

绞股蓝氮磷钾肥效反应模式研究

张辰露¹, 梁宗锁^{1,2*}, 王渭玲¹, 孙群¹, 李金灿³, 张军³

(1. 西北农林科技大学生命科学学院, 陕西杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨凌 712100;
3. 安康正大制药股份有限公司, 陕西安康 725000)

摘要: 采用N、P、K三因素二次D饱和最优设计, 在陕西安康平利绞股蓝药源基地进行了绞股蓝氮、磷、钾肥效田间试验, 结合试验点的土壤肥力水平, 求得了绞股蓝N、P、K的肥效反应方程, 提出了绞股蓝不同用药部位的N、P、K合理配比和肥料用量。绞股蓝地上部分目标年均产量在3 900~4 600 kg/hm²的施肥量为N 158.05~222.36 kg/hm², P₂O₅ 51.915~116.10 kg/hm², K₂O 104.06~170.134 kg/hm²。绞股蓝地下根茎目标产量在900~1 200 kg/hm²的施肥量为N 102.88~189.02 kg/hm², P₂O₅ 60.98~100.49 kg/hm², K₂O 152.31~194.34 kg/hm²。分析N、P、K对绞股蓝生长发育和产量的影响作用, 结果表明: 不同药用部位的需肥特点虽不相同, 但N、P、K均表现为正效应, 都能促进绞股蓝产量的提高, 但不能过量。对二因素交互作用分析发现, NP反应为负, NK反应为正, PK反应为正。说明化学肥料必须在一定限度下以合理的比例施用, 否则会造成减产。

关键词: 绞股蓝; 肥效; 药用植物; 氮磷钾

中图分类号: S562

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2005)04-0048-05

Study on Response Model of N, P, K Fertilizer in *Gynostemma pentaphyllum*

ZHANG Chen-lu¹, LIANG Zong-suo^{1,2*}, WANG Wei-ling¹, SUN Qun¹,
LI Jin-can³ and ZHANG Jun³

(1. College of Life Science, Northwest A & F University, Yangling Shanxi 712100, China; 2. Institute of
Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling Shaanxi 712100, China; 3. Ankang
China Tai pharmaceutical Co. Ltd, Ankang Shaanxi 725000, China)

Abstract: The optimum design of three factors of D-saturation design plan of N, P, K was adopted in the experiment. The field experiment was conducted in the Jiaogulan base of Pingli county Shaanxi province. The response N, P, K of different fertilizer rate of different medicinal part in the same soil condition was obtained. According to the response equations the optimum amount of N, P, K fertilizer were obtained. Fertilizer amount of N, P, K was N 158.05~222.36 kg/hm², P₂O₅ 51.915~116.10 kg/hm², K₂O 104.06~170.134 kg/hm² in Jiaogulan up part average target yield at 3 900~4 600 kg/hm² in one year. Fertilizer amount of N, P, K was N 102.88~189.02 kg/hm², P₂O₅ 60.98~100.49 kg/hm², K₂O 152.31~194.34 kg/hm² in Jiaogulan down part average target yield at 900~1 200 kg/hm² in one year. Analyzed N, P, K influence to Jiaogulan growth and yield. Although the characteristic of jiaogulan fertile necessity is different in different position, it showed that N, P, K can promote increasing of Jiaogulan yield, but it is limited. NP is negative, NK is positive, PK is

收稿日期: 2005-01-21 修回日期: 2005-03-22

基金项目: 安康正大制药股份有限公司(zd03-1)资助。

作者简介: 张辰露(1979-), 女, 陕西汉中人, 在读研究生, 主要从事中药材规范化生产理论与技术研究。E-mail: zhangc1316@163.com

* 通讯作者

positive from two factors mutual function. It showed that chemical fertilizer must be used in fixed limitations and right percentage. Otherwise the yield will be reduced.

