

夏大豆高产综合栽培技术研究*

李永孝 丁发武 李佩琨
崔如 王法宏 赵经荣

(山东省农科院作物研究所)

提 要

1986~1989年,在本所试验田,运用四因子二次通用旋转回归组合设计方法,对夏大豆产量与种植密度、底肥用量、追肥时期、灌溉间隔天数等综合栽培技术的关系进行了研究。结果表明,在山东省气候条件和本试验土壤肥力水平下,夏大豆亩产225kg以上,种植密度为 $1.87\sim 1.99$ 万株 \cdot 亩 $^{-1}$,底施复合肥($N:P_2O_5:K_2O=15:15:15$) $18.5\sim 21.4$ kg \cdot 亩 $^{-1}$,出苗后43~47天追肥(尿素10kg \cdot 亩 $^{-1}$),每9~10天灌溉一次。密度和灌溉间隔天数是影响夏大豆产量最主要的因素。因素间的交互作用对夏大豆产量影响很大。单因素边际产量随环境条件而变化。

关键词 夏大豆;综合栽培措施

围绕大豆产量问题,国内外学者在水、肥、密度等方面进行了许多研究。常耀中等研究了春大豆的高产规律及栽培技术,指出土壤养分和水分是大豆高产的基础和保证,亩产200kg的大豆以 25 株 \cdot 米 $^{-2}$ 为宜^[5]。刘金印等认为亩产200kg左右的大豆高秆中晚熟品种以 $8.3\sim 25$ 株 \cdot 米 $^{-2}$ 为宜,矮秆早熟品种以 $25\sim 40$ 株 \cdot 米 $^{-2}$ 为宜^[1]。胡立成等利用正交旋转回归设计,研究了旱作春大豆产量与播期、密度、N、P、K肥用量的数学模型,提出了亩产200kg的栽培措施^[4]。陈仁忠等用同样的方法研究了春大豆产量与密度、灌溉、N、P、K肥用量的数学模型,提出了春大豆亩产250kg的栽培措施。所有这些研究,对提高春大豆产量都具有重要的指导意义。但夏大豆在这方面的研究,至今尚未见报。1986~1989年,运用四因子二次通用旋转回归设计方法^[3],在本所试验田,对夏大豆高产综合栽培技术进行了研究。得出了一些有规律性的资料,可供夏大豆生产参考。

* 本文于1992年5月4日收到。

This paper was received on May 4, 1992.

材料与 方法

试验于 1986~1989 年在本所试验田内进行。前茬小麦。小区长 7 米,宽 2 米,面积 14 米²。行距 30 厘米,6 行区,取中间 4 行计产。全部小区在田间按随机区组排列。不同水分处理间设 2 米宽的隔离区。播种前化验土壤养分:全氮 0.103%、全磷 0.183%、水解氮 52.92ppm、速效磷 55.0ppm、速效钾 128.0ppm,有机质含量 1.25%。6 月中旬播种,九月中下旬收获。供试品种为鲁豆 4 号。试验采用四因子二次通用旋转回归组合设计,按完全实施方案, $m_c=16, m_r=8, m_o=7, r=2$ 。重复 2 次(表 2 中产量为 2 次重复的平均值)。研究

表 1 因素水平编码

Table 1 Coding for the level of factors

因 素 编 码 Coding	x_1 (万株·亩 ⁻¹) (10000 plants·mu ⁻¹)	x_2 (底肥,kg·亩 ⁻¹) (Base applying kg·mu ⁻¹)	x_3 (追肥期) Date of top application	x_4 (灌溉间隔天数) Days between irrigations
-2	1.0	0	70	15
-1	1.4	10	56	12
0	1.8	20	42	9
1	2.2	30	28	6
2	2.6	40	14	3

种植密度(x_1 ,万株·亩⁻¹)、底肥用量(x_2 ,kg·亩⁻¹)、追肥时期(x_3 ,出苗后天数)、灌溉间隔天数(x_4)与夏大豆产量的综合关系,形成夏大豆高产数学模型。经微机运算,确定夏大豆亩产 225kg 以上的高产综合栽培农艺方案。试验因素水平编码如表 1。底肥为三元素复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)。追肥为尿素,各小区均按 10kg·亩⁻¹。及时进行了间苗、补苗和除草、灭虫等管理。如果一次降雨大于 25mm 时,按照灌溉间隔 3、6、9、12、15 天的设计,顺延相应的天数;如果一次降雨小于 25mm,雨停后按设计进行灌溉。

