

人工种植甘草氮磷钾肥效反应模式研究^{*}

张清云, 李明, 蒋齐, 潘占兵
(宁夏农林科学院荒漠化治理研究所, 银川 750002)

摘要: 建立的数学模型为 $y = 284.77 + 9.20x_1 + 0.84x_2 + 0.74x_3 - 4.96x_1^2 - 17.55x_2^2 - 5.79x_3^2 + 9.71x_1x_2 + 9.62x_1x_3 - 0.86x_2x_3$, 回归显著性检验, 复相关系数 $r = 0.824$, $r_{0.05(3,7)} = 0.807$, 回归显著, 方程拟合较好。根据对模型的计算机仿真寻优结果, 结合大田人工栽培甘草的实际生产水平得出人工种植甘草(2年) 4 200~ 4 500 kg/hm² 的农业措施为: N 210.89~ 233.78 kg/hm²; P₂O₅ 203.22~ 239.43 kg/hm²; K₂O 132.22~ 154.42 kg/hm²

关键词: 沙荒地; 甘草; 人工种植; 施肥

中图分类号: S567.7 1

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2005)02-0169-05

Response Model of N P K Fertilizer in Artificial Planting of Glycyrrhiza

ZHANG Qing-yun, LI Ming, JIANG Qi and PAN Zhan-bing

(Institute of Desert to Administer, Ningxia Academy of Agricultural and Forest of Science, Yinchuan Ningxia 750002, China)

Abstract Establish mathematics model $y = 284.77 + 9.20x_1 + 0.84x_2 + 0.74x_3 - 4.96x_1^2 - 17.55x_2^2 - 5.79x_3^2 + 9.71x_1x_2 + 9.62x_1x_3 - 0.86x_2x_3$. Regression significance inspects: Correlation coefficient $r = 0.824$, $r_{0.05(3,7)} = 0.807$, it is notable to regress, equation is joined better. According to the computer emulation for model, seek good result, combine the actual production level of big field artificial cultivation licorice, the result showed HongSibu yellow irrigation district of Ningxia the farming skill which sand land soil artificial cultivation (2 years) licorice merchandise rough output is over 4 200~ 4 500 kg/hm² fertilizing model use pure N 210.89~ 233.78 kg/hm²; P₂O₅ 203.22~ 239.43 kg/hm²; K₂O 132.22~ 154.42 kg/hm².

Key words Sand soil; Glycyrrhiza; Artificial cultivation; Apply fertilizer

近年来,随着甘草 (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) 的药理研究日益深入^[1], 甘草药物需求量不断增加, 仅依靠采挖有限的野生种已不能满足现代化的制药需求, 虽然许多地区已基本实现了甘草人工栽培, 但栽培技术落后, 直接影响着甘草的产量和品质(甘草有效成分含量)^[2]。已有试验表明, 甘草栽培过程中的水肥管理, 特别是施肥技术, 包括施肥量、施肥时期、施肥种类及各种肥料的对比对甘草的有机化合物的代谢有很大的影响^[3,4]。由于目前这方面研究较为零散, 国内外缺

乏系统研究, 使甘草优质高产的施肥技术还依靠经验, 并建立在参照农作物施肥的基础上, 而针对某一特定生态条件下的土壤肥力状况, 进行甘草的高产优质 N P K 合理施肥研究甚少。为此, 笔者在宁夏红寺堡扬黄灌区进行了 N P K 化肥配比试验^[5,6], 为甘草优质高产提供施肥依据

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验地位于宁夏红寺堡绿苑工贸有限公司甘

* 收稿日期: 2004-08-26 修回日期: 2004-12-07

基金项目: 宁夏回族自治区“十五”重大科技攻关专项, 农业产业化关键技术, 重点地道中药材甘草规范化种植技术研究 (2002-Z01-08)。

作者简介: 张清云 (1964-) 男, 宁夏盐池县人, 农艺师, 主要从事中药材种植技术研究。

草种植基地。海拔 1 240 m,无霜期 155 d,日平均气温 8.4℃,≥ 10℃的年有效积温平均为 2 963.1℃,年降雨量为 277 mm,蒸发量为 2050 mm,年太阳总辐射 143.9 kcal/cm²,年日照时数

