

学术园地

# 冀西北旱地马铃薯肥料效应 数学模型的研究

龚学臣 杨立廷 牛瑞明

高占旺

(河北省张家口农业高等专科学校 075131)

(张家口市坝上农科所 076450)

## 摘要

本试验采用正交旋转回归设计的方法,选取氮( $x_1$ )、磷( $x_2$ )、有机肥( $x_3$ )三个因素为决策变量,以马铃薯鲜薯产量为目标函数,通过田间试验获得的数据,建立了冀西北旱地马铃薯产量与参试因子间的数学模型。对模型进行解析的结果表明:施用有机肥对旱地马铃薯增产很重要,但施氮磷化肥也能增产;而且有机肥施用可以促进氮肥的增产效果,降低磷肥的增产效果。最后,通过计算机模拟寻优获得了 $1500\text{kg}/667\text{m}^2$ 以上施肥方案。

**关键词** 旱地, 马铃薯, 肥效, 优化方案

## 1 引言

马铃薯是冀西北半干旱区主要抗旱栽培作物之一,种植面积很大,提高马铃薯的产量,对该地区农业经济发展具有重要意义。但是,长期以来,该地区种植马铃薯习惯于只施农家肥,而不施化肥,由于农家肥的数量有限,而造成大面积的马铃薯低产。为了提高马铃薯的产量,我们进行了氮、磷、有机肥肥效数学模型的研究,为建立马铃薯高产、稳产、高效的优化栽培技术,提供科学依据。

## 2 材料与方

试验地位于张北旱农试验区,该地区属

于冀西北半干旱区,70%以上是沙漠梁旱地。试验地为壤质栗钙土,肥力较差,播前耕层 $0\sim 20\text{cm}$ ,土壤有机质 $9.237\text{g}/\text{kg}$ ,碱解氮 $83.94\text{mg}/\text{kg}$ ,速效磷 $6.28\text{mg}/\text{kg}$ 。

本试验选取施氮量( $x_1$ )、施磷量( $x_2$ )、施有机肥量( $x_3$ )3个因素,采用3元2次旋转回归设计<sup>[1]</sup>,各变量设计水平及编码值见表1。试验共设23个小区,随机排列,小区

表1 试验因素水平及编码 (单位: kg)

因素	变量水平				
	-1.682	-1	0	1	1.682
施氮肥量( $x_1$ )	0.48	1.50	3.00	4.50	5.52
施磷肥量( $x_2$ )	0.40	1.25	2.50	3.75	4.60
施有机肥量( $x_3$ )	115	675	1250	1875	2385

面积 $20\text{m}^2$ ,行距 $50\text{cm}$ ,株距 $40\text{cm}$ 。试验于

5 月 11 日播种, 9 月下旬收获。播种时按试验要求, 将氮肥、磷肥、有机肥一次施入。所用肥料: 尿素含 N 46%, 过磷酸钙含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%, 有机肥含有机质 148.21g/kg, 全氮 5.592g/kg, 全磷 1.546g/kg。

### 3 结果与分析

试验结构矩阵及产量见表 2。由马铃薯

产量结果进行回归计算, 得回归数学模型:

$$Y = 1296.48 + 85.38x_1 - 10.44x_2 + 201.73x_3 - 52.68x_1x_2 + 47.32x_1x_3 - 24.11x_2x_3 - 16.47x_2^2 + 11.94x_3^2 - 17.32x_3^2$$

#### 3.1 主因素效应

经过无量纲线性编码代换后偏回归系数 (b<sub>i</sub>) 已标准化, 其 b<sub>i</sub> 的大小可以直接反映变量 x<sub>i</sub> 对产量的影响程度。试验中各因素对产

