部平均数用LSR测验作多重比较。

3 结果与分析

3.1 各选试因子对竹笋产量的影响

根据正交试验设计的直观分析结果(表4),画出毛竹笋用林施肥试验的各因子与小区春笋产量的关系图(图1)。从图1可以看出,各因子对于不同年度产量的影响不完全一致。

3.1.1 竹林密度 以密度为2 250株/ha的毛竹林产笋效果最佳,但在全部处理实施后的第一年(1987年)却是密度大的毛竹林(3 000株/ha)的笋产量最高。原因是此类竹林地下竹鞭系统相对破坏较小,且又有较多的地上光合产物制造者,可以较充分地利用所供养分。而密度小的林分则恰好相反。随经营时间的延续,密度中等的竹林(2 250株/ha),因林地条件的改善,地上部分可以生产较多的光合产物供给地下部分生长,同时因土壤温度增加,促使地下竹鞭系统很快恢复和扩展,较快地形成了分布合理、生长势旺盛的竹鞭系统,能产生较多发育健全的笋芽;密度为3 000株/ha的林分因林地条件差,地下系统发育不良,发育健全的笋芽相对减少;密度为1 500株/ha的林分,虽然林地条件较好,地下系统发育也良好,但终因林分密度太小,总叶面积指数不够,不能充分利用光能,光合产物不足,不能维持大量发育健全笋芽的生长。结果造成后两种密度的毛竹林产笋效果不如密度为2 250株/ha的好。

3.1.2 挖山深度 毛竹鞭分布主要集中在10~30 cm土层范围内,约占总量的70%,因此在施肥试验开始时,林地垦复越深,竹林地下系统受破坏越重,春笋产量就越少,随经营时间的延续,竹林地下系统逐渐得到恢复,垦复较深林分的春笋产量有渐增的趋势。从经营到第5年的情况来看,以采用中等深度(25 cm)处理的毛竹林产笋效果较佳。

3.1.3 N、P、K复合肥料施用剂量 以每公顷毛竹林年施3 945 kg NPK复合肥的产量效果最佳。本试验开始时,由于林地肥力较差,年施肥量大的(7 890 kg/ha)毛竹林其春笋产量较高,但连续数用这种肥料剂量处理,毛竹林的春笋产量反而减少。这个结果和笔者在浙江省安吉县开展的毛竹笋用林施肥经济分析研究的结果是一致的(图2)。即在具有一定土壤肥力的毛竹笋用林中,适量施肥可增加春笋产量,倘若一次施入肥料过量[每公顷林地施入9 000 kg以上的NPK(4:3:1)复合肥]会导致减产。此现象说明,无论一次施肥还是多次施肥,如果在一定时间内土壤获得的累计肥料量超过了毛竹林的生长需要量和土壤的淋溶冲刷量,可能

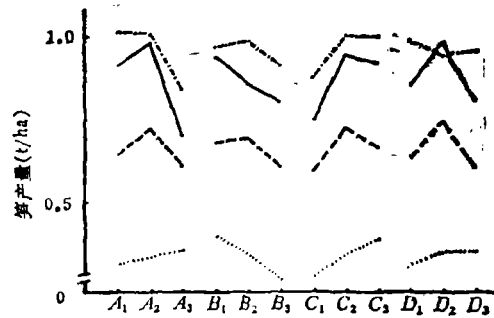


图1 各参试因子与逐年春笋产量关系之直观分析
(A、B、C、D 4 因子3水平设计详见前页表2)

造成土壤因肥料过量累积而对毛竹林产生毒害作用。然而，每公顷施用1972.5 kg NPK复合肥的林地却不能满足毛竹林良好生长的需要，故其产笋效果也较差。

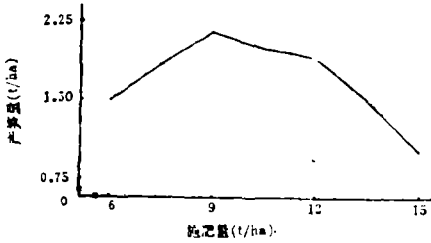


图2 施肥量与春笋产量的关系

这两个季节及时给毛竹林补充养分，可以提高出笋数量和春笋产量。

3.2 选试因子对笋产量的综合影响

对10种不同处理(不同水平4个选试因子的正交组合加对照)连续4年的春笋产量作方差分析，结果表明：无论在处理间还是年份间都有极显著的差异 ($P=0.01$) (表5)，因此再用新复极差测验(LSR)法，对全部平均数分别按处理和年份进行比较。

