

中图分类号：S532 文献标识码：A 文章编号：1672-3635(2009)05-0271-03

中原二季作区早春拱棚马铃薯氮磷钾施肥模式研究

孔令强，王增永，刘领军，韩文贺

(山东省滕州市农业局，山东，滕州 277500)

摘要：试验针对中原二季作区的早春拱棚马铃薯，采用“3414”回归组合设计，将在马铃薯栽培过程中三大主要的肥料因子作为研究对象，建立了马铃薯氮磷钾配方施肥模型，通过对建立的数学模型进行综合分析，探讨出氮磷钾单因素对产量的影响、经济最佳施肥量和每公顷 45 000~52 500 kg 施肥模式。

关键词：马铃薯；中原二季作区；拱棚；氮磷钾；数学模型；施肥模式

滕州市地处苏、鲁、豫皖交界处的淮海经济区中心，属于中原二季作区，是山东省马铃薯主产区，种植马铃薯历史悠久，春秋两季种植马铃薯，尤其春马铃薯产量高、效益好。本试验通过建立数学模型，探讨不同配比肥料对马铃薯产量的影响，寻求中原二季作区的早春拱棚生态条件下，马铃薯科学的肥料配比方案，为马铃薯高产提供技术依据。

试验安排在种植水平较高的滕州市龙阳镇张庄村，本地土壤为壤土，地势平坦，土壤肥力较均匀，前茬为上年种植秋马铃薯的冬闲地。有机质 1.2%、碱解氮 110 mg·kg⁻¹、速效磷 56 mg·kg⁻¹、速效钾 140 mg·kg⁻¹、有效硼 0.6 mg·kg⁻¹。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验施用的肥料为鲁南化肥厂产尿素(N ≥ 46%)、磷酸二铵(N ≥ 18%、P₂O₅ ≥ 46%)、俄罗斯产硫酸钾肥(K₂O ≥ 50%)；供试品种为大丰荷兰 15 号。

1.2 试验方法

试验采用了“3414”回归组合设计^[1]，将在马铃薯栽培过程中以三大主要的肥料因子作为研究对象，氮肥处理分别为每公顷施纯氮 0、150、300、450 kg，五氧化二磷 0、60、120、180 kg，氧化钾

0、300、600、900 kg。采用随机区组排列，小区面积 32.5 m²。

拱棚马铃薯于 2 月 18 日种植，按播种时间提前一个月催芽，催芽均在温室中进行，种薯单块重 35 g 左右，播后立即覆膜、扣棚，在管理上各小区皆以常规技术同步管理。

2 结果与分析

2.1 试验结果

本试验于 6 月 10 日收获，小区产量采取全部收刨称重计量的方法，试验结果与产量分析见表 1。

表 1 试验设计与产量结果 (kg·hm⁻²)

序号	方案	N	P	K	产量
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	14790
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	120	600	21825
3	N ₁ P ₂ K ₂	150	120	600	44535
4	N ₂ P ₂ K ₂	300	0	600	34305
5	N ₂ P ₁ K ₂	300	60	600	47535
6	N ₂ P ₂ K ₂	300	120	600	52590
7	N ₂ P ₃ K ₂	300	180	600	53730
8	N ₂ P ₂ K ₀	300	120	0	19215
9	N ₂ P ₂ K ₁	300	120	300	41115
10	N ₂ P ₂ K ₃	300	120	900	55215
11	N ₃ P ₂ K ₂	450	120	600	52335
12	N ₁ P ₁ K ₂	150	60	600	41370
13	N ₁ P ₂ K ₁	150	120	300	41805
14	N ₁ P ₁ K ₁	300	60	300	42600

收稿日期：2009-01-06

作者简介：孔令强(1970-)，男，高级农艺师，从事农业技术研究与推广工作。

2.2 建立函数方程

用14个处理试验结果，建立氮、磷、钾的三元二次肥料效应方程：

$$Y = 15186.49 + 89.67843X_1 - 0.28922X_1^2 + 128.3438X_2^2 - 1.09189X_2^2 + 23.60264X_3 - 0.06567X_3^2 + 0.098188X_1X_2 + 0.155699X_1X_3 + 0.235156X_2X_3$$

