

# 早熟马铃薯及后作大豆施肥 数学模型的研究<sup>\*</sup>

张春峰 贾会彬 张洪全

(黑龙江省农科院合江农科所)

**摘要** 试验采用二次正交通用旋转组合设计,建立早熟马铃薯及后作大豆施肥数学模型。该模型不仅揭示了氮肥、磷肥和钾肥三因素与产量的关系,而且也预测了试验条件下的最高理论产量,并获得相应的最佳施肥方案。

**关键词** 早熟马铃薯 后作大豆 数学模型 农艺措施

**中图分类号** S532.06 S565.106

为了提高自然资源利用率,增加产量和效益,1995~1996年,我们筛选出了早熟马铃薯,并辅之以地膜覆盖栽培,马铃薯可在7月1日成熟。1995~1997年,我们开展了以早熟马铃薯为前作,复种其它农作物的一年二季栽培模式研究。为了探索早熟马铃薯及后作大豆的施肥规律,我们利用二次正交通用旋转组合设计,对早熟马铃薯-大豆二季栽培的氮、磷、钾三要素施肥效果及方法进行了研究。通过建立早熟马铃薯及后作大豆高产数学模型,为同类地区早熟马铃薯-大豆的科学施肥提供参考依据。

## 1 材料与方 法

试验采用三因素五水平二次正交通用旋转组合设计,在其它措施相一致的情况下,研究氮肥(N)、磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾肥(K<sub>2</sub>O)三个因素对早熟马铃薯-大豆二季栽培产量的影响,据编码制定试验方案列入表1。

表 1 三因素编码水平表 (kg/666.7m<sup>2</sup>)

因素	因素设计水平					变化 间距
	-1.682	-1	0	1	1.682	
X <sub>1</sub> 尿素	1.25	1.75	2.50	3.25	3.75	0.75
X <sub>2</sub> 过磷酸钙	5.50	8.00	12.00	16.00	18.50	4.00
X <sub>3</sub> 氯化钾	3.00	4.50	7.00	9.50	11.00	2.50

注:尿素: N46%;过磷酸钙: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 18%;氯化钾: K<sub>2</sub>O 60.1%。

早熟马铃薯于4月24日覆膜,坐水种,7月1日收获,后茬大豆于7月3日播种。保苗数马铃薯7.1株/m<sup>2</sup>,大豆40株/m<sup>2</sup>。小区全区收获考种。

## 2 结果与分 析

### 2.1 小区产量结果

将马铃薯-大豆栽培组合小区产量折合为hm<sup>2</sup>产量,建立目标函数,包括两项:马铃薯产

试验于1997年在合江农科所内试验田进行。供试品种:早熟马铃薯为早大白(本育8022-1),后作大豆为合丰37,小区面积10.5m<sup>2</sup>(行长5m×3行区×行距0.70m),共20个小区。肥料作种肥施于马铃薯块茎下2~3cm处。为考察肥料对后茬作物产量影响,二茬大豆直播时未施肥。

量、大豆产量;以基施氮、磷、钾为三个自变量,建立小区产量及矩阵,详见表 2

2.2 施肥试验结果数学模型的建立

马铃薯

$$y_1=1807.647-95.701x_1+20.329x_2-14.240x_3-3.969x_1x_2-27.78x_1x_3-78.571x_2x_3-2.303x_1^2-43.826x_2^2-120.137x_3^2\cdots\cdots\cdots(1)$$

表 2 小区产量及矩阵

小区	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	y <sub>1</sub> (kg/hm <sup>2</sup> )	y <sub>2</sub> (kg/hm <sup>2</sup> )	小区	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	y <sub>1</sub> (kg/hm <sup>2</sup> )	y <sub>2</sub> (kg/hm <sup>2</sup> )
1	1	1	1	23238.0	1824.0	11	0	1.682	0	24952.5	1792.5
2	1	1	-1	28666.5	1878.0	12	0	-1.682	0	25333.5	2064.0
3	1	-1	1	28762.5	1605.0	13	0	0	1.682	22857.0	1989.0
4	1	-1	-1	25143.0	1696.5	14	0	0	-1.682	20952.0	2079.0
5	-1	1	1	22857.0	1980.0	15	0	0	0	27048.0	2019.0
6	-1	1	-1	22285.5	1771.5	16	0	0	0	26700.0	1980.0
7	-1	-1	1	23809.5	1899.0	17	0	0	0	28572.0	2109.0
8	-1	-1	-1	22857.0	1741.5	18	0	0	0	28380.0	2172.0
9	1.682	0	0	28572.0	1818.0	19	0	0	0	26130.0	1987.5
10	-1.682	0	0	25239.0	1882.5	20	0	0	0	26100.0	2071.5

