

豫东平原夏花生高产施肥技术模式研究

杨继远¹,张慎举¹,侯乐新²

(¹商丘职业技术学院,河南商丘 476100;²商丘市睢阳区农科所,河南商丘 476100)

摘要:采用5因素二次回归正交旋转组合设计的试验方法,研究了夏花生产量与有机肥、氮肥、磷肥、钾肥和石膏施用量的关系及其5项施肥因素之间的交互作用,建立了产量目标性状技术模式。通过模拟寻优,筛选出了6 000 kg/hm²以上夏花生荚果产量的优化施肥方案:有机肥62 115.0~65 745.0 kg/hm²,氮肥(N)219.2~237.9 kg/hm²,磷肥(P₂O₅)133.1~144.7 kg/hm²,钾肥(K₂O)57.8~75.6 kg/hm²,石膏(CaSO₄)186.8~202.7 kg/hm²。

关键词:豫东平原;夏花生;高产施肥;技术模式

中图分类号:S157.4+1, S147.22 **文献标识码:**A

The Research of the High Production Applies Fertilizer Technical Pattern of Summer Peanut on Yudong Plain

Yang Jiyuan¹, Zhang Shenju¹, Hou Yuexin²

(¹Shangqiu Vocational and Technical College, Shangqiu Henan 476100;

²Shangqiu Suiyang District Agricultural Center, Shangqiu Henan 476100)

Abstract: Using the five factor two return orthogonal revolving unitized design testing method, we research the relations among the summer peanut output and the organic fertilizer, the nitrogenous fertilizer, the phosphate fertilizer, the potassium fertilizer, the gypsum employment quantity. We research the factor correlation between the five items apply fertilizer. Then we established the output goal character technology pattern. Through the simulation optimization, we screened apply fertilizer the plan that the summer peanut pod output above 6000 kg/hm²: the organic fertilizer is 62115.0~65745.0 kg/hm², the nitrogenous fertilizer(N) is 219.2~237.9 kg/hm², the phosphate fertilizer(P₂O₅) is 133.1~144.7 kg/hm², the potassium fertilizer (K₂O) is 57.8~75.6 kg/hm², the gypsum employment(CaSO₄) is 186.8~202.7 kg/hm².

Key words: Yudong plain, summer peanut, the high production fertilizer, technical pattern

0 引言

商丘地处豫东平原,土壤类型主要是黄潮土,其中砂土和砂壤土面积在15万hm²以上,自然条件适宜花生种植,是黄淮平原主要的花生产区之一。20世纪80年代以后,随着种植业结构的调整和生产条件的改善,夏花生种植面积不断扩大,并且逐步形成了与当地生态条件相适应的小麦、夏花生一年两熟的栽培方式,产量水平也随品种的更新换代及施肥技术的改进有明显

提高^[1-4]。但从夏花生种植的生态类型区来看,其立地条件多为肥力因素不稳定、不协调甚或瘠薄的砂土和砂壤土,生产中相对单一的施肥等措施很难发挥花生品种及其生态条件的增产效果,使得地区间、年度间直播夏花生的产量常常低而不稳^[5-6]。为此,作者根据豫东平原夏花生的生产、生态及需肥特点等技术条件,借鉴同样生态类型区夏大豆高产施肥经验^[7],有针对性地探讨了高产栽培条件下,夏花生产量与有机肥、N、

基金项目:河南省科技攻关计划项目夏花生高产优质综合农艺措施模式化研究与应用(001020106)资助。

第一作者简介:杨继远,男,1964年出生,河南商丘人,副教授,主要从事高职高专农林牧类专业化学教学及应用研究工作。通信地址:476100 河南省商丘市神火大道南段566号商丘职业技术学院, E-mail: yjy1508@126.com。

通讯作者:张慎举,男,1955年出生,河南睢县人,商丘职业技术学院教授,主要从事高等农业(职业)教育、植物营养及作物栽培方面的教学和科研工作, Tel: 0370-3182006, E-mail: sqnx1256@163.com。

收稿日期:2009-02-05,修回日期:2009-03-10。

P₂O₅、K₂O和石膏(CaSO₄)等5项施肥因素的量化关系,旨在为夏花生高产优质栽培提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验时间及地点

田间试验于2005—2006年在商丘职业技术学院和商丘市睢阳区农科所试验基点进行。

1.2 试验地概况

土壤类型为黄潮土,土质砂壤,前茬小麦产量5 600~6 300 kg/hm²。耕层(0~20 cm)土壤主要养分含量分别为:有机质8.7~9.3 g/kg,碱解氮(N)56.2~64.5 mg/kg,速效磷(P₂O₅)8.0~11.2 mg/kg,速效钾(K₂O)75.0~90.0 mg/kg,供试花生品种为豫花7号。

