中图分类号：S532　　文献标识码：A　　文章编号：1672-3635(2008)01-0028-03

马铃薯新品种闽薯 1 号高产栽培农艺措施研究

梁金平，张志勇，吴文明，杨立明，黄萍萍

（福建省龙岩市农业科学研究所，福建　龙岩　364000）

摘　要：采用三因素五水平的二次正交旋转回归设计方法，对促进马铃薯高产的氮、磷、钾肥不同用量进行了试验研究与分析。结果表明：三种化肥对产量影响的大小程度依次排序为 N>K>P。经计算机模拟寻优，获得了施肥的高产数学模型和最佳农艺措施组合方案。667 m² 产量高于 1 750 kg 的优良农艺组合方案 22 套，其 95%的置信区域是：每 667 m² 施尿素 31.13~42.32 kg，过钙 13.30~30.40 kg，硫酸钾 57.08 ~ 64.42 kg。农艺措施的中心值为：尿素 38.22 kg，过钙 21.70 kg，硫酸钾 60.75 kg；N∶P∶K 的比例为 1∶0.57∶1.59。

关键词：马铃薯；数学模型；农艺措施

马铃薯是福建省第三大粮食作物，年播种面积 9 万 hm² 左右。试验从施肥入手，探讨氮、磷、钾三大肥料要素对马铃薯生长发育的影响，以及与产量形成的效应关系，摸索出适合福建省龙岩市应用的马铃薯高产栽培农艺措施的优化组合方案，为指导大田生产提供理论依据[1]。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试品种为新选育品种闽薯 1 号。

收稿日期：2007-11-08

基金项目：福建省科技厅重点科技攻关项目（2005N024）

作者简介：梁金平（1972-），女，农艺师，主要从事马铃薯品种选育及栽培技术研究。

1.2　试验地状况

试验于 2005~2006 年春季在福建省龙岩市农业科学研究所试验地完成，前茬为水稻，土壤为沙壤土，有机质含量 3.23%，速效氮 138.67 mg·kg⁻¹，速效磷 83.68 mg·kg⁻¹，速效钾 46.53 mg·kg⁻¹，pH 值 5.8，播前施腐熟鸡粪 7.5 t·hm⁻²。

1.3　试验方法

本研究采用三因素五水平的二次正交旋转回归设计。研究因素设施尿素量（X_1）、施过钙量（X_2）、施硫酸钾量（X_3）。上述肥料均为商品量，其中尿素（纯 N≥46%），三明化肥厂生产；过钙（P_2O_5≥12%），硫酸钾（K_2O%≥50%），厦门化肥有限公司生产。各变量设计水平及编码见表 1。

对表 1 编码值列表实施，共设 23 个试验处理，

上述试验表明，昭通市马铃薯晚疫病中心病株出现的时间一般在 5 月下旬，6 月上旬开始流行，且蔓延迅速。建议生产中应在每年 5 月 20 日前后出现 1 周左右高湿润期后的 10 d 之内喷施波尔多液或其他保护性化学制剂以提高防治效果。同时加强田间病情监测，一旦发现中心病株，应立即拔掉带出大田，并在周围 100 株直径范围内喷施触杀性化学药剂，也可对整个大田进行全面防治，每周进行 1 次，连续防治 3 次，防效更佳。在生产上还可将播种期推后 10 d 左右，使马铃薯的现蕾期推后到 5 月底 6 月初，使其避开 5 月 20 日前后出现的高湿润期，达到减轻病害的目的。

[参　考　文　献]

[1] 王利亚，孙茂林，杨艳丽，等. 云南马铃薯晚疫病区域流行学研究[J].西南农业学报，2005，18(2)：157-162.

[2] 谭宗久，王文泽，丁明亚，等. 气象因素对马铃薯晚疫病发生流行的影响[J]. 中国马铃薯，2001，15(2)：96-98.

[3] Hyre R A. Progress in forecasting late blight of potato and tomato [J].Plant Disease Reporter，1954，38：245-253.

[4] 曹静，客绍英.马铃薯晚疫病流行学几方法研究进展[J]. 中国马铃薯，2005，19(1)：33-36.

[5] 孙茂林，李树莲，赵永昌，等. 马铃薯晚疫病预测模型与预警系统研究进展[J]. 植物保护，2004，30(5)：15-19.