达 3 036.4小时,属中温带干旱气候区,大陆性气候特征十分明显。土壤质地为沙壤土,pH值为 7.6。供试土壤基本状况见表 1

表 1 供试土壤基本性状

Table 1 Basic characteristic of soil in experiment

土层深度 Soil depth /cm	有机质 OM /(g° kg ⁻¹)	全氮 Total N /(g° kg ⁻¹)	全磷 Total P /(g° kg ⁻¹)	全钾 Total K /(g° kg ⁻¹)	速效 N Available N /(g° kg ⁻¹)	速效 P Available P /(g° kg ⁻¹)	速效 K Available K /(g° kg ⁻¹)	PH值	全盐 NaCl /(g° kg ⁻¹)
0- 20	2.21	0.08	0.19	16.4	10.6	6.0	106.0	8.47	0.30
20- 40	2.30	0.05	0.17	16.6	6.03	3.0	44.1	8.62	0.17

1.2 试验材料

品种为乌拉尔甘草,肥料为尿素(宁夏化肥厂),含 N 46%;磷酸二铵(宁夏丰叶厂),含 N 17%,含 P₂O₅ 43%;普磷(宁夏金牛集团),含 P₂O₅ 12%;硫酸钾(山东苔南化肥厂),含 K₂O 52%。

1.3 试验设计

采用 N P K 最优混合“311”设计方法^[6,7],11个处理,代码设计,3次重复,除对照外,N P K 分别设置 4个水平,小区面积 50 m²,四周设置保护行,设计编码值及对应的施肥量分别见表 2

表 3 N P K 三因素最优混合“311”设计方案

Table 3 The“311” design plan of N, P, K three factors

处理 Treatment	编码值 Code	施 N 量 N rate /(kg° hm ⁻²)	编码值 Code	施 P ₂ O ₅ 量 /(kg° hm ⁻²) P ₂ O ₅ rate	编码值 Code	施 K ₂ O 量 /(kg° hm ⁻²) K ₂ O rate
1	0	127.5	0	168.75	2	187.5
2	0	127.5	0	168.75	-2	0
3	-1.414	37.365	-1.414	49.44	1	140.625
4	1.414	217.65	-1.414	49.44	1	140.625
5	-1.414	37.365	1.414	288.06	1	140.625
6	1.414	217.65	1.414	288.06	1	140.625
7	2	255.0	0	168.75	-1	46.875
8	-2	0	0	168.75	-1	46.875
9	0	127.5	2	337.5	-1	46.875
10	0	127.5	-2	0	-1	46.875
11	0	127.5	0	168.75	0	93.75
12	-	-	-	-	-	-

1.4 试验方法

N P K 化肥一次性施入,4月 25日移栽,行距 40 cm,株距 15 cm,定植 11 000株/667 m²。田间管理同大田生产,2003年 11月 10日采收。

2 结果与分析

2.1 甘草 N P K 肥效试验的生长状况及产量结果

在甘草生长过程中,对植株地上、地下部分的生长状况进行了调查,甘草生长状况及产量结果分析见表 4。

和表 3

表 2 因子零水平及变化间距

Table 2 The factor of 0 level and change span

水平 Level	因子 Factor	Z ₁ (N) /(kg/667m ²)	Z ₂ (P ₂ O ₅) /(kg/667m ²)	Z ₃ (K ₂ O) /(kg/667m ²)
Max	最大施肥量 Fertilization rate	17.0	22.5	12.5
Minimum	最小施肥量 Fertilization rate	0	0	0
Level	零水平 (Z _{0j}) Level (Z _{0j})	8.5	11.25	6.25
Change span	变化间距 Change span	4.25	5.625	3.125

2.2 甘草 N P K 肥效试验方程的建立及检验

甘草根是主要收获产品,根据试验结果,求得在宁夏红寺堡扬黄灌区甘草种植基地 N P K 肥效的反应方程为: $y = 284.77 - 9.20x_1 + 0.84x_2 + 0.74x_3 - 4.96x_{12} - 17.55x_{22} - 5.79x_{32} + 9.71x_1x_2 + 9.62x_1x_3 - 0.86x_2x_3$ (1)

回归显著性检验结果,F值为 5.63,达到 5% 显著性水平 (F_{0.05(3,7)} = 4.35),复相关系数 r = 0.824, r_{0.05(3,7)} = 0.807,回归显著,方程拟合较好,表明试验数据可靠,能反映实际情况。不施肥处理(12 ck)的甘草产量能反映出土壤地力水平。