1.3 试验设计

试验采用二次回归正交旋转组合设计,共设置了36个试验小区,处理包括有机肥等5个因素,每因素5个水平(表1)。小区面积4 m×2.8 m,0.4 m等行距种植,试验用有机肥为普通堆肥,其中含N 0.42%,P₂O₅ 0.15%,K₂O 0.46%;氮肥为尿素,含N 46%;磷肥为过磷酸钙,含P₂O₅ 16%;钾肥为硫酸钾,含K₂O 50%;石膏(钙肥),含CaO 32%。各种肥料均作基肥一次施入^[8]。2005年6月10日播种,种植密度30万株/hm²,每穴定苗2株。播后用地膜覆盖。始花期用800 g/hm²硼砂进行根外追肥,结荚期用15%多效唑500 g/hm²配制溶液进行化控,试验田其它管理措施同大田生产,收获时小区两边各去1行,每行两头各去30 cm后计产。

表1 试验因素水平及编码值 (施肥量:kg/hm²)

试验因素	自变量设计水平r=2	变化间距				
		-2	-1	0	1	2
有机肥 (x ₁)	15000	15000	30000	45000	60000	75000
N (x ₂)	75	0	75	150	225	300
P ₂ O ₅ (x ₃)	45	0	45	90	135	180
K ₂ O (x ₄)	60	0	60	120	180	240
石膏 (x ₅)	60	0	60	120	180	240

表2 试验结构矩阵及夏花生荚果产量 (kg/hm²)

区号	施肥措施					产量	区号	施肥措施					产量
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅			x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	
1	1	1	1	1	1	6029.5	19	0	2	0	0	0	5424.5
2	1	1	1	-1	-1	5907.0	20	0	-2	0	0	0	4806.0
3	1	1	-1	1	-1	5073.0	21	0	0	2	0	0	5628.0
4	1	1	-1	-1	1	5639.0	22	0	0	-2	0	0	4907.5
5	1	-1	1	1	-1	5583.5	23	0	0	0	2	0	5708.0
6	1	-1	1	-1	1	5584.0	24	0	0	0	-2	0	5369.5
7	1	-1	-1	1	1	5406.0	25	0	0	0	0	2	5762.0
8	1	-1	-1	-1	-1	4855.6	26	0	0	0	0	-2	5543.5
9	-1	1	1	1	-1	5648.0	27	0	0	0	0	0	6019.0
10	-1	1	1	-1	1	5679.8	28	0	0	0	0	0	6208.5
11	-1	1	-1	1	1	5428.5	29	0	0	0	0	0	5865.0
12	-1	1	-1	-1	-1	4891.0	30	0	0	0	0	0	6105.0
13	-1	-1	1	1	1	5034.5	31	0	0	0	0	0	5940.5
14	-1	-1	1	-1	-1	5095.0	32	0	0	0	0	0	6012.5
15	-1	-1	-1	1	-1	5668.4	33	0	0	0	0	0	6288.0
16	-1	-1	-1	-1	1	4836.0	34	0	0	0	0	0	5825.0
17	2	0	0	0	0	5670.8	35	0	0	0	0	0	6105.0
18	-2	0	0	0	0	5140.5	36	0	0	0	0	0	6208.5

2 试验结果与分析

2.1 试验结果与模型的建立

根据试验结构矩阵和产量结果(表2),运用二次

回归旋转组合设计数据处理程序,对试验结果进行处理和统计分析,获得夏花生荚果产量(y)与5项施肥措施(x₁~x₅)之间的数学模型:

$$\hat{y} = 6038.47 + 123.21 x_1 + 148.75 x_2 + 179.37 x_3 + 90.04 x_4 + 60.53 x_5 + 19.12 x_1 x_2 + 99.81 x_1 x_3 - 66.95 x_1 x_4 + 103.94 x_1 x_5 + 112.61 x_2 x_3 - 72.47 x_2 x_4 + 106.24 x_2 x_5 - 76.54 x_3 x_4 - 39.20 x_3 x_5 - 60.29 x_4 x_5 - 134.07 x_1^2 - 206.77 x_2^2 - 168.64 x_3^2 - 100.89 x_4^2 - 72.39 x_5^2$$

对该数学模型进行方差分析可知, $F_1=3.37$, 失拟项不显著, 表明未知试验因素对试验结果干扰很小, $F_2=13.72^{**}$, 达极显著水平, 复相关系数 $R=0.9737^{**}$, 说明5项施肥措施与产量之间存在着明显的函数关系, 故对变量不作剔除, 而直接利用该模型进行优化分析。

