

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.02.009

## 四要素配方施肥对梁山慈竹发笋及新竹的影响

闵安民<sup>1</sup>, 郑繁荣<sup>2</sup>, 杨昌旭<sup>3</sup>, 王宇<sup>1</sup>, 张小平<sup>1</sup>, 干少雄<sup>1</sup>  
刘千里<sup>4</sup>, 沈丽<sup>1</sup>, 李红霞<sup>1</sup>

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 2. 南江县林业科技开发有限公司, 四川 南江 636600;  
3. 理县环境保护和林业局, 四川 理县 623100; 4. 阿坝州林业科学和技术研究所, 四川 汶川 623000)

**摘要:**在乐山市沐川县钙质紫色土立地条件下,对梁山慈竹开展氮、磷、钾、硅四要素肥料的配方施肥研究,探讨梁山慈竹适宜的施肥配方,为生产上梁山慈竹合理施肥提供依据。采用 $L_9(3^4)$ 正交设计氮、磷、钾、硅肥料配方施肥试验。结果表明:四种肥料对梁山慈竹竹笋、新竹的肥效排序是硅肥>钾肥,氮肥>磷肥,对梁山慈竹退笋、退笋率的影响效果排序是硅肥>钾肥>磷肥>氮肥。试验处理间梁山慈竹的竹笋、新竹数量差异极显著,退笋数量差异不显著。在钙质紫色土上,梁山慈竹年施肥量的适宜施肥配方为尿素 $650\text{ g}\cdot\text{丛}^{-1}$ +过磷酸钙 $400\text{ g}\cdot\text{丛}^{-1}$ +氯化钾 $120\text{ g}\cdot\text{丛}^{-1}$ +硅钾肥 $600\text{ g}\cdot\text{丛}^{-1}$ 。

**关键词:**梁山慈竹;配方施肥;竹笋;退笋;新竹;肥料

中图分类号:S718.8 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2019)02-0036-06

## Effects of Four Elements Fertilization on Bamboo Shoots and New Bamboos of *Dendrocalamus farinosus*

MIN An-min<sup>1</sup> ZHENG Fan-rong<sup>2</sup> YANG Chang-xu<sup>3</sup> WANG Yu<sup>1</sup> ZHANG Xiao-ping<sup>1</sup>  
GAN Shao-xiong<sup>1</sup> LIU Qian-li<sup>4</sup> SHEN Li<sup>1</sup> LI Hong-xia<sup>1</sup>

(1. Sichuan Academy of Forestry Science, Chengdu 610081, China;

2. Nanjiang Forestry Science and Technology Co., Ltd., Nanjiang 636600, China;

3. Aba Prefecture Institute of Forestry Science and Technology, Wenchuan 623000, China;

4. Environmental Protection and Forestry Bureau of Lixian County, Lixian 623102, China)

**Abstract:** In order to obtain the suitable formula fertilization of *Dendrocalamus farinosus*, the formula fertilization was conducted for *Dendrocalamus farinosus* with the fertilizers of nitrogen, phosphorus, potassium and silicon by the way of  $L_9(3^4)$  orthogonal design in calcareous purple soil in Muchuan County of Leshan City, Sichuan Province. The results showed that the fertilizer order of effect on bamboo shoots and new bamboos was: silicon > potassium, nitrogen > phosphorus. For the number and rate of bamboo shoot deterioration, the order turned to be as: silicon > potassium > phosphorus > nitrogen. And for bamboo shoots and new bamboos, there were very significant differences among different disposals of nitrogen, phosphorus, potassium and silicon, but the number of bamboo shoot deterioration was not significantly different. It was recommended that annual fertilization rate was 650 g urea, 400 g calcium superphosphate, 120g potassium chloride and 600g silicon fertilizer for each clump of bamboos in calcareous purple

收稿日期:2019-03-11

基金项目:四川省科技计划项目“四川短周期商品林主要树(竹)种测土配方技术及专用肥料研究与示范(2016NZ0043)”;森林和湿地生态恢复与保育四川省重点实验室资助项目

作者简介:闵安民(1963-),男,四川资中人,研究员,主要从事土壤肥力、植物营养与施肥研究, e-mail:minanmin@126.com。

soil.