研究发现,甘草根的个体鲜重差异较大,这种差异并非是土壤地力水平的反映,而是由于在栽培过程中的管理水平造成的。因此,土壤地力水平与甘

草个体重量之间的定量关系还难以确定,需要进一步研究

表 4 甘草 N P K 肥效试验的生长状况及产量结果

Table 4 Growth and yield of Glycyrrhiza in N, P, K fertilizer experiment

处理 Treatment	株高 /cm Height of plant	株丛分蘖 /个 The divide nie of plant clump	根长 /cm The length of root	横径 /cm Diameter of the root	小区地上产量 /(kg/50m ²) Ov erground yield of distriction	小区地下产量 /(kg/50m ²) Undergroun d yield of distriction	地下产量 /(kg·hm ⁻²) Underground yield
1	36	5.8	53	1.13	5.79	21.4	4287
2	34	5.7	60	1.12	5.36	21.2	4233
3	39	5.8	58	1.08	5.94	20.0	4006
4	32	4.7	59	1.03	5.79	18.4	3675
5	37	5.1	54	0.91	5.97	19.5	3907
6	44	5.4	61	1.15	5.84	21.8	4365
7	40	6.3	57	1.11	4.16	16.8	3366
8	35	5.7	64	1.15	4.62	15.0	2997
9	39	5.6	56	1.12	6.60	14.2	2850
10	39	5.4	53	1.03	5.71	16.5	3295
11	38	5.7	61	1.19	5.71	28.2	5625
12	38	5.2	62	1.19	4.81	19.2	3838

2.3 因子间效应分析见表 5

2.3.1 施 N 对甘草产量的影响 从方程 (1) 中 N 对甘草产量结果分析时,把 P 和 K 的施用取值为编码零水平,则 N 肥反应方程为: $y = 284.77 + 9.20x_1 - 4.96x_1^2$ (2)

从方程 (2) 可以看到,甘草产量对 N 肥的反应是正效应,施 N 能促进甘草产量的提高,在相

同栽培管理水平条件下, N 肥的增产效果明显,一次回归系数大,如果管理不到位, N 肥的肥效就差。从二次项的系数变化来看,过量施用 N 肥,甘草产量并没有相对应的增加,而是呈下降的趋势,方程的二次项系数为 - 4.96,说明能找出一个适合甘草生长的最佳施 N 量

表 5 主效应在不同水平下的产量结果比较

kg/667m²

Table 5 The comparison of yield that main effect takes off in different level

因子水平 Factor level	-2	-1.414	-1	0	1	1.414	2	Ya 平均	S	CV%
氮 N	246.3	261.84	270.61	284.77	289.01	287.86	283.23	274.85	15.97	5.8
磷 P	212.89	248.49	266.38	284.77	268.06	250.87	216.25	249.67	26.84	10.7
钾 K	260.13	272.15	278.24	284.77	279.72	274.27	263.09	273.19	8.92	3.3

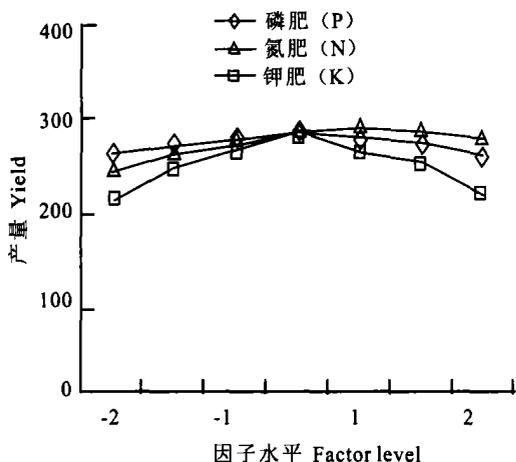


图 1 因子主效应在不同编码水平下的产量变化

Fig. 1 The change of yield that main effect takes off in different codes

2.3.2 施 P 对甘草产量的影响 从方程 (1) 中对甘草产量结果分析时,把 N 和 K 的施用取值为编码零水平,则 P 肥反应方程为: $y = 284.77 + 0.84x_2 - 17.55x_2^2$ (3)

从方程 (3) 可以看到,甘草产量对 P 肥的反应是正效应,施 P 能促进甘草产量的提高,在相同栽培管理水平条件下, P 肥的增产效果明显,如果管理不到位, P 肥的肥效就差。从二次项的系数变化来看,过量施用 P 肥,甘草产量并没有相对应的增加,而是呈下降的趋势,方程的二次项系数为 - 17.55,说明在高磷和低磷的情况下产量低而不稳,因此在生产中要特别注意磷肥的使用量