Key words: Jiaogulan; Response of fertilizer; Medicinal plant; Nitrogen and Phosphor and Potassium

绞股蓝 *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino., 为葫芦科绞股蓝属草质藤本植物^[1], 以全草药食兼用, 性寒, 味苦, 无毒。近代研究发现, 绞股蓝含 80 余种绞股蓝皂甙, 其中有 6 种与人参皂甙相同, 还有多种绞股蓝皂甙水解产生的次级甙、甙元和次级甙元, 与人参皂甙水解产物相同, 被誉为“南方人参”。虽然我国野生绞股蓝资源丰富, 但现已很难满足日益增长的综合开发利用的需求。由于绞股蓝雌雄株的比例悬殊, 难以靠天然更新繁衍出旺盛的优势植物群落^[3], 并且以往的人工种植仅停留于经验栽培, 导致产量和品质难以提高和保证。2002 年 6 月 1 日国家颁布实施的《中药材生产质量管理规范》(GAP) 对中草药生产中施肥准则明确规定必须根据不同种类药用植物的营养特点及土壤供肥能力来确定肥料施用种类、时间和数量^[1]。前人的研究表明矿质营养不仅对产量有明显影响, 而且对有效成分有着显著的调控作用。矿质营养是影响药用植物生长发育和次生代谢物积累的主要因素^[5], 已有研究表明, 氮、磷、钾的缺乏影响嘉兰正常生长及有效成分的

含量, 其影响顺序为氮>钾>磷^[6]。单个肥料对益母草生物碱含量的作用效果是磷肥(生物碱含量 1.48%, 下同)>氮肥(1.41%)>钾肥(1.08%)^[7]。另外, 贫瘠的营养使人参总皂甙含量降低 17.6%^[8]。因此, 笔者对绞股蓝的施肥技术进行了系统研究, 以探索出符合绞股蓝高产优质生产的施肥方法, 为制定绞股蓝 GAP 科学规范的施肥技术提供理论依据。

1 材料与方 法

试验设在陕西省安康市平利县安康正大制药股份有限公司绞股蓝药源基地, 土壤为黄砂壤, 供试土壤基本性状见表 1。供试的绞股蓝品种是人工培育新品种四倍体二号, 移栽时间为 2004 年 4 月 6 日至 10 日。小区面积 13.8 m², 种植密度为行株距 40 cm×35 cm。肥料分别为尿素(含 N46%)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 16%)、硫酸钾(含 K₂O 33%)。

施肥试验采用三因素二次 D 饱和最优设计方案, 编码值和施肥量见表 2。

表 1 安康正大绞股蓝药源基地土壤理化性质

Table 1 Soil Characteristic used in experiment

土层深度 Soil depth/cm	pH	有机质 OM/(g/kg)	全氮 Total N/(g/kg)	速效氮 Available N/(mg/kg)	速效磷 Available P/(mg/kg)	速效钾 Available K/(mg/kg)
0~20	6.00	1.94	0.112	81.95	24.42	227.98
20~40	5.50	1.26	0.076	48.24	15.74	111.59
40~60	5.70	/	0.055	23.15	11.59	58.51

表 2 N、P、K 三因素二次 D 饱和最优设计方案

Table 2 Three factors of D-saturation design plan of N, P, K

处理 Treatment	水平编码值 Code Lever			施肥量/(kg/hm ²) Fertilizer Rate		
	x ₁	x ₂	x ₃	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	-1	-1	-1	0	0	0
2	1	-1	-1	255	0	0
3	-1	1	-1	0	150	0
4	-1	-1	1	0	0	225
5	-1	0.1925	0.1925	0	103.875	134.1
6	0.1925	-1	0.1925	152.04	0	131.1
7	0.1925	0.1925	-1	152.04	103.875	0
8	-0.2912	1	1	90.375	150	225
9	1	-0.2912	1	255	53.16	225
10	1	1	-0.2912	255	150	79.74

2 结果与分析

2.1 N、P、K 肥效方程的建立及检验

绞股蓝属全草类药用植物, 地上藤蔓和地下

根茎均可入药。需要对绞股蓝地上、地下部分的 N、P、K 肥效分别进行分析。由表 3 可以看出, 不同处理的地上、地下部分均出现明显差异。应用二次多项式可建立在同一肥力土壤上绞股蓝地上、