表 2 试验结构矩阵及产量结果

处理号	水平编码值			产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	处理号	水平编码值			产量 (kg/667m <sup>2</sup> )
	(x <sub>1</sub> )	(x <sub>2</sub> )	(x <sub>3</sub> )			(x <sub>1</sub> )	(x <sub>2</sub> )	(x <sub>3</sub> )	
1	-1	-1	-1	995.30	13	0	0	-1.682	954.80
2	-1	-1	1	1242.90	14	0	0	1.682	1552.45
3	-1	1	-1	985.75	15	0	0	0	1126.25
4	-1	1	1	1423.90	16	0	0	0	1490.55
5	1	-1	-1	1081.00	17	0	0	0	1376.25
6	1	-1	1	1804.85	18	0	0	0	1085.75
7	1	1	-1	1147.70	19	0	0	0	1321.50
8	1	1	1	1488.15	20	0	0	0	1431.00
9	-1.682	0	0	1169.10	21	0	0	0	1440.55
10	1.682	0	0	1342.90	22	0	0	0	1228.65
11	0	-1.682	0	1354.85	23	0	0	0	1159.60
12	0	1.682	0	1316.75					

量的作用大小顺序为: 一次项 x<sub>3</sub> > x<sub>1</sub> > x<sub>2</sub>, 二次项 x<sub>3</sub> > x<sub>1</sub> > x<sub>2</sub>, 一次项和二次项都是有机肥 (x<sub>3</sub>) > 氮肥 (x<sub>1</sub>) > 磷肥 (x<sub>2</sub>)。

#### 3.2 单因素效应

在本试验所建立的模型中, 采用降维法将其中 2 个自变量固定在不同施肥水平上,

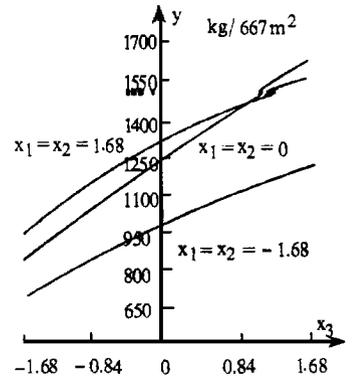
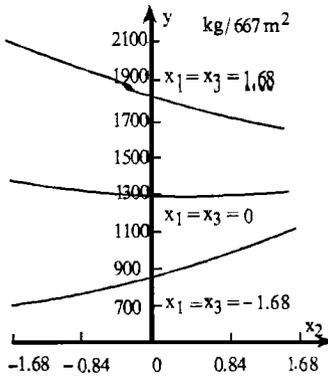
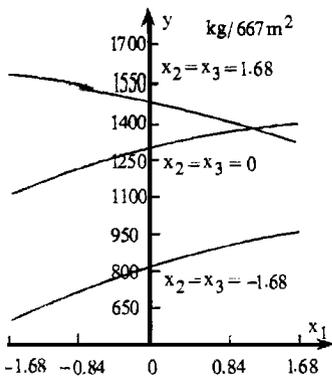


图 1 有机肥磷肥配合下的氮效应

图 2 有机肥氮肥配合下的磷效应

图 3 氮磷配合下的有机肥效应

分别求相应的子模型，并作图，结果见图 1、图 2、图 3。

图 1 表明，随着磷肥和有机肥配合水平的提高，施氮由增产作用变为减产作用，且磷肥和有机肥在零水平以下，曲线近于平行，在零水平以上，曲线由上升趋势变为下降趋势，说明磷肥和有机肥配合在较低水平下对氮肥的效应影响不大，只有在高水平下才对氮肥的效应有明显的影响，而且是负效应。

图 2 表明，随着氮肥和有机肥配合水平的提高，曲线由上升趋势变为下降趋势，说明氮肥和有机肥配合施用对施磷的效应有明显的影响。

图 3 所示，三条曲线近于平行，说明氮磷配合施用对有机肥的施用效应影响不大。另外，随着氮磷配合水平的提高，曲线上移，说明氮磷配合施用虽不能提高有机肥的增产作用，但也能提高马铃薯的产量。

### 3.3 有机肥对氮磷效应的影响

将有机肥 ( $x_3$ ) 分别固定在 -1.682、-1、0、1、1.682 五个水平上，得到氮磷在不同有机肥水平上对产量作用的子模型：

$$x_3 = -1.682, \hat{Y} = 962.30 - 9.26x_1 + 37.78x_2 - 16.47x_1^2 + 11.94x_2^2 - 52.68x_1x_2$$

$$x_3 = -1, \hat{Y} = 1077.43 + 38.06x_1 + 13.67x_2 - 16.47x_1^2 + 11.94x_2^2 - 52.68x_1x_2$$

$$x_3 = 0, \hat{Y} = 1296.48 + 85.38x_1 - 10.44x_2 - 16.47x_1^2 + 11.94x_2^2 - 52.68x_1x_2$$

$$x_3 = 1, \hat{Y} = 1480.89 + 132.70x_1 - 34.55x_2 - 16.47x_1^2 + 11.94x_2^2 - 52.68x_1x_2$$

$$x_3 = 1.682, \hat{Y} = 1630.66 + 180.02x_1 - 58.66x_2 - 16.47x_1^2 + 11.94x_2^2 - 52.68x_1x_2$$

