

# 大豆高产综合农艺措施 模拟和优化的研究\*

王彦丰 王 琳 付龙令

王书恩

(吉林省农业科学院大豆所)

(长春市农科所)

大豆“长农4号”是生产上推广的主要良种之一,为了给生产上提供配套的综合栽培技术,使良种良法密切结合,1987~1989年在四平地区中等肥力土壤上进行了种植密度、尿素、三料磷肥、氯化钾施用量等栽培措施优化研究。根据试验产量结果,通过微机计算,模拟各栽培因素对产量的作用,寻求大豆“长农4号”在中等肥力土壤条件下最佳农艺措施组合,作为在推广应用地区生产技术规范化决策的依据。

## 材 料 和 方 法

试验地土壤含有机质 2.012%,全氮 0.118%,速效氮 112.8ppm,速效磷 12ppm,速效钾 122.1ppm。采用二次回归正交旋转组合设计,选定大豆品种的主要栽培因素密度、氮肥、磷肥、钾肥作为决策变量,自变量设计水平见表1。

表1 自变量设计水平和编码

Table 1 Independent variable level and codes

因 素 Factors	零 水 平 Zero level	间 距 Spacing	R=2,自变量设计水平及编码 Independent variable level and codes				
			-2	-1	0	1	2
密 度 Plant density	15 (plant/m <sup>2</sup> )	5	5	10	15	20	25
尿 素 Urea	6 (kg/mu)	3	0	3	6	9	12
三 料 磷 3Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O	10 (kg/mu)	5	0	5	10	15	20
氯 化 钾 KCl	3 (kg/mu)	1.5	0	1.5	3	4.5	6

\* 本文承蒙张瑞忠教授审阅,特此表示感谢。

本文于1990年8月27日收到。 This paper was received on Aug. 27, 1990.

结果与分析

(一)、试验产量结果

1987、1988 年对试验的 36 个小区实收实打,折合亩产后,结果列于表 2。

表 2 试验模型及产量

Table 2 Experimental matrix and yields

小 区 Plots	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	小区产量 Yield (kg/mu)		小 区 Plots	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	小区产量 Yield (kg/mu)	
					1987	1988						1987	1988
1	1	1	1	1	162.0	154.4	19	0	2	0	0	127.0	126.0
2	1	1	1	-1	128.0	134.4	20	0	-2	0	0	123.0	136.0
3	1	1	-1	1	154.0	153.0	21	0	0	2	0	153.0	152.9
4	1	1	-1	-1	131.0	174.3	22	0	0	-2	0	143.0	139.5
5	1	-1	1	1	151.0	155.1	23	0	0	0	2	153.0	140.0
6	1	-1	1	-1	204.0	164.9	24	0	0	0	-2	137.0	136.0
7	1	-1	-1	1	156.0	172.5	25	0	0	0	0	161.0	140.0
8	1	-1	-1	-1	155.0	131.7	26	0	0	0	0	162.0	167.0
9	-1	1	1	1	135.0	151.0	27	0	0	0	0	167.0	181.8
10	-1	1	1	-1	165.0	156.7	28	0	0	0	0	133.0	181.0
11	-1	1	-1	1	137.0	150.8	29	0	0	0	0	161.0	173.7
12	-1	1	-1	-1	147.0	149.3	30	0	0	0	0	186.0	140.9
13	-1	-1	1	1	157.0	150.0	31	0	0	0	0	173.0	171.5
14	-1	-1	1	-1	143.0	138.9	32	0	0	0	0	148.0	177.4
15	-1	-1	-1	1	186.0	156.7	33	0	0	0	0	175.0	159.0
16	-1	-1	-1	-1	155.0	147.7	34	0	0	0	0	177.0	164.0
17	2	0	0	0	117.0	102.3	35	0	0	0	0	160.0	160.7
18	-2	0	0	0	117.0	106.6	36	0	0	0	0	147.0	162.3

(二)、产量回归方程

$$Y_{1987}=173+0.7X_1-5.8X_2+1.6X_3+1.8X_4-2.1X_1X_2+4.6X_1X_3-5X_3X_4-8.1X_1^2-6.1X_2^2-0.1X_3^2-1.1X_4^2 \quad (1)$$

