

# 重茬条件下黑农 37 大豆高产 综合技术数学模型研究\*

胡立成 林蔚刚 董丽华 丁希明

(黑龙江省农科院大豆研究所)

## 提 要

本文对 1994 年重茬(一年)条件下大豆高产综合农艺措施进行了探讨。并通过在哈尔滨田间试验测定参数,建立函数模型,利用计算机解析了密度( $x_1$ )、有机肥( $x_2$ )、氮肥( $x_3$ )、磷肥( $x_4$ )、钾肥( $x_5$ )等主要因素间相互效应与产量的关系,提出了高产栽培最佳农艺措施,为重茬条件下大豆高产计划栽培提供了科学依据。

**关键词** 连作;大豆;高产;模型

为了提高重茬条件下大豆产量,过去研究过许多单因素与产量的关系。但大豆产量往往受多因素的综合影响,因此只进行单因素研究并不能反映出大豆产量和各因素的综合交互关系。黑龙江省农科院大豆所在哈尔滨地区重茬条件下开展了综合农艺措施的研究,结果表明,合理调控各生产因素水平,综合运用是能获得大豆高产的。

本文对田间试验测定的参数,通过计算机使用“旋转设计试验数据处理程序”建立函数模型。演绎各因素对产量的作用,寻找高产最佳农艺措施,为重茬条件下大豆高产计划栽培提供科学依据。

## 一、试验设计与条件

试验采用五元二次回归正交旋转组合设计。各因素编码如表 1。

按设计共设 36 个小区,即  $N=36$ ,  $m_c=16$ ,  $m_r=10$ ,  $m_o=10$ , 供试品种黑农 37, 采用 70cm 垄距, 5 垄区, 垄长 5m, 小区面积 17.5m<sup>2</sup>、全部小区分三个正交区组, 区组内随机排列。试验地为平川黑土, 前茬大豆, 土壤中等肥力, 0~30cm 耕层全氮(%)0.166, 全磷(%)0.145, 全钾(%)2.78, 速效氮(mg/100g 土)14.63, 速效磷(mg/100g 土)9.8, 速效钾(mg/100g 土)17.8, 有机质(%)2.62, pH7.0。秋翻秋耙秋起垄, 人工等距穴播, 三铲三趟, 生育后期拿大草, 防治蚜虫, 食心虫。

\* 本文于 1994 年 12 月 14 日收到。

This paper was received on Dec. 14, 1994.

表 1 因素水平线性编码表  
Table 1 Level of factors and linear code

因 素 Factors	零水平 Level zero	间 距 Class interval	水平与线性编码(r=2) Leve and linear code				
			-2	-1	0	1	2
$x_1$ 密 度 Density	28(株/m <sup>2</sup> ) Plants/m <sup>2</sup>	9.0	10	19	28	37	46
$x_2$ 有机肥 Organic fertilizer	1000(kg/亩) kg/mu	500	0	500	1000	1500	2000
$x_3$ 尿 素 Urea	5.0(kg/亩) kg/mu	2.5	0	2.5	5.0	7.5	10.0
$x_4$ 三料磷 Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	10.0(kg/亩) kg/mu	5.0	0	5.0	10.0	15.0	20.0
$x_5$ 硫酸钾 K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.0(kg/亩) kg/mu	2.0	0	2.0	4.0	6.0	8.0

注:N、P、K 为有效量  
Note: The effective contents of nitrogen phosphorus and potassium.

二、结果与统计

根据试验结果计算得出大豆产量与各因素间回归数学模型为:

$$\begin{aligned} y = & 230.216 + 18.871x_1 + 20.063x_2 + 8.704x_3 + 2.129x_4 + 6.863x_5 + 5.744x_1x_2 \\ & - 1.781x_1x_3 - 3.556x_1x_4 + 4.156x_1x_5 + 7.719x_2x_3 + 3.969x_2x_4 + 0.206x_2x_5 \\ & + 0.394x_3x_4 - 3.369x_3x_5 - 4.769x_4x_5 - 14.037x_1^2 + 0.426x_2^2 \\ & - 9.862x_3^2 - 3.724x_4^2 - 3.137x_5^2 \end{aligned}$$

(1)

为了确定回归方程的实际意义,对模型进行了检验,其结果为:

$$F_1 = 0.843951(ns) < 0.05(6, 9) = 3.37$$
$$F_2 = 2.8337028(*) > 0.05(20, 15) = 2.33$$

通 F 检验表明,产量函数回归方程与实际情况拟合较好.本文以后分析中,对变量(不显著的)不剔除直接用原方程(1)进行优化分析.

