

## 施肥对猴耳环幼苗生长的影响

张迪, 陈祖旭, 黄世能\*

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

关键词: 猴耳环; 施肥; 幼苗生长; 化学计量

中图分类号: S792.99

文献标识码: A

### Effects of Fertilization on Growth of *Archidendron clypearia* Seedlings

ZHANG Di, CHEN Zu-xu, HUANG Shi-neng

(Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

**Abstract:** The effects of applying N (urea, 46% N), P (phosphate, 12%  $P_2O_5$ ) and K (potassium sulphate, 54%  $K_2O$ ) fertilizers on the growth performance and biomass yield of 8-month-old *Archidendron clypearia* seedlings were examined by L9 orthogonal array with 3 replicates in the nursery of Zengcheng Forest Farm of Guangzhou, Guangdong Province. The test seedlings were potted with the subsoil of total N 0.048 4%, total P 0.151 8% and total K 1.262 9%, and fertilized at the 2nd and 6th months with the application rates of 0, 10 and 20 mg of N, 0, 20 and 50 mg of P and 0, 10 and 20 mg of K per seedling. The results showed that the diameter at ground level (DGL), the height and the oven-dried weight biomass of 8-month-old seedlings differed significantly at  $P=0.05$ . The combined application dose of 20 mg N, 20 mg P and 0 mg K per seedling resulted in the best seedling growth and biomass yield. N fertilizer was a significant factor in the growth of DGL and height of *A. clypearia* seedlings. P fertilizer had no significant effects on both DGL and height, while K fertilizer only affected DGL significantly. Analysis of the leaf and root stoichiometry suggested that N may be the most single limiting nutrient, *A. clypearia* seedlings used N more efficiently than they used P.

**Key words:** *Archidendron clypearia*; fertilization; seedling growth; stoichiometry

猴耳环 (*Archidendron clypearia* (Jack) Nielsen) 为含羞草科 (Mimosaceae) 猴耳环属植物<sup>[1-2]</sup>, 乔木, 高达 10 m, 生长于海拔 200~1 800 m 的溪边、林内或灌丛中, 是我国西南部和东南部地区的一个乡土树种, 具有很高的药用价值 (叶有凉血、消炎功能)。近几年, 笔者在广东、广西和海南等省 (区) 进行的资源调查发现, 猴耳环虽分布广泛, 但其种群密度极低 (远低于低密度种群<sup>[3-4]</sup> 的标准), 且天然更新难以成林。因长期掠夺式采伐以获取药材 (叶和嫩枝), 已导致其野生资源几近枯竭。因此, 建立专门

的猴耳环采收基地是其制药业可持续发展的必由之路, 而壮苗培育是猴耳环种植业的一个重要技术环节。许多树种的相关研究表明, 施肥在加速幼苗生长、提高幼苗质量等方面效果良好<sup>[5-6]</sup>, 但猴耳环的相关研究尚未见报道。因此, 本研究设置大量营养元素肥 (N、P、K) 不同水平及其配比, 应用正交设计开展猴耳环幼苗施肥试验, 分析各营养元素对猴耳环幼苗生长的影响, 旨在为猴耳环幼苗培育筛选出适宜的施肥方案, 为培育壮苗、提高造林质量提供参考。

收稿日期: 2015-04-02

基金项目: 广东省林业科技创新专项资金项目“珍贵木本药材猴耳环种质资源评价及其培育技术研究”(2011KJ CX023)

作者简介: 张迪 (1989—), 女, 硕士生。主要研究方向: 森林培育。E-mail: 1026984414@qq.com

\* 通讯作者: 研究员。主要研究方向: 森林培育与森林生态。E-mail: hsn@ritf.an.cn

# 1 材料与方 法

## 1.1 试验材料

参试种子于2014年7月采自广州市大岭山林场内的一株母树,经消毒后播种,8月待幼苗长出2片复叶后移至黑色育苗袋(口径12 cm × 10 cm),在广州市增城林场苗圃进行培育。育苗基质为圃地内的黄心土,其主要化学指标为:pH值5.7,有机质含量8.301 g · kg<sup>-1</sup>,全氮0.484 g · kg<sup>-1</sup>,碱解氮37.912 mg · kg<sup>-1</sup>,全磷1.518 g · kg<sup>-1</sup>,有效磷204.978 mg · kg<sup>-1</sup>,全钾12.629 g · kg<sup>-1</sup>,有效钾63.032 mg · kg<sup>-1</sup>。按常规育苗措施进行日常管理。