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

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

$$Y_{1988}=178+1.3X_1-0.6X_2-0.2X_3+2.2X_4-1.4X_1X_2-0.9X_1X_3-0.9X_1X_4-2.0X_2X_3-3.5X_2X_4-0.9X_3X_4-11.4X_1^2-4.6X_2^2-1.0X_3^2-3.0X_4^2 \quad (2)$$

$$F_1=1.30<F_{0.05}(10,11)=2.86$$

$$F_2 = 2.34 > F_{0.05}(14, 21) = 2.20$$

经失拟和显著性检验,产量方程(1)、(2)是显著有效的,且与实际拟合较好。将产量方程(1)、(2)合并,得到两年试验综合的产量方程:

$$Y = 176.5 + 3.04X_1 - 0.96X_2 + 2.95X_3 - 0.13X_4 - 4.9X_1X_2 - 1.3X_1X_3 + 3.6X_1X_4 - 3.5X_2X_3 + 2.1X_2X_4 + 0.18X_3X_4 - 10.3X_1^2 - 5.7X_2^2 - 1.0X_3^2 - 2.6X_4^2 \quad (3)$$

$$F_1 = 2.15 < F_{0.05}(10, 11) = 2.86$$

$$F_2 = 6.84 > F_{0.05}(14, 21) = 2.20$$

对综合产量方程检验表明,此方程是显著的且不失拟。

### (三)、最大理论产量和各栽培因素效应

根据产量方程(3)计算得出,在中等肥力土壤上,大豆“长农4号”种植密度为每亩1.0万株,亩施尿素4.5kg、三料磷20kg、氯化钾3.0kg时产量最高,最高产量 $Y_{\max} = 181.1\text{kg}$ 。将方程(3)正交变换标准化后,求得各因素对产量大小为:密度>尿素>氯化钾

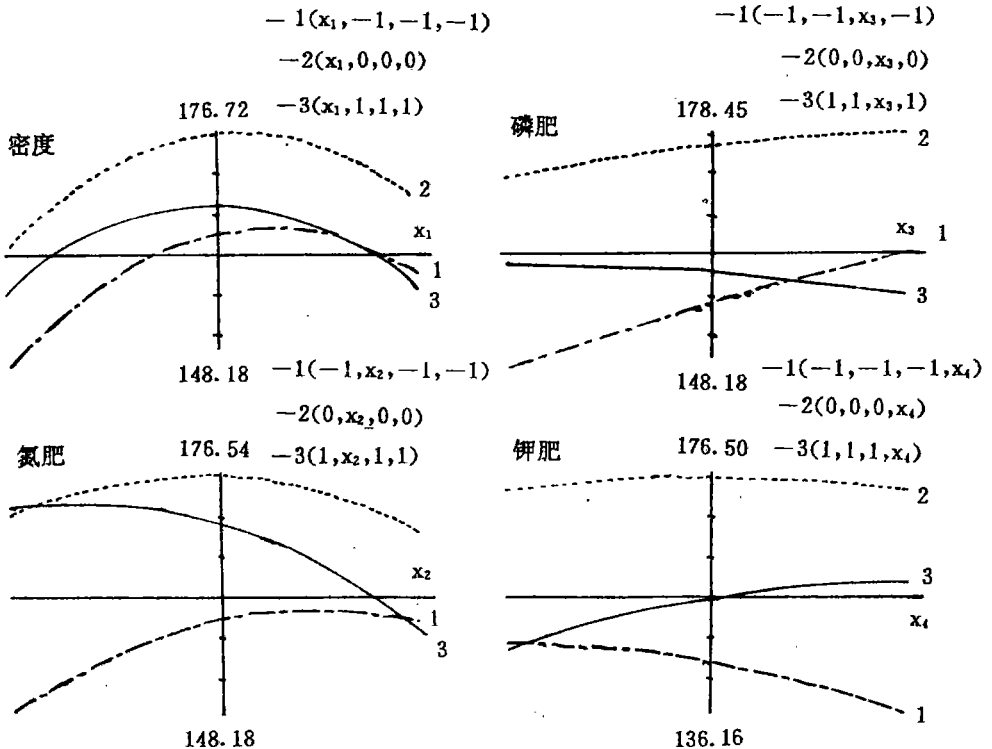


图1 密度、氮、磷、钾肥的效应曲线

Fig. 1 Effect curve of denisty, Urea,  $3\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  and KCl