三、模型优化与解析

(一)、最佳农艺方案的寻优

求目标函数为最优解,即:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^m b_{ij}x_i + \sum_{i<j} b_{ij}x_ix_j + \sum_{i=1}^m b_{ii}x_i^2$$

目标函数为非线性函数,且约束区域为 $-r < x_j < r (r=2) j=1, 2, 3, 4, 5$  内非线性规划问题.在微机上寻求此类非线性规划的最优解,即为该品种综合技术措施下最大生产潜力, $y(\max) = 305.8\text{kg/亩}$ 农艺措施决策变量为  $x_1=1, x_2=2, x_3=1, x_4=0, x_5=1$ .

上述最大值是密度 30 余万株/公顷,施足有机肥,黑农 37 可能达到的最高产量.但频率很低,生产上没有实际意义,我们要求的是目标函数在生产上具有可行性,因此必须考虑出现的频率.

通过微机采用步长分析法分析的结果看出,在松哈地区,黑土重茬条件下,黑农 37 亩产要达到 200kg 以上(表 3)其决策变量的农艺措施是:密度亩保苗 2.13~2.25 万株,有机

肥 1157.9~1267.1kg/亩,尿素(商品量)10.9~12.3kg/亩,三料磷 19.0~22.0kg/亩,硫酸钾 8.4~9.4kg/亩。

表 3 大豆亩产 200kg 以上的综合技术措施

Table 3 Agricultural integrated measures for obtaining soybean yield more than 200kg per mu

编 码 Code	x <sub>1</sub> 密度 Bensity		x <sub>2</sub> 有机肥 Organic fertilizer		x <sub>3</sub> 尿 素 Urea		x <sub>4</sub> 三料磷 Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>		x <sub>5</sub> 硫酸钾 K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	次数 Time		次数 Time		次数 Time		次数 Time		次数 Time	
		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)
-2	15	3.1	61	12.6	95	19.7	94	19.5	63	13
-1	124	25.7	110	22.8	122	25.3	104	21.5	97	20.1
0	144	29.8	157	32.5	109	22.6	107	22.2	106	21.9
1	103	21.3	86	17.8	90	18.6	96	19.9	117	24.2
2	97	20.1	69	14.3	67	13.9	82	17.0	100	20.7
次数合计 Time total	483		483		483		483		483	
Code $\bar{x}$	0.30		-0.02		-1.80		-0.07		0.19	
S $\bar{x}$	0.0521		0.0554		0.0601		0.0622		0.0603	
95%置信区 Fiducial interval	0.194~0.3982		-0.125~0.092		-0.300~0.064		-0.188~0.0556		0.076~0.313	
农艺措施 Agricultural measures	21265~22505 (株/亩) Plants/mu		1157.8~1267.1 (kg/亩) kg/mu		5.00~5.62 (kg/亩) kg/mu		8.73~10.11 (kg/亩) kg/mu		4.20~4.76 (kg/亩) kg/mu	

\* N. P. K 为纯量

(二)主因素分析

为判定每个因素对产量形成影响大小,用微机进行了主因素分析得到标准方程:

$$y=230.216+14.375y_1+21.183y_2-0.792y_3+1.146y_4+15.123y_5$$
$$-15.592y_1^2+2.683y_2^2-11.082y_3^2-5.699y_4^2-0.643y_5^2$$

(2)