注: y<sub>1</sub>-马铃薯; y<sub>2</sub>-大豆

大豆

$$y_2=137.414+2.422x_1-0.258x_2-0.342x_3+2.148x_1x_2-4.269x_1x_3+0.737x_2x_3-6.702x_1^2-4.881x_2^2-2.37x_3^2\cdots\cdots\cdots(2)$$

对方程 (1) 进行检验得: F<sub>1</sub>= 2.001 < F<sub>0.05</sub>= 5.05, F<sub>2</sub>= 8.104 > F<sub>0.05</sub>= 5.05

对方程 (2) 进行检验得: F<sub>1</sub>= 4.753 < F<sub>0.05</sub>= 5.05, F<sub>2</sub>= 5.337 > F<sub>0.05</sub>= 5.05

说明不存在失拟因素且二次回归模型达到显著水平,于实际情况拟合较好,方程有效

t 检验结果表明,方程 (1) 中的磷、钾肥交互作用对马铃薯产量有一定影响;效益与马铃薯产量的变化趋同,因此,以下直接用方程 (1)、(2) 对马铃薯和大豆两项进行模型的优化分析。

2.3 模型的优化分析

2.3.1 主成分分析 把方程 (1)、(2) 右端视作二次型,进行正交变换,得出的标准方程可判断每个试验因素在目标函数上贡献的大小。对马铃薯产量影响的大小次序: x<sub>3</sub> (钾肥) > x<sub>2</sub> (磷肥) > x<sub>1</sub> (氮肥); 对后茬大豆产量影响的大小次序: x<sub>1</sub> (氮肥) > x<sub>2</sub> (磷肥) > x<sub>3</sub> (钾肥)。

2.3.2 单因素分析 用降维法,将回归方程中 (1)、(2) 两个自变量固定在零水平,即相当于在特定条件下所进行的一组单因子试验,得马铃薯回归子模型为:

$$y_1=1807.647-95.701x_1-2.303x_1^2\cdots\cdots\cdots(3)$$

$$y_2=1807.647+20.329x_2-43.826x_2^2\cdots\cdots\cdots(4)$$

$$y_3=1807.647-14.240x_3-120.137x_3^2\cdots\cdots\cdots(5)$$

可求出每个因素编码值的极值点,分别为:

x<sub>1</sub>= -20.777 x<sub>2</sub>= 0.231 x<sub>3</sub>= 0.059,从这一组数值看,当磷肥编码值 x<sub>2</sub>= 0.231,即施三料磷肥 12.924kg 时,产量达到最大值,当钾肥 x<sub>3</sub>= 0.059,即施氯化钾 7.148kg 产量达到最大

值,氮肥作用较小。说明要创造马铃薯高产必须重视磷肥和钾肥的投入。

大豆回归子模型为:

$y_1=137.414+2.422x_1-6.720x_1^2\cdots\cdots\cdots(6)$

$y_2=137.414-0.258x_2-4.881x_2^2\cdots\cdots\cdots(7)$

$y_3=137.414-0.342x_3-149.867x_3^3\cdots\cdots\cdots(8)$

可求出每个因素编码值的极值点,分别为:

$x_1=0.1802, x_2=-0.0624, x_3=-0.0011$ ,从这一组数值看,氮肥对产量的作用最显著,其次为磷肥和钾肥。大豆生长中氮的来源,前期以土壤氮为主,后期以自身固氮为主<sup>[1]</sup>,后茬大豆进入自身固氮旺期为8月末,此时天气冷凉,大豆自身固氮受到抑制,因此,土壤氮对大豆生长非常重要。要创造后茬大豆高产应重视氮肥的投入,其次为磷钾肥。

2.3.3 两因素的产量效应 通过上述分析可知:只有磷钾肥两因素交互作用显著。固定氮肥( $x_1=0$ ),可得出磷钾肥与产量的方程子模型。

$y=1807.647+20.329x_2-14.240x_3-78.571x_2x_3-43.826x_2^2-120.137x_3^2\cdots(9)$

在同一施磷水平下,随着钾肥增加至零水平左右,马铃薯产量达到最大值。在磷肥、钾肥都为零水平情况下,马铃薯产量最高。高磷、高氮产量显著下降。

表 3 马铃薯产量 > 25 500kg /hm<sup>2</sup>时各因素的频次分布

因素编码	x <sub>1</sub> (氮肥)		x <sub>2</sub> (磷肥)		x <sub>3</sub> (钾肥)	
	次数	频率	次数	频率	次数	频率
- 1. 682	15	44. 1	5	14. 7	1	2. 9
- 1	11	32. 4	6	17. 6	8	23. 5
0	7	20. 6	9	26. 5	16	47. 1
1	1	2. 9	7	20. 6	7	20. 6
1. 682	0	0	7	20. 6	2	5. 9
频数合计	34		34		34	
平均编码	- 1. 036		0. 128		- 0. 009	
Sx	0. 737		1. 186		0. 861	
90% 置信区间	- 0. 91~ - 1. 162		0. 321~ - 0. 075		0. 139~ - 0. 148	
最佳农艺措施						
(kg /hm <sup>2</sup> )	25. 845		187. 68		104. 67	

