

栽培因子对合农 63 大豆产量的影响

申晓慧¹, 姜 成², 刘婧琦¹, 赵桂范¹, 冯 鹏¹, 郭 泰¹, 王谦玉¹

(1. 黑龙江省农业科学院 佳木斯分院, 黑龙江 佳木斯 154007; 2. 佳木斯大学 生命科学学院, 黑龙江 佳木斯 154007)

摘 要: 采用三因素二次通用旋转组合设计, 建立了栽培密度、施肥量、播种日期与合农 63 大豆产量之间的效应模型, 经检验二次回归模型拟合较好。建立的回归方程为: $Y = 3763.36788 - 217.91412X_1^2 - 211.01982X_2^2 - 275.72009X_3^2$ 。结果表明: 密度、肥料、播期 3 个因子对产量的增产作用依次为播期 > 密度 > 施肥量, 对 2 因子交互效应的分析得出: 密度、肥料、播期之间存在一定程度的正交互效应。模型经计算机模拟寻优, 得到合农 63 获得 3 282.2 kg·hm⁻² 以上产量的栽培因子组合方案为栽培密度 25.64 ~ 34.36 株·m⁻², 施肥量 231.4 ~ 243.6 kg·hm⁻², 播种日期为 5 月 5 日 ~ 5 月 10 日。

关键词: 大豆; 密度; 施肥量; 播期; 二次通用旋转组合设计; 产量

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2012)04-0589-04

Effect of Cultural Factors on Yield Characters of Soybean cv. Henong 63

SHEN Xiao-hui¹, JIANG Cheng², LIU Jing-qi¹, ZHAO Gui-fan¹, FENG Peng¹, GUO Tai¹, WANG Qian-yu¹

(1. Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154007; 2. College of Life Science, Jiamusi University, Jiamusi 154007, Heilongjiang, China)

Abstract: With three factors design of universal quadratic rotation combination, the models were established on the effects of density, fertilizer amount and sowing date on yield of soybean cv. Henong 63. According to the testing results, the quadratic regression model had better simulation effect. The mathematical model was: $Y = 3763.36788 - 217.91412X_1^2 - 211.01982X_2^2 - 275.72009X_3^2$. The results showed that influencing order of three factors on the yield was sowing time > planting density > fertilizer. Two-factor interaction analysis showed that there was a positive interaction between sowing time and planting density, planting density and fertilizer, sowing time and fertilizer to some extent. By computer simulating, the cultivation combination to obtain seed yield above 3 282.2 kg·ha⁻¹ for Henong 63 was planted at 5th to 10th May with planting density of 25.64-34.36 plant·m⁻² and fertilizer rate of 231.4-243.6 kg·ha⁻¹.

Key words: Soybean; Planting density; Fertilizer amount; Sowing time; Design of universal quadratic rotation combination; Yield

大豆产量性状既受品种特性控制, 也受栽培条件的影响^[1-3]。其中播期、密度和施肥量是影响大豆产量的主要栽培因子, 适时早播, 适量施肥和合理密植既能发挥个体植株的生产潜力, 又能形成合理的田间群体结构, 达到理想的叶面积指数, 从而有利于光合作用的进行和群体干物质的积累, 进而获得单位面积上的最高产量^[4]。

关于栽培措施对大豆产量的影响已有诸多报道^[5-7]。本文采用系统工程原理和回归理论, 利用二次旋转组合设计^[8-10]研究了栽培因子对合农 63 大豆产量的影响, 旨在为大豆新品种的高产高效栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为大豆合农 63, 来自黑龙江省农业科

学院佳木斯分院。尿素(总氮 ≥ 46.4%), 大庆石化生产; 粒状重过磷酸钙(P₂O₅ ≥ 43%), 云南三环化工有限公司生产; 氯化钾(K₂O ≥ 60%), 四川成都乌拉尔钾肥有限公司生产。

1.2 试验设计

试验于 2011 年在黑龙江省农科院佳木斯分院 7 号试验田中进行, 试验地前茬作物为大豆, 碱解氮 86.3 mg·kg⁻¹, 有效磷 64.6 mg·kg⁻¹, 速效钾 79.9 mg·kg⁻¹, pH 6.5, 有机质 2.49%, 全氮 0.14%, 全磷 0.14%, 全钾 3.12%。

