

氮钾配施对芋头产量和品质的影响

宋春风, 徐 坤*

(山东农业大学园艺学院, 山东泰安 271018)

摘要: 采用二次饱和 D-最优设计, 研究了氮钾肥配施对芋头产量和品质的影响, 并建立了以氮、钾肥施用量为变量因子, 芋头产量和品质为目标函数的二元二次数学模型。模型解析表明, 氮、钾肥对芋头产量和品质均有显著影响, 且钾肥的影响大于氮肥; 氮、钾肥之间存在显著的交互效应。在氮(N)、钾(K_2O)施用量分别为 261.75 kg/hm^2 、 757.50 kg/hm^2 以内, 产量随施肥量的增加逐渐提高, 超过此施用量, 则产量下降。在本试验条件下, 施肥量为 $N\ 34.5\sim 531.0\text{ kg/hm}^2$, $K_2O\ 526.8\sim 1057.2\text{ kg/hm}^2$, 芋头产量可达 30000 kg/hm^2 以上。

关键词: 芋头; 氮; 钾; 产量; 品质

中图分类号: S632.306 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-505X(2004)02-0167-04

Effect of nitrogen and potassium on yield and quality of taro

SONG Chun-feng, XU Kun

(Horticultural Department, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: The effects of nitrogen and potassium on yield and qualities of taro [*Colocasia esculenta* (L.) schott] were studied with the design of double saturated D-optimal regression. According to the data obtained, a mathematical model was established; in which N and K applied were independent variables, taro yield and quality were dependent variables. The models analysis showed that taro yield and qualities were influenced largely by nitrogen, potassium and their interaction; and potassium had heavier effect than nitrogen. Within the extent of $N\ 261.75\text{ kg/hm}^2$, $K_2O\ 757.50\text{ kg/hm}^2$, yield increased with the increase of fertilizer, over-rate the yield decreased. The most suitable amounts of fertilizer for over 30000 kg/hm^2 yield of taro were $N\ 34.50\sim 531.00\text{ kg/hm}^2$, $K_2O\ 526.80\sim 1057.20\text{ kg/hm}^2$ under this experimental conditions.

Key words: taro (*Colocasia esculenta*); fertilization; nitrogen; potassium; yield; quality

芋头 [*Colocasia esculenta* (L.) schott] 具有丰富的营养和医疗保健价值, 现已成为我国出口创汇的重要蔬菜, 种植面积逐年扩大。前人对芋头的研究多集中在品种类型的划分及营养成分的分析等方面^[1-4], 关于芋头栽培理论与技术的研究, 仅有少量报道^[5-6]。因此长期以来, 芋头的生产多按传统经验进行, 在生产上存在着盲目施肥的现象。氮钾肥对多种作物生长发育和产量品质有显著的影响^[7-10], 但目前仍未见有关芋头合理施肥的研究报道。为此, 就需求量较多的氮肥和钾肥对芋头产量和品质的影响进行了研究, 为芋头生产提供技术。

1 材料与方法

试验于 2002 年在山东农业大学蔬菜试验站进行。供试芋头品种为“莱阳孤芋”, 于 5 月 1 日播种, 行距为 70cm, 株距为 30cm。供试土壤为中性壤质土, 有机质 15.8 g/kg 、碱解氮 89.4 mg/kg 、速效磷 65.4 mg/kg 、速效钾 204 mg/kg ; 供试肥料为尿素 (含 N 46%)、硫酸钾 (含 $K_2O\ 50\%$)。试验采用二次饱和 D-最优回归设计, 氮肥和钾肥分基肥和苗后 50d、80d、110d 追肥共 4 次施入, 分别各占总量的 40%、30%、20%、10% 和 20%、20%、40%、20%。