地下生长量对 NPK 施肥水平的肥效反应模式： $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2 + b_6x_3^2 + b_7x_1x_2 + b_8x_1x_3 + b_9x_2x_3$

式中 x_1 为 N(kg/hm²), x_2 为 P₂O₅(kg/hm²),

x_3 为 K₂O(kg/hm²), $b_i (i = 1, 2, 3 \dots 9)$ 为回归系数, y 为绞股蓝地上或地下部分的产量(kg/hm²)。

表 3 N、P、K 肥料试验绞股蓝生长状况及产量结果

Table 3 Growth and yield of *Gynostemma pentaphyllum* in N、P、K fertilizer experiment

处理 Treatment	主蔓长 Main Vine /m	小区地上鲜重 FW of vine / (kg/plot)	小区地上干重 DW of vine / (kg/plot)	小区地下鲜重 FW of root / (kg/plot)	小区地下干重 DW of root / (kg/plot)	干藤产量 Output of dry vine / (kg/hm ²)	根产量 Output of dry root / (kg/hm ²)
1	3.9	25.95	3.373	3.770	0.943	2454	685.870
2	4.2	49.39	5.554	3.854	1.002	4041	729.201
3	4.2	38.59	4.630	3.316	0.763	3369	554.874
4	3.7	27.69	3.599	3.462	0.831	2619	604.644
5	4.1	32.55	3.906	5.444	1.252	2842.5	911.135
6	5.2	47.85	5.741	5.026	1.156	4177.5	841.064
7	5.3	55.71	6.129	5.780	1.445	4459.5	1051.499
8	4.6	45.56	5.467	7.803	1.795	3978	1305.86
9	5.8	53.64	6.597	6.590	1.516	4800	1102.871
10	4.7	45.38	5.446	3.525	0.811	3963	589.998

根据试验结果,求得绞股蓝干藤产量的 NPK 肥效反应方程为 $y = 3405.092 + 673.712x_1 + 25.545x_2 + 436.213x_3 - 0.114x_1^2 + 524.217x_2^2 - 242.42x_3^2 - 429.604x_1x_2 + 370.877x_1x_3 + 17.694x_2x_3$ (1)

由绞股蓝地下根茎产量的统计结果可得 NPK 肥效反应模式: $y = 842.9224 + 1.278x_1 + 34.036x_2 + 260.42x_3 + 0.056x_1^2 - 3.768x_2^2 - 47.867x_3^2 - 111.215x_1x_2 + 88.079x_1x_3 + 211.534x_2x_3$ (2)

其中不施肥处理(即当 x_1, x_2, x_3 的编码值均为 -1 时)的绞股蓝干藤产量高低能反映土壤地力水平的高低。

2.2 肥效反应模式的解析

2.2.1 施 N 对绞股蓝产量的影响 当 P 和 K 因素取零水平时, $N(x_1)$ 对目标性状的回归方程为:

$$y = 3405.092 + 673.712x_1 - 0.114x_1^2 \quad (3)$$

$$y = 842.9225 + 1.278x_1 + 0.056x_1^2 \quad (4)$$

由(3)式可知,方程一次项系数为正,而且数值较大,说明施 N 肥能明显促进绞股蓝地上干藤的生长。方程二次项系数为负,说明过量使用 N 肥,绞股蓝产量并没有相对应的增加,而且有下降的趋势,说明能找出一个适合绞股蓝生长的最适施 N 量。

由(4)式可以看出,绞股蓝地下根茎产量对 N 肥的反应是正效应, N 肥对绞股蓝地下部分生长有促进作用。一次项、二次项系数均为正值,说明 N 肥促进绞股蓝地下根茎膨大,提高绞股蓝地下根茎产量的效果明显。

