

旱作条件下“黑农26”大豆高产综合 技术数学模型研究*

胡立成 姚远

(黑龙江省农业科学院大豆研究所)

提 要

本文对旱作条件下大豆高产栽培综合农艺措施进行了探讨,并通过田间试验测定参数,建立函数模型。使用微机及我所编制的程序,解析了播期(x_1)、密度(x_2)、氮肥(x_3)、磷肥(x_4)、钾肥(x_5)等主要因素间相互效应及与产量的关系,提出了大豆高产栽培最佳综合农艺措施,为旱作条件下大豆高产计划栽培提供了科学依据。

黑龙江省是我国大豆重点产区。大豆主要栽培在旱作条件下,为了提高大豆产量,过去曾进行过许多单因素试验。但大豆高产往往受多种因素的综合影响,所以只研究单因素的作用不能反映出大豆产量和各因素之间的综合交互关系。黑龙江省农科院大豆研究所于1981—1983年在宾县不同地势旱作条件下开展了大豆高产综合农艺措施的研究,其结果表明,选择肥沃平川地,采用综合农艺措施能够获得大豆高产。

本文对田间试验测定的参数,通过APPLE-II微机,使用“旋转设计试验数据处理程序”建立产量函数模型。同时在微机上演释各种因素对产量的作用,寻找大豆高产最佳农艺组合方案和最优化生产条件,为旱作条件下大豆高产计划栽培提供了科学依据。

一、试验设计及条件

田间试验采用五元二次回归正交旋转组合设计。各因素水平与编码如表1。

按设计要求共设36个小区,即 $N=36$, $m_c=16$, $m_r=10$, $m_s=10$, 供试品种为黑农26,采用70厘米垅距,5垅区,垅长6米,小区面积为21平方米。全部小区分三个正交区组,区组内随机排列。

试验地为川地黑土,地力均匀肥沃,0—30厘米耕层全氮(%)0.162—0.166,全磷(%)0.113—0.124,全钾(%)2.473—2.619,碱解氮(毫克/100克土)24.99—

* 参加部分试验的还有:郭宇虹,张翠环,张玉华同志。
本文于1985年10月25日收到。

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) Level and linear code				
			- 2	- 1	0	1	2
x_1 播 期 Sowing date	5.10 (月、日 Month Date)	8	4.24	5.2	5.10	5.18	5.26
x_2 密 度 Density	30 (株/ M^2) Plants/ m^2)	10	10	20	30	40	50
x_3 尿 素 Urea	4 (斤/亩) jin/mu)	2	0	2	4	6	8
x_4 三 料 磷 Ca(H ₂ PO ₄) ₂	10 (斤/亩) jin/mu)	5	0	5	10	15	20
x_5 硫 酸 钾 K ₂ SO ₄	10 (斤/亩) jin/mu)	5	0	5	10	15	20

注: N. P. K 为有效量。

Note: The effective contents of nitrogen phosphorus and potassium.

31.29, 速效磷(毫克/100克土)4.10—4.30, 速效钾(毫克/100克土)16.0—17.0, 有机质(%)2.83—3.04, pH7。前茬高粱, 秋翻秋耙, 人工等距点播, 三铲三趟, 生育后期拿大草, 并及时防治了蚜虫, 草地螟, 食心虫。

二、试验结果与统计

根据试验结果(表2), 使用“旋转设计试验数据处理程序”, 计算得出大豆产量与各因素间回归数学模型为:

$$\begin{aligned}
 Y = & 375.3646 - 9.3875x_1 - 10.8292x_2 - 8.60420001x_3 + 14.5042x_4 + 2.8625x_5 \\
 & - 5.0312x_1x_2 - 15.4938x_1x_3 - 11.6687x_1x_4 - 4.4687x_1x_5 \\
 & + 4.4313x_2x_3 + 0.9063x_2x_4 - 2.2687x_2x_5 \\
 & - 16.7813x_3x_4 + 4.1688x_3x_5 \\
 & + 11.2188x_4x_5 \\
 & + 0.0656x_1x_1 - 18.8219x_2x_2 + 2.7531x_3x_3 + 4.9156x_4x_4 - 7.7719x_5x_5
 \end{aligned} \quad (1)$$