由此可以看出，施有机肥使氮肥的增产效果增加，使磷肥的增产效果降低，而且在施有机肥 1200 kg/667 m<sup>2</sup> 以上时，施磷的效应由正变为负。

### 3.4 模拟寻优

根据本试验所建立的回归模型，各因子

分别取 -1.682、-1、0、1、1.682 五个水平，可得到 125 个施肥组合方案，其中马铃薯 1500 kg/667 m<sup>2</sup> 以上的组合方案有 27 个，由此进行模拟寻优，统计结果见表 3。

表 3 1500 kg/667 m<sup>2</sup> 以上寻优结果

水平编码	x <sub>1</sub>		x <sub>2</sub>		x <sub>3</sub>	
	次数	频率%	次数	频率%	次数	频率%
-1.682	0	0	8	28.5	0	0
-1	0	0	7	25.0	0	0
0	7	25.0	5	17.9	3	10.7
1	10	35.7	5	17.9	10	35.7
1.682	11	39.3	3	10.7	15	53.6
编码平均值	1.018		-0.372		1.258	
S <sub>x</sub>	0.127		0.229		0.104	
95%置信区间	0.758~1.278		-0.841~0.097		1.045~1.471	
施肥量	4.14~4.92		1.45~2.62		1955~2242	

由表 3 可知，施氮 4.14~4.92 kg，磷 1.45~2.62 kg，有机肥 1955~2242 kg，马铃薯可望取得 1500 kg/667 m<sup>2</sup> 以上产量。

## 4 小 结

旱地施氮、磷、有机肥对马铃薯产量的影响顺序是有机肥 > 氮肥 > 磷肥。

旱地马铃薯施有机肥固然重要，但有机肥不足的情况下，增施无机氮磷肥也能增产。

在冀西北旱地条件下种植马铃薯，施有机肥可以促进氮肥的增产效应，减弱磷肥的增产效应，这与 Harris (1978) 所论述的马铃薯施有机肥与氮磷肥的反应结果相同<sup>[2]</sup>。

冀西北旱地马铃薯产量 1500 kg/667 m<sup>2</sup> 以上，施氮 4.14~4.92 kg/667 m<sup>2</sup>，施磷 1.45~2.62 kg/667 m<sup>2</sup>，施有机肥 1955~2242 kg/667 m<sup>2</sup> 是最佳施肥量。

## 参 考 文 献

- 徐中儒著·农业试验最优回归设计·黑龙江科技出版社，1988
- Harris P M 编，蒋先明等译·马铃薯改良的科学基础·农业出版社，1984：149~231

# STUDIES OF THE MATHEMATICS MODEL OF FERTILIZER EFFECTS ON NONIRRIGATED POTATO IN NORTHWEST HEBEI

*Gong Xuechen, Yang Liting*

*and Niu Ruiming*

(Zhangjiakou Agricultural College 075131)

*Gao Zhanwang*

(Bashang Agricultural Research

Institute, Zhangbei 076450)

## ABSTRACT

Using the quadratic orthogonal rotation regression design method, selecting nitrogen ( $x_1$ ), phosphate ( $x_2$ ), and organic fertilizer as decision variables, and taking the yield of fresh potato as target function, we set up the mathematics model between the potato yield and experimental factors in the nonirrigated land of northwest Hebei based on the data obtained from field experiments. Although organic fertilizer is very important for the potato production, nitrogen and phosphate fertilizers can increase potato yield furthermore. Organic fertilizer can increase the effect of nitrogen fertilizer and decrease the effect of phosphate fertilizer. Finally, we obtain the optimization scheme of fertilizer uses for the potato production of  $22500 \text{ kg/hm}^2$  by using computer simulation.

**KEY WORDS:** nonirrigated land, potato, fertilizer effect, optimization scheme