

丹参氮磷钾肥效反应模式研究

王渭玲¹, 梁宗锁², 孙 群¹, 魏永胜¹, 王敬民³, 蒋传忠³

(1. 西北农林科技大学生命科学院, 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. 天士力商洛药用植物有限公司, 陕西商洛 726000)

摘要: 采用 N、P 二因素五水平和 N、P、K 三因素五水平最优设计, 在陕西天士力药用植物有限公司丹参基地进行了丹参氮、磷、钾肥效田间试验, 结合试验点的土壤肥力水平, 求得了丹参 N、P、K 的肥效反应方程, 提出了丹参不同产量水平时的 N、P、K 合理配比和肥料用量。丹参目标产量在 5 000~5 700 kg/hm² 间的 N、P 量是 N 115.5~214.3 kg/hm²; P₂O₅ 153.4~243.4 kg/hm²。丹参目标产量在 8 000~9 500 kg/hm² 间的 N、P、K 施肥量 N 133.8~207.5 kg/hm²; P₂O₅ 68.25~115.8 kg/hm²; K₂O 80.3~146.5 kg/hm²。分析了 N、P、K 对丹参生长发育和产量的影响, 结果表明 N、P、K 都促进了丹参产量的提高, 但 N、P、K 的施用过量会造成减产。

关键词: 丹参; 氮; 磷; 钾; 肥效

中图分类号: S562

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2002)04-0059-04

Study on the Response Model of N, P, K Fertilizer of Danshen

WANG Wei-ling¹, LIANG Zong-suo², SUN Qun¹, WEI Yong-sheng¹,
WANG Jing-min³, JIANG Chuan-zhong³

(1. College of Life Science, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling Shaanxi 712100, China;
2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling Shaanxi 712100, China;
3. Shaanxi TASLY Plant Pharmaceutical Co Ltd, Shangluo Shaanxi 726000, China)

Abstract: The optimum design of N, P with 5 levels and N, P, K with 5 levels was adopted in the experiment. The field experiment was conducted in the Danshen base of Shaanxi Tasly medicine Plant limited Company in Shangzhou city Shaanxi province. The response N, P and N, P, K of different soil condition and different fertilizer rate were obtained. According to the response equations the optimum amount of N, P, K fertilizers were obtained. Fertilizer amount of N, P was N 115.5~214.3 kg/hm² and P₂O₅ 153.4~243.4 kg/hm² in Danshen target yield at 5000~5700 kg/hm². Fertilizer amount of N, P, K was N 133.8~207.5 kg/hm²; P₂O₅ was 68.25~115.8 kg/hm² and K₂O was 80.3~146.5 kg/hm² in Danshen target yield at 8000~9500 kg/hm². Analyzed N, P, K influence to Danshen growth and yield. However, if too many N, P, K fertilizer was used, the output of Danshen would be reduced.

Key words: Danshen; Nitrogen; Phosphor; Potassium; Response of fertilizer

近年来,随着丹参(*Radix salviae Miltiorrhizae*)的药理研究日益深入^[1],丹参药物需求量不断增加^[2],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丹参人工栽培,但是生产技术和栽培技术落后,直接影响着丹参的产量和品质。已有研究表明,栽

收稿日期: 2002-09-20

基金项目: 陕西天士力植物药业有限公司基金(TSL01001); 陕西省科技攻关项目(2001K01-G15-03)资助。

作者简介: 王渭玲(1962—), 女, 陕西渭南人, 副研究员, 主要从事旱地农业及作物抗旱生理的研究。联系电话: (029)7081639(H)

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配比对丹参的有机化合物的代谢有很大的影响^[3-4]。矿质营养与次级代谢关系密切,例如贫瘠的营养使人参总皂甙含量降低了17.6%^[4]。不同营养元素对中草药的生长发育和产量构成及有效成分亦有重要影响^[5-7]。但由于目前这方面研究较为零散,国内外尚缺乏系统研究,使丹参高产优质生产的施肥技术还依靠经验,建立在参照农作物施肥的基础之上。而针对某一特定生态条件下的土壤肥力状

况,进行丹参的高产优质 N、P、K 合理施肥研究甚少,为此,笔者在陕西省商洛市进行了丹参 N、P 化肥和 N、P、K 化肥配比试验,以为丹参的优质生产提供施肥依据。