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:

$$D(zong) = 47416.2109 \quad df = 35$$

$$D(hui) = 40188.2615 \quad df = 20$$

$$D(sheng) = 7227.94939 \quad df = 15$$

$$D(wu) = 4009.92395 \quad df = 9$$

$$D(Lf) = 3218.02544 \quad df = 6$$

$$F_1 = 1.20377299(*) < 0.05(6, 9) = 3.37$$

$$F_2 = 4.17008955(**) > 0.01(20, 15) = 3.37$$

表 2
Table 2 试验结构矩阵及产量结果
Experiment structure matrix and yield result

区号 Plot No.	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y	区号 Plot No.	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y
1	1	1	1	1	1	298.2	19	0	2	0	0	0	290.9
2	1	1	1	-1	-1	335.9	20	0	-2	0	0	0	310.3
3	1	1	-1	1	-1	375.1	21	0	0	2	0	0	378.3
4	1	1	-1	-1	1	301.3	22	0	0	-2	0	0	395.6
5	1	-1	1	1	-1	312.1	23	0	0	0	2	0	420.1
6	1	-1	1	-1	1	334.8	24	0	0	0	-2	0	371.0
7	1	-1	-1	1	1	416.3	25	0	0	0	0	2	379.4
8	1	-1	-1	-1	-1	398.1	26	0	0	0	0	-2	310.3
9	-1	1	1	1	-1	364.6	27	0	0	0	0	0	375.2
10	-1	1	1	-1	1	345.8	28	0	0	0	0	0	370.5
11	-1	1	-1	1	1	397.9	29	0	0	0	0	0	361.2
12	-1	1	-1	-1	-1	320.6	30	0	0	0	0	0	415.0
13	-1	-1	1	1	1	402.5	31	0	0	0	0	0	341.2
14	-1	-1	1	-1	-1	379.2	32	0	0	0	0	0	387.3
15	-1	-1	-1	1	-1	408.2	33	0	0	0	0	0	378.6
16	-1	-1	-1	-1	1	318.3	34	0	0	0	0	0	368.8
17	2	0	0	0	0	358.9	35	0	0	0	0	0	356.7
18	-2	0	0	0	0	393.4	36	0	0	0	0	0	398.0

通过对方程进行 F 检验表明, 产量函数回归方程与实际情况拟合较好。试验误差的方差可取值 $\delta=21.95$, 进一步对回归系数进 t -检验, 其结果为:

b =	t =
$b_0 = 375.3646$	0
$b_1 = -9.3875$	2.095 *
$b_2 = -10.8292$	2.4168 **
$b_3 = -8.60420001$	1.9202 *
$b_4 = 14.5042$	3.237 **
$b_5 = 2.8625$	0.6388
$b_{12} = -5.0312$	0.9168 *
$b_{13} = -15.4938$	2.8233 **
$b_{14} = -11.6687$	2.1263 *
$b_{15} = -4.4687$	0.8143
$b_{23} = 4.4313$	0.8075
$b_{24} = 0.9063$	0.1651
$b_{25} = -2.2687$	0.4134
$b_{34} = -16.7813$	3.0579 **
$b_{35} = 4.1688$	0.7596

$b_{45} = 11.2188$	2.0443 *
$b_{11} = 0.0656$	0.0169
$b_{22} = -18.8219$	4.8504 * *
$b_{33} = 2.7531$	0.7095
$b_{44} = 4.9156$	1.2668 *
$b_{55} = -7.7719$	2.0028 *

对回归系数检验看出, $b_1, b_2, b_3, b_4, b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{34}, b_{45}, b_{22}, b_{44}, b_{55}$. 在一定的水平 (* $\alpha=0.1-0.4$, ** $\alpha=0.001-0.05$) 下显著或有作用。由于回归方程拟合较好, 在本文以后的分析中, 对变量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) 计算机寻优

求目标函数为最优解, 即:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^m b_i x_i + \sum_{i,j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^m b_{ij} x_i^2 \quad (2)$$