**Key words:** *Dendrocalamus farinosus*, Formula fertilization, Bamboo shoots, New bamboos, Bamboo shoot deterioration, Fertilizer

梁山慈竹(*Dendrocalamus farinosus*)是禾本科牡竹属慈竹种植物,合轴型地下茎<sup>[1]</sup>,俗名绵竹、川牡竹、大叶竹等,是四川省重要的乡土竹种之一。因其具有产量高,笋、材两用,抗病性高,优良的竹材纤维性状,经济性状等优点而大量种植,越来越受到造纸企业和广大竹农的喜爱,逐步成为四川主要的纸浆用材林<sup>[2]</sup>。长期以来,国内学者在梁山慈竹生物学特性、生态学特性、发笋-成竹规律、育苗技术、竹林抚育、地上生物量结构、竹丛结构调整等方面发表了有较多的研究文献<sup>[3-11]</sup>。有关施肥方面,主要针对我国速生用材林、经济林木、毛竹、绿竹、撑绿竹、麻竹等树竹种研究文献报道较多<sup>[12-33]</sup>。在梁山慈竹施肥技术研究方面,文献报道比较少,刘广潞等参考高培军<sup>[34]</sup>绿竹施肥试验的养分比例和施肥量取值,进行三因素三水平的正交试验设计-L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>),开展了梁山慈竹施肥研究,探讨了梁山慈竹对养分施入的响应<sup>[35]</sup>,刘时才采用伐桩施肥方法在不同施肥时间进行了一年4次单施N肥(固定尿素施用总量)的平均施肥、直线施肥和指数施肥方式的研究,研究了尿素施入量的不同方式对梁山慈竹生长的影响<sup>[36]</sup>。据查,梁山慈竹配方施肥(又称平衡施肥)研究还鲜有报道。日本有学者通过对竹林施肥研究,确认氮、磷、钾、硅为竹林施肥四要素<sup>[22]</sup>,为此,本研究拟采用生产上常见的单一氮肥、磷肥、钾肥,配合

施用硅肥,开展梁山慈竹配方施肥试验,探讨梁山慈竹适宜的施肥配方,旨在为梁山慈竹集约经营、丰产栽培的施肥管理提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地点位于乐山市沐川县新凡乡卡防村,中低山地形。土壤为紫色砂、泥岩坡积母质发育的紫色土,土层厚度40 cm~60 cm,土壤呈中性至微碱性反应,土壤有机质中等偏下水平、全氮、全磷、全钾、水解氮、有效磷、速效钾、有效硅含量较高,土壤肥力较高。土壤质地壤质粘土,物理性状较好,土壤的保水、保肥能力相对较好(见表1和表2),土壤总体肥力较高。试验地区域属于亚热带季风性湿润气候,年平均降雨量1330 mm,气候湿润,雨量充足,平均日照时数968 h,四季分明;年均气温,17.3℃,最冷月平均气温7.2℃,最热月平均气温26.2℃。

2016年春,设置试验地于立地条件比较均一、生长较一致的梁山慈竹造林地,坡度15°~25°。造林时进行坡改梯、大穴整地,试验地造林时间为2009年春,造林密度625 丛·hm<sup>-2</sup>(株行距4 m×4 m)。

表1 试验地土壤化学性质

Tab.1 Chemical properties of soil in trial plot

采样深度(cm) Depth of sampling (cm)	pH 值 pH value	有机质 (g·kg <sup>-1</sup> ) Organic matter (g·kg <sup>-1</sup> )	全氮 (g·kg <sup>-1</sup> ) Total nitrogen (g·kg <sup>-1</sup> )	全磷 (g·kg <sup>-1</sup> ) Total phosphorus (g·kg <sup>-1</sup> )	全钾 (g·kg <sup>-1</sup> ) Total potassium (g·kg <sup>-1</sup> )	水解氮 (mg·kg <sup>-1</sup> ) Hydrolytic nitrogen (mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷 (mg·kg <sup>-1</sup> ) Available phosphorus (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 (mg·kg <sup>-1</sup> ) Rapid available potassium (mg·kg <sup>-1</sup> )
0~20cm	8.04	20.14	1.36	0.466	18.26	174.6	3.90	730.4
20~40cm	7.30	13.87	1.22	0.283	19.28	237.5	7.05	169.7