根据不同密度、肥料(氮肥: 磷肥: 钾肥 = 1: 3: 1.5)、播期, 采用三因素二次通用旋转组合设计^[11]。各因子设计 5 个水平(表 1), 共 20 个处理(表 2)。5 行区, 行长 5 m, 行距 65 cm, 小区之间以步道隔开。

收稿日期: 2012-04-06

基金项目: 黑龙江省农业科技创新工程种子创新基金(2010-03-02)。

第一作者简介: 申晓慧(1980-), 女, 硕士, 助理研究员, 从事作物工程研究。E-mail: xiaohuishen@126.com。

通讯作者: 张敬涛(1964-), 男, 研究员, 主要从事大豆高产栽培研究。E-mail: zhangjt2008@163.com。

表 1 试验因素及水平

Table 1 Factors and levels of the trail

水平 Level	密度 Density/plants·m ⁻²	肥料 Fertilizer/kg·hm ⁻²	播种日期 Sowing date
-1.682	13.1821	106.8207	-5.4543
-1	20	175	0
0	30	275	8
1	40	375	16
1.682	46.8179	443.1793	21.4543

表 2 试验各处理及其产量

Table 2 Seed yield of each treatment

处理代号 Code	编码 Factors			水平 Levels			产量
	X ₁	X ₂	X ₃	栽培密度	肥料	播种日期	Yield
				Density/plants·m ⁻²	Fertilizer/kg·hm ⁻²	Sowing date/Month. day	/kg·hm ⁻²
1	1	1	1	40	375	5.16	2839
2	1	1	-1	40	375	4.30	3249
3	1	-1	1	40	175	5.16	3216
4	1	-1	-1	40	175	4.30	2623
5	-1	1	1	20	375	5.16	3048
6	-1	1	-1	20	375	4.30	2675
7	-1	-1	1	20	175	5.16	3266
8	-1	-1	-1	20	175	4.30	2759
9	-1.6818	0	0	13.1821	275	5.8	3156
10	1.6818	0	0	46.8179	275	5.8	3419
11	0	-1.6818	0	30	106.8207	5.8	3261
12	0	1.6818	0	30	443.1793	5.8	3353
13	0	0	-1.6818	30	275	4.25	3039
14	0	0	1.6818	30	275	5.21	3209
15	0	0	0	30	275	5.8	3478
16	0	0	0	30	275	5.8	4261
17	0	0	0	30	275	5.8	3735
18	0	0	0	30	275	5.8	3577
19	0	0	0	30	275	5.8	3799
20	0	0	0	30	275	5.8	3682

1.3 产量测定

收获时每小区(去除边际效应)收获 2 m²,完全脱粒,称重,折合成公顷产量。

1.4 数据统计

数据采用 DPS 7.05 及 Excel 2007 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 回归模型建立与显著性检验

根据表 2 所列各处理的经济产量,按三元二次

通用旋转设计原理,建立 3 因素(栽培密度 X_1 ,肥料 X_2 ,播种日期 X_3)与合农 63 经济产量(Y)之间的回归方程:

$$Y = 3763.36788 + 45.49448X_1 + 7.44864X_2 + 98.77126X_3 - 217.91412X_1^2 - 211.01982X_2^2 - 275.72009X_3^2 + 68.87500X_1X_2 - 87.12500X_1X_3 - 142.12500X_2X_3$$

对拟合度进行检验, $F_1 = 3.89 < F_{0.05}$, F_1 不显著,说明选择三元二次多项式模型是合适的,方程检验 $F_2 = 0.89 > F_{0.01}$,达到显著水平,说明该方程

回归关系显著,可以应用该方程进行优化分析。各项回归系数经 $\alpha = 0.10$ 显著水平检验后剔除不显著项简化后的回归方程:

$$Y = 3763.36788 - 217.91412X_1^2 - 211.01982X_2^2 - 275.72009X_3^2$$

2.2 回归方程的解析

2.2.1 主效应分析 一次项回归系数的绝对值的大小可以直接比较各因素对合农 63 产量的影响,试验中各因素对产量影响的大小顺序是:播期(X_3) > 栽培密度(X_1) > 肥料(X_2)。