2.3.3 施 K 对甘草产量的影响 从方程 (1) 中对甘草产量结果分析时,把 N 和 P 的施用取值为

编码零水平,则 K肥反应方程为: $y = 284.77 + 0.74x_3 - 5.79x_3^2$ (4)

从方程(4)可以看到,甘草产量对 K肥的反应是正效应,施 K能促进甘草产量的提高。从土壤分析结果看,土壤的速效钾含量较高,含量为 106 mg/kg,但由于甘草是收获根系,也需要施入

一定量的钾肥

2.3.4 N P交互效应对甘草产量的影响 由方程(1)可看出,营养条件的平衡不仅影响甘草的生长,而且也影响 N P的肥效,其 N P肥效反应方程为: $y = 284.77 + 9.20x_1 + 0.84x_2 - 4.96x_1^2 - 17.55x_2^2 + 9.71x_1x_2$ (5)

表 6 N P交互效应分析

Table 6 The analysis of N P interactive effect

N P	- 2	- 1.414	- 1	0	1	1.414	2	平均	S	CV%
- 2	213.49	244.98	261.93	284.77	282.01	273.37	253.65	259.17	24.8487	9.59
- 1.414	213.49	244.98	261.93	284.77	282.01	273.37	253.65	259.17	24.8487	9.59
- 1	213.49	244.98	261.93	284.77	282.01	273.37	253.65	259.17	24.8487	9.59
0	213.49	244.98	261.93	284.77	282.01	273.37	253.65	259.17	24.8487	9.59
1	213.49	244.98	261.93	284.77	282.01	273.37	253.65	259.17	24.8487	9.59
1.414	213.49	244.98	261.93	284.77	282.01	273.37	253.65	259.17	24.8487	9.59
2	237.71	257.18	270.61	268.06	268.84	246.80	283.33	261.79	15.5809	5.95
平均	217.38	246.72	263.17	282.38	280.13	269.57	257.89			
S	8.999	4.611	3.281	6.316	4.978	10.043	11.218			
CV%	4.14	1.87	1.25	2.24	1.78	3.73	4.35			

从 N P肥交互作用的方程(5)和效应分析表6可看出,其交互作用系数为正值,说明在同一施磷水平下,施氮对甘草产量影响较大,变异系数相对较大, CV为 5.95% ~ 9.59%,且随着施氮量的增加产量呈上升趋势,至“零”水平时产量达最高,后又呈下降趋势,其中 $- 2 \leq x_1 \leq 1.414$ 之间,变幅完全相同;在同一施氮水平下,施磷对产量的影响较为稳定,其变异系数也相对较小, CV为 1.

78% ~ 4.35%。施氮量和施磷量交互作用的最佳区域为:施 N 8.5~ 14.5 kg/667 m²;施 P₂O₅ 0~ 19.2 kg/667m² 可获得 4 050 kg/hm² 的产量。

2.3.5 N K交互效应对甘草产量的影响 由方程(1)可看出,营养条件的平衡不仅影响甘草的生长,而且也影响 N K的肥效,其 N K肥效反应方程为: $y = 284.77 + 9.20x_1 + 0.74x_3 - 4.96x_1^2 - 5.79x_3^2 + 9.62x_1x_3$ (6)

表 7 N K交互效应分析

Table 7 The analysis of N K interactive effect

N K	- 2	- 1.414	- 1	0	1	1.414	2	平均	S	CV%
- 2	260.37	268.46	273.7	284.77	293.58	296.57	300.13	282.51	15.28	5.4
- 1.414	260.37	268.46	273.7	284.77	293.58	296.57	300.13	282.51	15.28	5.4
- 1	260.37	268.46	273.7	284.77	293.58	296.57	300.13	282.51	15.28	5.4
0	260.37	268.46	273.7	284.77	293.58	296.57	300.13	282.51	15.28	5.4
1	260.37	268.46	273.7	284.77	293.58	296.57	300.13	282.51	15.28	5.4
1.414	260.37	268.46	273.7	284.77	293.58	296.57	300.13	282.51	15.28	5.4
2	261.11	268.92	270.61	279.72	292.08	293.39	283.33	278.45	12.16	4.4
平均	260.47	268.53	273.26	284.05	293.37	296.12	297.73			
S	0.2797	0.1739	1.1679	1.9087	1.6824	1.2019	6.3498			
CV%	0.11	0.065	0.065	0.67	0.19	0.41	2.13			