表5 10种处理的春笋产量方差分析

变异来源	SS	DF	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
区组间	5 057.750	1	5 057.75	3.14		
处理间	138 983.000	9	15 442.56	9.59**	3.18	5.35
机误 (A)	14 496.130	9	1 610.68			
年份间	150 139.400	3	50 046.46	72.63**	2.96	4.60
处理×年份	27 675.630	27	1 025.02	1.49		
年份×区组	3 033.625	3	1 011.21	1.47		
机误 (B)	18 605.880	27	689.11			
总计	357 991.400	79				

表6 10种处理平均春笋产量的LSR测验

处理号	春笋平均产量 \bar{x} (kg/200m ²)	差异显著性	
		0.05	0.01
2	166.20	a	A
4	163.56	a	A
5	160.69	a	A
7	150.85	ab	A
1	134.25	ab	A
6	134.16	ab	A
3	133.16	ab	A
9	120.79	ab	A
8	105.00	b	A
10	16.75	c	B

3.1.4 施肥时间及次数 以于每年春季幼笋出土前一个月(2月底)和夏末秋初笋芽分化期(9月初)各施入总肥量50%的处理产笋效果最好。这是由于毛竹生物学特性所决定的。自2月底起，冬笋打破休眠，个体先后膨大，这时需有充足的养分供给，才能满足其继续生长。而8月底9月初又正好是笋芽分化期，在此时若供应足够数量的肥料，有利于发育笋芽的增多。因此在这两个

3.2.1 各处理平均笋产量间的比较 由表6可知：除处理8以外，所有施肥处理小区的产笋量均显著高于对照小区。其中，以处理2(保持密度1500株/ha，第一年挖山深度25cm，将NPK复合肥3945kg/ha于每年早春(2月底)和初秋(9月初)分2次等量施入林地)、处理4(保持密度2250kg/ha，第一年挖山深度15cm，每年将NPK复合肥3945kg/ha分3次施入林地，即第一次(2月)施入占全量的20%；第二次(5月)30%；第三次(9月)50%)和处理5(保持密度2250株/ha，第一年挖山深度25cm，

每年出笋前一个月，将 NPK 复合肥 7 890 kg/ha 一次施入林地) 的增产效果最好。从结果的直观分析可知，处理 8 所包含的不同水平各因子恰好是增产效果最差者，这一处理组合增产效果自然也最差。而处理 2、处理 4 和处理 5 却包含有 2 项以上最佳水平的处理因子组合，故其增产效果必然较好(图 3、图 4)。如果比较一下不同年份各处理产笋量的名次排列，可知以上三个增产效果较好的处理组合一直较稳定地列居全部处理的前列。若以其 4 年产量的平均数来看，其增产效果依次是处理 2 > 处理 4 > 处理 5。但因本试验的处理组合是按正交原理所选定的，并未包括全部可能形成的组合，同时对于不同水平各因子的增产效果来说，还有来自经营时间的影响，所以不能说上述三个效果较好的处理组合就一定是最合理的模式。