式中：Y为作物产量；X₁、X₂、X₃分别为尿素、磷酸二铵、硫酸钾肥料施用量。

2.3 对数学模型的检验

为了验证数学模型的准确程度，对建立的回归方程进行F检验，由于F=52.55 > F_{0.05}，故可认定所建立的数学模型在5%水平上显著，可用该模型预测在本试验范围内，任何施肥水平的指标值(表2)。

表2 对数学模型的显著性检验

方差分析	df	SS	MS	F	F _{0.05}
回归分析	9	2.23E+09	2.48E+08	52.55	6.00
剩余方差	4	18875230	4718808		
总计	13	2.25E+09			

2.4 主效应分析

根据建立的模型分析^[2]，不施肥的空白对照仅

能达到相对产量的28.1%，缺K达到相对产量的36.5%，缺N能达到相对产量的41.5%，缺P能达到相对产量的65.2%。

随着各个肥料因子施用量的增加，商品薯产量相应增加，仅考虑单因素，本试验条件下N的最大施肥量每公顷为355.1kg，此时最大产量54316.2kg，P的最大施肥量152.9kg，此水平最大产量54135.5kg，K的最大施肥量821.9kg，此水平最大产量55462.8kg。

考虑经济因素本试验条件下，N的经济施肥量为每公顷349.6kg，此时产量54308.4kg，P的经济施肥量151.0kg，此水平产量54132.6kg，K的经济施肥量772.3kg，此水平产量55331.0kg，见表3。

2.5 交互作用分析

根据所建模型，固定其中一个变量，得出下列各因子间交互作用模型^[3]。

$$Y_{np} = 17426.16 + 136.1517X_1 - 0.2543X_1^2 + 22.6204X_2 - 0.9505X_2^2 + 0.4241X_1X_2$$

$$Y_{pk} = 32482.59 - 13.569X_2 - 0.8053X_2^2 + 36.0385X_3 - 0.0542X_3^2 + 0.4388X_2X_3$$

$$Y_{nk} = 29077.54 + 43.059X_1 - 12.0795X_1^2 + 42.0942X_3 - 0.0569X_3^2 + 0.2295X_1X_3$$

当NP随着施肥量的增加，产量随之增加，但P

表3 氮磷钾单因素效应分析 (kg·hm⁻²)

编号	方案	N	产量	编号	方案	P	产量	编号	方案	K	产量
1	N ₀ P ₂ K ₂	0	21825	1	N ₂ P ₀ K ₂	0	34305	1	N ₂ P ₂ K ₀	0	19215
2	N ₁ P ₂ K ₂	150	44535	2	N ₂ P ₁ K ₂	60	47535	2	N ₂ P ₂ K ₁	300	41115
3	N ₂ P ₂ K ₂	300	52590	3	N ₂ P ₂ K ₂	120	52590	3	N ₂ P ₂ K ₂	600	52590
4	N ₃ P ₂ K ₂	450	52335	4	N ₂ P ₃ K ₂	180	53730	4	N ₂ P ₂ K ₃	900	55215

表4 氮磷钾双因素效应分析 (kg·hm⁻²)

编号	方案	N	P	产量	编号	方案	N	K	产量	编号	方案	P	K	产量
1	N ₀ P ₂ K ₂	0	120	21825	1	N ₀ P ₂ K ₂	0	600	21825	1	N ₂ P ₀ K ₂	0	600	34305
2	N ₁ P ₂ K ₂	150	120	44535	2	N ₁ P ₂ K ₂	150	600	44535	2	N ₂ P ₁ K ₂	60	600	47535
3	N ₂ P ₂ K ₂	300	0	34305	3	N ₂ P ₂ K ₂	300	600	52590	3	N ₂ P ₂ K ₂	120	600	52590
4	N ₂ P ₁ K ₂	300	60	47535	4	N ₂ P ₂ K ₂	300	600	53730	4	N ₂ P ₂ K ₂	180	600	53730
5	N ₂ P ₂ K ₂	300	120	52590	5	N ₂ P ₂ K ₀	300	0	19215	5	N ₂ P ₂ K ₀	120	0	19215
6	N ₂ P ₂ K ₂	300	180	53730	6	N ₂ P ₂ K ₁	300	300	41115	6	N ₂ P ₂ K ₁	120	300	41115
7	N ₂ P ₂ K ₂	300	120	55215	7	N ₂ P ₂ K ₃	300	900	55215	7	N ₂ P ₂ K ₃	120	900	55215
8	N ₃ P ₂ K ₂	450	120	52335	8	N ₃ P ₂ K ₂	450	600	52335	8	N ₂ P ₂ K ₂	120	600	52335
9	N ₁ P ₁ K ₂	150	60	41370	9	N ₁ P ₂ K ₁	150	300	41805	9	N ₂ P ₁ K ₁	60	300	42600