2.2 模型分析

2.2.1 主因素效应分析 由于回归设计中各因素处理均经过无量纲性编码, 偏回归系数已标准化, 因而可直接从回归系数绝对值的大小看出各因素的相对重要性。从一次项看, 5项因素对产量影响大小的顺序是: $x_3 > x_2 > x_1 > x_4 > x_5$, 其中 x_3 、 x_2 、 x_1 对产量效应分别达极显著水平, 说明施 P_2O_5 、N 量和有机肥对产量影响最大, 二次项大小的顺序为 $x_2 > x_3 > x_1 > x_4 > x_5$, 表明施 N、 P_2O_5 量的变化对产量的增产效应最大。

2.2.2 各因素与产量的关系 为了进一步明确各因素与产量的关系, 采对模型采用“降维法”解析, 即在模型中分别将其它4个变量固定在0水平, 可获得5个一元降维偏回归子模型:

$$\begin{aligned} \hat{y}_1 &= 6038.47 + 123.21x_1 - 134.17x_1^2 \\ \hat{y}_2 &= 6038.47 + 148.75x_2^2 - 206.77x_2^2 \\ \hat{y}_3 &= 6038.47 + 179.37x_3 - 168.64x_3^2 \\ \hat{y}_4 &= 6038.47 + 90.04x_4 - 100.89x_4^2 \\ \hat{y}_5 &= 6038.47 + 60.53x_5 - 72.39x_5^2 \end{aligned}$$

将各因素不同水平值代入上述模型, 即可求得相应的产量值。从获得的资料看, 5项施肥措施与产量之间均呈二次曲线关系。在-2~0水平取值范围内, 各因素均随着施肥量的增加而使花生果的产量提高, 当施肥量在0~1水平之间时产量最高, 超过此值产量却呈下降趋势。5项施肥因素相比, 以施N量产量变幅最大, 施 P_2O_5 量次之, 说明在该试验条件下, 氮、磷肥的施用量对花生果产量的增减影响较大。

2.2.3 多因素交互效应分析 由t测验可知, 有4个交互项, 即 $x_1 x_3$ 、 $x_1 x_5$ 、 $x_2 x_3$ 、 $x_2 x_5$ 分别达显著或极显著水平, 说明夏花生产量的提高不仅是单项施肥措施增产效应的线性累加, 而且还存在着不同施肥因素之间的交互效应。现只对4个达显著水平的交互效应进行分析,

采用“降维法”得偏回归子模型:

$$\begin{aligned} \hat{y}_{1,3} &= 6038.4 + 123.21 x_1 + 179.37 x_3 + 99.81 x_1 x_3 - 134.07 x_1^2 - 168.64 x_3^2 \\ \hat{y}_{1,5} &= 6038.4 + 123.24 x_1 + 60.53 x_5 + 103.94 x_1 x_5 - 134.07 x_1^2 - 72.39 x_5^2 \\ \hat{y}_{2,3} &= 6038.4 + 148.75 x_2 + 179.37 x_3 + 112.61 x_2 x_3 - 206.77 x_2^2 - 168.64 x_3^2 \\ \hat{y}_{2,5} &= 6038.4 + 148.75 x_2 + 60.53 x_5 + 106.24 x_2 x_5 - 206.77 x_2^2 - 72.39 x_5^2 \end{aligned}$$

从上述模型可知: (1) 有机肥(x_1)与磷肥(x_3)的关系是: 随着有机肥施用量的增加, 磷肥施用量由-2~1水平时, 可获得较高产量, 超过此水平反而减产。(2) 有机肥(x_1)与石膏(x_5)施用量之间呈正相关, 即随着有机肥施用量的增加, 增施石膏都有明显的增产效果, 当二者都达到1水平时产量最高。(3) 氮肥(x_2)与磷肥(x_3)的交互效应是: 当有机肥、钾肥和石膏施用量都固定在0水平时, 氮肥与磷肥施用量在较低水平时没有较高水平时效果好。(4) 磷肥(x_3)与石膏(x_5)施用量之间的关系密切, 即随着磷肥与石膏施用量的增加产量都有所提高, 当二者都达1水平时产量最高, 超过此水平产量下降。

表3 夏花生荚果边际产量 (kg/hm²)

因素	自变量水平编码值				
	-2	-1	0	1	2
x_1	659.88	391.55	123.21	-145.13	-413.47
x_2	978.82	562.28	148.74	-264.80	-678.33
x_3	853.94	516.65	179.37	-157.92	-495.21
x_4	493.62	291.83	90.04	-111.75	-313.53
x_5	350.11	205.32	60.53	-84.25	-229.04

