

磷肥对水稻的效应及其最佳用量

陶 胜 郭锦耀

(广西柳江县农业技术推广中心 柳江 545100)

摘 要

依据磷肥用量试验结果,采用一元二次效应曲线和两条直线的方法,研究了磷肥对水稻的效应,获得了两种最佳肥料用量。经田间试验验证,两条直线法计算的最佳施磷量应用效果优于一元二次效应曲线法。在当前的生产水平下,磷肥的用量以每亩 4kg 左右 P_2O_5 为宜。

关键词 水稻; 磷肥; 最佳用量

已有研究表明,广西柳州地区由石灰岩风化物发育而成的水稻土,施用氮、钾肥对水稻有极其显著的增产效果和经济效益^[1,2]。但对磷肥的反应则研究较少,以致在水稻生产中磷肥的施用仍处于经验或习惯阶段,阻碍了水稻生产潜力的进一步发挥,也影响了氮、钾肥的效应。因此,研究磷肥的合理施用是柳州地区水稻施肥中的一个重要课题。本文通过磷肥田间用量试验,采用一元二次与两条直线方程的方法,研究磷肥的增产效果及其最佳用量,作为合理施肥的依据。现将主要结果总结如下。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验在柳江县百朋和成团两个乡进行。供试土壤均为石灰岩风化物发育而成的水稻土,肥力水平中等。其基本性状列于表 1。

表 1 供试土壤的基本性状

地点	水稻基础产量 (kg / 亩)	有机质 (g / kg)	碱解氮 (N)	速效磷 (P ₂ O ₅)	速效钾 (K ₂ O)	pH
			mg / kg			
百朋乡	223	32.5	79.4	13.2	80.8	8.3
成团乡	218	31.2	75.3	11.8	78.6	8.4

1.2 试验设计

在亩施 N 9kg、 K_2O 5kg 的基础上,设 5 级施磷(P_2O_5)量,分别为 0、2、4、6、8kg/亩。小区面积 33.3m²,重复 4 次。早稻、晚稻品种均为高产耐肥的杂交稻。试验在早稻、晚稻上分别进行。试验设计相同。

1.3 施肥方法

氮肥、磷肥、钾肥分别采用尿素、钙镁磷肥和氯化钾。

35%的氮肥、60%的钾肥和全部磷肥作基肥。40%的氮肥、钾肥作分蘖肥，剩余的氮肥(25%)在幼穗分化—孕穗期追施。

2 结果和讨论

2.1 磷肥对水稻的增产效果

产量结果(表 2)表明，在氮、钾肥的基础上，施用磷肥可使早稻增产 37.0—107.8kg/亩，晚稻增产 29.3—86.3kg/亩。早、晚稻的增产效果相近，说明施用磷肥是水稻持续高产的重要措施之一。

表 2 磷肥的增产效果

地点	P ₂ O ₅ 用量 (kg/亩)	早 稻				晚 稻			
		产量	增 产	0.05 显	产量	增 产	0.05 显		
		(kg/亩)	(kg/亩)	(%)	著性*	(kg/亩)	(kg/亩)	(%)	著性*
百朋乡	0	352.6			a	326.9			a
	2	389.6	37.0	10.5	a	356.2	29.3	9.0	a
	4	409.0	56.4	16.0	ab	385.2	58.3	17.8	ab
	6	421.6	69.0	19.6	b	394.3	67.4	20.6	ab
	8	427.4	74.8	21.2	b	403.8	76.9	23.5	b
成团乡	0	330.2			a	324.9			a
	2	374.6	44.4	13.5	a	354.6	29.7	9.1	ab
	4	406.4	76.2	23.1	ab	385.9	61.0	18.8	b
	6	429.8	99.6	30.2	b	391.9	67.0	20.6	bc
	8	438.0	107.8	32.7	b	411.2	86.3	26.6	c

*新复全距法。

从表 2 还可以看出，水稻产量随施磷量的增加而提高，但用量超过 4kg/亩时，产量增加不显著。以百朋乡为例，每千克 P₂O₅ 增产稻谷由用量为 2kg 时的 18.5kg 降至用量为 8kg 时的 9.4kg(早稻)。晚稻由 14.6kg 降至 9.6kg。从经济效益看(表 3)也有相似的趋势，故生产上必须兼顾水稻产量和肥料投资的效益比(产投比)，确定适宜的用量。两地试验的施磷增产效果相比，成团乡肥料效益优于百朋乡，这可能与成团乡土壤中速效磷含量低于百朋乡有关(表 1)。

表 3 磷肥的经济效益*(早稻)

地点	稻谷增产 (kg/亩)	产值增收(A) (元/亩)	P ₂ O ₅ 用量 (kg/亩)	P ₂ O ₅ 投资(B) (元/亩)	A/B
百朋乡	37.0	68.5	2	6.7	10.2
	56.4	104.3	4	13.3	7.8
	69.0	127.7	6	20.0	6.4
	74.8	138.4	8	26.6	5.2
成团乡	44.4	82.1	2	6.7	12.3
	76.2	141.0	4	13.3	10.6
	99.6	184.3	6	20.0	9.2
	107.8	199.4	8	26.6	7.5