表2 试验地土壤颗粒组成

Tab.2 Composition of soil particle size in trial plot

采样深度(cm) Depth of sampling (cm)	粒级含量(mm,%) Particle size grade (m, %)							质地名称 Texture
	1.0~2.0	0.5~1.0	0.25~0.5	0.05~0.25	0.02~0.05	0.002~0.02	<0.002	
0~20	0.14	0.21	0.50	15.88	13.42	41.08	28.77	壤质粘土 loamy Clay
20~40	0.04	0.05	0.17	17.94	11.33	40.98	29.49	壤质粘土 loamy Clay

### 1.2 试验材料

施肥对象为造林7 a 梁山慈竹。

试验用肥料:尿素—(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO(N 46%),过磷酸钙—Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%),硫酸钾—

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (K<sub>2</sub>O 50%), 硅肥 (有效性 SiO<sub>2</sub>20%)。

1.3 试验设计

(1) 施肥因素与水平: 试验施用肥料及施肥量见表 3。

表 3 施肥因素和水平 (单位: g · 丛<sup>-1</sup>)

Tab. 3 Factor and level of fertilizer application (Unit: g · clump<sup>-1</sup>)

因素 factor	水平 Level		
	1	2	3
尿素 Urea	325	650	975
过磷酸钙 Calcium superphosphate	400	800	1 200
氯化钾 Potassium chloride	60	120	180
硅肥 Silicon fertilizer	200	400	600

(2) 试验处理: 试验采用 L<sub>9</sub> (3<sup>4</sup>) 正交设计<sup>[40]</sup>, 三因素三水平 9 个处理, 以不施肥为对照 (CK) 处理, 共计 10 个处理, 试验处理分别为 1 N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> (CK)、2 N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>Si<sub>1</sub>、3 N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> Si<sub>2</sub>、4 N<sub>1</sub>P<sub>3</sub>K<sub>3</sub> Si<sub>3</sub>、5 N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub> Si<sub>3</sub>、6 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub> Si<sub>1</sub>、7 N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>1</sub> Si<sub>2</sub>、8 N<sub>3</sub>P<sub>1</sub>K<sub>3</sub> Si<sub>2</sub>、

9 N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub> Si<sub>3</sub>、10 N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K<sub>2</sub> Si<sub>1</sub>。

(3) 试验田间排列: 处理小区随机排列<sup>[37]</sup>, 每处理小区 5 竹丛, 3 次重复。

1.4 方法

(1) 施肥时间及方法: 根据梁山慈竹的生长特点, 肥料在 6 月下旬一次性施用。沿竹丛边缘挖环形沟, 将试验处理要求所施肥料种类及用量均匀施于沟中, 覆土。

(2) 产量观测: 在 12 月, 对每竹丛的发笋、新竹和退笋数量进行观测。

(3) 数据分析: 试验结果采用方差分析 (使用 DPS 软件) 和极差分析<sup>[38]</sup> 两种方法进行统计分析。

2 结果与分析

施肥试验地梁山慈竹竹笋、新竹、退笋的观测统计及差异性见表 4。

表 4 梁山慈竹施肥试验地每丛平均竹笋、新竹和退笋数量统计及差异性

Tab. 4 The average and difference of bamboo shoots, new bamboo and bamboo shoot deteriorated in a clump of bamboo in *Dendrocalamus farinosus* fertilization trial plots