1 材料与方 法

试验设在陕西省商州市陕西天士力药用植物有限公司丹参基地,土壤质地为砂壤,供试土壤基本性状见表1。供试的丹参品种是紫花丹参,移栽时间商州基地为2001年4月5日。

表1 供试土壤基本性状

Table 1 Soil Characteristic used in experiment

土层深度 Soil depth /cm	有机质 OM /(g/kg)	全 氮 Total N /(g/kg)	速效氮 Available N /(mg/kg)	速效磷 Available P /(g/kg)	速效钾 Available K /(mg/kg)	有效 Fe Available Fe /(mg/kg)	有效 Cu Available Cu /(mg/kg)	有效 Mn Available Mn /(mg/kg)	有效 Zn Available Zn /(mg/kg)
0~20	14.6~19.0	0.75~0.90	85.7~152.4	7.38~25.7	132~172	21.5~70.1	1.89~3.65	20.16~56.92	1.18~2.33
20~40	10.0~14.1	0.68~0.97	76.0~102.0	7.65~9.4	114~136	16.2~40.0	1.73~3.36	10.40~31.23	0.73~1.32
40~60	6.0~10.2	0.43~0.61	40.9~74.2	7.31~9.7	84.8~111.0	12.6~24.4	1.32~2.51	5.68~16.73	0.56~1.05

土壤肥力等级的划分 根据当地的种植历史和地力条件,以小麦产量的生产潜力高低划分土壤肥力级别,小麦产量为1 500~2 250 kg/hm²为低肥力,2 250~3 000 kg/hm²为中肥力,大于3 000 kg/hm²为高肥力。并结合供试土壤基本性状,进行氮磷钾的试验。

试验设计 试验采用二因素二次 D-饱和和最优设计和三因素二次 D-饱和和最优设计^[8],设计编码值及对应的施肥量分别见表2和表3。P、K肥一次施入,N肥基施2/3,追施1/3,试验小区面积4 m×6 m=24 m²,重复3次。

田间未施用农药,一般除草管理同大田生产,2001年11月20日收获。

表2 N、P 二因素 D-饱和和最优设计方案

Table 2 Two factors of D-saturation design plan of N、P

处 理 Treatment	水平编码值 Code		施肥量 Fertilization Rate/(kg/hm ²)	
	x ₁	x ₂	N	P ₂ O ₅
1	-1	-1	0	0
2	1	-1	225	0
3	-1	1	0	225
4	-0.1315	-0.1315	98	98
5	1	0.3944	225	157
6	0.3944	1	157	225

表3 N、P、K 三因素二次 D 饱和和最优设计方案

Table 3 Three factors of D-saturation design plan of N, P, K

处 理 Treatment	编码值 Code	施 N 量 N rate /(kg/hm ²)	编码值 Code	P ₂ O ₅ 量 P ₂ O ₅ rate /(kg/hm ²)	编码值 Code	K ₂ O 量 K ₂ O rate /(kg/hm ²)
1	-1	0	-1	0	-1	0
2	1	225	-1	0	-1	0
3	-1	0	1	150	-1	0
4	-1	0	-1	0	1	225
5	-1	0	0.1925	90	0.1925	134
6	0.1925	134	-1	0	0.1925	134
7	0.1925	134	0.1925	90	-1	0
8	-0.1925	91	1	150	1	225
9	1	225	-0.1925	61	1	225
10	1	225	1	150	-0.1925	91

2 结果与分析

2.1 N、P、K 肥效反应方程的建立及检验

在丹参生长过程中对植株生长状况进行了调查,丹参生长状况及产量结果见表4~5。

表 4 N、P 肥效试验丹参生长状况及产量结果

Table 4 Growth and yield of Dangshen in N、P fertilizer experiment

处 理 Treatment	最大根直径 Diameter of the thickest root /cm	最大根长 The longest root /cm	单株根个数 Roots per plant /(条/株)	10 株根鲜重 Fresh weight of 10 roots /g	小区地上鲜重 Fresh weight of stem and leaf /(kg/plot)	丹参根鲜产量 Fresh yield of root /(kg/hm ²)
1	1.32	33.8	26.6	2900	8.51	3625
2	1.38	34.6	17.8	2352	12.70	5292
3	1.15	33.4	18.7	1150	9.00	3750
4	1.06	28.8	24.0	1715	10.00	4167
5	1.13	32.4	21.4	1512	9.05	3771
6	1.18	30.7	23.3	1575	13.50	5625