2.3 单因素效应分析

采用降维法将建立的回归方程中 3 个因素的其中 2 个固定在 0 水平,得到剩下 3 个因素的一元偏回归模型:

$$\text{栽培密度: } Y = 3763.36788 + 45.49448X_1 - 217.91412X_1^2$$

$$\text{肥料: } Y = 3763.36788 + 7.44864X_2 - 211.01982X_2^2$$

$$\text{播种日期: } Y = 3763.36788 + 98.77126X_3 - 275.72009X_3^2$$

由图 1 可以看出,当 3 个因子水平在 $-1.682 \sim 0$ 之间时,随着栽培密度、施肥量和播种日期水平的提高,合农 63 产量随之显著增加,3 个因子都在 0 水平时产量最高,之后,也就是在 $0 \sim 1.682$ 水平之间,随着 3 个因子水平的提高,产量逐渐下降。

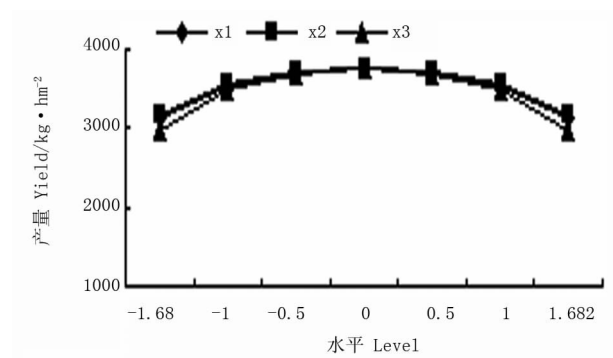


图 1 三因素在不同水平值时的理论产量

Fig. 1 Theoretical yield on different level of three factors

2.4 交互效应分析

将合农 63 产量的回归模型中任意 1 个因子固定在 0 水平,可研究另外 2 个因子间的交互作用。

2.4.1 栽培密度与肥料的交互效应 当播种日期固定在 0 水平时,可得到栽培密度与肥料二因素子模型: $Y_{1,2} = 3763.36788 + 45.49448X_1 + 7.44864X_2 - 217.91412X_1^2 - 211.01982X_2^2$

由此方程可以计算出栽培密度与肥料的交互效应(图 2)。从图中可以看出产量随着栽培密度和肥料的增加而迅速提高,二者交互对产量提高明

显,但在 0 水平之后产量则随着栽培密度和施肥水平的提高有所降低,密度和肥料都在 0 水平时产量最高。

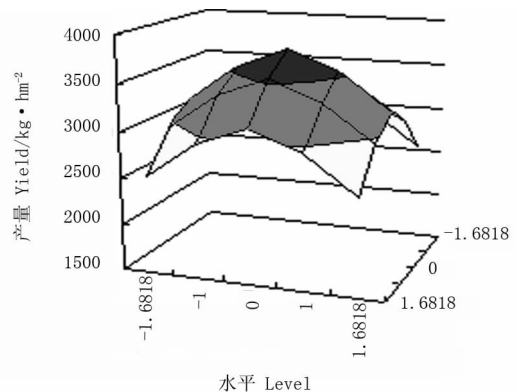


图 2 密度与肥料的交互效应

Fig. 2 Interaction between density and fertilizer

2.4.2 栽培密度与播种日期的交互效应 将肥料固定在 0 水平时,可得方程模型:

$Y_{1,3} = 3763.36788 + 45.49448X_1 + 98.77126X_3 - 217.91412X_1^2 - 275.72009X_3^2$ 。由图 3 可以看出,当密度和播期在 $-1.682 \sim 0$ 水平时,产量随着密度和播期水平的逐渐增加而提高,二者对产量有明显的促进作用,但是当密度和播期水平在 $0 \sim 1.682$ 时,产量则随着密度的增加和播期的推迟而逐渐减小。