观测项目 item observed	重复 duplication	处理 disposal									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
竹笋 bamboo shoot	I	8.8	10.6	11.2	8.8	13	8.2	9.2	11.6	7.8	6.4
	II	6.6	5.2	8.4	10.3	10.6	7.8	9.8	8.8	13.8	7.2
	III	5.4	7.2	11.2	13.6	11.9	7	7.8	6	6.6	6.4
	平均 average	6.9ABc	7.6 ABbc	10.3 ABabd	0.9 ABab	11.9 Aa	7.7 ABbc	8.9 ABabc	8.8 ABabc	9.4 ABabc	6.6Bc
新竹 new bamboo	I	3.6	4.8	5	5.2	9.6	5	5.2	6.2	4.4	3.2
	II	3	4.4	4.2	4.3	7.2	2.6	3.6	3.4	5.8	4.4
	III	3.6	3.8	7	9	8.3	4.6	3.6	3	4	4.2
	平均 average	3.4Bc	4.3 Bbc	5.4ABbc	6.2ABb	8.4Aa	4.1 Bbc	4.1 Bbc	4.2 Bbc	4.7 Bbc	3.9 Bc
退笋 bamboo shoot deteriorated	I	5.2	5.8	6.2	3.6	3.4	3.2	4	5.4	3.4	3.2
	II	3.6	0.8	4.2	6	3.4	5.2	6.2	5.4	8	2.8
	III	1.8	3.4	4.2	4.6	3.6	2.4	4.2	3	2.6	2.2
	平均 average	3.5a	3.3 a	4.9 a	4.7 a	3.5 a	3.6 a	4.8 a	4.6 a	4.7 a	2.7 a
退笋率 (%) bamboo shoot deterioration rate (%)	平均 average	50.72	43.23	47.57	43.25	29.49	46.96	53.73	52.27	49.82	40.7

注: 表中不同小写字母表示 P < 0.05 水平显著差异, 不同大写字母表示 P < 0.01 水平极显著差异。

Note: Different small letters within in a row indicate significant difference at P < 0.05 level, and different capital letters within in a row indicate very significant difference at P < 0.01 level.

2.1 配方施肥对竹笋、新竹和退笋的影响

施肥试验地梁山慈竹竹笋、新竹和退笋数量的方差分析见表 5 ~ 表 10。

从表 4 可知, 所有 9 个施肥试验处理与对照比较, 梁山慈竹竹笋数量除处理 10 比对照稍低外, 其余 8 个施肥试验处理均有增加效果, 竹笋数量排序

为处理 5 > 处理 4 > 处理 3 > 处理 9 > 处理 7 > 处理 8 > 处理 6, 处理 2 > 处理 1 (CK) > 处理 10, 配方施肥处理 5 效果最好, 比对照处理 1 的竹笋数量高 72.46%。施肥试验处理 5 竹笋数量与处理 10 差异极显著, 与处理 2、6、1、10 差异显著; 施肥试验处理 4 竹笋数量与处理 1、10 差异显著。

所有 9 个施肥试验处理与对照比较,梁山慈竹新竹数量均有增加效果,新竹数量排序为处理 5 > 处理 4 > 处理 3 > 处理 9 > 处理 2 > 处理 8 > 处理 7 > 6 处理 > 处理 10 > 处理 1 (CK), 配方施肥处理 5 效果最好,与梁山慈竹竹笋数量的结果相一致,比对照处理的新竹数量增加 147.06%。施肥试验处理 5 的新竹数量与处理 9、2、8、7、6、10、1 差异极显著,与其它 9 个处理的新竹数量差异显著;施肥试验处理 4 的新竹数量与处理 10、1 差异显著。

10 个试验处理梁山慈竹的退笋数量排序为处理 3 > 处理 7 > 处理 4, 处理 9 > 处理 8 > 处理 6 > 处理 1 (CK), 处理 5 > 处理 2 > 处理 10, 前述竹笋数量和新竹数量均最高的处理 5 的退笋数量与对照处理 1 相当,处于较低水平,稍高于处理 2 和处理 10, 但二者竹笋量较低,与对照处理相近;处理 5 与退笋量高的处理 3 和处理 7 相比较,其退笋数量低 27.08% ~ 28.57%。方差分析表明,10 个试验处理间的退笋数量无显著差异。10 个试验处理梁山慈竹的退笋率排序为处理 7 > 处理 8 > 处理 1 (CK) > 处理 9 > 处理 3 > 处理 6 > 处理 4 > 处理 2 > 处理 10 > 处理 5, 试验处理 5 退笋率最低,比退笋率高的前三者处理 7、处理 8 和对照处理 1 低 21.23% - 24.24%。退笋率与发笋、竹笋退化和长成新竹有密切关系,是一个全面反映竹笋、新竹、竹笋退化的综合指标。

