

263-266

S 513.062

春玉米施肥数学模型的研究及应用^①

朱 裕 超

(江苏省启东市土肥站 启东 226200)

摘 要 采用二次通用旋转回归组合设计,建立了春玉米施肥数学模型。该模型不仅揭示了氮肥、磷肥和钾肥三因素的产量效应和相对效应,而且也可预测试验条件下的最高理论产量,并可获得高产春玉米的最佳施肥方案。实施最佳施肥方案,亩产达506.8公斤,比习惯施肥亩增产10.9%。

关键词 春玉米;最佳施肥;习惯施肥;数学模型

施肥, 玉米

玉米的一生不仅需要较多的氮磷钾肥,而且要求三者之间具有适宜的配合比例。由于启东市土壤普遍缺磷,氮钾含量中等^[1],氮磷钾比例很不协调,造成春玉米产量一直在350公斤/亩左右徘徊^①,且年际间产量波动较大。如何合理使用肥料,提高春玉米的单产,成为生产上迫切需要解决的问题。现根据田间试验所得的资料,采用二次通用旋转回归组合设计建立春玉米的施肥数学模型,初步揭示了三因素(氮磷钾)的产量效应和相对效应,为春玉米施肥的最优设计提供了理论依据。

1 试验设计与研究方法

试验采用三因素五水平二次通用旋转回归组合设计^[2],在其它措施相一致的情况下,研究氮肥(N)、磷肥(P₂O₅)和钾肥(K₂O)三个因素对春玉米产量的影响。据编码制订的试验方案列入表1。试验按三因素五水平完全实施的方法, $m_c = 8$, $m_r = 6$, $m_0 = 6$, $r = 1.682$, 设置21个处理(其中一个为无肥区),小区面积33.3m²。2米组合,纯作,供试品种为丹玉六号,密度为

4500株/亩。试验于1996年春在启东市民主乡小花墩村十二组进行。供试土壤为灰潮土亚类夹砂土;有机质含量为15.5g/kg,全氮(N)1.08g/kg,全磷(P)1.25g/kg,碱解氮(N)为107.9mg/kg,速效磷(P₂O₅)为4.6mg/kg,速效钾(K₂O)为102.3mg/kg。

表1 因素及水平编码表(kg/亩)

因素	变化 间距	因素设计水平				
		-1.682	-1	0	1	1.682
氮(N, X ₁)	2.5	10.8	12.5	15.0	17.5	19.2
磷(P ₂ O ₅ , X ₂)	1.0	2.3	3.0	4.0	5.0	5.7
钾(K ₂ O, X ₃)	1.0	1.3	2.0	3.0	4.0	4.7

肥料运筹:磷钾肥和氮肥的60%作基肥一次使用,40%的氮肥作为穗肥使用。

2 模型的建立与检验

2.1 产量结果

① 启东市农业局.一九九六年启东市玉米生产技术总结.1996.

试验小区产量全部实收风干后称重,折算成亩产量,结果列于表2。

2.2 产量函数模型

将田间试验所取得的数据,进行运算后得春玉米产量与各肥料因素间的回归模型:

$$Y = 499.90 + 25.07x_1 + 15.14x_2 + 1.13x_3 + 15.69x_1x_2 + 1.41x_1x_3 + 1.21x_2x_3 - 18.97x_1^2 - 11.34x_2^2 - 4.20x_3^2 \quad (1)$$

表2 试验结构矩阵与产量结果(kg/亩)

因素 处理	X_0	X_1	X_2	X_3	Y	因素 处理	X_0	X_1	X_2	X_3	Y
1	1	1	1	1	520.7	11	1	0	1.682	0	494.5
2	1	1	1	-1	513.6	12	1	0	-1.682	0	441.7
3	1	1	-1	1	456.9	13	1	0	0	1.682	491.3
4	1	1	-1	-1	455.7	14	1	0	0	-1.682	485.3
5	1	-1	1	1	443.7	15	1	0	0	0	503.3
6	1	-1	1	-1	443.3	16	1	0	0	0	496.2
7	1	-1	-1	1	443.7	17	1	0	0	0	480.8
8	1	-1	-1	-1	447.1	18	1	0	0	0	521.7
9	1	1.682	0	0	498.0	19	1	0	0	0	496.6
10	1	-1.682	0	0	395.0	20	1	0	0	0	503.6

对模型(1)统计量进行测验,得 $F_1 = 3.58 < F_{(0.05)}^{(5,5)} = 5.05$, $F_2 = 4.76^* > F_{(0.05)}^{(9,10)} = 3.02$,说明不存在失拟因素且二次回归模型达到显著水平,与实际情况拟合较好,方程有效。试验随机估计误差为 20.1800,复相关系数为 0.9004($r_{0.01} = 0.776$)。

对回归系数的检验结果表明, b_0 、 b_1 和 b_{11} 达 $F_{\alpha(0.01)}$ 极显著水平, b_2 达 $F_{\alpha(0.05)}$ 显著水平, b_{12} 和 b_{22} 达 $F_{\alpha(0.10)}$ 显著水平,余均不显著。说明氮、磷肥和氮磷肥互作效应显著。由于方程拟合好,因而对变量不作剔除,而直接用方程(1)进行优化分析。