从 N K肥交互作用的方程(6)和效应分析表7可看出,其交互作用系数为正值,说明在同一施钾水平下,施氮对甘草产量影响较大,变异系数相对较大, CV为 4.4% ~ 5.4%,且随着施氮量的增加产量呈上升趋势,变幅基本相同;在同一施氮水平下,施钾对产量的影响较为稳定,其变异系数也

相对较小, CV为 0.11% ~ 2.13%。施氮量和施磷量交互作用的最佳区域为:施 N 8.5~ 14.5 kg/667m²;施钾 0~ 9.4 kg/667m²,可获得 4 200 kg/hm² 的产量。

2.3.6 P K交互效应对甘草产量的影响 由方程(1)可看出,营养条件的平衡不仅影响甘草的生

长,而且也影响 P K的肥效,其 P K肥效反应方程为: $y = 284.77 + 0.84x_2 + 0.74x_3 - 17.55x_2^2 - 5.79x_3^2 - 0.86x_2x_3$ (7)

从 P K的交互作用的方程 (7)可看出,其交互作用系数为负数 (- 0.86),说明 P K的交互作用对甘草的产量影响不明显。

2.4 施肥模式寻优结果

根据 N P K肥效反应方程计算,甘草产量的组合方案有 343套,产量大于 4 350 kg /hm²的有 15套,占 4.4%;大于 4 200 kg /hm²的有 29

套,占 8.5%;大于 4 050 kg /hm²有 43套,占 12.5%;大于 3 900 kg /hm²有 75套,占 21.9%;大于 3 750 kg /hm²有 109套,占 31.8%。这里我们确定大于 4 200 kg /hm²为优域,因此,甘草目标产量在 4 200~ 4 500 kg /hm²时,各因素 95%置信取值水平为 $x_1 = 1.3081 \sim 1.6671$, $x_2 = 0.4085 \sim 0.8377$, $x_3 = 0.8206 \sim 1.2943$,相应的农业措施为: N 210.89~ 233.78 kg /hm²; P₂O₅ 203.22~ 239.43 kg /hm²; K₂O 132.22~ 154.42 kg /hm²。

表 8 甘草高产农艺措施中 Xi的取值频率分布

Table 8 Frequency distribution of Xi value in high yield culture technique of Glycyrrhiza

变量 Variance	N		P		K	
	次数 Time	频率 Frequency	次数 Time	频率 Frequency	次数 Time	频率 Frequency
- 2	0	0	0	0	0	0
- 1.414	0	0	0	0	0	0
-01	0	0	0	0	0	0
1	0.0345	13	0.4483	7	0.2414	
1	7	0.2414	11	0.3793	8	0.2759
1.414	10	0.3448	5	0.1724	8	0.2759
2	11	0.3793	0	0	6	0.2069
合计	29	1	29	1	29	1
频率平均值 Xi	1.4876		0.6231		1.0797	
频率标准差 Sxi	0.0916		0.1095		0.1322	
95% 置信域	1.3081~ 1.6671		0.4085~ 0.8377		0.8206~ 1.2943	
施肥量 (kg /hm ²)	210.89~ 233.78		203.22~ 239.43		132.22~ 154.42	

3 小结

3.1 氮肥是影响人工栽培甘草产量的主要因素,施氮(正效应)> 施磷(正效应)> 施钾(正效应),磷、钾通过与氮肥的交互作用而发挥其增产效应,因此在栽培管理上一定要注意氮、磷、钾肥的配比: 1: 0.99: 0.64

3.2 试验地系耕种二年的沙荒地,土壤较为瘠薄,因此所得的方案可适用于宁夏中部干旱带的大部分沙荒地

参考文献:

- [1] 李殿树.栽培技术对药用植物有效成分含量的影响[J].中药材科技,1980,(1): 43~ 47.
- [2] 徐小涛,张国荣,赵余仁.甘草产业化开发前景不可估量[J].宁夏科技,2001,4: 29.
- [3] 王照兰,杜建材,余林清,等.甘草的利用价值、研究现状及存在的问题[J].中国草地,2002,24(1): 73~ 76.
- [4] 傅密宁.傅克沿甘草的引种栽培[J].植特杂志,1987,(3): 12.
- [5] 邢素芝,汪建飞,姚春芬.辣椒 NPK肥料配施数学模型的研究[J].土壤通报,2003,34(3): 238~ 240.
- [6] 李明,陈静,张俊杰,等.宁夏引黄灌区覆膜穴播小麦优化数学模型研究[J].1979,(3) 25~ 28.
- [7] 王渭玲,梁宗所,孙群,等.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.