综上所述,配方施肥处理 5 效果最好,其肥料组合为  $N_2P_1K_2Si_3$ , 表明梁山慈竹生长对硅营养元素有较高的需求。严伍明等<sup>[39]</sup>在毛竹笋材两用林配方施肥试验中,加入一定量的硅肥以满足毛竹对硅元素的需求,傅懋毅等<sup>[40]</sup>对毛竹材用林的施肥研

究,施用 N、P、K、Si 复合肥增加了出笋数量,提高了成竹率。

## 2.2 氮、磷、钾、硅肥效主次分析

从氮、磷、钾、硅养分元素肥料施用水平的梁山慈竹每丛平均竹笋、新竹、退笋数量和退笋率(表 5)极差值看,对于梁山慈竹竹笋数量,氮肥三个施肥量水平的梁山慈竹每丛平均竹笋数量的极差值 NR = 1.3, 增加 15.66%, 磷肥的极差值 PR = 0.6, 增加 6.82%, 钾肥的极差值 KR = 1, 增加 11.63%, 硅肥的极差值 KR = 3.4, 增加 46.58%, 反映出氮、磷、钾、硅肥对梁山慈竹竹笋数量的影响不尽相同,表现为硅肥 > 氮肥 > 钾肥 > 磷肥。同理,对于梁山慈竹新竹数量,氮肥的极差值 NR = 1.2, 增加 27.91%, 磷肥的极差值 PR = 0.9, 增加 19.15%, 钾肥的极差值 KR = 1.5, 增加 34.09%, 硅肥的极差值 KR = 2.1, 增加 51.22%, 反映出硅肥 > 钾肥 > 氮肥 > 磷肥;对于梁山慈竹退笋数量,氮肥的水平极差值 NR = 0.3, 降低 6.98%, 磷肥的极差值 PR = 0.6, 降低 13.64%, 钾肥的极差值 KR = 0.6, 降低 13.95%, 硅肥的极差值 KR = 1.2, 降低 25.00%, 反映为硅肥 > 钾肥 > 磷肥 > 氮肥;对于梁山慈竹退笋率,氮肥的极差值 NR = 4.21%, 磷肥的极差值 PR = 6.46%, 钾肥的极差值 KR = 9.68%, 硅肥的极差值 KR = 10.34%, 表现为硅肥 > 钾肥 > 磷肥 > 氮肥。由此看出,在此配方施肥试验中,硅养分元素肥料对梁山慈竹生长的肥效最大。张玉龙等<sup>[41]</sup>报道硅元素除了能提高植物抗病虫能力外,还具有供给养分、提高产量、增强植物在自然条件下受多种因素的影响和胁迫的抵抗能力,这可能是施用硅肥具有显著效果的重要原因之一。

表 5 梁山慈竹施肥试验地每丛平均竹笋、新竹、退笋数量和退笋率与施肥水平

Tab. 5 The average of bamboo shoots, new bamboo, bamboo shoot deteriorated and bamboo shoot deterioration rate with different fertilization level in a clump of bamboo in *Dendrocalamus farinosus* fertilization trial plots

观测项目 item observed	氮肥施用水平 nitrogen fertilizer level			磷肥施用水平 phosphorus fertilizer level			钾肥施用水平 potassium fertilizer level			硅肥施用水平 silicon fertilizer level		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
竹笋 bamboo shoot	9.6	9.5	8.3	9.4	9.1	8.8	8.6	9.6	9.1	7.3	9.3	10.7
新竹 new bamboo	5.3	5.5	4.3	5.6	4.7	4.7	4.4	5.9	4.8	4.1	4.6	6.2
退笋 bamboo shoot deteriorated	4.3	4	4	3.8	4.4	4.1	4.3	3.7	4.3	3.6	4.8	4.3
退笋率(%) bamboo shoot deterioration rate (%)	44.68	43.39	47.6	41.66	48.12	45.89	48.93	39.25	47.49	43.63	51.19	40.85