收稿日期: 2003-03-05 修改稿收到日期: 2003-07-18

基金项目: 山东省科技攻关计划项目(022090131)资助。

作者简介: 宋春风(1979—), 女, 山东成武人, 硕士, 现主要从事蔬菜营养生理方面的研究。* 通讯作者

各处理均按 P_2O_5 150kg/hm² 施入过磷酸钙做基肥。小区面积为 21m², 随机排列, 重复 3 次。具体试验设计见表 1^[11]。

表 1 试验设计方案及产量实测结果
Table 1 Experimental design and yield of taro

处理 Treatments	氮肥 Nitrogen X_1		钾肥 Potash X_2	
	编码 Code	N (kg/hm ²)	编码 Code	K ₂ O (kg/hm ²)
1	-1	0	-1	0
2	1	750.00	-1	0
3	-1	0	1	1200.00
4	-0.1315	325.65	-0.1315	521.10
5	1	750.00	0.3945	836.70
6	0.3945	522.90	1	1200.00

芋头收获时按小区计产, 并折合每 hm² 产量。收获后测定芋头球茎产品主要品质指标, 并按照重要性次序进行综合评分(满分 100 分), 各项指标满分分别为: 淀粉 40 分、可溶性糖 20 分、粗蛋白 20 分、纤维素 10 分、粗脂肪 10 分。可溶性糖和淀粉采用蒽酮法测定^[12], 纤维素采用酸洗法测定^[13], 粗蛋白采用凯氏定氮法测定^[13], 粗脂肪采用简便索氏提取法测定^[14]。

2 结果与分析

2.1 回归模型的建立

氮、钾肥配施对芋头产量和品质的影响见表 2。以氮钾肥用量编码为自变量, 产量为因变量, 通过计

算机模拟, 得出产量与氮钾肥料之间的数学模型:

$$Y_1 = 31757.7 - 1801.0X_1 + 2855.2X_2 + 2479.2X_1X_2 - 2980.6X_1^2 - 5436.8X_2^2$$

其中: Y_1 为芋头产量; X_1 为施氮量对应的编码值; X_2 为施钾量对应的编码值。

对上述效应方程进行 F 检验, $F = 141.57 > F_{0.01}(5, 12) = 5.06$, 达极显著水平, 故此回归方程能反映施肥对产量影响的实际情况。对各偏回归系数进行检验, $F(X_1) = 24.67^{**}$, $F(X_1^2) = 15.93^{**}$, $F(X_2) = 61.99^{**}$, $F(X_1X_2) = 36.81^{**}$, $F(X_2^2) = 53.0^{**}$, 差异均达极显著水平 [$F_{0.01}(1, 12) = 9.33$]。说明两个因子均对产量有显著影响, 且因子交互效应显著。

以氮、钾肥用量编码为自变量, 以芋头综合品质得分为因变量, 得出品质与氮钾肥之间的数学模型:

$$Y_2 = 97.87 - 5.77X_1 + 5.80X_2 - 6.58X_1X_2 - 12.46X_1^2 - 14.14X_2^2$$

其中: Y_2 为品质评分; X_1 为施氮量对应的编码值; X_2 为施钾量对应的编码值

对上述效应方程进行 F 检验, $F = 238.71 > F_{0.01}(5, 12) = 5.06$, 达极显著水平, 故此回归方程能反映施肥对品质的影响。对回归系数进行检验, $F(X_1) = 58.15^{**}$, $F(X_1^2) = 63.91^{**}$, $F(X_2) = 58.64^{**}$, $F(X_1X_2) = 59.51^{**}$, $F(X_2^2) = 82.25^{**}$, 差异均达极显著水平 [$F_{0.01}(1, 12) = 9.33$]。可见单因子和因子交互作用均对品质有显著影响。

表 2 试验处理对芋头产量和品质的影响

Table 2 Effects of different treatments on yield and qualities of taro

处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm ²)	淀粉 Starch (%)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	粗蛋白 Rough protein (%)	纤维素 Cellulose (%)	粗脂肪 Rough fat (%)	综合品质评分 Integrated quality value
1	19807.00 ± 1043.72	8.89 ± 0.34	5.44 ± 0.40	9.56 ± 0.20	0.76 ± 0.10	0.56 ± 0.05	64.47 ± 1.2
2	21163.33 ± 436.74	9.35 ± 0.35	6.55 ± 0.29	8.75 ± 0.10	0.81 ± 0.14	0.49 ± 0.02	68.84 ± 2.0
3	30475.67 ± 802.61	15.21 ± 0.40	8.21 ± 0.39	8.45 ± 0.21	1.23 ± 0.20	0.64 ± 0.05	88.58 ± 1.5
4	31430.67 ± 675.83	16.01 ± 0.26	8.56 ± 0.25	9.83 ± 0.20	1.52 ± 0.17	0.66 ± 0.06	98.41 ± 1.0
5	26278.33 ± 619.00	11.67 ± 0.30	6.19 ± 0.27	9.38 ± 0.16	0.94 ± 0.16	0.50 ± 0.04	77.01 ± 1.0
6	17023.67 ± 307.51	12.62 ± 0.32	6.78 ± 0.41	9.46 ± 0.19	1.03 ± 0.20	0.60 ± 0.04	81.96 ± 1.7

