

# 密度与氮、磷、钾用量对花生吉花1号产量的影响

栾天浩, 翟季, 孙祎龙, 王佰众, 李玉发, 刘洪欣, 曲祥春\*, 何中国\*

(吉林省农业科学院, 长春 130033)

**摘要:**为探索出花生吉花1号合理的种植密度及最优施肥方案,本研究采用四因子五水平正交回归旋转设计,建立了各因素与产量指标的优化数学模型,确立了高产优化栽培方案。研究表明:各因素对产量的影响效应表现为:种植密度>氮肥>磷肥>钾肥,产量大于3 300.00 kg/hm<sup>2</sup>目标产量的优化栽培方案为:种植密度13.292万~13.767万穴/hm<sup>2</sup>;施氮(N)量每公顷应达到217.7~241.1 kg,施磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)量每公顷应达到179.52~206.36 kg,施钾(K<sub>2</sub>O)量每公顷应达到191.68~210.68 kg。

**关键词:**花生;密度;施肥量;优化方案

中图分类号:S565.2

文献标识码:A

文章编号:1003-8701(2017)04-0023-04

## Effect of Different Planting Density and Amount of N, P, K Fertilizer on Yield of 'Jihua 1' Peanut

LUAN Tianhao, ZHAI Ji, SUN Yilong, WANG Baizhong, LI Yufa, LIU Hongxin, QU Xiangchun\*, HE Zhongguo\*

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** In order to explore the optimal planting density and fertilizer scheme of 'Jihua 1' peanut, four factors and five levels regression rotation design was adopted in the experiment. Optimized mathematical model of each factor and yield index was established, and high-yield cultivation and optimization scheme was determined. The results showed that the influence degree of each factor on Jihua1 yield was density> N > P > K. The optimal schemes of high-yield of 'Jihua 1' (higher than 3 300.00 kg/ha) was: the density was 132.92 k-137.67 k points/ha, the nitrogen application rate was 217.7-241.1 kg/ha, the phosphate application rate was 179.52-206.36 kg/ha, the potassium application rate was 191.68-210.68 kg/ha.

**Key words:** Peanut; Density; Fertilizing rate; Optimal scheme

吉林省是北方新兴的花生生产基地,近年来随着种植业结构调整,花生种植面积逐年扩大<sup>[1]</sup>,但目前吉林省花生生产中存在一些问题,如种植密度不合理,氮、磷、钾施用比例不当等<sup>[2]</sup>,严重制约了吉林省花生产量的进一步提高。吉花1号是通过吉林省农作物品种审定委员会审定的一个高产、优质花生品种,在我省占有较大的种植面积。目前有关花生播种密度以及施肥量的研究已有较多报道<sup>[3-7]</sup>,但是对花生种植密度与氮、磷、钾施用量互作效应分析研究较少<sup>[8]</sup>。本研究为探索出花生吉花1号合理的种植密度及最优施肥方

案,特设不同密度氮、磷及钾肥施用量四因子五水平正交回归旋转设计,以期为吉林省花生高产高效栽培提供理论和实践参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

供试花生品种:吉花1号。

供试肥料:氮肥为尿素(含N:46%),磷肥为磷酸二铵(含N:18%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:46%),钾肥为硫酸钾(含K<sub>2</sub>O:50%)。

### 1.2 试验方法

试验采用四因子五水平正交回归旋转组合设计的全实施方案进行<sup>[9]</sup>,其数学模型为:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^m b_j X_j + \sum_{i < j} b_{ij} X_i X_j + \sum_{j=1}^m b_{jj} X_j^2$$

收稿日期:2017-02-20

基金项目:吉林省农业科技创新工程(C6215350101)

