

应用回归设计寻求早稻最佳施肥方案*

王开元

(湖南省衡阳市农业科学研究所)

衡阳市的熟红黄泥水稻土含氮、磷元素较丰富,钾素相对缺乏:有机质为3.9%,全氮为0.20%,水解氮196ppm,全磷(P_2O_5)0.17%,速效磷(P_2O_5)25ppm,全钾(K_2O)1.18%,速效钾(K_2O)60ppm。在多年肥料试验的基础上,从1982年开始,应用回归设计寻求这种土壤的早稻施肥方案^[1],经过三年的试验研究,到1984年初步确定这种土壤早稻的最佳施肥方案为:纯氮每亩约16斤, P_2O_5 每亩约6斤, K_2O 每亩约20斤。这一施肥方案为经济合理施肥提供了依据。三年来的试验表明,采用二次正交旋转回归设计比较适合于土壤肥料研究试验。

一、材料和方法

1984年试验采用二次正交旋转回归设计,选取三个可控施肥因子为氮、磷、钾素的施用量,分别以 x_1, x_2, x_3 表示,试验因子及编码如表1。

供试土壤系熟红黄泥,供试水稻品种为湘矮早九号,蔸秧密度为 4×6 寸。

试验方法严格按照三因子五水平二次正交旋转回归设计,如表2。本试验安排23个试验小区。小区在田间的排列方式是,首先将23个试验号分成3个区组(1—8号为第一区组,9—14为第二区组,15—23为第三区组),并在3个区组中分别随机抽1/3的试验号组成3个试验区组(因第一区组仅8个试验号,所以组成的第三试验区组少一个试验号),又在每个试验区组中加一个不施肥小区,后然后将三个试验区组(试验区组内部按随机排列)分别布置于田间。

表1 试验因子及编码

水 平		-1.682	-1	0	1	1.682	
因 子	x_1 (N, 斤/亩)	基 肥	5.4	7.2	9.6	12	13.8
		分 廩 肥	1.8	2.4	3.2	4	4.6
		拔 节 肥	1.8	2.4	3.2	4	4.6
		小 计	9	12	16	20	23
子	x_2 (P_2O_5 , 斤/亩)	4.5	6	8	10	11.5	
	x_3 (K_2O , 斤/亩)	9	12	16	20	23	

二、结果与分析

试验小区面积为0.02亩。收割时先将小区四周的最外一行去掉,以减少外区对本区的影响,得实收面积为0.0154亩,实得产量折亩产列入表3。

将各小区产量进行回归分析,计算结果如表4。从表4列出回归方程如下:

$$y = 1019 + 3.578x_1 - 17.34x_2 + 16.18x_3 - 9.340x_1^2 - 8.290x_2^2 - 10.64x_3^2 \dots \dots (1)$$

从表4的产量回归分析可以看出:氮素施用量的二次项、磷素施用量及其二次项和钾素

*回归分析承蒙周庭波同志协助,刘桂兰同志参加试验工作,一并致谢!

表2

三个因子的正交旋转组合设计

试验号	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2
1	1	1	1	1	1	1	1	0.406	0.406	0.406
2	1	1	1	-1	1	-1	-1	0.406	0.406	0.406
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	0.406	0.406	0.406
4	1	1	-1	-1	-1	-1	1	0.406	0.406	0.406
5	1	-1	1	1	-1	-1	1	0.406	0.406	0.406
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	0.406	0.406	0.406
7	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0.406	0.406	0.406
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	0.406	0.406	0.406
9	1	1.682	0	0	0	0	0	2.234	-0.594	-0.594
10	1	-1.682	0	0	0	0	0	2.234	-0.594	-0.594
11	1	0	1.682	0	0	0	0	-0.594	2.234	-0.594
12	1	0	-1.682	0	0	0	0	-0.594	2.234	-0.594
13	1	0	0	1.682	0	0	0	-0.594	-0.594	2.234
14	1	0	0	-1.682	0	0	0	-0.594	-0.594	2.234
15	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
16	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
17	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
18	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
19	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
20	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
21	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
22	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594
23	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594

注：此表引自文献[1]第206页表6.6。

表3

试验小区稻谷产量

(单位：斤/亩)