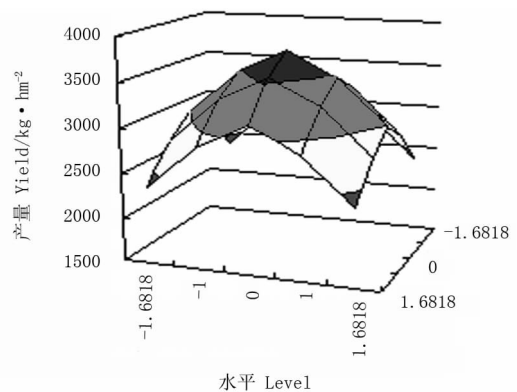


图 3 密度与播期的交互效应

Fig. 3 Interaction between density and sowing time

2.4.3 肥料与播种日期的交互效应 将栽培密度固定在 0 水平时,可得方程模型:

$Y_{2,3} = 3763.36788 + 7.44864X_2 + 98.77126X_3 - 211.01982X_2^2 - 275.72009X_3^2$ 。由图 4 可以看出,当肥料和播期在 $-1.682 \sim 0$ 水平时,产量随着肥料的增加和播期的延迟而提高,二因子交互对产量有明显的促进作用,但当肥料和播期在 $0 \sim 1.682$ 水平时,产量随着肥料和播期的延迟反而下降,说明中等水平施肥量和适宜早播下产量最高。

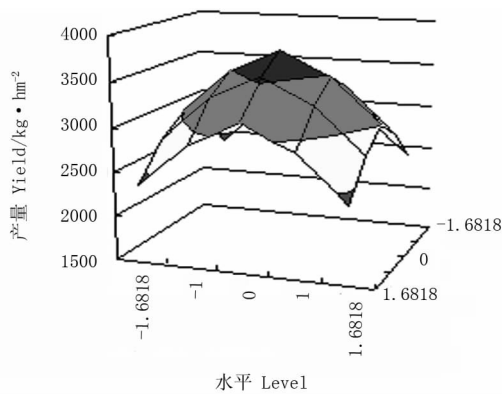


图4 肥料与播期的互作效应

Fig.4 Interaction between fertilizer and sowing time

2.5 最优组合分析

经 DPS 软件模拟在试验范围内,合农 63 的最高产量为 $3\,763.37\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,对应的 3 个因子的组合方案为 X_1 、 X_2 、 X_3 均为 0 水平,即栽培密度为 $30\text{ 株}\cdot\text{m}^{-2}$,施肥量为 $275\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (氮肥: $50\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,磷肥: $150\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,钾肥: $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$),播期为 5 月 8 日。对合农 63 产量大于 $3\,282.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的 18 个方案进行频数分析,产量大于 $3\,282.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的栽培方案为:栽培密度 $25.64\sim34.36\text{ 株}\cdot\text{m}^{-2}$,施肥量为 $231.4\sim243.6\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,播期为 5 月 5 日~5 月 10 日。

3 讨论

运用回归设计的理论与方法,建立了合农 63 大豆产量栽培因子的回归方程。经 F 检验,该效应模型达到显著水平,而失拟(F_1)不显著,说明二次回归模型拟合较好,方程可以用来对合农 63 大豆的产量预测。经主效应分析可知试验中 3 个栽培因子对合农 63 大豆产量影响大小顺序为播期>栽培密度>施肥量。

单因素效应分析可知 3 个栽培因素都是在 $-1.682\sim0$ 水平时,即栽培密度小于 $30\text{ 株}\cdot\text{m}^{-2}$ 、施肥量小于 $275\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、播种日期早于 5 月 8 日时,随 3 个因子水平的增加,合农 63 产量增加,之后随着 3 个因素水平的增加,产量有所下降,这与马继凤等^[12]的研究结果一致。对二因素交互效应分析表明,在一定范围内,栽培密度、施肥量、播期两两之间均表现出一定程度的正交互效应。在本试验范围内,合农 63 的产量高于 $3\,282.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的栽培方案为:栽培密度 $25.64\sim34.36\text{ 株}\cdot\text{m}^{-2}$,施肥量 $231.4\sim243.6\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,播期为 5 月 5 日~5 月 10 日。