表 4 大豆产量为 1 875kg /hm<sup>2</sup>时各因素的频次分布

因素编码	x <sub>1</sub> (氮肥)		x <sub>2</sub> (磷肥)		x <sub>3</sub> (钾肥)	
	次数	频率	次数	频率	次数	频率
- 1. 682	0	0	0	0	7	21. 8
- 1	5	15. 6	9	28. 1	8	25
0	13	40. 6	14	43. 8	8	25
1	10	31. 3	9	28. 1	6	18. 8
1. 682	4	12. 5	0	0	3	9
频数合计	32		32		32	
平均编码	0. 337		0		- 0. 273	
Sx	0. 854		0. 762		1. 134	
90% 置信区间	0. 488~ 0. 186		0. 135~ - 0. 135		- 0. 73~ 0. 473	
最佳农艺措施						
kg /hm <sup>2</sup>	41. 25		180		94. 8	

2.4 最佳农艺组合措施确定

运用数学原理及微机步长分析法,设步长为 1,全部方案共 125个( $G^3 \times G^3 \times G^3$ ),其中单产大于 22 500kg /hm<sup>2</sup>的有 34个,频数分析的结果见表 3 选取最佳农艺措施组合方案,应选取各因素平均编码值,即氮肥 25. 845kg /hm<sup>2</sup>,磷肥 187. 68kg /hm<sup>2</sup>,钾肥 104. 67kg /hm<sup>2</sup>,可实现产量 25 500kg /hm<sup>2</sup>.

大豆频数分析的结果见表 4 单产大于 1 875kg /hm<sup>2</sup>的方案有 34个,最佳农艺措施组合方案氮肥 41. 25kg /hm<sup>2</sup>,磷肥 180kg /hm<sup>2</sup>,钾肥 94. 8kg /hm<sup>2</sup>. 可实现产量 1 875kg /hm<sup>2</sup>

3 讨论和建议

采用二次正交通用旋转组合设计,对前期一次性施入氮、磷、钾肥,对于二季作早熟马铃薯—大豆产量进行了分析:

3.1 肥料对前作马铃薯产量贡献的排序为:钾肥> 磷肥> 氮肥 这一结果与马铃薯为钾肥营养型作物结论是一致的。有报道,钾肥除作底肥外,在马铃薯现蕾初期追施效果很好。磷、钾肥交互作用显著,肥料对两季作总产值贡献排序与上述趋势一致。对后作大豆产量的贡献排序为:氮肥> 磷肥> 钾肥。

3.2 利用二次通用旋转组合设计得到马铃薯产量 25 500kg /hm<sup>2</sup>的最佳农艺措施为:尿素 25. 845kg /hm<sup>2</sup>,过磷酸钙 187. 68kg /hm<sup>2</sup>,氯化钾 104. 67kg /hm<sup>2</sup>;大豆产量 1 875kg /hm<sup>2</sup>最佳农艺措施为尿素 41. 25kg /hm<sup>2</sup>,过磷酸钙 180kg /hm<sup>2</sup>,氯化钾 94. 8kg /hm<sup>2</sup>。

参 考 文 献

1 丁希泉主编.农业应用回归设计.吉林科学技术出版社,1988. 123~ 138  
2 王耀林主编.地膜覆盖技术大全.农业出版社,1988. 231~ 236  
3 孙海星.大庆地区引种马铃薯早熟品种东农 303及与秋白菜复种的试验.马铃薯杂志,1995,12(4): 234~ 236  
4 沈德茹等.黑龙江马铃薯复种早熟高产高效栽培技术研究.黑龙江农业科学,1997,(5): 24~ 26  
5 朱裕超.春玉米施肥数学模型的研究及应用.土壤,1998,30(5): 263~ 266

Study on Maths Model of Early Potato and Ensuing Soybean for Applying Fertilizer

Zhang Chunfeng Jia Huibin Zhang Hongquan

(Hejiang Agricultural Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences)

**Abstract** The experiment used twice orthogonal universal revolving combination design, Set up the maths model of early potato and ensuing soybean for applying fertilizer. The model not only revealed the relationship between nitrogen fertilizer, phosphate fertilizer, potash fertilizer and yield, but also calculated the highest theoretical yield under the experiment and got the corresponding best plan for applying fertilizer.

**Key words** Early potato, Ensuing soybean, Maths model, Agricultural measures