根据上述(2)方程分析看出,各因素对产量的贡献顺序是:密度>尿素>三料磷>有机肥>硫酸钾。由于本年无霜期较长,雨量偏多,肥料(特别是有机肥)的作用较大,容易出现倒伏,因此在松哈地区重茬条件下要获得大豆高产首先要注意密度和植株分布,在施肥上以氮磷的作用最为明显。

(三)单因素与产量的关系

对模型(1)采用降维法,固定其中四个因素于 0 水平和 1 水平,看一个因素与产量的关系。

运用“旋转设计试验数据处理程序”直接图示每个因素与产量的效应(图 1)。从图 1 看出,在设计范围 $-2\leq x_1\leq 2$ 内,中晚熟品种黑农 37,密度( $x_1$ )和产量呈抛物线关系,低于 $-1(19\text{株}/\text{m}^2)$ 水平,产量较低,随密度增加产量提高,接近 $0(28\text{株}/\text{m}^2)$ 水平产量最高,密度在接近 $1(34\text{株}/\text{m}^2)$ 以后,产量明显降低。在中等肥力下,增施有机肥( $x_2$ )在 0

(1000kg/亩)水平以后,产量有明显增加。但适宜的速效氮( $x_3$ )产量较高,过多产量降低。磷( $x_4$ )、钾( $x_5$ )也有同样趋势,但不太明显。

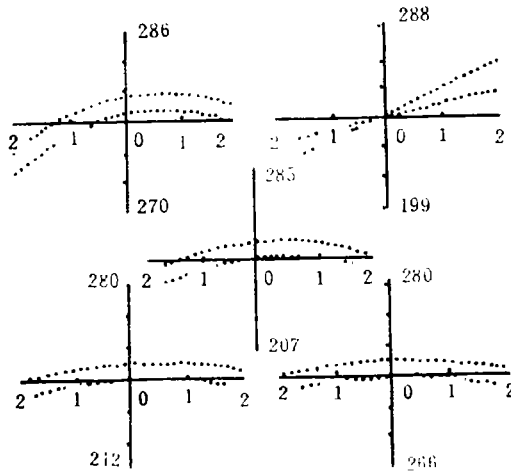


图 1 各因素( $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ )对产量的影响

Fig. 1 Effect of various factors( $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ ) to soybean yield

#### (四)因素交互作用与产量的关系

根据模型(1)对二个因素交互作用较显著项( $x_{12}, x_{23}, x_{45}$ )进行分析、固定其三因素于 0 水平得出子模型绘成交互图形。

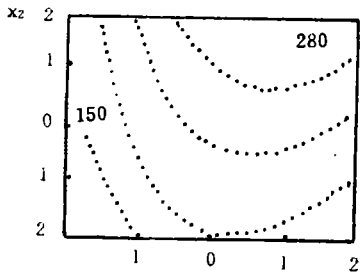


图 2 密度与有机肥的作用

Fig. 2 Interaction between plant density and application of organic manure

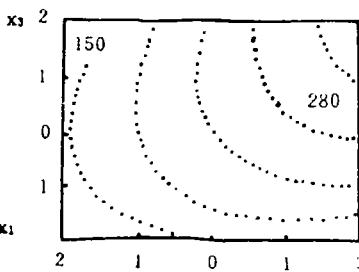


图 3 有机肥与氮肥的作用

Fig. 3 Interaction between organic manure and nitrogen fertilizer

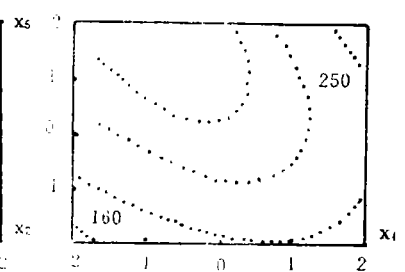


图 4 磷肥与钾肥的作用

Fig. 4 Interaction between phosphorus and potassium fertilizer

从图 2 看出,密度在 0(28 株/ $m^2$ )以下,增施有机肥对产量增加有明显的作,随着密度的增加,再增加有机肥,对产量作用不明显。说明肥地宜稀,瘦地宜密。从图 3 看出,有机肥在  $-2 < x_2 < 2$  范围内增加,产量也增加,而氮肥增产不明显。说明在多施有机肥的情况下,可以少施氮肥,同样达到高产的目的。从图 4 看出,在钾肥  $-2 < x_2 < 2$  范围内增钾肥和适当的少增加磷肥( $-2 < x_4 < 1$ )对增加产量有作用。说明土壤中钾的含量不足。