表 5 N、P、K 肥料试验丹参生长状况及产量结果

Table 5 Growth and yield of Danshen in N, P, K fertilizer experiment

处 理 Treatment	最大根直径 Diameter of the thickest root /cm	最大根长 The longest root /cm	单株根数 Roots per plant /(个/株)	小区根鲜重 Fresh weight of root (kg/plot)	小区地上鲜重 Fresh weight of stem and leaf /(kg/plot)	根鲜重 Fresh yield of root /(kg/hm ²)
1	1.12	27.4	18.1	13.25	4.50	5521
2	1.66	27.0	18.5	19.75	10.30	8230
3	1.43	28.8	28.1	20.75	12.60	8350
4	1.44	25.8	14.5	17.00	7.75	7084
5	1.08	30.4	29.9	20.85	9.65	7680
6	1.59	29.0	20.5	18.75	12.60	7100
7	1.31	25.5	19.6	15.50	5.50	6459
8	1.30	26.3	20.7	19.50	6.10	7500
9	1.45	32.3	24.0	20.95	10.25	8730
10	1.36	26.6	21.5	17.00	7.75	7084
11	1.57	27.6	19.8	22.50	10.10	9375
12	1.39	32.2	14.3	17.50	71.50	7292
13	1.38	30.9	18.1	20.00	9.10	8334

丹参根是主要收获产品,将各试验点的丹参根鲜重归类平均,得以在不同试验地不同肥力土壤上的丹参对 NP 和 NPK 施肥水平的肥效反应模式。肥效反应的数学模式采用二次多项式,即 $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2$; $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3 + b_7x_1^2 + b_8x_2^2 + b_9x_3^2$ 。

式中 x_1 为 N (kg/hm²), x_2 为 P₂O₅ (kg/hm²), x_3 为 K₂O (kg/hm²), $b_i (i=1,2,\dots,9)$ 为回归系数, y 为丹参根鲜重。

根据试验结果,求得在商州基地的 NP 肥的反应方程为 $y = 4185.23 + 498.80x_1 - 272.17x_2 - 1123.17x_1^2 + 1624.74x_2^2 + 165.33x_1x_2$ (1)

在商州丹参基地的 NPK 肥效的反应方程为: $y = 6858.49 + 755.02x_1 + 615.89x_2 + 345.33x_3 + 1291.82x_1^2 + 459.36x_2^2 - 455.30x_3^2 - 480.96x_1x_2 - 118.52x_1x_3 - 317.64x_2x_3$ (2)

由(1)~(2)可得,丹参施肥的反应效果与试验地点的土壤肥力条件和栽培管理水平关系密

切,其平均反应方程为: $y = 5812.63 + 778.87x_1 + 618.38x_2 - 403.58x_1^2 - 668.30x_2^2 - 248.45x_1x_2$ (3)

不施肥处理的丹参产量能反映出土壤地力水平,研究发现,丹参的根鲜重相差较大,而这种产量差异并非是土壤地力水平的反映,而是由于在栽植过程的管理水平造成的。因此,土壤地力水平与丹参产量之间的定量关系还难以确定,需要进一步研究。

2.3 施 N 对丹参产量的影响

从方程(1)~(2)中 N 对丹参产量结果分析时,把 P 和 K 的施用取值为编码零水平,则 N 肥反应方程为:

$$y_1 = 4185.23 + 498.80x_1 - 1123.17x_1^2 \quad (4)$$

$$y_2 = 6858.49 + 755.02x_1 + 129.82x_1^2 \quad (5)$$

取平均值方程为:

$$y_{\text{平均值}} = 5812.64 + 778.87x_1 - 403.58x_1^2 \quad (6)$$

可以看到,施肥 N 肥能促进丹参产量的提高,在相同条件下栽培管理水平较完善, N 肥的效

果就明显,一次回归系数的值就大,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,丹参产量并没有相对应的增加,而且有下降的趋势,以上方程的二次项系数的总平均值为-403.58,说明能找出一个适合丹参生长的最适施N量。