## 1.2 试验设计

采用正交L<sub>9</sub>(3<sup>3</sup>)设计进行不同配比的施肥试验(表1),N(尿素,含N 46%)、P(过磷酸钙,含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%) 和K(硫酸钾,含K<sub>2</sub>O 54%) 肥分别设3个水平,共9个处理,重复3次,每小区10株幼苗。

表1 各处理组合及肥料施用量

处理	处理组合	N/(mg · 株 <sup>-1</sup> )	P/(mg · 株 <sup>-1</sup> )	K/(mg · 株 <sup>-1</sup> )
1	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0	0	0
2	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0	20	10
3	N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	0	50	20
4	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	10	0	10
5	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	10	20	20
6	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	10	50	0
7	N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K <sub>3</sub>	20	0	20
8	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	20	20	0
9	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	20	50	10

## 1.3 施肥与生长、养分测定

选取长势良好、大小均一的幼苗(平均苗高13.2 cm),于2014年10月15日进行第1次施肥。由于冬季温度偏低,幼苗对养分需求较少,因此,第2次施肥于2015年2月6日进行,每次施肥量均为表1所示,试验于2015年4月结束。期间每2个月调查1次幼苗的高、地径、复叶数(下称叶片数)。试验结束时,每个处理选取5棵标准苗(地径、苗高近似等于各处理平均值的幼苗),用自来水冲洗干净,摘除根瘤单独计数并称质量后,于根茎部位剪开分成地上和地下部分,地上部分又分为茎和叶两部分,置于60℃烘箱内烘干至恒质量,用电子天平测定其生物量,精确到0.001 g。

将上述烘干样品在研磨仪(SPEX/8000D-230,美国)上磨碎,测定养分含量。C、N、S元素在元素

分析仪Elementar(vario MACRO cube,德国)上进行测定,全磷使用钼锑抗比色法测定,全钾使用火焰光度计法测定<sup>[7]</sup>。

## 1.4 数据分析

采用SPSS17.0统计软件对数据进行方差分析和LSD多重比较。

# 2 结果与分析

## 2.1 施肥对幼苗生长的影响

方差分析结果(表2)表明:参试的9个处理间地径、苗高、叶片数均差异显著(P < 0.05)。处理8(N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>)的施肥效果最好,其地径、苗高均表现最优;处理7、6、5、4的地径、苗高生长均较好,且这些处理间基本上差异不显著;处理9的幼苗生长表现最差,其地径和苗高生长量甚至不如处理1(不施肥)。处理1的叶片数最高,显著高于其他施肥处理。

表2 不同施肥处理猴耳环幼苗的生长差异

处理	地径/mm	苗高/cm	叶片数/片
1	3.86 ± 0.11 bcd	15.47 ± 0.52 cd	7.67 ± 0.35 a
2	3.60 ± 0.09 de	15.54 ± 0.41 cd	6.10 ± 0.29 b
3	3.70 ± 0.12 cde	15.75 ± 0.26 cd	5.45 ± 0.29 bc
4	4.30 ± 0.06 ab	20.27 ± 0.35 a	5.86 ± 0.32 b
5	4.07 ± 0.10 abcd	17.86 ± 0.43 bc	5.63 ± 0.03 bc
6	4.31 ± 0.07 ab	20.17 ± 0.43 ab	5.72 ± 0.20 bc
7	4.05 ± 0.37 abc	19.71 ± 1.77 ab	5.70 ± 0.47 bc
8	4.42 ± 0.11 a	21.45 ± 0.99 a	6.23 ± 0.03 b
9	3.46 ± 0.20 e	14.44 ± 1.02 d	5.00 ± 0.30 c

注:表中数据为平均值 ± 标准误;同列相同字母表示差异不显著(P > 0.05),同列不同字母表示差异显著(P < 0.05),下同。

## 2.2 施肥对猴耳环幼苗结瘤量和生物量的影响

猴耳环是固氮树种,试验中发现,所有处理的幼苗根部均产生根瘤。各处理幼苗的结瘤量(根瘤数和鲜质量)和生物量的测定结果见表3。方差分析表明:不同施肥处理间幼苗结瘤数量差异不显著,但施肥对根瘤鲜质量影响显著(P < 0.05),处理8的根瘤鲜质量显著高于处理1、2、3、5、6、7的,但与处理4、9差异不显著;各处理间根、茎、叶和总生物量的差异均显著(P < 0.05),处理8的总生物量最大,是处理5(总生物量最小)的2.06倍,其各组分生物量也最大,可见,处理8的育苗效果显著。进一步对幼苗根瘤鲜质量和总生物量进行相关分析表明,二者间存在显著正相关(P < 0.05, n = 45)。