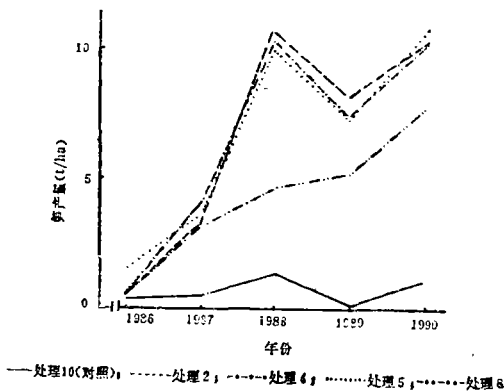


图 3 不同处理小区各年份春笋产量

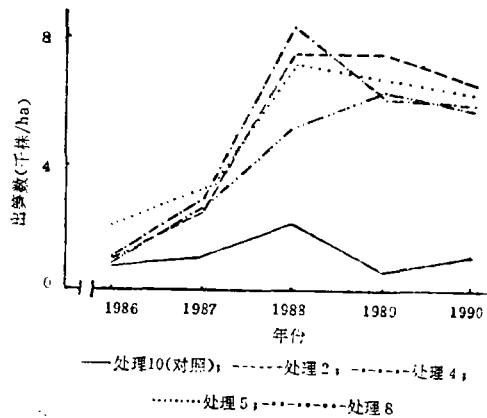


图 4 不同处理小区各年份出笋数

3.2.2 不同年度平均笋产量的比较 试验实施的 4 年中，全林地每年的平均笋产量之间也存在着极显著的差异(表 7)。造成这种结果的原因既来自内部——毛竹自身的生物学特性(生长的大小年现象)，也来自外部——环境条件的变化(特别是灾害性气候和病虫害严重危害的影响)。由此可见：①施肥等丰产栽培措施，虽然由于调节了养分等生长必需物质的供求关系，在很大程度上减少了毛竹林生产每度内年份间笋产量的差异，增加了产量(图 1)，但仍不足以改变竹林生长的大小年现象，故将此类毛竹林改造成无大小年的均年竹林还需有一些能改变其生长节律的特殊措施；②营建高产稳产毛竹笋用林时，在竹林生长季节，特别在出笋期与笋芽分化期，若遇干旱和严重的病虫害危害还应考虑及时的灌溉和病虫害防治。

表 7 年份间平均春笋产量的 LSR 测验

年 份	春笋平均产量 x̄ (kg/200m ²)	差异显著性	
		0.05	0.01
1990年	174.3	a	A
1988年	158.7	a	A
1989年	119.0	b	B
1987年	62.2	c	C

4 结论与建议

(1) 调整现有林分密度和立竹年龄结构，加以松土、施肥等措施，不难将现有材用毛竹林改造成笋用毛竹林。在短期内即使竹林密度偏低，只要地下鞭根系统破坏不太厉害，同时供

给充足的养分,最多可以增加春笋出笋数量近10倍(表8),从而大大提高竹林产笋量。同时,从笋用林地内取走的主要养分元素的量是一般材用林的2~3倍,因此施肥是维持笋用林高产稳产必不可少的一项重要措施。

表8 毛竹笋用林出笋数量情况

年份	1987年				1988年				1989年				1990年			
	I	II	平均数 x̄(株)	所占 百分比 (%)	I	II	平均数 x̄(株)	所占 百分比 (%)	I	II	平均数 x̄(株)	所占 百分比 (%)	I	II	平均数 x̄(株)	所占 百分比 (%)
1	55	40	47.5	231.7	129	141	135	329.3	99	126	112.5	833.3	105	145	125	581.4
2	56	41	48.5	236.8	153	144	148.5	362.2	178	118	148	1096.3	133	128	130.5	607.0
3	42	44	43	209.8	111	139	125	304.9	70	82	76	563.0	120	105	112.5	523.3
4	40	70	55	268.3	147	183	165	402.4	144	100	122	903.7	123	111	117	544.2
5	49	74	61.5	300	137	145	141	343.9	141	125	133	985.2	120	126	123	572.1
6	39	33	36	175.6	173	93	135	329.3	167	98	132.5	981.5	109	92	100.5	467.4
7	77	63	70	341.5	136	172	154	375.6	113	153	133	985.2	110	125	117.5	546.5
8	58	43	50.5	246.3	110	97	103.5	252.4	155	99	127	940.7	119	111	115	534.9
9	60	32	46	224.4	109	115	112	273.2	121	93	107	792.6	99	102	100.5	467.4
10	25	16	20.5	100	39	43	41	100	14	13	13.5	100	16	27	21.5	100

(2) 结合本试验的三个最佳处理组合(处理2、4和5),并考虑到过量施肥不仅造成竹笋减产,而且因肥料成本太高大大降低了净收入,有时甚至低于不施肥的情况(表9),笔者建议在亚热带中、北部肥力中等的山地笋用毛竹林中,推行如下经营模式:保持林分密度2250株/ha,1~4度立竹年龄结构3:3:3:1;挖山垦复深度25cm;每年于早春(2月底)和初秋(9月初)分两次在每公顷林地内沟施N、P、K(4:3:1)复合肥3945kg/ha,每次施肥量各占总数的50%。采用该经营模式,正常年景每公顷林地每度(二年)可增产春笋2万kg,除去经营成本,一项产品即可净增收0.7万元以上。

表9 笋用毛竹林经济效益计算(1987~1990年平均数)

(单位:元/ha·a)