2.2 模型解析

2.2.1 主因子效应分析 由于氮钾肥对产量和品质的回归方程, 已经过无量纲编码代换, 故直接比较各偏回归系数绝对值的大小, 可反映各因子的重要

程度。从回归模型的一次项可以看出, X_2 的偏回归系数(2855.2、5.80)均大于 X_1 的偏回归系数绝对值(1801.0、5.77), 说明钾肥对产量和品质的影响均大于氮肥。

2.2.2 单因子效应分析 将两个码值自变量中的一个固定在0水平,可以得到另一个自变量与目标函数的关系,即单因子效应方程。

由产量效应方程可得以下两个方程:

$Y_{11} = 31757.7 - 1801.0X_1 - 2980.6X_1^2$

$Y_{12} = 31757.7 + 2855.2X_2 - 5436.8X_2^2$

由品质效应方程可得以下两个方程:

$Y_{21} = 97.87 - 5.77X_1 - 12.46X_1^2$

$Y_{22} = 97.87 + 5.80X_2 - 14.14X_2^2$

其中 Y_{11} 、 Y_{12} 分别表示产量的氮、钾肥效应方程, Y_{21} 、 Y_{22} 分别表示品质的氮、钾肥效应方程。

将单因子效应方程绘制成图 1,可以看出在本

试验范围内,产量和品质先随着施肥量的增加而增加,达极大值后,开始随施肥量的增加而降低。其产量、品质评分和施肥量的极值分别为:

$Y_{11max} = 32029.8 \quad X_1 = -0.3021$

即施氮肥(N)261.75kg/hm²;

$Y_{12max} = 32132.6 \quad X_2 = 0.2626$

即施钾肥(K₂O)757.50 kg/hm²;

$Y_{21max} = 98.54 \quad X_1 = -0.2316$

即施氮肥(N)288.15 kg/hm²;

$Y_{22max} = 98.47 \quad X_2 = 0.2050$

即施钾肥(K₂O)723.00 kg/hm²;

下标 max 表示最高产量(Kg/hm²)和品质评分。

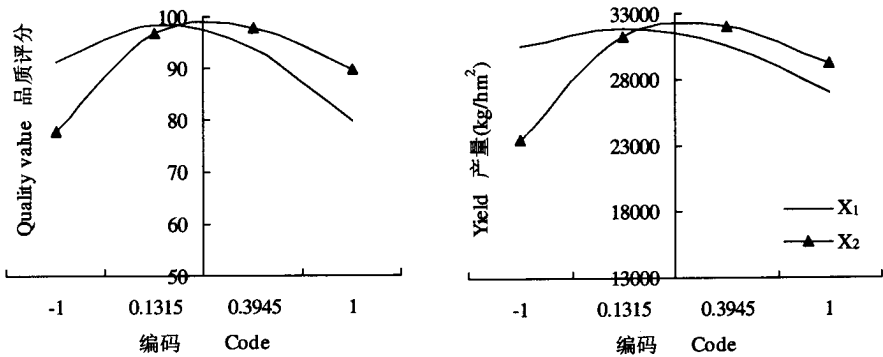


图 1 单因子效应分析
Fig. 1 Analysis of single factor effect

2.2.3 因子边际效应分析 对各单因子效应方程求自变量的导数即得该变量因子的边际效应方程:

$dy_1/dx_1 = -1801.0 - 5961.1x_1$ (1)

$dy_1/dx_2 = 2855.2 - 10873.6x_2$ (2)

$dy_2/dx_1 = -5.77 - 24.92x_1$ (3)