## 2.3 梁山慈竹施肥效益

在氮、磷、钾、硅营养元素肥料施肥水平中,从表

5 可知,不同施肥水平对梁山慈竹竹笋、新竹、退笋数量和退笋率的肥效。对于梁山慈竹每丛平均竹笋

数量,氮、磷、钾、硅4种肥料施用水平肥效最高的分别为施用尿素  $325 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ ,每丛平均竹笋数量是9.6,施用过磷酸钙  $400 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ ,每丛平均竹笋数量为9.4,施用氯化钾  $120 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 是9.6,施用硅肥  $600 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 为10.7。同样的,对于梁山慈竹每丛平均新数量,四种肥料施用水平肥效最高的分别为施用尿素  $650 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ ,每丛平均新竹数量是5.5,过磷酸钙  $400 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 为5.6,氯化钾  $120 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 是5.9,硅肥  $600 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 为6.2;对于梁山慈竹退笋数量,每丛平均退笋数量最小的四种肥料施用水平分别为施用尿素  $650 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ ,退笋数量为4,过磷酸钙  $400 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 是3.8,氯化钾  $120 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 是3.7,硅肥  $200 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 为3.6,氮、磷、钾、硅养分元素肥料的优化组合与新竹一致;对于梁山慈竹退笋率,每丛平均退笋率最低的四种植料施用水平分别为施用尿素  $650 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ ,退笋率是43.39%,施用过磷酸钙  $400 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 为41.66%,施用氯化钾  $120 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 是39.25%,硅肥  $600 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 为40.85%,4种养分元素肥料的优化组合与新竹一致。

综上所述,梁山慈竹氮、磷、钾、硅养分元素肥料优化组合年施用量为尿素  $650 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 、过磷酸钙  $400 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 、氯化钾  $120 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ 和硅肥  $600 \text{ g} \cdot \text{丛}^{-1}$ ,这一施肥配比正好是前述配方施肥处理5,即试验设计的中等水平氮肥、低水平磷肥、中等水平钾肥和高水平硅肥用量。禾本科类植物对硅养分元素有较高的需求,宫海军等<sup>[42]</sup>报道禾本科植物体内硅含量较高,湿地禾本科植物(如水稻)为10%~15%,旱地禾本科植物含量为1%~3%。闵安民等<sup>[33]</sup>在麻竹笋用林配方施肥研究中,采用较高水平硅肥用量的配方,取得了麻竹笋高产的结果。

### 3 结论

通过氮、磷、钾三要素肥料,配合施用硅养分元素肥料,开展梁山慈竹的氮、磷、钾、硅肥料的配方施肥试验,观测、分析了梁山慈竹竹笋、新竹、退笋数量和退笋率指标,竹笋和新竹数量差异极显著,退笋数量差异不显著。筛选出钙质紫色土立地条件上梁山慈竹适宜的施肥配方,与对照相比较,竹笋和新竹数量分别提高72.46%和147.06%,退笋数量相当,退笋率降低21.13%。

氮、磷、钾、硅肥料的配方施肥,四种肥料对梁山

慈竹竹笋、新竹、退笋数量和退笋率影响有较大差异。3个施肥水平对竹笋、新竹数量的影响,硅肥最大,磷肥最小,钾肥、氮肥居中,硅肥3个施肥水平对竹笋和新竹数量的极差增率分别为46.58%和51.22%,磷肥3个施肥水平对竹笋、新竹数量的极差增率分别为6.82%和19.15%;3个施肥水平对退笋数量和退笋率的影响是硅肥>钾肥>磷肥>氮肥,硅肥3个施肥水平对退笋数量的极差降率为25.00%,氮肥3个施肥水平对退笋数量的极差降率为6.98%。

氮、磷、钾、硅4种肥料配方施肥的不同处理的梁山慈竹竹笋、新竹数量有明显的差异,钙质紫色土立地上,梁山慈竹适宜的年施肥量为尿素  $650 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$  + 过磷酸钙  $400 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$  + 氯化钾  $120 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$  + 硅肥  $600 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。