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。根据高等数学, 欲求极值必满足该函数对各因素一阶偏导数等于零即:

$$\frac{\partial y}{\partial x_i} = 0 \quad (3)$$

将回归系数代入 (3) 得:

$$dY/dx_1 = -9.3875 + 0.1312x_1 - 5.0312x_2 - 15.4938x_3 - 11.6687x_4 - 4.4687x_5$$

$$dY/dx_2 = -10.8292 - 5.0312x_1 - 37.6438x_2 + 4.4313x_3 + 0.9063x_4 - 2.2687x_5$$

$$dY/dx_3 = -8.60420001 - 15.4938x_1 + 4.4313x_2 + 5.5062x_3 - 16.7813x_4 + 4.1688x_5$$

$$dY/dx_4 = 14.5042 - 11.6687x_1 + 0.9063x_2 - 16.7813x_3 + 9.8312x_4 + 11.2188x_5$$

$$dY/dx_5 = 2.8625 - 4.4687x_1 - 2.2687x_2 + 4.1688x_3 + 11.2188x_4 - 15.5438x_5$$

经判定系数矩阵 A 不定, 无极值 (Y 有稳定点), 在微机上, 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, 每亩产量最大值为: $Y_{(max)} = 543.83 (-2, 0, -2, 2, 2)$ 农艺措施决策变量为: $x_1 = -2, x_2 = 0, x_3 = -2, x_4 = 2, x_5 = 2$ 。

上述最优解是在适宜密度下, 施足磷肥, 黑农26可能达到的最高产量。但其频率较低, 生产上不一定有实际意义, 我们索取的目标函数生产上应具有可行性, 这就必须考虑经济效益和它出现的频率。

通过微机采用步长分析法, 令步长为 1, 产量上限 400 斤, 下限 350 斤, 全部方案有 3125 个, 等于或大于 400 斤以上的方案有 618 个 (表 3)。

表 3 大豆亩产 400 斤以上的综合技术措施
Table 3 Agricultural integrated measures for obtaining more than 400jin per mu

编 码 Code	x ₁ 播 期 Sowing date		x ₂ 密 度 Density		x ₃ 尿 素 Urea		x ₄ 三料磷 Ca(H ₂ PO ₄) ₂		x ₅ 硫酸钾 K ₂ SO ₄	
	次 数 time	(%)	次 数 time	(%)	次 数 time	(%)	次 数 time	(%)	次 数 time	(%)
-2	198	32	75	12.1	238	38.5	74	12	67	10.8
-1	131	21.2	182	29.4	132	21.4	41	6.6	118	19.1
0	87	14.1	209	33.8	65	10.5	51	8.3	151	24.4
1	84	13.6	125	20.2	63	10.2	170	27.5	151	24.4
2	118	19.1	27	4.4	120	19.4	282	45.6	131	21.2
次 数 Time	合 计 Total		618		618		618		618	
Code	\bar{X}		-0.33		-0.25		-0.49		0.88	
S	\bar{X}		0.0603		0.0421		0.0622		0.055	
95%置信区间 Fiducial interval	-0.454—-0.215		-0.330—-0.165		-0.615—-0.371		0.774—0.989		0.159—0.361	
农 艺 措 施 Agricultural measures	5月6日—5月8日 Sowing date 6—8th of may		17800—18900 (株/亩) Plants/mu		2.77—3.258 (斤/亩) jin/mu		13.85—14.9 5 (斤/亩) jin/mu		10.795—11.805 (斤/亩) jin/mu	

经步长分析看出，旱作条件下黑农26要达到亩产400斤以上，其决策变量的农艺措施是：播期5月6日—8日，每亩保苗数1.8—1.9万株，尿素（纯N）每亩3斤，三料磷肥（纯P₂O₅）14—15斤，硫酸钾（纯K₂O）11—12斤。