$dy_2/dx_2 = 5.80 - 28.27x_2$ (4)

其中方程(1)和(2)分别表示氮、钾对产量的边际效应方程;(3)和(4)分别表示氮、钾肥对品质评分的边际效应方程。

由边际效应方程可以看出,方程(2)的斜率绝对值大于方程(1)的斜率绝对值,说明钾肥的变化对产量影响较氮肥变化的影响大。同理方程(4)的斜率绝对值大于方程(3)的斜率绝对值,说明钾肥的变化对品质的影响也较氮肥大。

2.2.4 因子交互效应分析 本试验确定的回归模型存在互作项,且其偏回归系数显著,可知氮钾肥料的交互效应显著。说明在综合施肥条件下,产量的

提高不单纯是各因子单独效应的线性累加,还存在着配合效应,即因子交互效应。因子交互效应对芋头产量、品质的影响相同,在此仅以产量回归模型中氮肥(X_1)与钾肥(X_2)的配合效应说明肥料的互作效应。

将 X_1 、 X_2 取试验设计编码值时的产量(Y_1)列成表 3。可以看出,氮肥与钾肥的交互效应有一最优区域,即当 X_1 取 $-1 \sim 0.3945$, X_2 取 $-0.1315 \sim 0.3945$,产量在 29783~32352 kg/hm² 之间,超出这一范围,无论氮素或钾素,施用量增加还是减少,产量均表现下降。

2.3 利用模型进行决策

2.3.1 高产优化方案分析 利用计算机进行模拟试验,得出了本试验条件下,芋头产量超过 30000kg/hm² 的施肥方案。从表 4 看出,要使芋头获得 30000kg/hm² 以上的产量,2 种肥料用量均有一定施用范围,超出这一范围获得高产是不可能的。

表 3 X_1 和 X_2 对产量 Y 的交互效应值
Table 3 Analysis of nitrogen (X_1) and potassium (X_2) interaction effect

项目 Item		X ₂ 编码 Code				统计参数 Statistical parameters		
		- 1	- 0.1315	0.3945	1	平均值 x	标准差 s	CV
X ₁ 编码 Code	- 1.0000	19807.0	29782.7	31836.4	30475.7	27975.4	5512.0	0.197
	- 0.1315	23325.0	31430.7	32351.9	29687.4	29198.7	4068.7	0.139
	0.3945	23269.4	30242.5	30477.8	27023.7	27753.3	3379.2	0.122
	1.0000	21163.3	26832.7	26278.3	21915.3	24047.4	2921.1	0.121
统计参数 Statistical parameters	平均值 x	21891.2	29572.1	30236.1	27275.5			
	标准差 s	1715.5	1953.8	2754.4	3866.7			
	CV	0.078	0.066	0.091	0.142			

表 4 产量超过 30000kg/hm² 方案因素取值的频率分布
Table 4 Frequency distribution of factors for
yield over 30000kg/hm²

变量因子 Variable factors		X ₁ (nitrogen fertilizer)		X ₂ (potassium fertilizer)	
		次数 Count	频率 Freq.	次数 Count	频率 Freq.
因子水平 Level of Factors	- 1	2	0.3333	0	0.0000
	- 0.1315	2	0.3333	2	0.3333
	0.3945	2	0.3333	3	0.5000
	1	0	0.0000	1	0.1667
合计 Tot.		6	1	6	1
Xi(加权平均数) Weighted averages		- 0.246		0.320	
Sx(标准差) Standard deviation		0.630		0.421	
95% 置信区间 95% Confidence interval		- 0.907~0.415		- 0.122~0.762	
农艺方案(kg/hm ²) Agronomic scheme		34.50~531.00		526.80~1057.00	

本试验条件下,当 X_1 取 - 0.907~0.415, X_2 取 - 0.122~0.762, 亦即每施氮(N) 34.5~531.0 kg/hm²、钾(K₂O) 526.8~1057.2kg/hm² 时,才可望获得 30000kg/hm² 以上的产量。

2.3.2 最高产量和最佳品质施肥量 对产量和品质的效应方程进行边际分析,可得最高产量和最佳品质。本试验条件下的最高产量为 $Y = 32690$ kg/hm²,所对应的施肥量为: $X_1 = - 0.4543$ (N 204.60kg/hm²), $X_2 = 0.3662$ (K₂O 819.75kg/hm²)。

