

大豆高产综合农艺措施的产量优化研究

王彦丰 王琳 付龙仓

王书恩

(吉林省农科院大豆所)

(长春市农科所)

摘 要

试验采用二次回归正交旋转组合设计的分析方法,研究了大豆“长农4号”不同的农艺措施组合与产量的关系。结果表明,种植密度对大豆产量影响最大,其次是氮肥、磷肥、钾肥作用不大。获得亩产150公斤以上的大豆产量,其栽培措施为:密度1万株/公顷,亩施尿素5.5~6.0公斤,三料磷9.5~10公斤,氯化钾3公斤。

大豆“长农4号”是当前吉林省主推的中晚熟新品种。为了给生产提供成套的投资少、产量高的栽培技术措施,使良种良法密切结合,发挥品种和技术措施的全面增产作用,为“长农4号”推广应用地区生产技术规范化决策提供依据。

试验方法

试验于1987年在四平地区梨树县中等肥力土壤上进行。土壤含有机质2.012%,全N0.118%,碱解N112.8ppm,速效P12.0ppm,速效钾122.1ppm。

采用二次回归正交旋转组合设计。氮肥、磷肥、钾肥和密度为变量。自变量设计水平如表1。

表1 自变量设计水平和编码代换

因 素	零 水 平	间 距	r=2, 自变量设计水平及线性编码值				
			-2	-1	0	1	2
X ₁ (密度)	15株/m ²	5	5	10	15	20	25
X ₂ (氮肥)	6公斤/亩	3	0	3	6	9	12
X ₃ (磷肥)	10公斤/亩	5	0	5	10	15	20
X ₄ (钾肥)	3公斤/亩	1.5	0	1.5	3	4.5	6

结果与分析

(一) 产量结果及产量回归方程

1987年试验36小区,每小区取10m²实收子粒,折合亩产量,结果列于表2。

运用微机PC-1500计算,得到产量回归方程为:

$$y = 163 + 0.7X_1 - 5.8X_2 + 1.6X_3 + 1.8X_4 - 2.1X_1X_2 + 4.6X_1X_3 - 1.1X_2X_3 + 1.5X_2X_4 - 5X_3X_4 - 8.1X_1'^2 - 6.1X_2'^2 - 0.1X_3'^2 - 1.1X_4'^2 \quad (1)$$

对回归方程进行失拟、显著性检验,结果为:

$$F_1 = 0.89 < F_{0.05}(10, 11) = 2.86$$

表2

试验结构矩阵及产量

小区号	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	y(1) (公斤/亩)	小区号	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	y(1) (公斤/亩)
1	1	1	1	1	162	19	0	2	0	0	127
2	1	1	1	-1	128	20	0	-2	0	0	123
3	1	1	-1	1	154	21	0	0	2	0	153
4	1	1	-1	-1	131	22	0	0	-2	0	143
5	1	-1	1	1	151	23	0	0	0	2	153
6	1	-1	1	-1	204	24	0	0	0	-2	137
7	1	-1	-1	1	156	25	0	0	0	0	161
8	1	-1	-1	-1	155	26	0	0	0	0	162
9	-1	1	1	1	135	27	0	0	0	0	167
10	-1	1	1	-1	165	28	0	0	0	0	133
11	-1	1	-1	1	137	29	0	0	0	0	161
12	-1	1	-1	-1	147	30	0	0	0	0	186
13	-1	-1	1	1	157	31	0	0	0	0	173
14	-1	-1	1	-1	143	32	0	0	0	0	148
15	-1	-1	-1	1	186	33	0	0	0	0	175
16	-1	-1	-1	-1	155	34	0	0	0	0	177
17	2	0	0	0	117	35	0	0	0	0	160
18	-2	0	0	0	117	36	0	0	0	0	147

$$F_2 = 2.87 > F_{0.05}(14, 21) = 2.20$$

F检验表明，产量回归方程(1)是有效的，与实际拟合较好。

(二) 方程的解析和优化

1. 回归方程的还原和极值解

将产量回归方程(1)中心变换到原点，得到以原因素表示的回归方程式：

$$y = 173 + 0.7X_1 - 5.8X_2 + 1.6X_3 + 1.8X_4 - 2.1X_1X_2 + 4.6X_1X_3 - 5X_3X_4 - 8.1X_1^2 - 6.1X_2^2 - 0.1X_3^2 - 1.1X_4^2 \quad (2)$$