结果与 分析

一、试验结果与数学模型

每个试验小区的因素水平组合及其产量结果列入表 2 中。经微机模拟,夏大豆产量数学模型为:

表 2 试验处理及其产量

Table 2 The treatment and yield of treatment in experiment

处理号 Treatments	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	Yield(kg·mu ⁻¹)
1	1	1	1	1	207.6
2	1	1	1	-1	220.5
3	1	1	-1	1	219.5
4	1	1	-1	-1	253.3
5	1	-1	1	1	245.2
6	1	-1	1	-1	214.8
7	1	-1	-1	1	247.6
8	1	-1	-1	-1	232.4
9	-1	1	1	1	241.9
10	-1	1	1	-1	240.0
11	-1	1	-1	1	233.3
12	-1	1	-1	-1	237.6
13	-1	-1	1	1	223.3
14	-1	-1	1	-1	227.1
15	-1	-1	-1	1	210.5
16	-1	-1	-1	-1	191.4
17	2	0	0	0	244.8
18	-2	0	0	0	203.8
19	0	2	0	0	224.3
20	0	-2	0	0	230.5
21	0	0	2	0	235.3
22	0	0	-2	0	252.4
23	0	0	0	2	223.8
24	0	0	0	-2	199.0
25	0	0	0	0	245.8
26	0	0	0	0	246.7
27	0	0	0	0	245.3
28	0	0	0	0	249.0
29	0	0	0	0	252.7
30	0	0	0	0	246.4
31	0	0	0	0	250.9

$$\hat{y}=248.23+4.908x_1+2.042x_2-1.642x_3+2.558x_4-8.725x_1x_2-7.725x_1x_3-0.875x_1x_4-3.887x_2x_3-6.875x_2x_4+1.212x_3x_4-5.738x_1^2-4.963x_2^2-0.851x_3^2-8.963x_4^2 \tag{1}$$

(1)式中 \hat{y} 为籽粒产量(公斤·亩⁻¹), x_1,x_2,x_3,x_4 所代表的意义同前。经检验,关于方程的 $F_1=0.2559<F_{0.05},F_2=183.8961>F_{0.01}$ 。说明该试验资料所建立的二次回归方程(1)与实测值拟合较好。经诸项检验,除 x_1x_4 项的系数达不到显著水平外,其他各项均在0.05或0.01水平上显著。对变量不作剔除,直接对数学模型(1)进行分析。

二、最优组合及农艺方案

据(1)式,以步长为1,于 $-2\leq x_i\leq 2$ 范围内,用微机进行模拟,寻出最高产量组合为:

$$x_1=2, x_2=-1, x_3=-2, x_4=0.$$

即 2.6 万株·亩⁻¹, 底施复合肥 10 公斤·亩⁻¹, 出苗后 70 天左右追施尿素 10 公斤·亩⁻¹, 每 9 天左右浇一次水, 可获得最高产量 $\hat{y}_{\max}=268.69\text{kg}\cdot\text{亩}^{-1}$ 。

在实际生产中, \hat{y}_{\max} 的置信度太小, 为了增加可靠性, 可用产量频数分析法做进一步解析。本试验在 $-2\leq x_1\leq 2$ 区间内, 以步长为 1, 经微机模拟, 得组合方案 5'=625 套, 其中亩产量 $\hat{Y}\geq 225$ 公斤的 231 套, $\hat{y}\geq 250$ 公斤·亩⁻¹ 的 30 套。

计算表明: 夏大豆亩产量 $\hat{y}\geq 225$ 公斤的农艺方案为: 群体 1.87~1.99 万株·亩⁻¹, 底施复合肥 1.85~21.4 公斤·亩⁻¹, 出苗后 43~47 天追肥, 9~10 天灌溉一次。可靠性 95%。