作者简介:栾天浩(1983-),女,助理研究员,硕士,主要从事作物栽培、育种研究。

通讯作者:曲祥春,男,硕士,副研究员,E-mail: jlsnkyqxc@126.com

何中国,男,硕士,研究员,E-mail: zg\_h@163.com

花生穴距( $X_4$ )作为主要影响目标函数( $Y$ )的决策变量,进行水平编码,试验设36个小区,各因素经无量纲线性代换后的设计水平编码见表1。

表1 试验因素( $X$ )与线性编码值

栽培因子	水平间距	水平( $r=2.00$ )				
		-2	-1	0	1	2
$X_1$ (N: kg/hm <sup>2</sup> )	50	50	100	150	200	250
$X_2$ (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : kg/hm <sup>2</sup> )	40	80	120	160	200	220
$X_3$ (K <sub>2</sub> O: kg/hm <sup>2</sup> )	40	120	140	180	220	240
$X_4$ (万穴/hm <sup>2</sup> )	1	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00

田间试验设36个小区,小区面积13.5 m<sup>2</sup>(4.5 m×3.0 m),除设计方案规定的项目外,各个小区管理技术措施及条件完全一致。

### 1.3 试验地概况

试验设在吉林省农业科学院作物育种研究所

花生试验地内(E: 124°01', N: 43°56')。平均海拔200 m,地处松辽平原中部,属寒温带气候条件,年平均气温为5.9℃,平均日照2 743 h,年平均降雨量600 mm,5~9月份年积温2 965℃·d,无霜期140 d左右。试验地的土壤基础肥力理化性状详见表2。

表2 供试土壤主要理化性状

指标	全氮(%)	全磷(%)	全钾(%)	速效氮(mg/kg)	速效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	有机质(%)	pH
数值	0.12	0.05	2.17	99.94	19.95	146.55	1.92	6.8

### 1.4 栽培管理

试验于2009年5月20日播种,6月10日出苗,6月25日清棵,田间出苗整齐,缺苗极少,并且及时补上,7月2日至7月3日中耕培土,7月16日开花,9月30日收获,于10月15日测产(测产面积为8 m<sup>2</sup>),取样考查各项性状。对于栽培过程中

的花生叶斑病、锈病、青枯病和茎腐病,在发病初期用多菌灵等杀虫剂防治。

## 2 结果与分析

### 2.1 产量与因素间回归数学模型的建立

根据各处理的实际产量结果(见表3),应用

表3 正交旋转组合试验结构矩阵及产量结果

处理号	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	产量(kg/hm <sup>2</sup> )	处理号	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	产量(kg/hm <sup>2</sup> )
1	1	1	1	1	3 338	19	0	-2	0	0	2 745
2	1	1	1	-1	2 652	20	0	2	0	0	3 084
3	1	1	-1	1	3 087	21	0	0	-2	0	2 655
4	1	1	-1	-1	3 024	22	0	0	2	0	2 920
5	1	-1	1	1	3 240	23	0	0	0	-2	2 735
6	1	-1	1	-1	2 902	24	0	0	0	2	3 010
7	1	-1	-1	1	3 070	25	0	0	0	0	3 011
8	1	-1	-1	-1	2 860	26	0	0	0	0	3 458
9	-1	1	1	1	3 105	27	0	0	0	0	3 314
10	-1	1	1	-1	2 785	28	0	0	0	0	3 301
11	-1	1	-1	1	3 060	29	0	0	0	0	3 265
12	-1	1	-1	-1	2 930	30	0	0	0	0	3 331
13	-1	-1	1	1	2 880	31	0	0	0	0	3 245
14	-1	-1	1	-1	2 935	32	0	0	0	0	3 170
15	-1	-1	-1	1	2 620	33	0	0	0	0	3 245
16	-1	-1	-1	-1	2 970	34	0	0	0	0	3 140
17	-2	0	0	0	2 852	35	0	0	0	0	3 490
18	2	0	0	0	3 174	36	0	0	0	0	3 268

正交回归旋转组合设计的原理和方法进行回归统计分析,计算出产量与各因素( $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ )间的数学模型为: $Y=3269.833+63.833X_1+49.250X_2+31.083X_3+78.833X_4-52.667X_1^2-77.292X_2^2-109.042X_3^2-87.792X_4^2-27.875X_1X_2-2.125X_1X_3+78.250X_1X_4-41.125X_2X_3+66.000X_2X_4+77.250X_3X_4$