表 3 不同施肥处理猴耳环幼苗的结瘤量、生物量及其分配

处理	结瘤量		生物量干质量/g			
	个数/个	鲜质量/g	根	茎	叶	总生物量
1	24.4 ± 5.8 a	0.22 ± 0.09 b	0.60 ± 0.06 bc	0.61 ± 0.05 bc	1.11 ± 0.20 bc	2.32 ± 0.27 bed
2	17.2 ± 4.9 a	0.21 ± 0.10 b	0.57 ± 0.09 bc	0.59 ± 0.05 bc	1.08 ± 0.07 bc	2.24 ± 0.15 bed
3	25.2 ± 7.5 a	0.29 ± 0.11 b	0.49 ± 0.05 c	0.54 ± 0.06 c	1.03 ± 0.09 bc	2.06 ± 0.18 cd
4	19.6 ± 4.4 a	0.36 ± 0.15 ab	0.73 ± 0.16 ab	0.75 ± 0.09 b	1.23 ± 0.07 bc	2.71 ± 0.31 b
5	16.2 ± 0.5 a	0.17 ± 0.13 b	0.51 ± 0.04 bc	0.55 ± 0.06 c	0.90 ± 0.10 c	1.97 ± 0.18 d
6	19.4 ± 5.7 a	0.27 ± 0.10 b	0.69 ± 0.07 abc	0.67 ± 0.08 bc	1.30 ± 0.17 b	2.66 ± 0.31 bc
7	17.0 ± 3.7 a	0.22 ± 0.06 b	0.62 ± 0.05 bc	0.62 ± 0.05 bc	1.15 ± 0.10 bc	2.39 ± 0.13 bed
8	25.8 ± 5.0 a	0.55 ± 0.20 a	0.89 ± 0.07 a	1.05 ± 0.07 a	2.12 ± 0.22 a	4.05 ± 0.21 a
9	14.4 ± 2.8 a	0.34 ± 0.07 ab	0.60 ± 0.06 bc	0.61 ± 0.06 bc	0.90 ± 0.11 c	2.11 ± 0.18 bed

2.3 不同肥料及水平对幼苗地径、高生长的影响

从表 4 可看出:不同肥料对猴耳环幼苗地径和高生长的影响均为 N > K > P,其中,N 对地径和苗高的生长都有显著影响,K 只对地径生长影响显著,P 对地径和苗高生长的影响均不显著。进一步对每个因素的各水平进行对比分析(表 5),N 肥第 2 水平的苗高和地径生长表现显著优于第 1 水平(P < 0.05),但与第 3 水平间差异不显著;P 肥水平 1(不施 P 肥)幼苗的地径和苗高生长表现略优于水平 2 和 3,但三者间差异不显著;K 肥水平 1(不施 K 肥)幼苗的生长表现显著优于水平 2,但与水平 3 差异不显著。综上所述,就幼苗地径和高生长而言,施肥的最优组合应为 N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>。

2.4 幼苗化学计量特征

对幼苗根系和叶片进行元素测定分析,结果(表 6)表明:叶片 C、N、K 的含量比根系的高,而 P 的含量比根系的低。植物叶片的碳氮比(C:N)和碳磷比(C:P)在一定程度上可以反映植物的营养利用效率<sup>[8]</sup>,同时也代表了不同植物的固 C 效率<sup>[9]</sup>。猴耳环幼苗根系的 C:N 高于叶片;而叶片 C:P 高于根系。氮磷比(N:P)可作为植物生长限制因子判断的依据和土壤养分供应的指标<sup>[10]</sup>,猴耳环根部和叶片的 N:P 比均低于 14,说明猴耳环生长受到 N 的限制比 P 的大。