试验建立的合农 63 栽培模型以及由此决策的最佳栽培组合,都是在小区栽培管理条件下获得

的。而实际大面积生产还会受到土壤、气候、人为因素等其他环境因子的制约,因此本方案对于生产应用还有待于进一步深入研究。

参考文献

- [1] 董钻,谢甫锦. 大豆氮磷钾吸收动态及模型研究[J]. 作物学报,1996,22(1):89-95. (Dong Z, Xie F T. Studies on dynamics and models of N, P, K absorption in soybeans[J]. Acta Agronomica Sinica, 1996, 22(1): 89-95.)
- [2] 毕远林. 大豆干物质积累与氮磷钾吸收与分配的研究[J]. 大豆科学, 1999, 18(4): 331-335. (Bi Y L. Study on accumulation of dry matter and absorption and distribution of nitrogen, phosphorous and potassium in soybean[J]. Soybean Science, 1999, 18(4): 331-335.)
- [3] 苗兴芬, 陈庆山, 刘春燕, 等. 不同种肥对高油大豆籽粒蛋白质、油分含量的动态影响[J]. 大豆科学, 2005, 24(3): 206-209. (Miao X F, Chen Q S, Liu C Y, et al. Dynamic effects of different kinds of seed fertilizers on protein and oil content of soybean[J]. Soybean Science, 2005, 24(3): 206-209.)
- [4] 于振文. 作物栽培学各论(北方本)[M]. 北京: 农业出版社, 2003: 232-246. (Yu Z W. Crop cultivation (Northern China) [M]. Beijing: Agricultural Press, 2003: 232-246.)
- [5] 赵政文, 马继凤, 刘厚敷. 湖南春大豆高产综合技术研究及其利用开发[J]. 大豆科学, 1992, 11(1): 8-17. (Zhao Z W, Ma J F, Liu H A. Studies on agronomic measures for high yield of spring soybean and their application Hunan province[J]. Soybean Science, 1992, 11(1): 8-17.)
- [6] 赵政文, 马继凤, 谢培根. 湘春豆 15 号综合高产栽培技术研究[J]. 湖南农业科学, 1996(6): 16-17. (Zhao Z W, Ma J F, Xie P G. Comprehensive high yield cultivation technology for Xiangchundou No. 15[J]. Hunan Agricultural Sciences, 1996(6): 16-17.)
- [7] 赵政文, 马继凤, 李小红. 湘春豆 14 号综合技术数学模型研究[J]. 作物研究, 1994(1): 20-22. (Zhao Z W, Ma J F, Li X H. Mathematics model of comprehensive technology for Xiangchundou No. 14[J]. Crops Research, 1994(1): 20-22.)
- [8] 卢恩双, 宋世德, 郭满才. 回归通用旋转设计的几个问题[J]. 西北农林科技大学学报, 2002(5): 110-112. (Lu E S, Song S D, Guo M C. Problems in second-order regression general rotation analysis[J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, 2002(5): 110-112.)
- [9] 丁希泉. 农业应用回归设计[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1986. (Ding X Q. Application of regression design in agriculture [M]. Changchun: Jilin Science & Technology Press, 1986.)
- [10] 王万中, 茆诗松. 试验的设计与分析[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1997. (Wang W Z, Mao S S. Test design and analysis [M]. Shanghai: East China Normal University Press, 1997.)
- [11] 苗保河, 张为社, 李战国, 等. 栽培因子对高油大豆品种产量及其生理指标的影响[J]. 大豆科学, 2004, 23(4): 307-310. (Miao B H, Zhang W S, Li Z G, et al. Effect of cultural factors on yield and physiological characters of oil soybean[J]. Soybean Science, 2004, 23(4): 307-310.)
- [12] 马继凤, 王悦, 罗红兵. 栽培因子对特早熟春大豆生育期及产量的影响[J]. 湖南农业大学学报, 2006, 32(1): 8-11. (Ma J F, Wang Y, Luo H B. Effects of cultural factors on the growth duration and yield of special early maturing spring soybean[J]. Journal of Hunan Agricultural University, 2006, 32(1): 8-11.)