三、因素效应分析

1、主效应分析: 由(1)式看出, 一次项 $x_1>x_4>x_2>x_3$, 二次项 $x_4>x_1>x_2>x_3$ 。可见对夏大豆产量影响最大的主效应是群体大小和灌溉间隔天数, 其次是底肥用量, 再次是追肥期。因此, 生产实践中应特别重视群体大小、供水多少和底肥用量控制。

2、单因素边际产量效应: 边际产量是指某因素变动 1 个单位时产生的产量增量(或正、或负)。将(1)式分别对 x_1, x_2, x_3, x_4 取一阶偏导数得

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial x_1}=4.908-11.476x_1-8.725x_2-7.725x_3-0.875x_4 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial x_2}=2.042-8.725x_1-9.926x_2-3.887x_3-6.875x_4 \quad (3)$$

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial x_3}=-1.642-7.725x_1-3.887x_2-1.702x_3+1.212x_4 \quad (4)$$

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial x_4}=2.558-0.875x_1-6.875x_2+1.212x_3-17.926x_4 \quad (5)$$

在 2—5 式中, 均依次将三个因素固定在 -2、-1、0、1、2 水平上(可把固定在某水平上因素视为未固定因素的环境条件), 就可求出某固定因素在 5 种环境条件下的边际产量。据边际产量和相应的编码值绘图 1(图 1 中省略了固定三因素于 -1 和 1 水平的情况)。

(1)由图 1 和 2—5 式看出, 不论在何种环境条件下, 每变动 1 个编码单位, x_1, x_2, x_3, x_4 的边际产量就分别变动 11、10、2、18, kg·亩⁻¹。可见, 4 因子对产量影响大小的顺序应为 $x_4>x_1>x_2>x_3$ 。因此, 灌溉间隔天数、密度、底肥用量应作为生产上的主控因子。

(2)由图 1 看出, 当其他三因素固定在 -2 水平上时, x_1, x_2, x_3, x_4 的边际产量在各个水平上都比其他三因素固定在 0 水平上的边际产量高; 当其他三因素固定在 2 水平上时, x_1, x_2, x_3, x_4 的边际产量在各个水平上都比其他三因素固定在 0 水平上的边际产量低。说明边际产量是随环境条件而变化的。在同一环境条件下, 边际产量的绝对值越小, 大豆亩产量越高。

(3)当其他三因素固定在 0 水平上时, 边际产量为 0 的编码值分别为

$x_1=0.429$ (1.97 万株·亩⁻¹), $x_2=0.206$ (底施复合肥 22.1kg·亩⁻¹), $x_3=0.965$ (出苗 56 天追肥), $x_4=0.143$ (每 9~10 天灌溉一次), 此时单因素产量效应最高, 分别为 249.3、248.0、249.0、248.4 公斤·亩⁻¹。