(二) 主因素分析

为判定每个试验因素对产量形成的影响大小，用微机进行了主因素分析。首先把方程(1)右端视作二次型，经计算得正交变换与标准方程为：

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= +0.4641x_1 + 0.075x_2 - 0.7309x_3 + 0.0168x_4 + 0.4945x_5 \\
 Y_2 &= +0.1483x_1 + 0.9733x_2 + 0.0987x_3 - 0.0398x_4 - 0.1394x_5 \\
 Y_3 &= +0.5222x_1 - 0.1158x_2 + 0.4912x_3 - 0.6301x_4 + 0.2749x_5 \\
 Y_4 &= +0.5186x_1 - 0.0781x_2 + 0.3763x_3 + 0.7618x_4 + 0.0554x_5 \\
 Y_5 &= -0.4701x_1 + 0.1662x_2 + 0.2705x_3 + 0.1445x_4 + 0.8108x_5
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 Y &= 375.3646 - 4.2798y_1 - 10.9041y_2 + 7.7975y_3 + 17.1563y_4 - 2.3739y_5 \\
 &\quad - 13.7111y_1y_1 - 19.5093y_2y_2 + 9.4436y_3y_3 + 12.7667y_4y_4 - 7.8494y_5y_5
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

在综合农艺措施下，各因素对产量贡献顺序是：密度>播期>磷肥>氮肥>钾肥。故松哈地区要获得大豆高产，首先要注意密度和植株分布，以及播种时期。在施肥因素中，以磷肥作用最明显。

(三) 各因素与产量的关系

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，分别得如下子模型：

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 375.3646 - 9.3875x_1 + 0.0656x_1x_1 \\
 Y_1 &= 356.0479 - 46.05x_1 + 0.0656x_1x_1 \\
 Y_2 &= 375.3646 - 10.8292x_2 - 18.8219x_2x_2 \\
 Y_2 &= 341.6771 - 12.7917x_2 - 18.8219x_2x_2 \\
 Y_3 &= 375.3646 - 8.60420001x_3 + 2.7531x_3x_3 \\
 Y_3 &= 339.5896 - 32.2792x_3 + 2.7531x_3x_3 \\
 Y_4 &= 375.3646 + 14.5042x_4 + 4.9156x_4x_4 \\
 Y_4 &= 306.9687 - 1.8208x_4 + 4.9156x_4x_4 \\
 Y_5 &= 375.3646 + 2.8625x_5 - 7.7719x_5x_5 \\
 Y_5 &= 306.3229 + 11.5125x_5 - 7.7719x_5x_5
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

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1，2，3，4，5）。

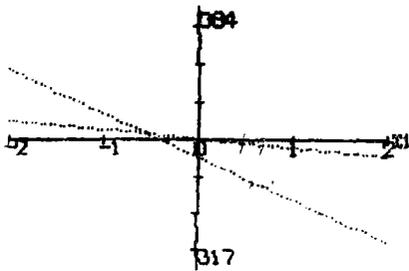


图 1 播期对产量的影响
Fig 1 Effect of sowing date to yield

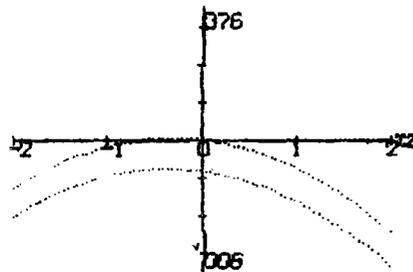


图 2 密度对产量的影响
Fig 2 Effect of density to yield

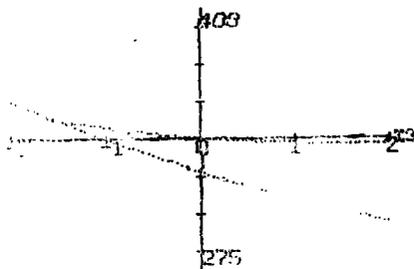


图 3 氮肥对产量的影响
Fig 3 Effect of nitrogen fertilizer to yield

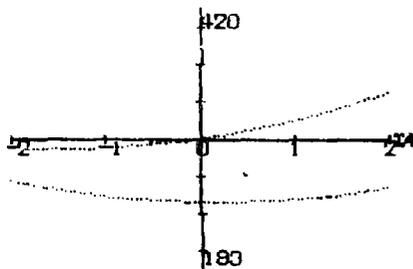


图 4 磷肥对产量的影响
Fig 4 Effect of phosphorus fertilizer to yield

从图1—5看出，在设计范围 $-2 \leq x_1 \leq 2$ 内，中晚熟品种黑农26，早播比晚播产量

高。密度和产量呈抛物线关系，曲线峰点在 $-1 < x_2 < 0$ 水平。稀植时产量较低，随着密度增加产量增高，达到一定限度后，再增加密度，出现倒伏造成减产。在水肥较好的高产田，土壤中含氮量高，大豆本身又能固定空气中的氮，增施氮肥减产。增施磷肥则有明显的增产效果。钾肥虽然增产但施量过多 ($x_5 > 0$) 产量反而有下降趋势。