2.2.2 施 P 对绞股蓝产量的影响 当 N 和 K 因素取零水平时, $P(x_2)$ 对目标性状的回归方程为:

$$y = 3405.092 + 25.545x_2 + 524.217x_2^2 \quad (5)$$

$$y = 842.9225 + 34.036x_2 - 3.768x_2^2 \quad (6)$$

由(5)式可以看出,绞股蓝地上干藤产量对 P 肥的反应是正效应, P 肥对绞股蓝地上部分生长有促进作用。并且二次项系数比一次项系数大,说明 P 肥促进产量的提高效果很明显。

由(6)式可见,绞股蓝地下根茎产量对 P 肥的反应也是正效应, P 肥对绞股蓝地下根茎的生长有促进作用。但二次项系数为负,说明过量使用 P 肥,产量并没有相对应的增加,而且有下降的趋势,因此能找出一个适合绞股蓝生长的最适施 P 量。

2.2.3 施 K 对绞股蓝产量的影响 当 N 和 P 因素取零水平时, $K(x_3)$ 对目标性状的回归方程为:

$$y = 3405.092 + 436.213x_3 - 242.42x_3^2 \quad (7)$$

$$y = 842.9225 + 260.42x_3 - 47.867x_3^2 \quad (8)$$

由(7)式可以看出,绞股蓝地上干藤产量对 K 肥的反应是正效应, K 肥对绞股蓝地上部分生长有促进作用。但二次项系数为负,说明过量使用 K 肥,不利于绞股蓝地上部分生长,产量并没有相对应的增加,而且有较大下降的趋势,说明能找出一个适合绞股蓝生长的最适施 K 量。

由(8)式可以看出,绞股蓝地下根茎产量对 K 肥的反应是正效应, K 肥对绞股蓝地下根茎生长有促进作用。但二次项系数为负,说明过量使用 K 肥,绞股蓝产量并没有相对应的增加,而且有较大下降的趋势,因此能找出一个适合绞股蓝生长的

最适施 K 量。

2.2.4 N、P 交互作用对绞股蓝产量的影响 土壤中各矿质元素间是否平衡,不仅影响绞股蓝的生长而且影响所施用肥料的肥效。由交互方程(9)、(10)、表4、5可知绞股蓝地上干藤只有在N、P水平编码值分别为1和-1时,交互作用影响最大。绞股蓝地下根茎只有在N、P水平编码值分别为-1和1时,交互作用影响最大。NP交互作用明显为负,肥效因此而降低。可知,NP的交互作用系数均为负,说明NP的交互作用对绞股蓝地上干藤和地下根茎产量的影响不明显。

$$y = 3405.092 - 429.604 x_1 x_2 \quad (9)$$

$$y = 842.9224 - 111.215 x_1 x_2 \quad (10)$$

表4 x_1 (纵)与 x_2 的交互作用对地上干藤产量 y 的影响

Table 4 Effect of dry vine output under interactive between x_1 and x_2

水平 Level	-1	-0.2912	0.1925	1
-1	2800.334	2643.179	2838.308	3710.632
-0.2912	3582.469	3209.482	3257.322	3883.76
0.1925	4116.148	3595.873	3543.201	4001.811
1	5006.966	4240.805	4020.334	4198.849

表5 x_1 (纵)与 x_2 的交互作用对地下根茎产量 y 的影响

Table 5 Effect of rootstock output under interactive between x_1 and x_2

水平 Level	-1	-0.2912	0.1925	1
-1	692.683	799.085	869.523	983.184
-0.2912	772.366	822.894	855.202	905.209
0.1925	826.776	839.174	845.462	852.03
1	917.668	866.411	829.260	763.310

2.2.5 N、K 交互作用对绞股蓝产量的影响

由交互方程(11)、(12)可知,NK的交互作用系数均为正,P、K同时使用能促进肥料利用率,且(11)式中交互项系数值较大,说明NK的交互作用对绞股蓝地上干藤产量的影响更明显。由表6、7可知绞股蓝地上干藤在P、K水平编码值分别为1和1时,交互作用影响最大。绞股蓝地下根茎在P、K水平编码值分别为1和1时,交互作用影响最大。

$$y = 3405.092 + 370.877 x_1 x_3 \quad (11)$$

$$y = 842.9224 + 88.079 x_1 x_3 \quad (12)$$

表6 x_1 (纵)与 x_3 的交互作用对地上干藤产量 y 的影响

Table 6 Effect of dry vine output under interactive between x_1 and x_3

水平 Level	-1	-0.2912	0.1925	1
-1	2423.51	2691.684	2734.86	2554.182
-0.2912	2683.264	3092.765	3263.095	3294.69
0.1925	2784.751	3366.406	3623.509	3799.964
1	3029.18	3823.109	4225.072	4643.359