本试验条件下的最佳品质得分为 99.55,所对应的施肥量为: $X_1 = - 0.3044$ (N 260.85kg/hm²), $X_2 = 0.2758$ (K₂O 765.45kg/hm²)。

2.3.3 最佳经济效益施肥量 在实际生产中,不仅

要考虑产量和品质,还要考虑生产成本,即要综合考虑产投比,因此要计算最佳经济施肥量。计算过程中所涉及的肥料、芋头的价格以市场价计,分别为:芋头 1.6 元/千克,氮肥 3.5 元/千克,钾肥 4.0 元/千克。

经边际分析,得最佳经济效益施肥方案为: $X_1 = - 0.6316092$ (N138.15kg/hm²), $X_2 = 0.1306834$ (K₂O 678.45kg/hm²),最佳产量 $Y = 32192$ kg/hm²。此时利润(只计肥料成本)为 48308 元/hm²。

3 结论

氮钾肥对芋头产量和品质均有显著影响,且钾肥的影响大于氮肥,二者存在着显著的交互效应。在一种施肥量相对不变的条件下,氮(N)和钾(K₂O)施用量分别小于 261.75 和 757.50 kg/hm² 时,产量随施肥量的增加而提高,超过此用量,产量下降。最高产量的施肥方案为 N 204.6、K₂O 819.75 kg/hm²。在一种施肥量相对不变的条件下,施用量分别小于 N 288.15、K₂O 723.00kg/hm² 时,芋头品质也随施肥量的增加而增加,超过此用量则开始下降。最佳品质的施肥方案为 N 260.85、K₂O 765.45 kg/hm²。本试验条件下,芋头产量达到 30000 kg/hm² 以上的施肥量为 N 34.50~531.00 kg/hm², K₂O 526.80~1057.20 kg/hm²。

在实际生产中,要综合考虑生产成本与收益,对芋头产量进行最佳经济效益分析。通过模型计算,可得本试验条件下最优施肥方案为 N 138.15、K₂O 678.45 kg/hm²,此时产量达 32192 kg/hm²,肥料利润为 48308 元/hm²。

[上接第 170 页]

参 考 文 献:

- [1] 张谷曼,杨振华. 中国芋头的染色体数目研究[J]. 园艺学报, 1984,11(3): 186-189.
- [2] Lebot V, Aradhya K M. Isozyme variation in taro from Asia and Oceania[J]. Euphytica,1991, 56(1): 55-56.
- [3] 李雅臣. 芋头化学成分的研究[J]. 中草药, 1995, 26(10): 555.
- [4] 姜瑞敏. 芋头淀粉性能及化学组成的研究[J]. 莱阳农学院学报, 1998,15(2): 128-131.
- [5] 王维华,李 敏,宋博才. 不同栽培方式对芋头生长和产量的影响[J]. 莱阳农学院学报, 2001,18(1): 12-14.
- [6] 尹辉梓,黄贤才. 多子芋以母芋作种的实用性初探[J]. 中国蔬菜,1994(6): 36-37.
- [7] 许前欣,赵振达. 钾肥对蔬菜产量品质效应的研究[J]. 土壤肥料,1999(2): 23-25.
- [8] 蒋卫杰,郑光华. 氮钾互作对蔬菜生长发育的影响[J]. 中国蔬菜,1992(2): 46-50.
- [9] 徐坤. 磷钾肥配施对大棚番茄与品质的影响[A]. 中国科学技术协会首届青年学术年会论文集[C],北京: 中国科学技术出版社,1992. 348-352.
- [10] 孙克刚,杨占平,王恒宇. 西瓜目标产量优化施肥推荐及函数模型建立[J]. 干旱地区农业研究,1997(9): 42-47.
- [11] 茆诗松,丁元,周纪芄. 回归分析及其试验设计[M]. 上海: 华东师范大学出版社,1981.
- [12] 赵世杰,刘华山,董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社,1998.
- [13] 浙江农业大学. 农业化学分析[M]. 上海: 上海科技出版社,1987.
- [14] 文树基. 基础生物化学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社,1994.