(四) 边际产量效应

在农业经济分析时，需要探讨产量随各因素水平值变化增减速率。对 (6) 式中固定于 0 水平值的各子模型求导：

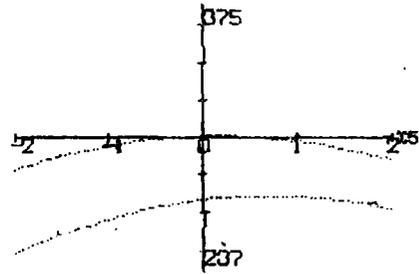


图 5 钾肥对产量的影响
Fig 5 Effect of potassium fertilizer to yield

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx_1} &= -9.3875 + 1.312x_1 \\ \frac{dy}{dx_2} &= -10.8292 - 37.6438x_2 \\ \frac{dy}{dx_3} &= -8.6042 + 5.5062x_3 \\ \frac{dy}{dx_4} &= 14.5042 + 9.8312x_4 \\ \frac{dy}{dx_5} &= 2.8625 - 15.5438x_5 \end{aligned} \quad (7)$$

将不同编码值代入 (7)，分别求出各不同水平下每个栽培因素的边际产量 (表 4)，并将对应值绘于图 6 看出，单因素对产量影响速率随水平值改变而变化，有的下

表 4 大豆边际产量
Table 4 Boundary yield of soybean

因素 Factors	编 码 Code	-2	-1	0	1	2
播 期	Sowing date	-12.01	-10.70	- 9.39	- 8.08	- 6.76
密 度	Density	64.46	26.81	-10.83	-48.47	-86.12
尿 素	Urea	-19.62	-14.11	- 8.60	- 3.09	2.41
三料磷	$\text{CaH}(\text{2PO}_4)_2$	- 5.16	4.67	14.50	24.34	34.17
硫酸钾	K_2SO_4	33.95	18.41	2.86	-12.68	-28.23

降，有的上升。如 x_2, x_5 其边际产量开始为正值，但随 x_2, x_5 量增加，其变化率减小，

说明随着密度和钾肥量增加，产量降低。 x_4 边际产量开始为负值，但随 x_4 量增加，产量明显增高，而 x_3, x_1 其增量变化平缓，增产效应低。

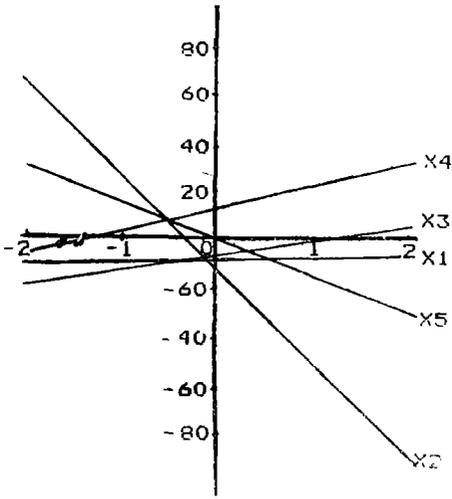


图 6 各因素不同水平下的边际产量效应
Fig 6 Effect of factors and levels to boundary yield

通过上述分析，可以作出经济效益判断。在松哈地区旱作条件下，平川肥沃的土地上，施尿素增产很少，施三料磷有明显的增产效果，每亩施用量超过 30 斤，每斤肥料增产大豆 1.18 斤，但抵不上投入的成本。硫酸钾每亩施用 10 斤，每斤肥料增产 3.39 斤，有盈利，超过 20 斤，每斤肥料虽增产 0.9 斤，但亏本。