## 2.2 回归数学模型的统计性检验

对所得的回归方程进行统计分析,其中 $F_{失拟} = MS_{失拟} / MS_{误差} = 0.73043$ ,其显著水平 $P=0.6887$ 大于0.05,失拟项不显著。说明回归方程对试验点的拟合程度比较好,无失拟因素存在,影响目标因素的主要因素均考虑,可进一步用 $F_2$ 对回归方程进行显著性测验。 $F_{回归} = MS_{回归} / MS_{剩余} = 7.46944$ ,其显著水平 $P=0.0002$ 小于0.01,说明回归方程达到极显著水平,试验数据与所采用的二次回归模型基本上是符合的,方程与实际情况拟合较好。因此可以直接利用模型作进一步分析和模拟寻优。以上检验结果表明:吉花1号产量与该4个因素密切相关,而无其它因素的显著影响,模型有效。为了保证回归模型的完整性,不做变量剔除,直接应用产量数学模型进行解析与优化。

## 2.3 不同因素与产量间的效应分析

采用降维法对各因素对产量的影响进行分析测定。即将其余因素固定于零水平时,可导出某一因素变化与某指标的关系,进一步得出:

施氮量: $Y_1=3269.833+63.833X_1-52.667X_1^2$  ( $X_2=X_3=X_4=0$ )

施磷量: $Y_2=3269.833+49.250X_2-77.292X_2^2$  ( $X_1=X_3=X_4=0$ )

施钾量: $Y_3=3269.833+31.083X_3-109.042X_3^2$  ( $X_1=X_2=X_4=0$ )

密度: $Y_4=3269.833+78.833X_4-87.792X_4^2$  ( $X_1=X_2=X_3=0$ )

以各因素水平对吉花1号的产量作函数曲线

图,由图1可以看出,在此类肥力条件下,在一定

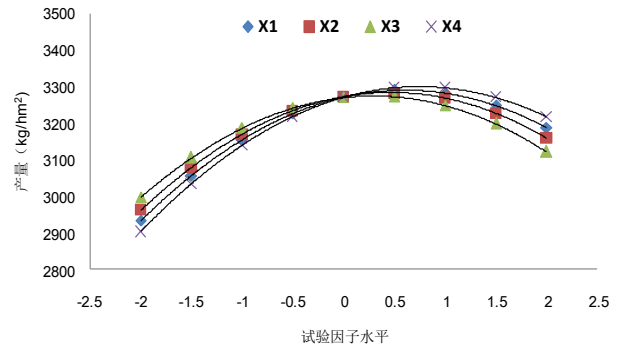


图1 试验因子的主效应分析

范围适量增加密度、氮和钾的用量,产量上升,但超过一定范围后,产量呈下降的趋势。从关系式可以看出:氮素( $X_1$ )、磷素( $X_2$ )、钾素( $X_3$ )、种植密度( $X_4$ )的偏回归系数分别为63.833、49.250、31.083、78.833,可知各因子对产量影响大小顺序依次为种植密度>氮肥>磷肥>钾肥。所以在生产中首先做到合理密植,同时要重视氮磷肥的施用,并配合合理施用钾肥。

## 2.4 吉花1号高产理论产量的优化方案

利用计算机,对模型求最优解,得出上述产量模型在 $-2 \leq X_i \leq 2$ 范围内的最优解为: $Y_{max} = f(2, 1, 1, 2) = 3455.75 \text{ kg/hm}^2$ ,通过计算得出吉花1号公顷产量潜力为3455.75 kg,但在生产实践中,常因种种原因不能实现各农艺措施最优组合,因此需要研究出一定的农艺措施优化区间,以便灵活处理,以达到期望的产量目标。因此,只有在具有一定变化范围内可能获得某一目标产量的栽培技术措施组合,才更具有实用价值。通过计算机寻优模拟,求得吉花1号获得3300 kg/hm<sup>2</sup>以上目标产量时 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 各编码因素的最佳(95%以上)编码取值范围(表4)。