小区号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
产量	1007	967	1036	990	1010	974	1040	990	994	957	938	1020
小区号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
产量	987	957	1010	1020	1010	1013	1043	977	1030	1033	1040	

表4

试验产量回归分析

	b_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	y
B	1019	3.578	-17.34	16.18	-0.8250	-2.980	-2.475	-9.340	-8.290	-10.64	
F		0.3014	7.081	6.164	9.387	1.225	0.0845	2.388	1.882	3.101	2.335
F'			8.987*	7.823*				3.033*	2.389*	3.935*	5.233*

注：① * $p < 0.05$

②表中B行为回归系数，其中 b_0 为常数项，F项为所有变量系数项F检验值，F'项为回归方程(1)系数项F检验值，y项为总的。

施用量及其二次项对稻谷产量的影响是显著的。

为探讨各施肥因子与稻谷产量的关系，可利用回归方程(1)求极值：令 x_2, x_3 都为0水

平时, 则回归方程为: $y = 1019 + 3.578x_1 - 9.340x_1^2 \dots \dots (2) \quad \frac{dy}{dx_1} = 3.578 - 2 \times 9.340x_1$

令 $\frac{dy}{dx_1} = 0 \quad x_1 = 0.1915$ 将 x_1 的值代入(2)式得: 极值 $y = 1019$ 即当 $x_1 =$

0.1915时, 极值 $y = 1019$ 同理, 先固定 x_1 和 x_3 均为 0 水平, 求得: 当 $x_2 = -1.049$ 时, 极值 $y = 1027$ 亦可先固定 x_1 和 x_2 均为 0 水平, 求得: 当 $x_3 = 0.7603$ 时, 极值 $y = 1020$

又对全部试验点进行数学模拟, 得到三个因子各水平上的最高产量, 如表 5。

由此可见, 利用回归方程求诸因子对产量的极值和数学模拟所得诸因子的最高产量是十分吻合的。同时与试验中 0 水平时的实际产量十分接近。由表 5 可看出熟红黄泥早稻最高产量的最佳施肥方案可确定为纯氮每亩 16 斤, P_2O_5 每亩 6 斤和 K_2O 每亩 20 斤。

表5 数学模拟诸因子各水平最高产量 (斤/亩)

水 平		-1.682	-1	0	1	1.682
因 子	$x_1(N)$	986	1006	1019	1013	998
	$x_2(P_2O_5)$	1024	1027	1019	993	966
	$x_3(K_2O)$	961	992	1019	1024	1015

三、讨 论

1. 作者应用回归设计进行土壤肥料研究试验是从1982年开始的。第一年是采用一次回归设计进行盆栽肥料试验^①, 初步提出熟红黄泥水稻土早稻施肥方案的大体范围: 纯氮每亩 21 ± 3 斤, P_2O_5 每亩 10 ± 3 斤, K_2O 每亩 $21 + 3$ 斤。1983 年采用二次正交旋转回归设计进行田间小区试验研究, 得到的施肥方案为: 纯氮每亩 16 斤, P_2O_5 每亩 14.4 斤, K_2O 每亩 19.2 斤。1984 年所得的方案如上所述, 三年的方案基本一致, 只是磷素在 1983 年偏高, 这是由于 1983 年供试土壤含磷量很低的缘故。1984 年设计各因子的水平对 1983 年方案进行调整, 使之设计更为合理。试验表明, 实际产量是以各因子均为 0 水平的产量较高(表 3)。因此 1984 年所得的施肥方案更为合理。

2. 熟红黄泥水稻土是由第四纪红色粘土发育成的红壤演变而来, 含磷、钾元素很低, 又由于在较长时间内施肥结构不合理, 氮肥和磷肥施用量较多, 钾肥很少施用, 特别是近年来种植杂交水稻, 对钾素的摄取量增大, 致使土壤钾素尤为缺乏。因此, 最佳施肥方案中钾素需要量最大是较为合理的。

3. 本文中所列出的施肥方案虽然将各施肥因子定为一个固定数值, 但实施过程中可根据土壤养分状况进行调整。

参 考 文 献

[1] 上海师范大学数学系概率统计教研组: 回归分析及其试验设计, 上海教育出版社, 1978。

① 王开元, 周庭波, 熟红黄泥盆栽肥料试验的回归正交设计及积分回归分析, 湖南土肥科技, 1984年第1期。