(五) 两个因素的交互作用

根据模型 (1) 对二个因素交互作用显著项 ($x_1x_2, x_1x_3, x_1x_4, x_3x_4, x_4x_5$) 进行分析，固定其三个因素于 0 水平，得如下子模型：

$$\begin{aligned}
 Y_{12} &= 375.3646 - 9.3875x_1 - 10.8292x_2 - 5.0312x_1x_2 + 0.0656x_1x_1 \\
 &\quad - 18.8219x_2x_2 \\
 Y_{13} &= 375.3646 - 9.3875x_1 - 8.60420001x_3 - 15.4937x_1x_3 + 0.0656x_1x_1 \\
 &\quad + 2.7531x_3x_3 \\
 Y_{14} &= 375.3646 - 9.3875x_1 + 14.5042x_4 - 11.6687x_1x_4 + 0.0656x_1x_1 \quad (8) \\
 &\quad + 4.9156x_4x_4 \\
 Y_{34} &= 375.3646 - 8.60420001x_3 + 14.5042x_4 - 16.7812x_3x_4 + 2.7531x_3x_3 \\
 &\quad + 4.9156x_4x_4 \\
 Y_{45} &= 375.3646 + 14.5042x_4 + 2.8625x_5 + 11.2188x_4x_5 + 4.9156x_4x_4 \\
 &\quad - 7.7719x_5x_5
 \end{aligned}$$

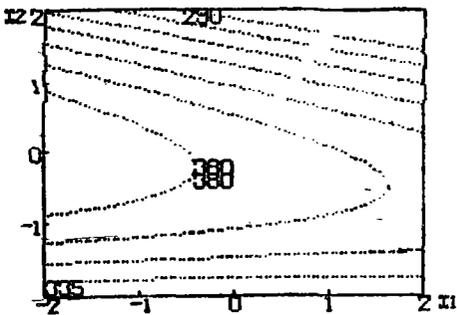


图 7 播期和密度的作用
Fig 7 Interaction between sowing date and density

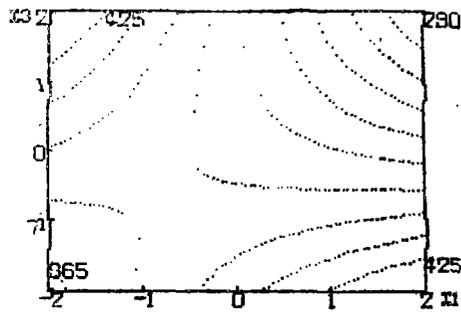


图 8 播期和氮肥的作用
Fig 8 Interaction between sowing date and nitrogen fertilizer

根据大豆生产上的需要，确定有参考价值的产量指标，使 Y 取不同的产量值将其

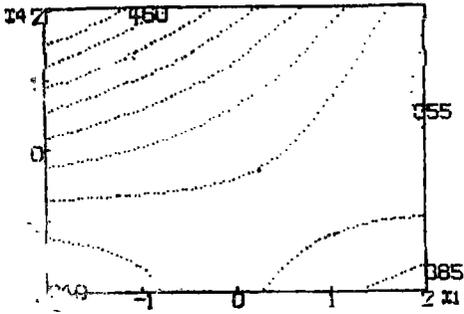


图 9 播期与磷肥的作用
Fig 9 Interaction between sowing date and phosphorus fertilizer

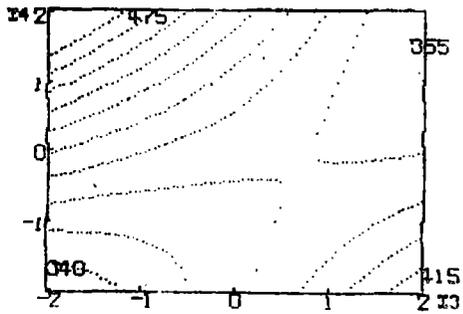


图 10 氮肥与磷肥的作用
Fig 10 Interaction between nitrogen and phosphorus fertilizer

代入 (8) 中，可得相应产量的等产量线图 (7—11)。这些方程式和图反映出二个因素的互作效应和产量的关系。

从图 7 看出，低密度时，播期晚产量有所降低，但超过适宜密度后，随密度增加，播期越晚产量越低。

从图 8 看出，早播多施氮肥，产量增加，播期 ($2 > x_1 > 0$) 延迟，多施氮肥，产量降低。说明中晚熟品种黑农 26，早播多施氮肥有利于生长发育，晚播多施氮肥会引起突长贪青晚熟，造成减产。