#### 四、结论

1. 在哈尔滨地区较肥沃的中等肥力土壤上,重茬(一年)的条件下,黑农 37、平均产量效应每亩 230. 216kg,从优化方案看,最大增产潜力每亩可达 305. 8kg。

2. 在松哈地区无霜期较长,雨水偏多的年份,容易出现倒伏要注意合理密植,在重茬条件下(一年)中晚熟品种黑农 37,栽培因素对产量的影响大小顺序是:密度>尿素>三料磷>有机肥>硫酸钾。

3. 要获得亩产 200kg 以上,除其它田间作业技术适当配合外,主要决策因素的数量关系是:亩保苗 2.13~2.25 万株,有机肥 1157.9~1267.1kg/亩,尿素(商品量)10.9~12.3 kg/亩,三料磷 19.0~22.0kg/亩,硫酸钾 8.4~9.4kg/亩。

4. 各因素与产量的关系中,密度和产量呈抛物线关系,密度低于 19 株/m<sup>2</sup> 产量较低,随密度增加产量提高,零水平(28 株/m<sup>2</sup>)时产量最高,以后随密度增加,产量降低。有机肥在零水平(1000kg/亩)后增施,产量有明显提高。适当的少施氮肥有促进产量的作用,过多产量降低。磷钾肥的作用不太明显。

5. 从因素互作与产量关系看,低密度增施有机肥有增产作用,密度增加再增施有机肥增产不明显,过多出现倒伏,反而减产。在增施有机肥多的地块,可以少施氮肥也能达到增产的目的。在一定的范围内增施钾肥( $-2 < x_5 < 2$ ),少增磷肥( $-2 < x_4 < 1$ )也可以提高大豆产量。说明土壤中钾元素不足。

## 参 考 文 献

- [1] Walter O. S. Samuel R. A. 1970, Modern Soybean Production, 76.
- [2] Franklin P. Gardner R. 1985, Brent Pearce Rogerl. Mitchell Physiology of Crop Plants 115~117.
- [3] 御子柴公人,1990,《轮作ダイズ400キロキソ》农山渔村文化协会
- [4] 胡立成等,1984,中美大豆学术讨论会论文
- [5] 胡立成等,大豆科学,1986,13(4):31~40
- [6] 胡立成等,大豆科学,1994,13(4):326~328
- [7] 张瑞忠等,大豆科学,1984,3(4):302~309
- [8] 丁希泉等,中国油料,1984,(4):36~40
- [9] 徐中儒等,东北农学院学报,1985,(1):50~80

## STUDY ON MATHEMATICAL MODEL OF COMPREHANSIVE FACTORS FOR HIGH YIELD OF SOYBEAN CULTIVAR HEINONG 37 UNDER CONTINUONS CROPPING CONDITION

Hu Licheng Lin Weigang Dong Lihua Ding Ximing

(Soybean Research Institnte, Heilongjang Academy of Agricultural Sciences)

### Abstract

In 1994, soybean yield tests were undtaken in field at Harbin establish a mathematic model under the continuons cropping condition. The contribution order of testing factors to soybean

yield is plant density > nitrogen fertilizer > phosphorous fertilizer > organic manure > potassium fertilizer. By frequency analysis, the best agronomic measures were brought out as follows: plant population 21265~22505 plants/mu, organic manure 1157.8~1267.1kg/mu, nitrogen fertilizer 5.00~5.62kg/mu, potassium fertilizer 4.2~4.8kg/mu, phosphate fertilizer 8.73~10.11kg/mu.

**Key words** Continuous cropping; Soybean; High yield; Model