肥增至 120~180 kg·hm⁻² 时, 产量不再增加, N 肥增至 300~450 kg·hm⁻² 时, 产量反而降低, 说明 NP 增至本设计中高水平时, 产生了拮抗作用; NK 交互作用与 NP 雷同, 产量随 K 用量的增加而增加; PK 的相互作用, 随着施肥量的增加产量增加, P 肥增至 120~180 kg·hm⁻² 时, 产量不再增加, K 肥超过本设计最大量时产量仍有所增加。N 过量会引起茎叶徒长, 导致减产。

3 讨 论

3.1 建立配方施肥模型

马铃薯氮磷钾配方施肥模型^[4]为:

$$Y = 15186.49 + 89.67843X_1 - 0.28922X_1^2 + 128.3438X_2 - 1.09189X_2^2 + 23.60264X_3 - 0.06567X_3^2 + 0.098188X_1X_2 + 0.155699X_1X_3 + 0.235156X_2X_3$$

经检验, 可用该模型预测在本试验范围内, 任何施肥水平的指标值和相应施肥水平的马铃薯产量。

3.2 氮磷钾单因素对产量的影响

在本试验条件下, 不施肥的空白对照仅能达到相对产量的 29.1%, 缺 K 达到相对产量的 38.2%, 缺 N 能达到相对产量的 41.1%, 缺 P 能达到相对产量的 65.8%。

3.3 配方施肥方案

(1) 单因素施肥: 仅考虑单因素, 本试验条件下

每公顷 N 的最大施肥量为 355.1 kg, 此时最大产量 54 316.2 kg, P 的最大施肥量 152.9 kg, 此水平最大产量 54 135.5 kg, K 的最大施肥量 821.9 kg, 此水平最大产量 55 462.8 kg。

(2) 经济最佳施肥量: 最经济的施肥配方是每公顷氮、磷、钾分别为 797.4、322.5、2321.4 kg, 产量最高达到 91 618.05 kg, 其中 $P_N = 4.5 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $P_{P_2O_5} = 5 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $P_{K_2O} = 8.5 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$, P 为不同品种肥料的价格, P_y 为 2008 年马铃薯市场的平均价格, 即 1.6 元·kg⁻¹。

(3) 施肥配方: 根据建立的数学模型综合分析, 在本试验条件下要达到每公顷 45 000~52 500 kg, 需每公顷施氮肥 300~495 kg、五氧化二磷 120~202.5 kg、氧化钾 600~11 255 kg。

[参 考 文 献]

- [1] 陈新平, 张福锁. 通过“3414”试验建立测土配方施肥技术指标体系[J]. 中国农技推广, 2006(4): 36-39.
- [2] 吴志勇, 闫静, 施维新, 等. “3414”肥料效应试验的设计与统计分析[J]. 新疆农业科学, 2008(1): 135-141.
- [3] 中华人民共和国农业部. NY/T479-2002. 肥料效应鉴定田间试验技术规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [4] 农业部种植业管理司, 全国农业技术推广服务中心. 测土配方施肥技术问答[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.

A Model for Fertilization of Nitrogen-Phosphor-Kalium in Potato Planted in the Small Plastic Greenhouse in the Central Plains with Two-time Crops

Kong Lingqiang, Wang Zengyong, Liu Lingjun, Han Wenhe

(Tengzhou Agricultural Bureau, Tengzhou, Shandong 277500, China)

Abstract: A Model for formulated fertilization of N-P-K was established according to the study on these three main fertilization factors in cultivation process of potato planted in the small plastic greenhouse in the central plains with two-time crops, using “3414” regression combination design approach. Based on comprehensive analysis of the mathematical model established, the individual effect of N-P-K on yield, the most economic fertilizer application and fertilization pattern with 45 000~52 500 kg per hectare as target yield were discussed.

Key Words: potato; central plains with two-time crops; small plastic greenhouse; nitrogen-phosphor-kalium; mathematical model; fertilization pattern