3 模型的优化和解析

3.1 主要因素效应

模型(1)中常数项反映三要素施用量均在零水平(即亩施氮 15 公斤、磷 4.0 公斤和钾 3.0 公斤)条件下的玉米产量为 499.9 公斤/亩,比无肥区(CK)亩产量高 238.4 公斤/亩,增产 91.2%,表明施肥的增产效果是非常明显的。经无量纲线性编码代换后(b_i)大小可直接反映变量 X_i 对产量的影响程度。试验中各因素对产量影响的大小顺序是:一次项 $x_1 > x_2 > x_3$,说明三因素在不同程度上对产量均有影响。因此,生产上应重视氮磷钾肥的合理配合施用。

3.2 单因素效应

模型(1)中,任意固定二个因素在零水平,即可得到具体的子模型:

$$Y_1 = 499.90 + 25.07X_1 - 18.97X_1^2 \quad (2)$$

$$Y_2 = 499.90 + 15.14X_2 - 11.34X_2^2 \quad (3)$$

$$Y_3 = 499.90 + 1.13X_3 - 4.20X_3^2 \quad (4)$$

若令 $dy/dX_i = 0$ 则 $b_i + 2b_iX_i = 0$

于是可得出每个单因素编码值的极值点,分别为:

$x_1 = 0.66$ (相当于亩施氮 16.65 公斤)

$x_2 = 0.67$ ((相当于亩施磷 4.67 公斤)

$x_3 = 0.13$ (相当于亩施钾 3.13 公斤)

用同样方法可以得到各单因素在其他因素固定在零水平时与产量效应的子模型, 根据这些子模型进行分析得出:

(1) 磷肥和氮肥对产量影响较大。施磷量不同, 氮对产量的影响不同。施磷量低, 则产量在较低的水平下随氮量增加而增加; 施磷量高, 产量在较高的水平上随氮的用量增加而上升, 但当氮超过一定水平后, 产量随之呈下降趋势。这说明在增施大量磷肥的情况下, 必须注意配合氮肥的使用, 协调氮磷比例才能获得较好的增产效果。

(2) 钾肥对产量也有一定的影响。氮、磷肥用量低, 产量在较低水平下随钾肥用量增加而稍有增加; 氮磷肥用量高, 产量在较高水平上随钾肥用量增加而增加较快, 但超过一定的钾肥用量后, 产量稍有下降趋势。说明在氮磷肥用量较大的情况下, 一定要增加钾肥的投入量。

4 高产春玉米施肥的最佳方案

4.1 春玉米最佳施肥方案

根据模型(1)可求出最高产量的施肥方案^[3]。对方程(1)求一阶偏导数:

$$\text{令: } dy/dx_1 = 25.07 + 15.69x_2 + 1.41x_3 - 37.94x_1 = 0$$

$$dy/dx_2 = 15.14 + 15.69x_1 + 1.21x_3 - 22.68x_2 = 0$$

$$dy/dx_3 = 1.13 + 1.41x_1 + 1.21x_2 - 8.40x_3 = 0$$

得各因素编码值: $X_1 = 1.36$ $X_2 = 1.64$ $X_3 = 0.60$ 经换算后可得最高产量施肥方案决策组合为: 氮(N)肥 18.40 公斤/亩; 磷(P_2O_5)肥 5.64 公斤/亩, 钾(K_2O)肥 3.60 公斤/亩。此时最高产量为 529.7 公斤/亩。以上的最优解并不是生产意义上的最优解, 因为在生产实际中往往要考虑投入的经济效益和随机干扰。如果用产量频数分析, 可求得各肥料因子的有关解, 以代替上述的施肥方案, 更具有现实性。

表 3 春玉米亩产 ≥ 500 公斤的施肥方案频数分析表 (%)

变量	$X_1(N)$		$X_2(P_2O_5)$		$X_3(K_2O)$			
	次数	频率	次数	频率	次数	频率		
编码水平	-1.682	0	0	0	0	0	3	13.04
	-1	0	0	0	0	0	4	17.40
	0	2	8.70	2	8.70	6	26.08	
	1	12	52.17	11	47.83	6	26.08	
	1.682	9	39.13	10	43.47	4	17.40	
合计	23	100	23	100	23	100		
编码平均值(\bar{X})		1.18		1.21		0.16		
$S_{\bar{X}}$		0.10		0.11		0.24		
95%置信域		0.98-1.38		0.99-1.42		-0.32-0.64		
施肥量(kg/亩)		17.45-18.45		4.99-5.42		2.68-3.64		

模型(1)是在 $-1.682 \leq X_i \leq 1.682$ 约束区域内的非线性规划问题。经运算后可得本试验的 125 套组合方案。对其中大于或等于 500 公斤亩产的 23 套方案进行频数分析(表 3), 可以