>三料磷。将产量方程(3)降解,得到各因素的产量作用方程:

$$Y_1 = 176 + 3.0X_1 - 10.3X_1^2$$

$$Y_2 = 176 - 0.9X_2 - 5.7X_2^2$$

$$Y_3=176+2.9X_3-X_3^2$$
$$Y_4=176-0.1X_4-2.6X_4^2 \quad (4)$$

各栽培因素在不同水平下对大豆产量作用见图 1。

从各因素效应曲线可见,种植密度和氮肥施用对大豆产量作用较大。种植密度在 1.05 万株/每亩,尿素亩用量 5 公斤时产量最高。在试验范围内,磷肥对产量作用为正效应,但钾肥效果明显,可能与当地长期不施钾肥有关。

(四)、各因素的边际效应和交互作用

当各因素的子方程偏导等于成本时,栽培措施的经济效果最佳。

$$\frac{dy}{dx_1}=3-20.6X_1$$
$$\frac{dy}{dx_2}=-0.9-11.4X_2$$
$$\frac{dy}{dx_3}=2.9-2X_3$$
$$\frac{dy}{dx_4}=-0.1-5.2X_4 \quad (5)$$

将水平编码值代入方程(5)中,得到不同水平下载培因素的边际产量效应(表 3)。

表 3 各因素的边际效应  
Table 3 Marginal effects of factors

编 码 Codes 因 素 Factors	-2	-1	0	1	2
X <sub>1</sub> 密 度 Density	44.2	23.6	3.0	-17.6	-38.2
X <sub>2</sub> 尿 素 Urea	21.8	10.5	-0.9	-12.3	-23.7
X <sub>3</sub> 三 料 磷 3Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	6.9	4.9	2.9	0.9	-1.1
X <sub>4</sub> 氮 化 钾 KCl	10.3	5.1	-0.1	-5.3	-1.05

表 3 说明,大豆种植密度在编码 0~0.5 水平时技术措施效果最佳。尿素施用量在 -0.5 水平(即亩施用量 4.5~5kg)时施用效果最好。三料磷随着用量增加,增产作用越来越小,在试验条件下一直表现为正效应。氯化钾的施用量在 -0.2 水平时(即亩施 3~3.5kg)施用经济效果最佳。

栽培因素之间对大豆的产量作用表现为:

- 1. 密度和氮肥:当种植密度较小时,随着尿素施用量增加,产量逐渐提高。当密度达到 1.2 万株时,随着尿素施用量增加,产量随之下降。这是由于高密度下大豆群体郁闭,氮肥用量加大,进一步促使大豆徒长,造成营养与生殖生长比例失调以及倒伏的加剧。
- 2. 密度和磷肥:在试验范围内,随着磷肥用量增加,大豆产量增加,但只有在密度为 1.0 万株时,二者的交互作用最大,说明密度是增产的主要因素。
- 3. 密度与钾肥:当种植密度较小时,施钾肥处理不增产;当密度加大时,(每亩 1.2 万

株以上),随着施钾肥的增加,大豆产量提高,这与钾肥促进大豆茎秆发育,抗倒抗病力增强有关。

4. 氮肥和磷肥:交互分析表明,当施氮肥或磷肥较少时,随着施磷或施氮肥数量增加,产量随之增加;当施氮肥或磷肥数量过大时,便随着施磷肥或氮的增加,其产量逐渐下降,说明氮、磷肥之间具有相互补偿作用。