求解方程(2)，得到理论产量最大值为：

$Y_{max} = 197$ (公斤/亩)，此时每个栽培因素的极值为：

$X_1 = 0.5$ (即密度为11673株/亩)

$X_2 = 0.5$ (即尿素施用量4.5公斤/亩)

$X_3 = 2$ (即三料磷施用量20公斤/亩)

$X_4 = -2$ (不施氯化钾)

主因素分析结果证明，栽培因素对产量贡献大小： $X_1 > X_2 > X_3 > X_4$ ，可见吉林、四平地区中晚熟大豆，在中等肥力下，栽培技术要点是确定合理密度，其次是氮肥和磷肥的配合施用。

2. 各因素效应分析

将回归方程式(2)中任意3个自变量固定，得到各因素的子方程：

$$Y_1 = 173 + 0.7X_1 - 8.1X_1^2$$

(3)

$$Y_2 = 173 - 5.8X_2 - 6.1X_2^2$$

$$Y_3 = 173 + 1.6X_3 - 0.1X_3^2$$

$$Y_4 = 173 + 1.8X_4 - 1.1X_4^2$$

令 $\frac{dy}{dx_j} = 0$ ，则 $b_j + 2b_jx_{j1} = 0$ ，从而求出单因素的极大值：

$$X_1 = 0 \text{ (亩保苗1.0万株)}$$

$$X_2 = -0.5 \text{ (亩施尿素3.0公斤)}$$

$$X_3 = 8 \text{ (亩施三料磷80公斤)}$$

$$X_4 = 0.8 \text{ (亩施氯化钾3.7公斤)}$$

各因素产量效应如图 1、2、3、4 所示。由图可见，在梨树县，大豆对密度和氮肥的反应较大，而磷肥和钾肥有增产效应，但作用不大。采取综合农艺措施是合理密植和经济施肥的依据。