表7 x_1 (纵)与 x_3 的交互作用对地下根茎产量 y 的影响

Table 7 Effect of rootstock output under interactive between x_1 and x_3

水平 Level	-1	-0.2912	0.1925	1
-1	621.494	787.457	873.103	966.175
-0.2912	559.917	770.131	885.975	1029.459
0.1925	517.929	758.340	894.791	1072.679
1	447.890	738.714	909.569	1144.889

2.2.6 P、K 交互作用对绞股蓝产量的影响 由交互方程(13)、(14)可知,PK的交互作用系数均为正,说明同时施用PK能对绞股蓝地上干藤和地下根茎产量产生明显的影响。其中(14)交互项系数值较大,说明PK的交互作用对绞股蓝地下根茎部分产量影响效果更大。

表8 x_2 (纵)与 x_3 的交互作用对地上干藤产量 y 的影响

Table 8 Effect of dry vine output under interactive between x_2 and x_3

水平 Level	-1	-0.2912	0.1925	1
-1	3242.825	3761.335	3975.346	4079.862
-0.2912	2768.625	3296.024	3516.102	3630.745
0.1925	2747.396	3280.861	3505.079	3626.634
1	3258.527	3802.12	4033.248	4166.341

表9 x_2 (纵)与 x_3 的交互作用对地下根茎产量 y 的影响

Table 9 Effect of rootstock output under interactive between x_2 and x_3

水平 Level	-1	-0.2912	0.1925	1
-1	708.366	786.824	812.756	806.138
-0.2912	586.004	770.736	869.191	983.646
0.1925	500.328	757.584	905.531	1102.608
1	353.37	731.699	962.268	1297.278

由表8、9可知绞股蓝地上干藤在P、K水平编码值分别为1和1时,交互作用影响最大。绞股蓝地下根茎在P、K水平编码值分别为1和1时,交互作用影响最大。

$$y = 3405.092 + 17.694 x_2 x_3 \quad (13)$$

$$y = 842.9224 + 211.534 x_2 x_3 \quad (14)$$

2.3 寻优结果

绞股蓝氮磷钾肥效模拟方程寻优结果见表10、表11。

根据绞股蓝NPK肥效反应方程计算可知施肥模式寻优结果:(1)绞股蓝地上干藤目标年均产量在3 900~4 600 kg/hm²时,最佳施肥量为N 158.05~222.36 kg/hm², P₂O₅ 51.915~116.10 kg/hm², K₂O 104.06~170.134 kg/hm²。N : P₂O₅ : K₂O为2.26 : 1 : 1.63。(2)绞股蓝地下根茎目标年均产量在900~1 200 kg/hm²时,最佳施肥量为N 102.88~189.02 kg/hm², P₂O₅ 60.98

~ 100.49 kg/hm², K₂O 152.31 ~ 194.34 kg/hm²。N : P₂O₅ : K₂O 为 1.81 : 1 : 2.15。

表 10 地上干藤产量 Y 在 3 900~4 600 kg/hm² 之间的农艺措施方案

Table 10 Agricultural measures program of dry vine output between 3 900~4 600 kg/hm²

编码水平 Code	x ₁		x ₂		x ₃	
	次数	频率	次数	频率	次数	频率
-1	0	0	4	0.2667	1	0.0667
-0.2912	2	0.1333	2	0.1333	3	0.2000
0.1925	5	0.3333	2	0.1333	6	0.4000
1	7	0.4667	6	0.4000	4	0.2667
加权均数	0.492		0.1202		0.2188	
标准误差	0.1288		0.2184		0.1498	
95%分布区间	0.2396~0.7443		-0.3078~0.5481		-0.0748~0.5123	
施肥量/(kg/hm ²)	158.05~222.36		51.915~116.10		104.06~170.134	