2.2.4 决策措施的经济效益分析 对其模型求一阶偏导数, 并采用“降维法”变换方程, 即可求得边际产量(表3), 从表3各因素水平之间边际产量变化的趋势来看, 5个因素均随取值增加而边际产量降低, 表明各因素在取较低水平值时的经济效益较大。在该试验条件下, 5个因素边际效应的最佳经济值是: 有机肥 51 886.2kg/hm², 施N量 177.0 kg/hm², 施 P_2O_5 量 113.9 kg/hm², 施 K_2O 量 146.8 kg/hm², 施石膏量 145.1 kg/hm², 超过此值时无助于经济效益的提高。

2.2.5 最佳产量模拟寻优 试验产量目标性状为非线性函数, 是在 $-2 \leq x_i \leq 2$ 约束区间的非线性规划问题, 故在微机上可求得最优解, 采用频数分析法进行运算的结果是, 夏花生果产量大于 6 000 kg/hm² 施肥组合有

126套, 占总方案的4.03%, 各因素95%置信域的最佳组合值是: 有机肥施用量6 211.5~65 745.0 kg/hm², 施N量219.2~237.9 kg/hm² (折合尿素实物量476.5~517.2 kg/hm²), 施P₂O₅量133.1~144.7 kg/hm² (折合过磷酸钙实物量831.9~904.4 kg/hm²), 施K₂O量57.8~75.6 kg/hm² (折合硫酸钾实物量115.6~151.2 kg/hm²), 施石膏量186.8~202.7 kg/hm²。经2006年反馈示范结果, 夏花生应用该优化施肥方案进行施肥管理, 比常规或习惯施肥增产15.8%~19.1%, 表明在豫东平原现行的夏花生高产栽培的生态及技术条件下推广应用是可行的。

3 结论

(1) 该研究采用二次回归正交旋转组合设计试验方法, 应用计算机建立了豫东平原直播夏花生综合施肥技术措施的产量数学模型, 复相关系数 $R=0.9737^{**}$, 达极显著水平, 该回归模型经F检验达极显著水平, 模型有效。

(2) 5项施肥因素对产量影响的大小不同, 一次项的效应是: P₂O₅>N>有机肥>K₂O>石膏; 二次项的效应为N>P₂O₅>有机肥>K₂O>石膏。

(3) 就施肥措施的综合增产效应而言, 当施有机肥超过51 886.2 kg/hm², 施N量超过177.0 kg/hm², 施P₂O₅量超过113.9 kg/hm², 施K₂O超过146.8 kg/hm², 施石膏量超过145.1 kg/hm²时, 则无助于经济效益的提高。

(4) 根据该试验所建模型进行多因素效应分析表

明, 有机肥与施N量、有机肥与施石膏量、施N量与施P₂O₅量、施P₂O₅量与施石膏量之间的交互效应分别达显著或极显著水平, 在生产中注重协调好各施肥因素之间的关系, 则有利于增产增收。

(5) 在该试验条件下, 产量达到6000 kg/hm²以上的优化施肥方案是: 有机肥施用量62115.0~65745.0 kg/hm², 施N量219.2~237.9 kg/hm², 施P₂O₅量133.1~144.7 kg/hm², 施K₂O量57.8~75.6 kg/hm², 施石膏量186.8~202.7 kg/hm²。

参考文献

- [1] 孙彦浩, 陈殿绪, 张礼风. 花生高产种植新技术[M]. 北京: 金盾出版社, 1998.
- [2] 吴继华, 张琪, 孙共鸣, 等. 豫东地区花生贴茬夏直播高产生理特性研究[J]. 作物杂志, 2002, 5: 10-11.
- [3] 李伟华, 张慎举, 孔亮, 等. 惠满丰有机复混肥在花生上的增产效果[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34: 8-9.
- [4] 李伟华, 董红霞, 张慎举. 花生喷施丰满乐液肥增产效果试验[J]. 耕作与栽培, 2003, (5): 36-48.
- [5] 任春玲. 河南花生生产的回顾与展望[J]. 花生科技, 1999, (3): 13-17.
- [6] 崔党群, 谭金芳, 赵鹏, 等. 砂土地花生高产配肥及培肥地力的研究[J]. 中国油料, 1997, 19(1): 58-62.
- [7] 张慎举, 侯乐新. 黄淮平原夏大豆高产栽培综合农艺措施研究与应用[J]. 大豆通报, 2007, (6): 11-14.
- [8] 张桂兰, 朱鸿勋, 龚光炎, 等. 主要农作物配方施肥[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1991.