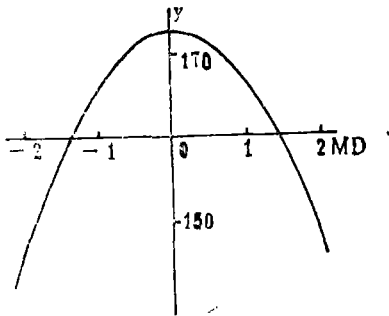


图 1 密度效应曲线

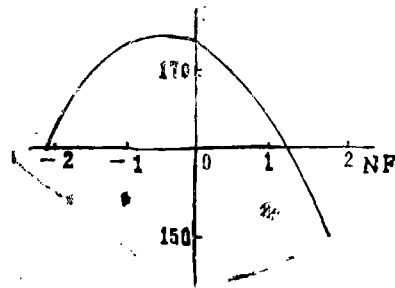


图 2 氮肥效应曲线

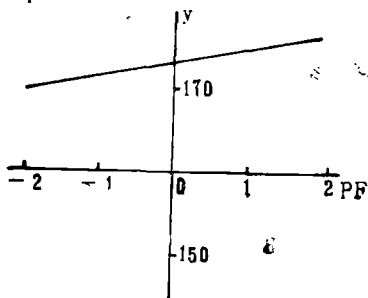


图 3 磷肥效应曲线

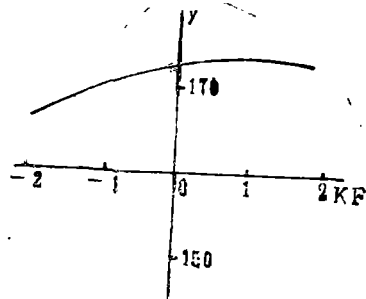


图 4 钾肥效应曲线

3. 单项技术措施的经济效益

当各因素的子方程 (3) 偏导等于技术成本时, 经济效益最佳。

$$\frac{dy}{dx_1} = 0.7 - 16.2x_1 \quad (4)$$

$$\frac{dy}{dx_2} = 5.8 - 12.2x_2$$

$$\frac{dy}{dx_3} = 1.6 - 0.2x_3$$

$$\frac{dy}{dx_4} = 1.8 - 2.2x_4$$

将不同编码值代入 (4) 中各子方程, 得不同水平下栽培因素的边际产量 (表 3)。

表 3 各因素的大豆边际产量

因素	-2	-1	0	1	2
密度	33.1	16.9	0.7	-15.5	-32.0
尿素	19.0	6.4	-5.8	-18.0	-30.2
三料磷	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
氯化钾	6.2	4.0	1.8	-0.4	-2.6

边际效应分析表明, 当亩施尿素在 6 公斤以上时, 开始亏损。在试验范围内, 尽管随施磷肥量增加, 产量仍有所增加, 但经济效益是递减的, 不能盲目投入。钾肥亩施量大于 3 公斤时, 出现亏损。

4. 栽培因素间交互效应

密度和氮肥 当施尿素量在 0 水平以下时, 密度与尿素用量呈正效应, 在 0 水平以上时, 二者呈负效应。说明施尿素量在 0 水平时是施肥的临界量 (见表 4)。

表 4 密度和氮肥交互作用

理论产量 (公斤/亩) X ₂	-2	-1	0	1	2	CV %
-2	179.2	177.6	176.0	174.4	172.8	1.4
-1	180.8	177.1	173.4	169.7	166.0	3.4
0	184.6	178.8	173.0	167.2	161.4	5.3
1	190.6	182.7	174.8	166.9	159.0	7.1
2	198.8	188.8	178.8	168.8	158.8	8.8

密度和磷肥 密度小时, 磷肥的作用效果不大, 密度大时, 随着磷肥施用量增加, 产量显著提高。密度和磷肥在 0 水平以上时, 有明显的交互效应 (如表 5)。

表 5 密度和磷肥交互作用

理论产量 (公斤/亩) X ₃	-2	-1	0	1	2	CV %
-2	191.2	183.6	176.0	168.4	160.8	6.8
-1	179.4	176.4	173.4	170.4	167.4	2.7
0	169.8	171.3	173.0	174.6	176.2	1.5
1	162.4	168.6	174.6	181.0	187.2	5.6
2	157.2	168.0	178.8	189.6	200.4	9.6

密度和钾肥 密度和钾肥的交互作用与密度和磷肥作用相反。密度在 0 水平以下时，随钾肥施用量增加产量提高。密度大时，增加钾肥用量产量反而下降（见表 6）。

表 6 密度和钾肥交互作用

理论产量(公斤/亩) X ₁	X ₄	-2	-1	0	1	2	CV%
		-2	154.0	154.2	176.0	187.8	
-1		159.8	156.6	173.4	190.2	187.0	6.2
0		169.4	171.2	173.0	174.8	176.6	1.6
1		191.2	179.0	174.8	171.6	168.4	2.9
2		195.2	137.9	178.8	170.6	162.4	7.3

氮肥和磷肥 当氮肥施用量在 0 水平以下时，氮肥和磷肥的交互作用呈正效应；当施氮肥超过 0 水平后，与磷肥呈负效应（表 7）。

表 7 氮肥和磷肥交互作用

理论产量(公斤/亩) X ₂	X ₃	-2	-1	0	1	2	CV%
		-2	149.0	153.8	184.6	202.4	
-1		159.4	169.1	178.8	138.5	198.2	8.6
0		169.8	171.4	173.0	174.6	176.2	1.5
1		180.2	173.7	167.2	160.8	154.2	6.1
2		190.6	176.0	161.2	146.8	132.2	14.3