### 参考文献:

- [1] 耿伯介,王正平.中国植物志(第九卷第一分册)[M].北京:科学出版社,1996:174~177.
- [2] 四川梁山慈竹纸浆林生产现状及培育技术初步研究[J].四川林业科技,2006,29(1):9~11.
- [3] 周益权,顾小平,吴晓丽,等.丛生竹秆基各笋目的出笋成竹生物学特性研究[J].林业科学研究,2011,24(3):314~320.
- [4] 付满意,董文渊.梁山慈竹生物生态学与培育技术研究进展[J].世界竹藤通讯,2014,12(2):25~28.
- [5] 熊壮,董文渊,刘时才,等.梁山慈竹秆形结构和地上生物量结构研究[J].林业科技开发,2010,24(3):81~83.
- [6] 冯声静,王勇,王刚,等.四川I盆地梁山慈竹地上部分生物量的研究[J].四川林业科技,2012,33(1):53~55.
- [7] 周益权,马光良,郭岩辉,等.丛生竹纸浆林调控出笋技术[J].林业科技开发,2011,25(2):106~109.
- [8] 刘广路,范少辉,苏文会,等.梁山慈竹结构调整研究[J].西南农业学报,2013,26(4):1649~1653.
- [9] 董文渊.丛生竹高效育苗技术的研究[J].江苏林业科技,2001,28(5):30~32.
- [10] 王光剑,李朝德,马光良,等.梁山慈竹播种育苗技术[J].林业科技开发,2009,23(4):98~101.
- [11] 李永全,张安刚,龚兆全,等.梁山慈竹特性及育苗技术[J].四川林勘设计,2012(2):34~37.
- [12] 柴修武.杉木林地施肥对木材性质的影响[J].林业科学研究,1996,9(9):67~74.
- [13] 陈竣竣,李贻铨,杨承栋.中国林木施肥与营养诊断[J].世界林业研究,1998(3):58~65.
- [14] 肖兴翠,卢运花,程根南,等.桉木纸浆材幼林施肥试验初报[J].湖南林业科技,2006,33(3):34~36.
- [15] 贾邦远,苏德尧,蔡小虎,等.巨桉幼林配比施肥试验[J].四川林业科技,2015,36(3):98~101.

- [16] 闵安民,姚敏莲,王宇,等. 肥料配合施用对桉木幼林生长的影响[J]. 海峡科技与产业,2016(4):113~116.
- [17] MIN AM, YI PJ, ZHANG XJ, et al. Effects of Fertilization on Young *Populus deltoids* cv. *Zhonghua Hongye* Growth [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2016, 17(6): 1341~1344.
- [18] 李彦慧,李保国,郭素萍,等. 早实核桃幼树施肥效果研究[J]. 河北农业大学学报,2006,29(1):9~11.
- [19] 陈虹,董玉芝,朱小虎,等. 新疆早实核桃品种测土配方施肥肥效试验初报[J]. 新疆农业科学,2010,47(8):1584~1589.
- [20] 马婷,陈宏伟,熊新武,等. 不同施肥处理对美国山核桃嫁接苗生长的影响[J]. 安徽农业科学,2012,40(2):871~872,971.
- [21] 闵安民,王宇,莫开林,等. 肥料配合施用对核桃产量的影响[J]. 四川林业科技,2018,39(2):18~22.
- [22] 洪顺山. 毛竹配方施肥研究初报[J]. 竹子研究汇刊,1987,6(1):35~41.
- [23] 顾小平,萧江华. 毛竹纸浆林施用氮磷钾肥料效应的研究[J]. 林业科学,1998,34(1):25~32.
- [24] 顾小平,萧江华. 毛竹纸浆林施用氮磷钾肥料效应的研究[J]. 林业科学,1998,34(1):25~32.
- [25] 傅懋毅,谢锦忠,方敏瑜,等. 不同用途毛竹林的施肥研究 I:毛竹材用林的施肥研究[J]. 林业科学研究,1988,1(5):541~546.
- [26] 张文燕,缪妙青,林忠平,等. 绿竹造林及丰产培育技术研究[J]. 林业科学研究,1999,12(2):146~151.
- [27] 郭晓敏,牛德奎,杜天真,等. 毛竹笋材两用林施肥研究初报[J]. 经济林研究,1999,7(3):56~61.
- [28] 洪伟,吴承祯,陈辉,等. 山地绿竹配方施肥技术[J]. 福建林学院学报,2006,26(1):1~5.
- [29] 缪妙青,林忠平,毛石禧. 绿竹不同肥料施肥试验[J]. 福建林业科技,2000,27(1):50~52.
- [30] 高瑞龙. 绿竹施肥种类、时间效果初步实验研究[J]. 西南林学院学报,2000,20(3):139~142.
- [31] 郭晓敏,牛德奎,张斌,等. 集约经营毛竹林平衡施肥效应研究[J]. 西南林学院学报,2005,25(4):84~89.
- [32] 郭岩辉,顾小平,吴晓丽,等. 撑绿竹纸浆原料林施肥效应研究[J]. 福建林学院学报,2010,30(3):279~283.
- [33] 闵安民,张小平,王宇,等. 四川麻竹引种区酸性紫色土区域麻竹配方施肥研究[J]. 世界竹藤通讯,2012,10(4):16~19.
- [34] 高培军. 绿竹笋用林丰产机理与栽培技术研究[D]. 福州:福建农林大学林学院,2003.
- [35] 刘广路,范少辉,张大鹏,等. 梁山慈竹生长对养分施入的响应[J]. 四川农业大学学报,2012,30(4):396~401.
- [36] 刘时才. 梁山慈稳态营养与高效施肥技术的研究[D]. 昆明:西南林学院,2007.
- [37] 李昌伟,连兆煌. 农业化学研究法[M]. 北京:农业出版社,1980.
- [38] 河北农业大学主编,果树栽培学各论(北方本)(第2版)[M]. 北京:中国农业出版社,1994.
- [39] 严伍明,杨明亮,胡瑞牯. 毛竹笋材两用林配方施肥试验效果初报[J]. 江西林业科技,1998(1):17~18,20.
- [40] 傅懋毅,谢锦忠,方敏瑜,等. 不同用途毛竹林的施肥研究 I:毛竹材用林的施肥研究[J]. 林业科学研究,1988,1(5):541~546.
- [41] 张玉龙,王喜艳,刘鸣达. 植物硅素营养与土壤硅素肥力研究现状和展望[J]. 土壤通报,2004,35(6):785~788.
- [42] 宫海军,陈坤明,王锁民,等. 植物硅营养的研究进展[J]. 西北植物学报,2004,24(12):2385~2392.