中国知网　https://www.cnki.net

表1 变量设计及编码 (kg/667m²)

水平因素	-1.682	-1	0	1	1.682	变化间距
X_1(尿素)	-0.03	10.2	25.2	40.2	50.4	15
X_2(过钙)	-0.04	13.6	33.6	53.6	67.2	20
X_3(硫酸钾)	-0.04	13.6	33.6	53.6	67.2	20

小区面积16 m²，采取80 cm垄距。各小区肥料70%作基肥施入，30%齐苗期作追肥施入。

2 结果与分析

2.1 建立模型

按照设计表中的编码值对应列出具体处理组合方案，并将实施的田间试验产量(两年平均值)结果列于表2。从表2可以看出，第三处理产量最高，即氮肥为40.2 kg，磷肥为13.6 kg，钾肥为53.6 kg时，667 m²产量为1 912.50 kg。

表2 实施方案及产量结果

处理号	编码值			自变量对应值			667m²产量(kg)
	X_1	X_2	X_3	Z_1(N)	Z_2(P)	Z_3(K)	
1	1	1	1	40.2	53.6	53.6	1 781.25
2	1	1	-1	40.2	53.6	13.6	1 556.25
3	1	-1	1	40.2	13.6	53.6	1 912.50
4	1	-1	-1	40.2	13.6	13.6	1 662.50
5	-1	1	1	10.2	53.6	53.6	1 487.50
6	-1	1	-1	10.2	53.6	13.6	1 306.25
7	-1	-1	1	10.2	13.6	53.6	1 700.00
8	-1	-1	-1	10.2	13.6	13.6	1 368.75
9	-1.682	0	0	-0.0269	33.6	33.6	1 175.00
10	1.682	0	0	50.4269	33.6	33.6	1 575.00
11	0	-1.682	0	25.2	-0.0359	33.6	1 687.50
12	0	1.682	0	25.2	67.2359	33.6	1 537.50
13	0	0	-1.682	25.2	33.6	-0.0359	1 443.75
14	0	0	1.682	25.2	33.6	67.2359	1 793.75
15	0	0	0	25.2	33.6	33.6	1 700.00
16	0	0	0	25.2	33.6	33.6	1 654.17
17	0	0	0	25.2	33.6	33.6	1 616.67
18	0	0	0	25.2	33.6	33.6	1 705.00
19	0	0	0	25.2	33.6	33.6	1 604.17
20	0	0	0	25.2	33.6	33.6	1 641.67
21	0	0	0	25.2	33.6	33.6	1 600.00
22	0	0	0	25.2	33.6	33.6	1 650.50
23	0	0	0	25.2	33.6	33.6	1 620.60

对两年的平均田间试验产量结果运用DPS程序进行统计分析，以施尿素量(X_1)、施过钙量(X_2)、施硫酸钾量(X_3)三项农艺措施为决策变量，以667 m²产量为目标函数，建立产量数学模型[2]如下：

$$Y=1642.177+126.143X_1-55.999X_2+115.409X_3-80.874X_1^2+3.095X_2^2+5.304X_3^3+4.688X_1X_2-4.688X_1X_3-21.875X_2X_3 \quad (1)$$

经对回归模型进行方差分析可知，拟$F_1=2.67<F_{0.05}(5,8)=3.69$，不显著；回归$F_2=25.21>F_{0.01}(9,13)=4.19$，达极显著水平，说明试验设计合理，模型有效。进一步检验结果表明，X_1、X_2、X_3、X_1^2的回归系数达极显著水平，为保证模型的完整性，不做变量剔除，直接应用产量函数模型进行分析。

2.2 主因子效应分析

为了探讨各因素对产量的影响程度，需对主因子进行效应分析。即对方程(1)用‘降维法’将其中两个变量固定在0水平上，可得到第三个变量的产量回归子模型：

$$Y_1=1642.177+126.143X_1-80.874X_1^2$$

$$Y_2=1642.177-55.999X_2+3.095X_2^2$$

$$Y_3=1642.177+115.409X_3+5.304X_3^2$$

其效应曲线如图1。

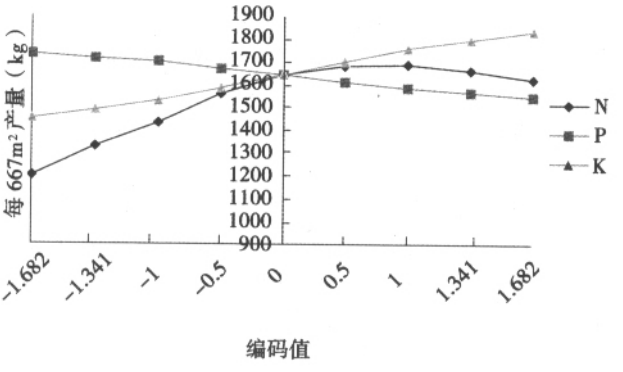

图1 氮磷钾三种肥料对产量的效应

由图1可知，马铃薯各项栽培措施对马铃薯的产量结果均有不同程度的影响，影响程度由大到小依次排序为N>K>P。N肥开始随着取值的增加，产量相应增加，但增加到一定程度，则表现下降趋势；P肥在该试验中表现为随着取值的增加而产量逐渐下降；K肥随着取值的增加，产量相应增加。这与孙继英[3]研究结果不相同，说明因地合理施肥是获得高产的重要途径[4]。