5. 氮肥与钾肥:氮肥与钾肥的相互作用与密度和钾肥表现相同。当尿素亩用量在 7.5kg 以上时,随着钾肥用量增加产量提高。

(五)、栽培措施优化组合

以较低的投入获得高额的大豆产量,是生产所追求的目的。通过频次分析的方法,对大豆“长农 4 号”在吉林省中南部中等土壤上的栽培措施进行模拟和优化。见表 4。

根据 1987 和 1988 年得出的优化栽培措施,1989 年进行了反馈试验。反馈田实施方案为种植密度 1.0 万株/亩,尿素每亩 5kg,三料磷 10kg,氯化钾 3kg,产量结果 160kg/亩。反馈田的产量结果进一步证明了试验得出的优化栽培措施是有效的。

表 4 “长农 4 号”亩产 160 公斤以上的栽培措施组合  
Table 4 Management practilces for yield above per Mu 106 kg  
on the soybean "Changnong No. 4"

因 素 编 码 Factors Codes	密 度 Density		尿 素 Urea		三 料 磷 3Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O		氯 化 钾 KCl	
	次 数 Times	频 率 % Frequency	次 数 Times	频 率 % Frequency	次 数 Times	频 率 % Frequency	次 数 Times	频 率 % Frequency
-2	0	0	15	11.5	10	7.7	17	13.1
-1	22	16.9	26	27.6	19	14.6	31	23.8
0	63	48.5	52	40	27	20.8	34	26.2
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	36	27.7	18	13.8
S $\bar{X}$	0.03		0.06		0.11		0.1	
95%置信区间	-0.23~0.11		0.62~0.39		0.04~0.46		-0.42~0.03	
栽培措施 Practices	10000 株/亩 plants/mu		3~6 公斤/亩 kg/mu		10~12 公斤/亩 kg/mu		1.5~3 公斤/亩 kg/mu	

结 论

1. 在吉林省四平地区中产田块,“长农 4 号”亩产 160kg 以上的最佳栽培措施为:亩保苗 1.0~1.05 万株,亩施尿素 3.0~6.0kg、三料磷 10kg、氯化钾 1.5~3.0kg。

2. 亩种植密度 1.0 万株、亩施尿素 4.5kg、三料磷 20kg、氯化钾 3.0kg 时,试验的产量最高,为 181.1kg/亩。边际效应分析表明,当种植密度为 1.05 万株/亩,尿素施用量 4.5kg/亩、三料磷 10kg/亩、氯化钾 3.5kg/亩时,施肥的经济效果最佳。

3. 1987 和 1988 年试验结果表明,栽培措施对产量作用的大小为:密度>尿素>氯化钾>三料磷。交互作用分析表明,密度与尿素、三料磷、氯化钾之间相互作用明显,对产量影响较大。其次是尿素和三料磷肥,三料磷和氯化钾之间互相作用较小。

### 参 考 文 献

- [1] 张瑞忠等,1984,超早熟大豆东农 36 号综合农艺措施的产量函数模型,大豆科学,3
- [2] 丁希泉编著,1986,农业应用回归设计,吉林科学技术出版社
- [3] 王卫民等,1986,BASIC 语言自学读本

## THE YIELD FUNCTION MODEL OF COMPREHENSIVE CULTURAL PRACTICES ON SOYBEAN

Wang Yanfeng Wang Lin Fu Longling

(Soybean Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Science)

### Abstract

The relation of seed yield with different agricultural practices composition for "Changnong No. 4" c. v were studied by using second—degree polynomial regression analysis and orthogonal rotation design. The experimental results showed that 1. the yield of 160 kg/mu or above could be obtained by means of plant density 10000plant/mu, with applying Urea 3.0~6.0kg/mu, 3Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O 10kg/mu, KCl 1.5~3.0kg/mu. 2. plant density was a vital agricultural factor for soybean high yield. Application of Urea and KCl were important for further high yield. Applying 3Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O worked less in the place. 3. when the applying amount of Urea was 4.5kg/mu, 3Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O 10kg/mu, KCl 3.0kg/mu, the best economical effect of applying fertilizer could be obtained.

The results was obtained under medium soil fertility condition in Shiping Region Jiling province.

**Key words** Soybean; Density; Applying fertilizer; Effect