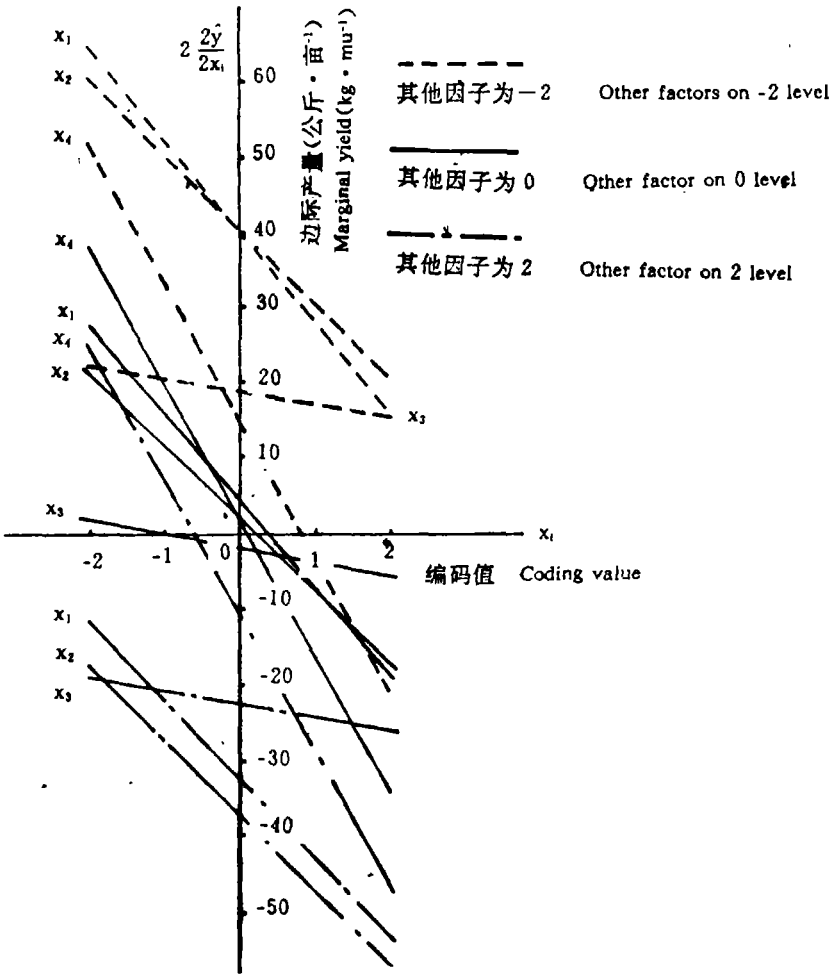


图 1 当其它因子分别为-2、0、2时单因素边际产量

Fig 1 The marginal yield of single factor when other factors were put on the level of -2,0,and 2

3、两因素交互效应:(1)式中任意固定两因素于 0 水平上,得如下 6 个方程

$\hat{y}_{12}=248.23+4.908x_1+2.042x_2-8.725x_1x_2-5.738x_1^2-4.963x_2^2$ (6)

$\hat{y}_{13}=248.23+4.908x_1+1.642x_3-7.725x_1x_3-5.738x_1^2-0.851x_3^2$ (7)

$\hat{y}_{14}=248.23+4.908x_1+2.558x_4-0.875x_1x_4-5.738x_1^2-8.963x_4^2$ (8)

$\hat{y}_{23}=248.23+2.042x_2-1.642x_3-3.887x_2x_3-4.963x_2^2-0.851x_3^2$ (9)

$\hat{y}_{24}=248.23+2.042x_2+2.558x_4-6.875x_2x_4-4.963x_2^2-8.963x_4^2$ (10)

$\hat{y}_{34}=248.23-1.642x_3+2.558x_4+1.212x_3x_4-0.851x_3^2-8.963x_4^2$ (11)

将编码值代入 6~11 式,绘制图 2、图 3。图中“高”、“低”表示高产量区和低产量区,其中数字为最高亩产量(公斤)或最低亩产量(公斤)。由图 2 看出,大群体加小底肥量,或小群体加大底肥量才能高产;大群体加大底肥量,或小群体加小底肥量都会大幅度减产。由图 3 看出,大群体加晚追肥才能高产;大群体加早追肥及小群体加晚追肥都将大幅度减产。其他图形分析(略)表明,中等群体加中等供水量才能高产,其他情况下都减产,以小体加小