表 4 猴耳环幼苗生长指标的方差分析结果

测定指标	变异来源	平方和	均方	F 值	P 值
地径	模型	429.333	61.333	609.936	<0.001
	N	1.156	0.578	5.748	0.011
	P	0.362	0.181	1.798	0.191
	K	0.761	0.381	3.786	0.040
	误差	2.011	0.101		
	总计	431.344			
苗高	模型	8 744.208	1 249.173	274.235	<0.001
	N	72.916	36.458	8.004	0.003
	P	17.407	8.703	1.911	0.174
	K	24.282	12.141	2.665	0.094
	误差	91.102	4.555		
	总计	8 835.31			

表 5 各施肥因子水平间比较

因子	水平	地径/mm	苗高/cm
N	1	3.72 ± 0.07 b	15.59 ± 0.21 b
	2	4.22 ± 0.06 a	19.41 ± 0.45 a
	3	4.00 ± 0.19 ab	18.58 ± 1.27 a
P	1	4.06 ± 0.13 a	18.37 ± 0.94 a
	2	4.03 ± 0.13 a	18.29 ± 0.93 a
	3	3.84 ± 0.15 a	16.84 ± 0.94 a
K	1	4.19 ± 0.10 a	19.06 ± 0.97 a
	2	3.79 ± 0.15 b	16.75 ± 0.97 b
	3	3.93 ± 0.13 ab	17.63 ± 0.80 ab

表 6 猴耳环幼苗营养元素含量及比例

项目	C/(mg · g <sup>-1</sup> )	N/(mg · g <sup>-1</sup> )	P/(mg · g <sup>-1</sup> )	K/(mg · g <sup>-1</sup> )	C:N	C:P	N:P
根	422.51 ± 2.28	13.14 ± 0.27	2.85 ± 0.17	9.32 ± 0.25	32.33 ± 0.63	154.81 ± 8.71	4.81 ± 0.29
叶	476.81 ± 0.84	20.84 ± 0.52	2.61 ± 0.12	10.51 ± 0.31	23.06 ± 0.57	188.03 ± 9.01	8.20 ± 0.43

3 结论与讨论

在参试的 9 个施肥处理中,生长指标和生物量积累均差异显著(P < 0.05)。处理 8 的生长效果最好,生物量积累也最多,其 N、P、K 施肥量分别为 20、

20、0 mg。不同肥料对幼苗地径和苗高生长的影响为 N > K > P,最优的施肥组合为 N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>,由于该组合未在本实验的 9 个正交处理中出现,有必要考虑按此组合进行施肥,以确定更适合的施肥配比。

本试验 P 肥施用量较大,是基于我国南方地区

土壤普遍缺磷<sup>[11]</sup>及适当施用磷肥可促进固氮植物的固氮作用<sup>[12]</sup>等的经验进行设计的;然而,研究结果显示,施用P肥对猴耳环幼苗的地径和高生长的影响不显著,且所有参试处理(含不施P肥)的幼苗均结瘤,且在数量上差异不显著;而施用K肥也仅显著影响地径生长,这一结果可以部分地从育苗基质大量元素的含量特征得到解释。相对于N含量而言,本试验所用的黄心土P、K含量相当丰富(N:P:K=0.32:1:8.32),以至于猴耳环幼苗在不施P、K肥时也能较好地生长发育,积累较高的干物质(如处理1),而N、P、K肥施用总量最大的处理9幼苗的生长表现反而逊于不施肥的处理1,导致这种结果的原因尚不清楚,需通过采用不同的育苗基质及设置更多的施肥水平开展进一步的研究。

C是植物体内的结构性物质,受环境影响较小,相对较稳定;N、P是功能性物质,受环境影响较大<sup>[13]</sup>。植物叶片的碳氮比和碳磷比表示的是生物量与养分的比值关系,也反映植物对养分利用效率的高低<sup>[8]</sup>。据报道<sup>[14]</sup>,全球水平叶片C:N为22.5,C:P为232。常云妮等<sup>[15]</sup>对天然米楮林调查显示,其叶片C:N和C:P分别为22.52~61.21和696.64~2589.72;柯立等<sup>[16]</sup>对亚热带常绿阔叶林中植物叶片的化学计量特征进行调查发现,其C:N为29.99~92.25,C:P为467.01~1443.81。猴耳环幼苗叶片的C:N与上述水平相当,而C:P远低于上述水平,说明猴耳环幼苗对N的吸收效率相对较高,对P的吸收效率较低。本试验采用的黄心土基质中氮、磷的含量分别为0.484、1.518 g·kg<sup>-1</sup>,而刘兴诏等<sup>[17]</sup>测得南亚热带森林土壤的N含量为0.440~1.023 g·kg<sup>-1</sup>,P含量为0.190~0.337 g·kg<sup>-1</sup>,Han等<sup>[18]</sup>测得全国土壤P的平均含量为0.56 g·kg<sup>-1</sup>,而本次试验基质的P含量为前者798.9%~450.4%、后者的271.1%,可见基质中P含量相当丰富,可以满足幼苗的生长需求,这可能是导致施用磷肥对生长影响不显著的原因之一。根据Koerselman等<sup>[19]</sup>的陆地植物N:P阈值理论,当N:P<14时,植物生长受N限制。猴耳环幼苗叶片和根系的N:P均低于14,说明土壤提供的养分中N的限制高于P,与土壤养分中氮的含量偏低有关,而这也反映出猴耳环幼苗养分含量与土壤养分含量的一致性。

