

# 马铃薯威芋3号高产、高效栽培模型研究

刘爱华<sup>1</sup>, 张绍荣<sup>2</sup>, 翟玉玲<sup>1</sup>, 蒋燕<sup>1</sup>

(1. 贵州省毕节地区农业技术推广站, 贵州 毕节 551700; 2. 贵州省毕节地区农业科学研究所, 贵州 毕节 551700)

**摘要:** 试验采用二次回归正交旋转组合设计, 研究威芋3号优质、高产新品种的生产成本, 纯收益, 产投比与密度、氮、磷、钾肥施用量间的优化数学模型, 在对模型进行分析的基础上进行计算机模拟试验, 提出两套威芋3号高产、高效栽培技术模型: 产投比高于1.78, 纯收入高于4000元·hm<sup>2</sup>的高产、高效栽培模型: 密度为39982.5~42750.0窝·hm<sup>2</sup>, 纯N施用量为43.969~50.918 kg·hm<sup>2</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>施用量为127.08~142.92 kg·hm<sup>2</sup>; K<sub>2</sub>O施用量为137.430~156.668 kg·hm<sup>2</sup>。产投比高于2, 纯收入高于4500元·hm<sup>2</sup>的高产、高效栽培模型: 密度为40440~43050窝·hm<sup>2</sup>; 纯N施用量为44.37~52.83 kg·hm<sup>2</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>施用量为126.180~135.945 kg·hm<sup>2</sup>; K<sub>2</sub>O施用量为143.303~164.430 kg·hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 马铃薯; 高产; 高效栽培; 数学模型

马铃薯是毕节地区重要的粮食作物之一, 尤其近年随着马铃薯加工业的发展, 需求量与日剧增, 年播种面积逐年扩大。而威芋3号以其高产、优质等众多优点倍受欢迎, 故而设计此试验, 目的是研究威芋3号的高产、高效栽培模式为生产服务。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

马铃薯威芋3号是威宁县农科所近年新育成并审定的优质、高产马铃薯新品种。

肥料: 氮肥为尿素, 含N量46%, 磷肥为普通过磷酸钙, 含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%, 钾肥为硫酸钾, 含K<sub>2</sub>O 50%。

### 1.2 方 法

试验在大方县文阁乡某承包户责任地进行。试验地海拔1500 m<sup>2</sup>, 肥力中等、小黄泥、冬闲土。试验研究采用二次回归正交旋转组合设计<sup>[1-3]</sup>, 其因素及水平见表1。依据试验设计方案在田间实施36个处理, 小区面积34 m<sup>2</sup>, 小区间不设走道, 重复间走道宽0.5 m, 实行双套双分带种植, 即双行马铃薯—双行玉米, 1.7 m的复合带距, 两行马铃薯距离(窝

心对窝心) 0.4 m, 预留行1.3 m种两行玉米, 两行玉米间距离0.5 m(窝心对窝心)。小区排列按编码矩阵任意两列编码的乘积之和等于0的原则分为3个不完全随机区组。据试验要求, 667 m<sup>2</sup>施腐熟有机肥1000 kg, 3月6日开沟严格按各处理密度进行摆种, 所用肥料(包括有机肥)均作为基肥一次性施入, 4月10日全苗, 未发现缺窝, 结合中耕分别在出苗8 cm左右和现蕾期培土一次, 7月10日收获。

试验结果利用DPS<sup>4)</sup>软件进行分析。

表1 试验研究因素与水平

试验因子	水 平					
	间距	-2	-1	0	1	2
密度(窝·hm <sup>2</sup> )	7500	21000	28500	36000	43500	51000
N(kg·hm <sup>2</sup> )	22.5	0	22.5	45	67.5	90
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg·hm <sup>2</sup> )	45.0	45	90.0	135	180.0	225
K <sub>2</sub> O(kg·hm <sup>2</sup> )	67.5	0	67.5	135	202.5	270

## 2 结果与分析

### 2.1 试验结果与回归模型

据试验结果, 将生产成本、产投比和纯收入列于表2, 利用表2数据建立目标函数与试验因子间关系的优化回归模型即:

收稿日期: 2005-10-31

作者简介: 刘爱华(1964-), 女, 高级农艺师, 主要从事小麦育种研究和农技推广工作。

表 2 试验各处理的成本、产投比、纯收入

(元·hm <sup>2</sup> )							
No.	c1	c2	c3	c4	纯收入	总投入	产投比
1	1	1	1	1	4749.1	6281.7	1.756021
2	1	1	1	-1	2686.3	5633.7	1.476827
3	1	1	-1	1	6539.8	5380.2	2.215531
4	1	1	-1	-1	2839.9	4732.2	1.600123
5	1	-1	1	1	4032.1	6087.9	1.662314
6	1	-1	1	-1	2520.1	5439.9	1.463262
7	1	-1	-1	1	2563.6	5186.4	1.494293
8	1	-1	-1	-1	3181.6	4538.4	1.70104
9	-1	1	1	1	2278.3	5921.7	1.384737
10	-1	1	1	-1	2686.3	5273.7	1.509377
11	-1	1	-1	1	3833.8	5020.2	1.763675
12	-1	1	-1	-1	2507.8	4372.2	1.573579
13	-1	-1	1	1	-1367.9	5727.9	0.761186
14	-1	-1	1	-1	-239.9	5079.9	0.952775
15	-1	-1	-1	1	613.6	4826.4	1.127134
16	-1	-1	-1	-1	-448.4	4178.4	0.892686
17	-2	0	0	0	767.95	4852.05	1.158273
18	2	0	0	0	7457.95	5572.05	2.338457
19	0	-2	0	0	421.75	5018.25	1.084043
20	0	2	0	0	1294.15	5405.85	1.239398
21	0	0	-2	0	1045.45	4274.55	1.244575
22	0	0	2	0	970.45	6149.55	1.157808
23	0	0	0	-2	1055.95	4564.05	1.231362
24	0	0	0	2	2999.95	5860.05	1.511932
25	0	0	0	0	7925.95	5212.05	2.520697
26	0	0	0	0	7919.95	5212.05	2.519546
27	0	0	0	0	7793.95	5212.05	2.495371
28	0	0	0	0	8018.35	5212.05	2.538425
29	0	0	0	0	7793.35	5212.05	2.495256
30	0	0	0	0	7715.35	5212.05	2.480291
31	0	0	0	0	7280.95	5212.05	2.396946
32	0	0	0	0	7823.95	5212.05	2.501127
33	0	0	0	0	7301.95	5212.05	2.400975
34	0	0	0	0	7787.95	5212.05	2.49422
35	0	0	0	0	7833.55	5212.05	2.502969
36	0	0	0	0	8123.95	5212.05	2.558686

2.1.1 成本函数

$$y_a = 5212.05 + 180X_1 + 96.9X_2 + 456.75X_3 + 324X_4 + 3X_1^2 + 3X_2^2 + 3X_3^2 + 3X_4^2$$

$$F = 3702.3479, R^2 = 0.99959$$

2.1.2 产投比函数

$$y_b = 2.49 + 0.24X_1 + 0.147X_2 - 0.066X_3 + 0.065X_4 - 0.171X_1^2 - 0.318X_2^2 - 0.308X_3^2 - 0.266X_4^2 - 0.111X_1X_2 + 0.006X_1X_3 - 0.041X_2X_3 + 0.058X_2X_4 + 0.0049X_1X_4 - 0.042X_3X_4$$

$$F = 40.9769, R^2 = 0.9646$$

2.1.3 纯收入函数

$$y_c = 7776.6 + 1359.5X_1 + 792.1X_2 - 184.9X_3 + 474.9X_4 - 843.54X_1^2 - 1657.3X_2^2 - 1619.8X_3^2 - 1364.8X_4^2 - 514.4X_1X_2 + 125.8X_1X_3 + 362.8X_1X_4 + 365.8X_2X_4 - 147.2X_2X_3 - 214.5X_3X_4$$

$$F = 42.0788, R^2 = 0.96558$$

从以上4个目标函数模型看, 试验因子对马铃薯生产效益的影响极显著, 其试验因子对目标函数的决定系数成本为 0.99959, 产投比为 0.9646, 纯收入为 0.96558。再看回归模型中各项回归系数的显著性, 成本函数 4 个一次项  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$  均达极显著水平; 产投比函数的 2 个一次项  $X_1$ 、 $X_2$  和 4 个平方项  $X_1^2$ 、 $X_2^2$ 、 $X_3^2$ 、 $X_4^2$  达极显著水平,  $X_4$ 、 $X_3$  达显著水平,  $X_1X_2$  互作项达显著水平; 纯收入函数中 3 个一次项  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_4$  达极显著水平, 4 个平方项  $X_1^2$ 、 $X_2^2$ 、 $X_3^2$ 、 $X_4^2$  达极显著水平,  $X_1X_2$ 、 $X_1X_4$ 、 $X_2X_4$  3 个互作项达显著水平。

由此也说明试验因子对目标性状的影响显著, 可以进一步分析试验因子对目标函数的影响和作进一步的模拟优化, 提出马铃薯威芋 3 号高产、高效种植模型。

2.2 试验因子对目标函数的影响

2.2.1 试验因子对威芋 3 号生产成本的影响

从成本函数看, 密度、氮、磷、钾施用量与成本间呈直线正相关, 见图 1。各试验因子对成本的影响程度顺序  $X_3 > X_4 > X_1 > X_2$ , 由此可见要提高威芋 3 号的经济效益, 降低生产成本, 在保证其正常生长发育, 并达一定产量水平的前提下, 应优先控制磷和钾肥的施用量, 并配合科学合理的密度和氮肥施用量。