(上接第 35 页)

橡胶林下恢复雨林的树种可以选择格木、羯布罗香、望天树和铁力木,种植时以格木为主,适当配置羯布罗香、望天树和铁力木、降香黄檀(*Dalbergia odorifera* T. Chen)、高阿丁枫(*Altingia chinensis*)等。

试验林土壤肥力中等,全 N、全 P、全 K 含量较高,但有机质含量较低。对生物量积累影响较大的是土壤有机质,试验地土壤质地中黏,较高的有机质含量能提高土壤的通透性,有利于植物生长。

#### 参考文献:

- [1] 吴志祥,谢贵水,陶忠良,等. 海南儋州不同林龄橡胶林土壤碳和全氮特征[J]. 生态环境学报,2009,(4):1484~1491.
- [2] 兰国玉,王纪坤,吴志祥,等. 海南儋州橡胶林物种组成及群落特征研究[J]. 西南林业大学学报,2014,(5):8~13.
- [3] 岩香甩,田耀华,原慧芳,等. 西双版纳橡胶林下药用植物资源调查分析[J]. 浙江林业科技,2018,(1):96~101.
- [4] 黄先寒,兰国玉,杨川,等. 云南橡胶林林下植物群落物种多样性[J]. 生态学杂志,2017,(8):2138~2148.
- [5] 黄先寒,兰国玉,杨川,等. 广东省橡胶林林下物种组成及灌草物种多样性[J]. 南方农业学报,2016,(11):1914~1920.
- [6] 汤柔馨,马友鑫,莫慧珠,等. 橡胶林复合种植模式的生态与经济效益评价[J]. 云南大学学报(自然科学),2016,(s1):121~129.
- [7] 宋清海,张一平. 西双版纳地区人工橡胶林生物量、固碳现状及潜力[J]. 生态学杂志,2010,(10):1887~1891.
- [8] 周再知,郑海水,尹光天,等. 橡胶树立木材积表的编制研究[J]. 林业科学研究,1996,(5):47~52.
- [9] 周会平,岩香甩,张海东,等. 西双版纳橡胶林下植被多样性调查研究[J]. 热带作物学报,2012,33(8):1444~1449.
- [10] 许林红,阙忠明,蒋云东. 橡胶林下几种热带珍贵用材树种生长节律研究[J]. 四川林业科技,2017,38(4):22~24.