由表4可知,要使吉花1号公顷产量达到3300

表4 产量大于3300.00 kg/hm<sup>2</sup>的频率、次数及综合栽培措施

编码值	$X_1$ (施氮量)		$X_2$ (施磷量)		$X_3$ (施钾量)		$X_4$ (密度)	
	次数	频率(%)	次数	频率(%)	次数	频率(%)	次数	频率(%)
-2	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000
-1	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000
0	0	0.0000	6	0.3529	8	0.4706	0	0.0000
1	7	0.4118	8	0.4706	9	0.5294	8	0.4706
2	10	0.5882	3	0.1765	0	0.0000	9	0.5294
加权均数	1.5880		0.8240		0.5290		1.5290	
95%置信区间	1.354 ~ 1.822		0.488 ~ 1.159		0.292 ~ 0.767		1.292 ~ 1.767	
农艺措施	217.7 ~ 241.1 kg/hm <sup>2</sup>		179.52 ~ 206.36 kg/hm <sup>2</sup>		191.68 ~ 210.68 kg/hm <sup>2</sup>		13.292万 ~ 13.767万穴/hm <sup>2</sup>	

kg以上,在相应栽培措施上施氮(N)量每公顷应达到217.7~241.1 kg、施磷( $P_2O_5$ )量每公顷应达到179.52~206.36 kg、施钾( $K_2O$ )量每公顷应达到191.68~210.68 kg,密度每公顷应达到13.292万~13.767万穴/hm<sup>2</sup>。

### 3 结论与讨论

3.1 采用四因子五水平正交回归旋转组合设计,研究吉花1号产量与不同种植密度、施肥量(N、P、K)间的关系,建立了优化数学模型: $Y=3269.833+63.833X_1+49.250X_2+31.083X_3+78.833X_4-52.667X_1^2-77.292X_2^2-109.042X_3^2-87.792X_4^2-27.875X_1X_2-2.125X_1X_3+78.250X_1X_4-41.125X_2X_3+66.000X_2X_4+77.250X_3X_4$

3.2 用计算机进行寻优模拟,实现各农艺措施最优组合,得出吉花1号产量大于3 300 kg/hm<sup>2</sup>目标产量的优化栽培方案为:种植密度13.292万~13.767万穴/hm<sup>2</sup>;施氮(N)量每公顷应达到217.7~241.1 kg,施磷( $P_2O_5$ )量每公顷应达到179.52~206.36 kg、施钾( $K_2O$ )量每公顷应达到191.68~210.68 kg。

3.3 从建立的数学模型,参考回归系数的检验结果看,四因素对产量的增产效应大小不一样,其作用大小依次是:种植密度>氮肥>磷肥>钾肥,所以在生产中首先做到合理密植,同时要重

视氮磷肥的施用,并配合合理施用钾肥。需要说明的是上述的高产栽培技术模式是应用计算机寻优模拟的,所有配套方案并不是一成不变的,在实际生产中应根据田块肥力、品种特性和实际生产水平对氮磷钾肥的施用量做适当的调整,以获得更高产量。

### 参考文献:

- [1] 凤桐,高华援,赵叶明,等.吉林省花生生产现状与发展优势[J].吉林农业科学,2010,35(1):23-25.
- [2] 何中国,李玉发,刘洪欣,等.东北早熟区花生生产科研产业的现状和发展策略[J].吉林农业科学,2009,34(4):56-59.
- [3] 米如钦.山地瘠薄土壤花生栽培密度试验初报[J].安徽农学通报(下半月刊),2012,18(22):30,58.
- [4] 高建玲,杜绍印,马秀娟,等.花生高产栽培适宜种植密度初探[J].耕作与栽培,2012(1):38-47.
- [5] 甄志高,王晓林,段莹,等.不同种植密度对花生产量的影响[J].中国农学通报,2004,20(2):90-91.
- [6] 王才斌,成波,张礼凤,等.不同类型优质花生新品种需肥特点及优化施肥研究[J].土壤学报,1999(6):324-327.
- [7] 姜春荣,董环,王秀娟,等.辽宁省花生“3414”肥料试验施肥模型探讨[J].土壤通报,2008,39(4):892-895.
- [8] 苏秋芹.不同密度与施肥量对龙花243产量的影响[J].江西职业技术学院学报,2011,13(3):112-115.
- [9] 盖钧镒.试验统计方法[M].北京:中国农业出版社,2000:35-38.

(责任编辑:王昱)