从图 9 看出，早播多施磷肥，产量增加，等产量线沿磷的方向密集。说明播期对产量的影响小于磷肥。

从图 10 看出，氮肥和磷肥在零水平以下 ($-2 < x_2 < 0$)，增加施用量时，产量增加。而在氮磷配合施用一定量的基础上 ($0 < x_2 < 2$)，减少氮肥，增施磷肥，可以提高大豆产量。说明磷肥对大豆有显著的增产效果。

从图 11 看出，多施钾肥少施磷肥对大豆没有增产效果。随着磷肥施用量的增加，钾肥也适当增加，才能提高大豆产量。

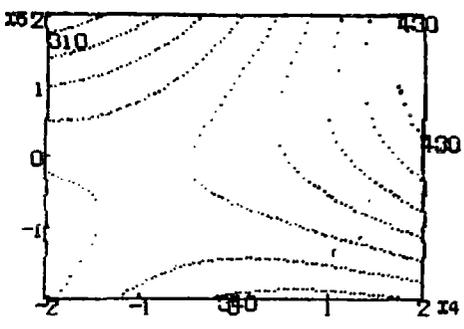


图 11 磷肥与钾肥的作用
Fig 11 Interaction between phosphorus and potassium fertilizer

四、结 论

1. 在宾县旱作条件下，平川肥沃的土地上，黑农 26 平均产量效应 每亩 375.4 斤。从优化方案看，最大潜力可以达到亩产 543.83 斤。
2. 在松哈地区，中晚熟品种黑农 26 栽培因素对产量的影响大小顺序是：

密度>播期>磷肥>氮肥>钾肥。

3. 要获得亩产 400 斤以上,除了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:每亩保苗 1.8—1.9 万株,播期 5 月 6—8 日,每亩施用三料磷(商品量) 30—33 斤,尿素 6.5 斤,硫酸钾 22—24 斤。

4. 各因素互作效应中,以氮磷互作最明显。零水平(亩施尿素,三料磷各 22 斤)以下,氮磷配合随施用量增加产量提高。而零水平以上,少施氮,多施磷有明显的增产效果。

5. 通过模型对边际产量的分析表明,在松哈地区旱作条件下,平川肥沃的土地上,施尿素增产很少;施三料磷有明显的增产效果,每亩施用量超过 30 斤,虽增产但没有经济效益;硫酸钾超过 20 斤也没有经济效益。

主要参考文献

- [1] 张瑞忠等, 1984, 超早熟大豆东农综合农 36 艺措施的产量函数模型. 大豆科学, 第 3 期.
- [2] 徐中儒等, 1986, 大豆高产栽培综合农艺措施数学模型的研究. 东北农学院学报, 第 1 期.
- [3] 胡立成等, 1984, 大豆高产综合技术数学模型研讨. 中美大豆学术讨论会论文, (大豆所落成).
- [4] Walter O. S. Samuel R. A. Modern Soybean Production. Page 69—76.
- [5] Baswell. F. C. etal. 1976, Long-term residual fertility and current N—P—K application effects on soybean. Agro. J. 68 (2): 315.

STUDY ON MATHEMATICAL MODEL OF COMPREHANSIVE TECHNIQUE FOR HIGH YIELD OF SOYBEAN CULTIVAR HEINONG 26 UNDER THE NO—IRRIGATION CONDITION

Hu Li-cheng Yao-yuan

(Soybean Reseach Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences)

Abstract

In 1983, the parameter tests were performed in field to establish a mathematic model under the no-irrigation condition. The contribution order of testing factors to soybean yield is density > sowing date > phosphorous fertilizer > nitrogen fertilizer > potassium fertilizer.

Searching for the optimization of the model with the computer, we assume that step is one, five factors and five levels a composed of 3125 designs yield in 618 designs reaches more than 400jin/mu. By frequency analysis, the best agronomic measures can be morked out and are listed below: the plant population is 18000—19000 plants/mu, sowing date is 6—8th of May, phosphate fertilizer is 30—33jin/mu, urea is 6.5jin/mu, potassium sulphate is 22—24jin/mu.