

中图分类号: S532; S143.1; S143.2; S143.3 文献标识码: A 文章编号: 1672-3636(2006)06-0336-03

# 脱毒马铃薯氮磷钾肥料效应数学模型的研究

张 菁

(福建省宁德市农业局, 福建 宁德 352100)

**摘要:** 用3因素5水平12处理回归设计法, 设置重复并在小区处理上汲取拉丁方排列的优点以3×4方式布局, 使一个试验结果有多个统计组合, 择其中R、F值最显著, Se值最小的函数建立回归方程。通过计算机模拟寻优, 确定马铃薯产量指标27 000~30 000 kg的优化施肥技术方案为每公顷施纯N: 129.22~170.78 kg; 纯P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 52.72~68.40 kg; 纯K<sub>2</sub>O 196.65~253.35 kg。

**关键词:** 马铃薯施肥; 回归设计; 拉丁方排列; 模型择优

马铃薯脱毒后恢复了原有的优良种性, 还应采取相应的农艺措施, 才能充分发挥脱毒马铃薯的增产潜力, 获得丰产丰收。试验表明, 脱毒马铃薯与传统栽培技术相比, 产量提高了36.7%, 商品率也由原来的72.6%提高到86.1%。为了进一步明确马铃薯栽培中主要增产因素的内在联系, 选取了氮磷钾为主要的三因子肥料试验, 探讨氮磷钾肥不同用量对马铃薯产量的影响, 为当地脱毒马铃薯生产提供理论和实践依据。

## 1 材料与方 法

试验于2006年1月在福安溪潭镇廉村进行。供试品种克新3号, 土壤为黄泥田, pH=5.3, 有机质含量296 mg·kg<sup>-1</sup>、碱解氮133 mg·kg<sup>-1</sup>、速效磷50 mg·kg<sup>-1</sup>、速效钾22 mg·kg<sup>-1</sup>。前作单季晚稻, 小区面积20 m<sup>2</sup>, 1月9日播种, 4月30日收获; 栽植密度每20 m<sup>2</sup> 112株。试验采用N(X<sub>1</sub>)、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(X<sub>2</sub>)、K<sub>2</sub>O(X<sub>3</sub>) 3因素5水平12处理最优设计。每公顷施肥的下限和上限量分别为: N 0~300 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0~120 kg, K<sub>2</sub>O 0~450 kg。施肥量=下限量+码值×(上限量-下限量)计算出各处理养分和肥料量。按要求设计两个区组的重复, 各区组内小区随机排列<sup>[1]</sup>, 并贯彻拉丁方设计的原则进行双向控制地力差异。

收稿日期: 2006-06-25

作者简介: 张菁(1966-), 男, 高级农艺师, 主要从事作物规范化栽培技术研究。

供试肥料全部采用化学肥料, 试验地不施农家肥。基肥: 氮肥占50%, 磷肥10%, 钾肥50%; 第一次追肥(苗肥)氮肥占40%; 第二次追肥(现蕾肥)氮肥10%, 钾肥50%。

## 2 结果与分析

### 2.1 数学模型的建立

模型采用二次多项式:  $Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_4X_1X_2+b_5X_1X_3+b_6X_2X_3+b_7X_1^2+b_8X_2^2+b_9X_3^2$ 。式中y为产量, X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub>分别代表N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O用量。将两个区组24个处理分割成11种统计方式<sup>[2]</sup>后, 以表1中的产量为依变量, 采用中国农业科学院“CREG<sub>3</sub>”程序在计算机上运算求解, 得到11个数学模型的回归系数和统计检验参数(表2)。

从表2可见, 11个回归方程式中的b<sub>0</sub>值基本相同, 绝大多数的b<sub>1</sub>、b<sub>2</sub>、b<sub>3</sub>(一次项)为正值; 交互项有正有负; b<sub>7</sub>、b<sub>8</sub>、b<sub>9</sub>(二次项)均为负值, 表明不同施肥因素都具有一个极大值。复相关系数R值均达0.99以上, 表明本试所选因子对产量的贡献率达98%以上; 回归检验F值不显著、显著和极显著; Se值大小不一, 表明各式标准误有别。

### 2.2 模型择优结果

由表3可知, 计算所得的各式检验值及参数有别。在剔除F值不显著, 对方程进行生物学检验后, 对符合条件的组合序号为1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9从中择优, 比较之下, 以序号4组合算出的回归方