2.4 施P对丹参产量的影响

方程(1)~(2)中对丹参产量结果分析时,把N和K的施用量取编码值零水平,则方程为

$$y_1 = 4185.23 - 272.17x_2 + 1624.74x_2^2 \quad (7)$$

$$y_2 = 6858.49 + 615.89x_2 + 459.36x_2^2 \quad (8)$$

取平均值方程为:

$$y = 5812.6 + 618.38x_2 - 664.30x_2^2 \quad (9)$$

从方程(9)分析,丹参产量对磷肥的反应是正效应,施用磷肥能促进丹参产量的提高,但不同试验点由于土壤磷素水平的高低不同,丹参生长期间的栽培管理措施有差异,从而导致磷肥的肥效反应差异较大,需要进一步研究不同土壤磷素水平对丹参生长的影响大小。但从平均值的方程(9)分析,肥效反应方程类型基本符合肥效反应模型。

2.5 施K对丹参产量的影响

方程(2)中,把N和P的施用取值为编码零水平,则钾肥的肥效反应模式为:

$$y = 6858.49 + 345.33x_3 - 455.30x_3^2 \quad (10)$$

从试验方程(10)分析,丹参产量对钾肥的反应是正效应,施用钾肥能促进丹参产量的提高,从土壤分析结果看,土壤的速效钾含量较高,含量132~172 mg/kg,但由于丹参是收获根系,也需施用钾肥。

2.6 N、P交互作用对丹参产量的影响

营养条件的平衡不仅影响丹参的生长,而且也影响NP的肥效,由方程(11)~(13)的NP肥效交互作用方程看出,NP的交互作用系数为负值,说明NP的交互作用对丹参产量的影响不明显。

$$y_1 = 4185.23 + 165.33x_1x_2 \quad (11)$$

$$y_1 = 6858.49 - 480.96x_1x_2 \quad (12)$$

$$\text{平均值: } y = 5812.65 - 248.45x_1x_2 \quad (13)$$

2.7 NK交互作用对丹参产量的影响

对方程(2)进行NK交互作用分析, $y = 6858.49 - 118.53x_1x_3$ (14)

NK的交互作用系数为负值,说明NK的交互作用对丹参产量的影响不明显。

2.8 PK交互作用对丹参产量的影响

对方程(2)进行PK的交互作用分析, $y = 6858.49 - 317.64x_1x_2$ (15)

PK的交互作用系数为负值,说明PK的交互作用对丹参产量的影响不明显。

3 施肥模式寻优结果

根据NP及NPK肥效反应方程计算,丹参目标产量在5000~5700 kg/hm²时,各因素95%置信取值水平为 $x_1 = -0.0267 \sim 0.8783$, $x_2 = -0.4640 \sim 1.164$,相应的农业措施为N 115.5~214.3 kg/hm², P₂O₅ 153.4~243.4 kg/hm²。丹参目标产量在8000~9500 kg/hm²时,各因素95%置信取值水平为 $x_1 = 0.190 \sim 0.845$, $x_2 = -0.09 \sim 0.5446$, $x_3 = -0.2854 \sim 0.3031$,相应的农业措施为N 133.8~207.5 kg/hm², P₂O₅ 68.25~115.8 kg/hm², K₂O 80.3~146.5 kg/hm²。

参考文献:

- [1] 李树殿. 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] 陈震. 西洋参营养特点的研究. I 氮磷钾营养元素对西洋参生长的影响[J]. 中草药, 1990, 21(5): 29~32.
- [3] 陈震. 营养液浓度对丹参生长的影响[J]. 中国中药杂志, 1992, 17(3): 141~142.
- [4] 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.
- [5] 罗炳镛. 中药微量元素的作用[J]. 中药材, 1990, 13(2): 41~44.
- [6] 徐继振. 铅锌铁锰在党参栽培中的应用效果[J]. 中药材, 1996, 19(1): 1.
- [7] 李新兰. 微量元素对人参愈伤组织生长和皂甙含量的影响[J]. 中药材, 1993, 16(6): 3~4.
- [8] 菲诗松, 丁元. 回归分析及其试验设计[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1981. 10, 297~302.