表 11 地下根茎产量 Y 在 900~1200 kg/hm² 之间的农艺措施方案

Table 11 Agricultural measures program of rootstock output between 900~1200 kg/hm²

编码水平 Code	x ₁		x ₂		x ₃	
	次数	频率	次数	频率	次数	频率
-1	3	0.1667	2	0.1111	0	0
0.2912	4	0.2222	4	0.2222	0	0
0.1925	4	0.2222	8	0.4444	9	0.5000
1	6	0.3333	3	0.1667	8	0.4444
加权均数	0.1447		0.0764		0.5407	
标准误差	0.1723		0.1344		0.0953	
95%分布区间	-0.1931~0.4825		-0.1870~0.3398		0.3539~0.7275	
施肥量/(kg/hm ²)	102.88~189.02		60.98~100.49		152.31~194.34	

3 讨论

解析本研究的肥效反应模式可知, N、P、K 都促进绞股蓝产量的提高, 但是若过量施用 N、P、K 会造成减产。绞股蓝地上藤蔓部分与地下根茎部分表现出不同的需肥特性。绞股蓝地上藤蔓对氮元素的需求量比例较高, 地下根茎对于钾元素的需求量比例较大。氮磷钾间的相互影响作用的差异明显, 绞股蓝地上地下两部分的 NP 交互作用均为负, NK 交互作用均为正, PK 交互作用均为正。赵永志等(2002)研究发现在北京黄芪施用氮、磷、钾的最佳 N : P₂O₅ : K₂O 为 1 : 0.8~1.2 : 1.2~1.8^[9]。王渭玲等(2002)研究发现在商州丹参施肥模式寻优结果为 N : P₂O₅ : K₂O 为 1.854 : 1 : 1.232^[10]。与根类药用植物相比, 全草类绞股蓝有着不同的需肥特性, 地上藤蔓产量对肥料的依赖性顺序为 N>K>P, 地下根茎产量肥料的依赖性顺序 K>N>P, 全植株对于钾的需求较大。因此, 可根据绞股蓝不同药用部位的吸肥特点, 针对不同收获目标选择适宜的施肥比例。

参考文献:

- [1] 吴征镒, 陈书坤. 中国绞股蓝属(葫芦科)的研究[J]. 植物分类学报, 1983, 21(4): 355~369.
- [2] 龙云, 邓美玲, 谈锋. 绞股蓝对水分胁迫的适应性研究[J]. 西南师范大学学报, 1999, 24(1): 81.
- [3] 刘敏华, 刘桂芝, 刘影. 绞股蓝[M]. 北京: 中国医药出版社, 2001. 52~76.
- [4] 许炫玉. 关于 SOP 编制的几点建议[J]. 中药研究与信息, 2002, 4(2): 5.
- [5] 刘汉珍, 张树杰, 时侠清. 施肥对白芍产量及品质的影响[J]. 中国野生植物资源, 2003, 22(4): 70~71.
- [6] 付开聪, 许明, 杨礼攀. 氮、磷、钾对嘉兰植株生长和秋水仙碱含量的影响[J]. 中国中药杂志, 2003, 25(3): 144~145.
- [7] 盛束军, 郑俊波, 俞旭平, 等. 不同施肥水平对益母草生长的影响[J]. 植物资源与环境, 1998, 7(1): 31~34.
- [8] 赵杨景. 西洋参营养特点的研究 I 贫瘠的营养环境对西洋参生长的影响[J]. 中草药, 1989, 20(11): 32.
- [9] 赵永志, 尹光红, 张海萍. 药用植物黄芪氮磷钾配比试验简报[J]. 中国农学通报, 2002, 11(4): 113~116.
- [10] 王渭玲, 梁宗锁, 孙群. 丹参氮磷钾肥效反应模式研究[J]. 西北农业学报, 2002, 11(4): 59~62.