表 1 试验组合处理及产量结果

处理	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		实际产量 y) kg·hm <sup>2</sup>	
	X <sub>1</sub>	kg·hm <sup>2</sup>	X <sub>2</sub>	kg·hm <sup>2</sup>	X <sub>3</sub>	kg·hm <sup>2</sup>	重复	重复
1	0.50	150	0.50	60.0	1.00	450.0	25 500	27 000
2	0.50	150	0.50	60.0	0	0	21 000	20 000
3	0.14	42	0.14	16.8	0.75	337.5	29 000	25 250
4	0.86	258	0.14	16.8	0.75	337.5	28 250	26 750
5	0.14	42	0.86	103.2	0.75	337.5	23 250	21 875
6	0.86	258	0.86	103.2	0.75	337.5	18 500	19 750
7	1.00	300	0.50	60.0	0.25	112.5	22 500	22 500
8	0	0	0.50	60.0	0.25	112.5	26 250	28 500
9	0.50	150	1.00	120.0	0.25	112.5	24 750	23 500
10	0.50	150	0	0	0.25	112.5	18 000	20 000
11	0.50	150	0.50	60.0	0.50	225.0	30 750	31 500
12	0	0	0	0	0	0	16 000	17 250

表 2 回归方程及检验系数

序号	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>	b <sub>7</sub>	b <sub>8</sub>	b <sub>9</sub>	R	F	Se
1	16708.18	1344.46	857.31	490.30	-22.40	2.15	116.57	-50.38	-319.05	-28.94	0.9952	14.31*	8.96
2	16993.00	1101.06	260.66	340.50	-32.29	4.00	114.58	-38.43	-170.60	-22.57	0.9905	15.54*	7.75
3	15919.43	1236.31	-279.50	403.98	-18.32	-2.15	133.63	-40.16	-147.41	-25.54	0.9913	13.70*	10.52
4	15733.73	1517.87	58.70	504.45	-15.03	3.07	136.63	-58.97	-218.80	-31.17	0.9987	90.04**	2.16
5	15653.88	1611.54	68.80	533.16	-6.28	-10.04	158.58	-55.34	-275.37	-30.53	0.9944	19.75**	4.85
6	16878.00	1280.52	443.56	601.84	23.38	6.95	116.86	-58.37	-319.56	-33.65	0.9967	33.14**	3.25
7	15536.24	1271.74	65.05	562.73	-58.33	-5.04	138.08	-33.59	-155.90	-34.51	0.9919	6.0	8.28
8	15463.10	1399.64	140.15	501.46	-7.84	1.94	143.77	-54.02	-235.21	-31.20	0.9948	21.20**	4.50
9	16445.48	1112.46	499.43	607.85	40.64	4.90	111.80	-51.71	-311.57	32.36	0.9934	16.54*	7.25
10	16517.42	1132.56	928.65	485.60	-23.96	14.13	101.76	-49.06	-278.88	-29.61	0.9987	5.04	7.58
11	16275.62	1176.41	913.20	496.31	-5.14	0.11	111.51	-43.72	-311.01	-27.65	0.9904	2.07	12.31

表 3 高产施肥方案中 X<sub>i</sub> 取值频率分布

编码值	X <sub>1</sub> (N)		编码值	X <sub>2</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		编码值	X <sub>3</sub> (K <sub>2</sub> O)	
	次数	频率		次数	频率		次数	频率
0	0	0	0	2	0.051	0	0	0
0.14	7	0.179	0.14	8	0.205	0.25	6	0.154
0.5	13	0.333	0.5	10	0.256	0.5	13	0.333
0.86	13	0.333	0.86	9	0.231	0.75	14	0.359
1	6	0.154	1	10	0.256	1	6	0.154
合计	39	1	合计	39	1	合计	39	1
$\bar{X}_i$		0.632			0.611			0.628
S <sub><math>\bar{x}_i</math></sub>		0.035			0.035			0.032
95%置信区域		0.430~0.569			0.431~0.570			0.437~0.563
施肥措施		129.22~170.78			52.72~68.40			196.65~253.35