水分减产更大。

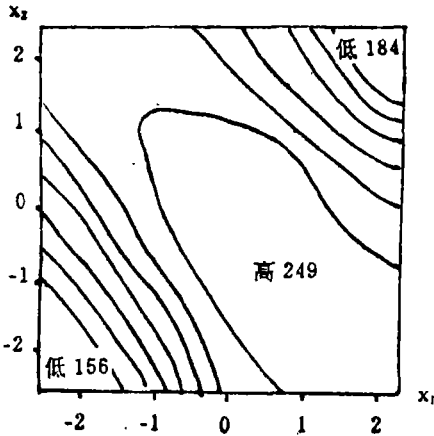


图2 x_1 与 x_2 交互效应

Fig. 3 Interaction of x_1 and x_2

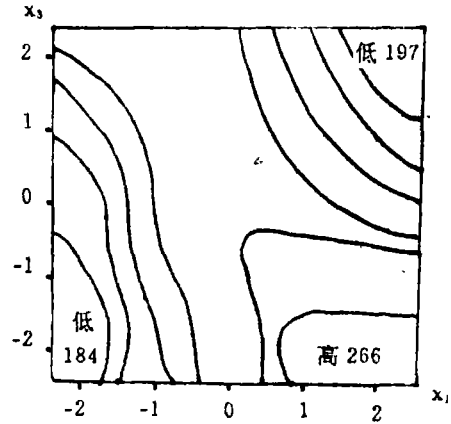


图3 x_1 与 x_3 交互效应

Fig. 4 Interaction of x_1 and x_3

讨 论

1、由上述分析可知,水肥多寡,群体大小,对夏大豆产量影响很大。目前,夏大豆产区大多不浇水、不施肥、不间苗、不补苗,缺苗断垄,加之生长季节中,伏旱、秋旱又经常发生,致使夏大豆产量提高不快。因此,要迅速提高夏大豆产量,必须加强肥、水、密度管理。

2、肥、水、群体和追肥期之间的交互作用对夏大豆产量影响非常大。由图2~3中的数字看出,“高”、“低”产量之间相差40~90公斤·亩⁻¹。说明农艺措施搭配适宜可以大幅度增产;反之,大幅度减产。优化农艺措施是提高夏大豆产量的重要环节。

3、本试验中还测试了叶面积指数、经济系数、光合势、根系活性等生理指标。结果表明:夏大豆籽粒亩产225公斤以上,根系活跃吸收表面积、叶面积指数于始花期均分别大于12米²·株⁻¹和3.3,于鼓粒中期均分别大于20米²·株⁻¹和5.2,经济系数在0.37~0.42之间,总光合势大于23万米²·日。然而在大密度(2.4万株·亩⁻¹以上)、高肥水条件下,根系活跃吸收表面积、叶面积指数、总光合势大于上述值,籽粒产量却多数低于225kg·亩⁻¹。水分供应不足的情况下,经济系数比较高,籽粒产量反而低。

参 考 文 献

- [1] 刘金印、张恒善、王大秋,1987,大豆科学,6(1),1-9
- [2] 陈仁忠、魏景山、崔德林,1988,大豆科学,7(4),301-308
- [3] 李永孝主编,1989,《农业应用生物统计》,山东科技出版社,347-408
- [4] 胡立成、姚远,1986,大豆科学,5(1),31-40
- [5] 常耀中、董丽华,1982,作物学报,8(1),41-47

STUDIES ON INTEGRATED CULTURAL PRACTICES FOR HIGH YIELDING OF SUMMER SOYBEAN

Li Yongxiao Ding Fawu Li Peiting
Cui Ru Wang Fahong Zhao Jihong

(Crop Research Institute, Shandong Academy of Agricultural sciences)

Abstract

The relationship between grain yield and integrated cultural practices including planting density, base complex fertilizer, date of top application and days between irrigations in summer soybean were studied with design of ordinary second order rotatable regression of four factors in field in 1986~1988. The results showed that under the conditions of Shandong province and on the fertility level of soil in the experimental field, integrated cultural practices of the yield gained over 225kg per mu were as follows: the plant density being 18.9~19.9 thousand plants per mu, the amount of base complex fertilizer ($Z, P_2O_5, K_2O = 15:15:15$) being 18.5~21.4kg per mu, the top application (Urea, 10kg per mu) being 43~47 days after emergence, days between irrigations being 9~10. The main factors affecting the yield of summer soybean were plant density and days between irrigations. The effects of interactions between factors were significant. The boundary yield of single factor varied with the environmental conditions.

Key words Summer soybean; Integrated cultural practices

《农业科技通讯》1994 年征订启事

《农业科技通讯》是中国农业科学院主办的中央级农牧业综合性科技期刊,面向全国,面向基层,面向生产,报道农牧业新成果、新产品,传播最新致富技术和信息。

《农业科技通讯》为月刊,每期定价 2.00 元,全年定价 24 元。全国各地邮局自 10 月下旬开始办理订阅手续,邮发代号:2-602。

读者对象:农牧业科技人员、推广人员、基层干部、科技户、专业户、农村青年、院校师生和与农业有关的人员。