中国知网 https://www.cnki.net

2.3　双因素产量互作效应分析

为了便于分析，将三个因素采用“降维法”得到两因素交互作用的数学模型如下：

$$Y_{12}=1642.177+126.143X_1-55.999X_2-80.874X_1^2+3.095X_2^2+4.688X_1X_2$$

$$Y_{13}=1642.177+126.143X_1+115.409X_3-80.874X_1^2+5.304X_3^3-4.688X_1X_3$$

$$Y_{23}=1642.177-55.999X_2+115.409X_3+3.095X_2^2+5.304X_3^3-21.875X_2X_3$$

（2）

由各因素互作效应数学模型可知，各因素间皆存在一定的交互效应，X_1X_2 的互作效应模型作图如图 2。

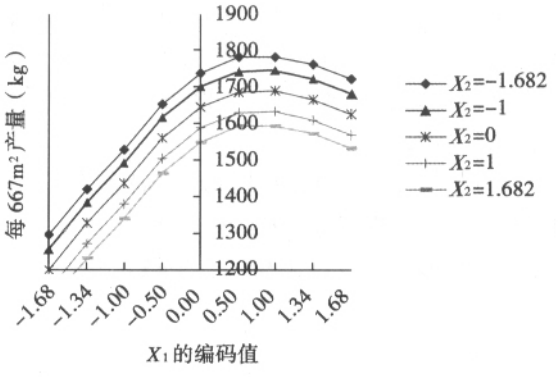

图 2　氮磷交互作用对马铃薯产量的影响

由图 2 可见，在施磷量（X_2）相同的条件下，在一定的范围内（$X_1\leq1$），施氮量与施磷量对产量的交互作用为正效应，即随着施氮量的增加，产量提高。当施氮量超过适宜范围后（$X_1>1$），产量呈下降趋势，且趋势相似。说明在马铃薯生产中，氮、磷肥适量合理配合施用的增产效果才会显著。

2.4　模型的优化

为了寻求现实和可行的优化农艺措施，进行产量决策频数分析，在 95%置信区域内获得 667 m² 产量高于 1 750 kg 的 22 套优良组合方案，其分布频率见表 3。

3　讨　论

通过三因素五水平二次正交旋转组合设计试验，建立了马铃薯产量效应数学模型。对模型的解析显示，马铃薯高产优化栽培的主要农艺措施—氮、磷、钾三种肥料对产量均有不同程度的影响，N 肥产量峰值出现在中限偏高水平附近，P 肥产量峰值出现在低水平附近，K 肥产量峰值出现在高水平附近。以上三者对产量的作用大小依次为：N>K>P。各因素间对产量影响皆存在一定的互作效应。

表 3　各因子水平的频率

编码	X_1（尿素）		X_2（过钙）		X_3（硫酸钾）	
	次数	频率	次数	频率	次数	频率
-1.682	0	0	7	31.8	0	0
-1	0	0	6	27.3	0	0
0	7	31.8	5	22.7	1	4.5
1	9	40.9	3	13.6	8	36.4
1.682	6	27.3	1	4.6	13	59.1
总和	22	100	22	100	22	100
平均优化方案	0.868		-0.595		1.357	
Sx	0.139		0.222		0.094	
95%置信区域	0.595~1.141		-1.030~-0.160		1.174~1.541	
农艺措施	34.13~42.32		13.30~30.40		57.08~64.42	
中心值	38.22		21.70		60.75	
N: P: K	1		0.57		1.59	

据 2003 年福建省土壤普查及耕地地力调查与质量评价结果，龙岩市部分土壤速效磷含量高，速效钾含量低，属严重缺钾地区，生产上农民普遍存在过量施用磷肥现象，造成增施磷肥无效。因此生产上在加大肥料投入量的同时，要重视氮磷钾肥的因地合理配施，对于速效磷含量高的土壤田块，可隔年或隔几茬作物再适施磷肥。经对模型综合分析，实现马铃薯新品种—闽薯 1 号高产优化栽培的农艺措施应是：每 667 m² 施尿素 31.13~42.32 kg，过钙 13.30~30.40 kg，硫酸钾 57.08~64.42 kg。农艺措施的中心值为：尿素 38.22 kg，过钙 21.70 kg，硫酸钾 60.75 kg；N P K 的比例为 1∶0.57∶1.59。

[参　考　文　献]

[1] 张永成，纳添仓，王金明，等. 马铃薯高产栽培农艺措施研究[M]// 陈伊里. 面向 21 世纪的中国马铃薯产业，哈尔滨：哈尔滨工程大学出版社，2000.

[2] 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.

[3] 孙继英. 黑龙江省马铃薯主要农艺措施与产量关系[J]. 中国马铃薯，2006，20(3)：163-165.

[4] 孔令郁. 马铃薯合作 88 号肥料与密度丰产栽培试验[J]. 中国马铃薯，2002，16(4)：217-218.

中国知网　https://www.cnki.net