#### 参考文献:

[1] 郑万均. 中国树木志[M]. 北京:中国林业出版社, 1985:191

- 194.
- [2] 吴德邻. 广东植物志[M]. 广州:广东科技出版社, 2006:144.
- [3] Pitman N C A, Terborgh J W, Silman M R, *et al.* Dominance and distribution of tree species in upper Amazonian Terra Firme forest [J]. *Ecology*, 2001, 82(8): 2101-2117.
- [4] 安树青, 朱学雷, 王峥峰, 等. 海南五指山热带山地雨林植物物种多样性研究[J]. *生态学报*, 1999, 19(6): 803-809.
- [5] 梁坤南, 潘一峰, 刘文明. 柚木苗期多因素施肥试验[J]. *林业科学研究*, 2005, 18(5): 535-540.
- [6] 刘水娥, 张方秋, 陈祖旭, 等. N、P、K 营养元素不同配比对马占相思苗期生长的影响[J]. *林业科学研究*, 2002, 15(2): 163-168.
- [7] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 北京:农业出版社, 1996: 216-219.
- [8] Vitousek P. Nutrient cycling and nutrient use efficiency[J]. *The American Naturalist*, 1982, 119(4): 553-572.
- [9] Herbert D A, Williams M, Rastetter E B. A model analysis of N and P limitation on carbon accumulation in Amazonian secondary forest after alternate land-use abandonment[J]. *Biogeochemistry*, 2003, 65(1): 121-150.
- [10] Martin J W, Harry G M O V, Evalyne O A M. Nutrient concentrations in mire vegetation as a measure of nutrient limitation in mire ecosystem[J]. *Journal of Vegetation Science*, 1995, 6: 5-16.
- [11] 陈秀铃. 邓恩桉低磷胁迫下生理生态响应机理研究[D]. 福州:福建农林大学, 2009.
- [12] Uddin M B, Mukul S A, Khan M A S, *et al.* Effects of phosphorous fertilizer on seedlings growth and nodulation capabilities of some popular agroforestry tree species of Bangladesh[J]. *Journal of Forestry Research*, 2007, 18(4): 283-286.
- [13] Sterner R W, Elser J J. *Ecology stoichiometry: the biology of element from molecules to biosphere*[M]. Princeton: Princeton University Press, 2002.
- [14] Elser J J, Fagan W F, Denno R F, *et al.* Nutritional constraints in terrestrial and freshwater food webs[J]. *Nature*, 2000, 408: 578-580.
- [15] 常云妮, 钟全林, 程栋梁, 等. 尤溪天然米楮林植物碳氮磷的化学计量特征及其分配格局[J]. *植物资源与环境学报*, 2013, 22(3): 1-10.
- [16] 柯立, 崔珺, 杨佳, 等. 安徽石台亚热带常绿阔叶林植物叶中C、N、P特征分析[J]. *南京林业大学学报:自然科学版*, 2014, 38(6): 28-32.
- [17] 刘兴诏, 周国逸, 张德强, 等. 热带森林不同演替阶段植物与土壤中N、P的化学计量特征[J]. *植物生态学报*, 2010, 34(1): 64-71.
- [18] Han W X, Fang J Y, Guo D L, *et al.* Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across 753 terrestrial plant species in China[J]. *New Phytologist*, 2005, 168: 377-385.
- [19] Koerselman W, Meuleman A F M. The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation[J]. *Journal of Applied Ecology*, 1996, 33: 1441-1450.