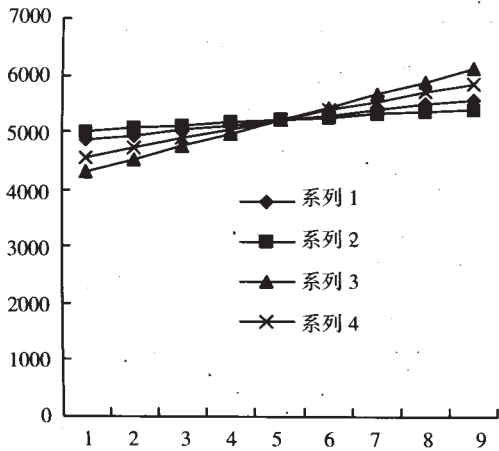


图1 试验因子对成本的影响

2.2.2 试验因子对产投比的影响

各试验因子对产投比影响程度顺序为  $X_1 > X_2 > X_4 > X_3$ , 利用降维法分析产投比函数可见, 产投比函数中  $X_1$ 、 $X_2$  2 个一次项均达极显著水平,  $X_3$ 、 $X_4$  达显著水平, 且  $X_3$  系数为负值, 说明增加磷肥施用量将降低产投比, 因此适当降低磷肥施用量对提高产投比有利。交互项  $X_1X_2$  达极显著水平其系数为负值, 说明只有合理的密度和科学的氮肥施用才有利于提高产投比。在试验设计范围内试验因子与产投比间均呈开口向下的抛物线。其回归子模型如下:

$$y_{b(1)} = 2.49 + 0.24X_1 - 0.171X_1^2$$

$$y_{b(2)} = 2.49 + 0.147X_2 - 0.318X_2^2$$

$$y_{b(3)} = 2.49 - 0.066X_3 - 0.308X_3^2$$

$$y_{b(4)} = 2.49 + 0.065X_4 - 0.2661X_4^2$$

利用微分法则分析, 在特定条件下产投比达到最高时, 各试验因子的取值分别为: 密度 0.5”水平左右, 氮、磷、钾肥均为 0”水平附近; 本试验中由于磷肥是影响成本的首要因素, 且回归系数为负, 而产投比与成本间的正相关 ( $r = 0.13079$ ) 并不明显, 因此适当降低磷肥施用量可有效提高产投比。

2.2.3 试验因子对纯收益的影响

本试验中纯收入、产投比和成本三者之间的关系, 纯收入与产投比和成本均呈正相关, 其相关系数分别为  $r = 0.99755$  和  $r = 0.16496$ , 试验因子对纯收入的影响顺序为  $X_1 > X_2 > X_4 > X_3$ , 因此降低成本, 提高产投比就能提高经济效益, 但降低

成本必须在作物能正常生长发育并获得较高产量的前提下进行。利用降微法分析回归模型, 交互项  $X_1X_2$ 、 $X_1X_4$ 、 $X_2X_4$  达显著水平, 但  $X_1X_2$  其回归系数为负, 说明只有合理的密度和氮肥施用量才能获较高的纯收入, 交互项  $X_1X_4$ 、 $X_2X_4$  回归系数为正, 说明密度与钾肥施用量间、氮肥与钾肥施用量间存在相互促进、相互补充作用。其回归子模型为:

$$y_c = 7776.6 + 1359.5X_1 - 843.54X_1^2$$

$$y_c = 7776.6 + 792.1X_2 - 1657.3X_2^2$$

$$y_c = 7776.6 - 1619.8X_3^2$$

$$y_c = 7776.6 + 474.9X_4 - 1364.8X_4^2$$

利用微分法则分析: 纯收入与试验因子间呈开口向下的抛物线, 当密度在 1”水平, 其余各因子在 0”水平时抛物线达最高点。

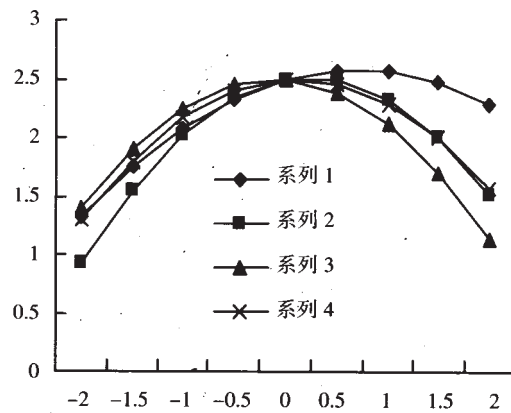


图2 试验因子对产投比的影响

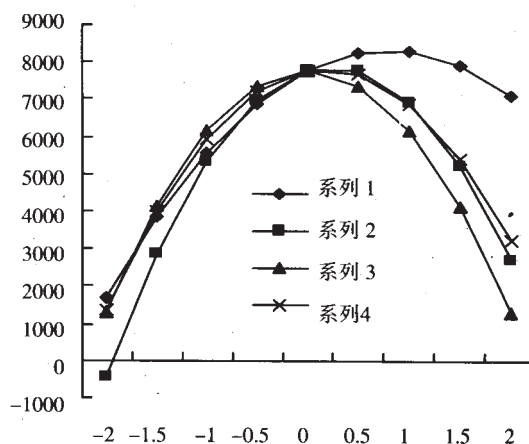


图3 试验因子对纯收入的影响

### 2.3 威芋 3 号实现高产、高效的密度与施肥模式

综上所述, 要实现威芋 3 号的高产、高效栽培, 首先应科学合理分带, 并确保一定密度的基础上, 合理施用氮、磷、钾, 基于此我们利用产投比和纯收入函数在-2  $X_i$  2 的取值范围内进行计算机模拟试验, 经过优化选择提出两套威芋 3 号高产、高效栽培施肥方案。

### 3 结论与讨论

通过试验建立了成本、产投比、纯收入与密度、氮、磷、钾施用量间关系的数学模型, 完全符合马铃薯的生长发育规律, 可以用于生产实践。经过分析试验因子对目标函数的影响表明, 要提高威芋 3 号生产的经济效益, 关键是控制密度和合理的氮、钾施用水平, 并利用因素间的相互促进和相互补充作用提高经济效益。

在目标函数模型分析的基础上, 利用产投比函数模型和纯收入函数模型作模拟优化分析, 提出两套威芋 3 号高产、高效栽培的密度与施肥技术模式: 产投比高于 1.78, 纯收入高于 4 000

元·hm<sup>2</sup>的威芋 3 号高产、高效栽培模型: 密度为 39 982.5~42 750.0 窝·hm<sup>-2</sup>, 纯(N)施用量为 43.969~50.918 kg·hm<sup>-2</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 施用量为 127.08~142.92 kg·hm<sup>-2</sup>; K<sub>2</sub>O 施用量为 137.430~156.668 kg·hm<sup>-2</sup>。产投比高于 2, 纯收入高于 4 500 元·hm<sup>2</sup>的威芋 3 号高产、高效栽培模型: 密度为 40 440~43 050 窝·hm<sup>-2</sup>; 纯(N)施用量为 44.37~52.83 kg·hm<sup>-2</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 施用量为 126.180~135.945 kg·hm<sup>-2</sup>; K<sub>2</sub>O 施用量为 143.303~164.430 kg·hm<sup>-2</sup>。

#### [参 考 文 献]

- [1] 江强, 王洪江. 脱毒马铃薯高效栽培技术 [M]. 北京: 北京出版社, 1999.
- [2] 连勇. 马铃薯脱毒种薯生产技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [3] 胡辉, 杨波, 郑元红, 等. 毕节地区脱毒马铃薯平衡施肥技术应用示范 [J]. 中国马铃薯, 2005, 19(4): 228-231.
- [4] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.

## Mathematical Model for High Yield and High Profit Ability of the Potato Cultivar Weiyu 3

Liu Aihua<sup>1</sup>, Zhang Shaorong<sup>2</sup>, Zhai Yuling<sup>1</sup>, Jiang Yan<sup>1</sup>

(1. Bijie Agricultural Extension Station, Bijie, Guizhou 551700, China; 2. Bijie Agricultural Research Institute, Bijie, Guizhou 551700, China)

Abstract: In the quadratic regression orthogonal rotation design, mathematical models on the relation of production cost, profit ability, and output to investment ratio with plant density, and nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer application were studied using the high yield and high quality cultivar Weiyu 3 as plant material. Based on the analysis of the models, computer simulation was carried out and two production models were created, aiming at high yield and high profit. For the model aiming at the output to investment ratio 1.78, and profit 4000 RMB·hm<sup>2</sup>, the plant density should be 39983- 42750 plant·hm<sup>2</sup>, the pure nitrogen application rate 43.97- 50.92 kg·hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> application rate 127.08- 142.92 kg·hm<sup>2</sup>, and K<sub>2</sub>O application rate 137.43- 156.67 kg·hm<sup>2</sup>. For the model aiming at the output to investment ratio 2, and profit 4500 RMB·hm<sup>2</sup> or more, the plant density should be 40 440- 43 050 plant·hm<sup>-2</sup>, the pure nitrogen application rate 44.37- 52.83 kg·hm<sup>-2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> application rate 126.18- 135.95 kg·hm<sup>2</sup>, and K<sub>2</sub>O application rate 143.30- 164.43 kg·hm<sup>2</sup>.

Key Words: potato; high yield; high profit; mathematical model