程为最佳, 其式为:

$$\hat{Y}=15733.73+1517.87X_1+88.7X_2+504.45X_3-15.03X_1X_2-3.07X_1X_3+136.63X_2X_3-58.97X_1^2-218.8X_2^2-31.17X_3^2$$

(R=0.9987\*\* F=90.04\*\* Se=2.16)

可见, 它定量地描述了变量对马铃薯产量的效应, 可作为作物生产决策的依据。

### 2.3 计算机模拟寻优

从以上模型可知, 产量与 3 个因子之间呈二次曲线关系, 说明不是提高任一因素都可增产。由于二次项系数均为负值, 表明不同施肥因素都具有最佳值, 也就是说用肥过量或不足都会导致减产。

#### 2.3.1 最高产量模拟寻优

对产量指标回归方程:  $\hat{Y}_a=f(X)$  经计算机运算求得: 马铃薯最高产量农艺方案 N: 188.4 kg·hm<sup>-2</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 115.05 kg·hm<sup>-2</sup>; K<sub>2</sub>O 382.95 kg·hm<sup>-2</sup>; 最高产量为 31 927.23 kg·hm<sup>-2</sup>。

#### 2.3.2 27 000~30 000 kg·hm<sup>-2</sup> 施肥方案模拟

在 0 X<sub>i</sub> 1 约束区间中, 各变量取不同步长上机计算, 其高产施肥方案中 X<sub>i</sub> 取值频率见表 3; 确定马铃薯产量指标 27 000~30 000 kg·hm<sup>-2</sup> 的优化施肥技术方案为每公顷施纯 N: 129.22~170.78 kg; 纯 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 52.72~68.40 kg; 纯 K<sub>2</sub>O 196.65~253.35 kg。

## 3 讨论

采用 3 因素 5 水平 12 处理最优设计, 结合拉丁方排列并设置重复的办法进行马铃薯施肥模型研究,

就可在试验结果上增加了多倍次的重复, 一次试验可得到 11 个回归方程, 并对模型进行择优, 可有效提高试验的成功率。再对择优回归方程进行计算机模拟, 所得到的高产方案可直接应用于生产, 是目前比较好的设计方法之一。

研究表明: 马铃薯的产量与施肥因素密切相关, 施肥水平决定产量。二次项系数均为负值, 表明不同施肥因素都具有最佳值, 用肥过量或不足都会导致减产。通过计算机模拟寻优, 确定马铃薯产量指标 27 000~30 000 kg 的优化施肥技术方案为每公顷施纯 N: 129.22~170.78 kg; 纯 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 52.72~68.40 kg; 纯 K<sub>2</sub>O 196.65~253.35 kg。脱毒马铃薯对 N 肥较敏感, 施肥应掌握增施有机肥, 少施化肥, 以基肥为主, 追肥为辅, 控 N、稳 P、补 K 的原则。

在农业系统中, 施肥系统的肥料效应是综合的, 它受作物品种、土壤供肥力、肥料利用率、病虫害等诸多因素的影响。马铃薯产量形成的因素, 既受客观条件的影响, 又有主观因素的参与, 是一个比较复杂的问题。要建立包环境因素的数学模型, 有待多专业、多点的协作研究。

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 张中原. 回归设计肥料试验设置重复与小区排列的研究 [J]. 沈阳农业大学学报, 1990, 21 (4): 301-304.
- [ 2 ] 张 苇. 数学模型重演检验的研究 [J]. 农业系统科学与综合研究, 1998, 14 (3): 213-216.

# The Mathematical Model for the Effect of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O on Tuber Yield of Virus-free Potatoes

Zhang Wei

( Agriculture Bureau of Ningde City, Ningde, Fujian 352100, China )

Abstract: A regression design, including 3 factors, 5 levels and 12 treatments, with 2 replicates and plots in each replicate arranged in the manner of 3 × 4, was used to study the effect of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O on tuber yield of virus-free potatoes. In this design, many statistical combinations were generated, and the regression equation with most highly significance of R and F values and minimal Se was chosen. By means of computer imitation in selection for fertilization rate for the target yield of 27 000~30 000 kg·hm<sup>-2</sup>, the fertilization rate per hectare of N 129.22~170.78 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 52.72~68.40 kg, and K<sub>2</sub>O 196.65~253.35 kg was determined.

Key Words: fertilization; regression design; Latin square arrangement; mathematical model