此外，氮肥和钾肥的作用关系与氮肥和磷肥相同。磷肥和钾肥之间相互作用不大。

5. 最佳农艺措施组合

以最低消耗获得高额的大豆产量是生产所追求的目的。采用频次分析的方法，对不同产量水平下的大豆“长农 4 号”进行优化措施和产量预测。

表 8 大豆长农 4 号亩产 150 公斤以上的农艺综合措施

	X ₁ (密度)		X ₂ (尿素)		X ₃ (三料磷)		X ₄ (氯化钾)	
	次 数	频率(%)	次 数	频率(%)	次 数	频率(%)	次 数	频率(%)
-2	11	6.9	49	28.0	36	21.1	29	16.9
-1	58	36.3	60	34.3	43	25.1	43	25.0
0	71	44.4	63	36.0	51	29.8	55	32.0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20	12.4	3	1.7	41	24.0	45	22.1
S \bar{X}	0.06		0.05		0.08		0.08	
95%置信区间	-0.3--0.1		-0.8--0.6		-0.3--0.02		-0.2--0.1	
农 艺 措 施	9830—10000株/亩		5.8—6.0公斤/亩		9.5—11.0公斤/亩		2.9—3.1公斤/亩	

小结与讨论

(一) 在我省四平地区, 大豆“长农4号”栽培因素对产量影响排列顺序为: 密度>氮肥>磷肥, 钾肥的作用很小。

(二) 以最低消耗, 获得高额的产量是生产追求的根本目标。“长农4号”亩产150公斤以上的优化农艺综合措施为: 亩保苗1.0万株, 亩施尿素5.8~6.0公斤, 三料磷8.5~11.0公斤, 氯化钾2.9~3.1公斤。

(三) 氮肥与密度的交互作用十分显著, 不施氮肥时, 随着密度增加, 产量增加; 施氮量超过零水平时, 随着氮肥用量增加产量锐减。

(四) 密度与磷肥也有一定交互作用。不施或少施磷肥, 密度增加产量下降; 施磷量超过0水平后增产效应加大。

(五) 密度与钾肥的交互作用为低密度下增施钾肥, 增产作用大; 继续增施钾肥, 因土壤中钾离子浓度过高, 而使产量效应下降。经济效益降低。

(六) 试验建立的模型进行边际效应分析表明, 亩施尿素6公斤经济效益最大。

参 考 文 献

- (1) 张瑞忠等: 超早熟大豆东农26号综合农艺措施的产量函数模型, 《大豆科学》, 1984, 第3期。
- (2) 王连铮等: 大豆的磷营养试验报告, 《中国农业科学》, 1980, 第1期。
- (3) 丁希泉编著: 农业应用回归设计, 1986, 吉林科学技术出版社。
- (4) 王卫民等: BASIC语言自学读本, 1984。

THE YIELD FUNCTION MODEL OF COMPRE— HENSIVE CULTURAL PRACTICES FOR SOYBEAN HIGH YIELD

Wang Yanfeng et al.

(Soybean Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Science)

ABSTRACT

The relations of grain yield with different agricultural practice composition for “Chang-Nong No.4” c. v. were studied by using second-degree polynomial regression analysis and orthogonal rotation design. Experimental results showed that plant density was a vital agricultural factor for soybean high yield. Application of nitrogen fertilizer and Phosphoric fertilizer were important for further high yield. However, the potassium fertilizer worked less.

Yield of 150kg/mu or more would be obtained by means of plant density 10000 Plant/A, with applying urea 5.5~6.0kg/mu, Phosphoric fertilizer 9.5~10kg/mu and potassium fertilizer 3 kg/mu.