处理号	竹林产值			生产成本							纯收入	高于 对照的 纯利	
	春笋	竹材	合计	肥料	垦复	削草	施肥	挖笋	伐竹	钩梢			合计
1	4598.75	483.75	5082.50	936.94	75.00	225.00	56.25	388.12	67.50	37.50	1786.31	3296.19	2411.07
2	5700.62	573.75	6274.37	1873.88	93.75	225.00	82.50	481.61	69.75	37.50	2863.99	3410.38	2525.26
3	4562.38	633.75	5196.13	3747.75	112.50	225.50	112.50	385.99	71.25	37.50	4692.49	503.64	-381.48
4	5638.75	981.75	6620.50	1873.88	75.00	225.00	82.50	469.69	109.50	56.25	2891.82	3728.68	2843.56
5	5504.88	951.75	6456.63	3747.75	93.75	225.00	112.50	463.12	108.75	56.25	4807.12	1649.51	764.39
6	4589.00	981.75	5570.75	936.94	112.50	225.00	56.25	391.31	109.50	56.25	1887.75	3683.00	2797.88
7	5236.50	1207.50	6444.00	3747.75	75.00	225.00	112.50	428.25	141.00	75.00	4804.75	1639.25	754.13
8	3548.00	1207.50	4755.50	936.94	93.75	225.00	56.25	301.12	141.00	75.00	1829.06	2926.44	2041.32
9	4104.75	1177.50	5282.28	1873.88	112.50	225.00	82.50	350.18	140.25	75.00	2859.31	2422.97	1537.85
10	603.12	663.75	1266.87	0	0	225.00	0	47.25	72.00	37.50	381.75	885.12	0

注:表内的产值与成本按4年中每年的实际情况计算后再求出平均数,其中笋价格0.60~0.80元/kg,竹材价格0.14~0.24元/kg,肥料价:400~500元/t,垦复工价按不同深度20~30元/亩,削草工价6~8元/次,挖笋工价4~6元/100kg,挖竹工价0.4元/株,施肥工价4~8元/亩,钩梢工价0.10元/株。

(3) 一个经营模式不可能对众多的千变万化的立地都产生最佳效果, 长期施用大量化肥还会导致林地土壤结构的破坏。因此如何通过增加其它措施, 如施用适量有机肥和覆土; 进一步研究不同立地笋用毛竹林生长对养分的需求; 并对现有众多的施肥方法作经济分析, 以探求更经济科学的增产途径是很有意义的。

参 考 文 献

- [1] 张全德等, 1985, 农业试验统计模型和 BASIC 程序, 浙江科学技术出版社。
 [2] 陈嵘, 1984, 竹的种类及栽培利用, 中国林业出版社。
 [3] 傅懋毅等, 1988, 不同用途毛竹林的施肥研究 I. 毛竹材用林的施肥, 林业科学研究, 1(5):541~547。
 [4] 胡超宗, 1986, 笋用竹林基地建设的有关问题, 竹类研究, 5(1):10~22。
 [5] 胡超宗, 1988, 关于竹笋研究的现状, 竹类研究, 7(3):36~45。

Fertilization Studies in Bamboo Stands with Different End Uses

II. High Yield Management Method for Bamboo Shoot Stands

Fu Maoyi Xie Jingzhong Fang Mingyu

(The Research Institute of Subtropical Forestry CAF)

Abstract This experiment is designed for probing bumper and steady yield management technique for bamboo shoot stands of *Phyllostachys pubescens*. The main object of the research is fertilization method. An orthogonal experimental design, with two replicates is adopted, where there are four factors with three levels for each i. e. ① density of *Ph. pubescens* stands; ② loosening depth; ③ dosage of fertilizer; ④ time and frequency of fertilization. For increasing the reliability of experimental results, CK plots, which are not given any fertilization treatment, are added.

The spring bamboo shoot yields of ten treatments have been monitored continuously for five years and the data is analysed with objective analysis for orthogonal design and variance analysis for time split design respectively. The results show that the treatment No.2 ($A_1B_2C_2D_2$), No.4 ($A_2B_2C_2D_3$) and No.5 ($A_2B_2C_3D_1$) are the best matches in the experiment, which can increase the yield about ten times in normal years. But the middle level management method ($A_2B_2C_2D_2$) is recommended in mountain area of middle and north subtropic region for bamboo shoot stands of *Ph. pubescens*, according to the results of comprehensive analysis. If this management method is adopted, the spring bamboo shoot yield can increase for about 20 tons.ha⁻¹ every two years and can increase profit for 7 000 Chinese Yuan (RMB).

Key words *Phyllostachys pubescens*; shoot stands; intensive management method