*. 市场价格(元/千克): P₂O₅ 3.33; 稻谷 1.85。

2.2 肥料效应方程的建立

根据百朋乡和成团乡两个试验的不同处理的平均产量和相应的施磷量, 分别建立早稻、晚稻上磷的一元二次效应曲线方程(表 4)。另外参考国内外一些研究者试用的两条直线法^[3], 对早稻、晚稻各建立两个直线方程: (1)水稻不施磷、最低施磷量(P_2O_5 , 2kg/亩)与水稻对应产量之间的直线方程; (2)水稻施磷(P_2O_5)量分别为 0、2、4、6、8kg/亩时与水稻对应产量之间的直线方程(表 4)。

据此, 可用方程来确定最佳施磷量并预测某一施磷量下的水稻产量。

表 4 磷肥对水稻产量的效应方程

季别	一元二次曲线方程	表征磷肥效应的两个直线方程
早稻	$Y = 354.6 + 18.9x + 1.24x^2$ $F = 228.1^{**}$	$Y_1 = 354.6 + 18.5x \quad r = 1.00$ $Y_2 = 380.4 + 6.3x \quad r = 0.97$
晚稻	$Y = 326.4 + 18.09x - 1.06x^2$ $F = 175.1^{**}$	$Y_1 = 326.4 + 14.65x \quad r = 1.00$ $Y_2 = 346.9 + 7.60x \quad r = 0.95$

** 达到 0.01 显著水平。

2.3 最佳施磷量的确定

当边际产量等于边际成本时(即利润率 $R = 0$), 单位面积的施肥利润达到最大。根据一元二次效应方程求 y 对 x 的偏导数, 即可获得最佳施肥量公式:

$$b_1 - 2b_2x = \frac{Pf}{Py}$$

式中 b_1 、 b_2 为方程系数, x 为施磷量。Pf、Py 分别代表磷肥(P_2O_5)及稻谷的单价(目前市场上 P_2O_5 的单价为 3.33 元/千克, 稻谷单价为 1.85 元/千克)。将效应方程系数及单价分别代入一元二次效应曲线方程, 即可求得最佳施磷(P_2O_5)量, 早稻为 6.9kg/亩, 晚稻为 7.7kg/亩。

两条直线法是用两条直线来表征产量效应曲线, 两条线的交点即为所求的肥料用量。也就是 $y_1 = y_2$ 时, 求解该方程所得的施磷量。用此法求得的最佳施磷(P_2O_5)量, 早稻为 2.1kg/亩, 晚稻为 2.9kg/亩。

由上可以看出, 同一试验结果用上述两种方法求得的最佳施磷量明显不同, 故在实际运用中还需进一步验证。

2.4 最佳施磷量的验证

为使试验结果在生产上发挥作用, 并指导柳州地区磷肥的合理施用, 我们用上述两种方法获得的施磷量再次进行田间试验, 并在此基础上进行大面积的示范推广, 所得结果表明(表 5), 一元二次效应曲线法的最佳施磷量比二条直线法的最佳施磷量, 产量虽有差异, 即早稻增产 16kg/亩, 晚稻增产 7kg/亩, 但统计未达显著水平, 说明多施的磷肥(4.8kg/亩)未能发挥应有的增产效果。我们另一个磷肥参数试验证明, 当 P_2O_5 每亩用量超过 4kg 时水稻产量无差异^①, 表明柳江地区磷肥(P_2O_5)用量应在 4kg/亩左右。

①朱泽亮、陶胜等, 计算机施肥中的磷肥参数试验, 1985, 未刊资料。

除产量效应外,施肥获得的产值(即经济效益)高低也应加以考虑,为此,还用每千克 P_2O_5 获得的产值进行了比较。两条直线法确定的最佳施磷量其早稻产值为 41.5 元,晚稻产值为 41.0 元,而一元二次曲线法的最佳施磷量早、晚稻产值低至 18.7 元,16.8 元(表 5),两条直线法的明显高于一元二次曲线法的(早稻增收 22.8 元,晚稻增收 24.2 元)。由于施肥量的差异,导致对水稻产量、产值的影响符合肥料效应曲线的一般规律。因此,在实际施肥时应考虑磷量、水稻产量和产值三者的关系,选择适宜的施肥量,以充分发挥磷肥的增产效果和经济效益。

表 5 两种最佳施磷量对水稻产量的影响

季 别	方 法	施磷量	实际产量	理论产量	吻合度 (%)	显著性*		产值 (元/千克 P_2O_5)
			(kg/亩)			0.05	0.01	
早 稻	一元二次曲线法	6.9	408	427	95.7	a	A	18.7
	两条直线法	2.1	392	395	99.4	a	A	41.5
	对照	0.0	341			b	B	
晚 稻	一元二次曲线法	7.7	390	403	96.9	a	A	16.8
	两条直线法	2.9	383	369	96.3	a	A	41.0
	对照	0.0	321			b	B	

*新复全距法。

根据试验结果与当前磷肥供应状况及生产水产,我们认为,在柳江县由石灰岩风化物发育的水稻土上,以每亩施用 4 千克左右 P_2O_5 为宜。此施磷量经在全县大面积推广,均获得良好的增产效果与经济效益,在柳州地区也有广泛的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 朱泽亮、陶胜,钾肥和稻草对水稻生长及产量的影响。土壤,1992,24(6):310-311.
- [2] 韦洁诚、朱泽亮等,石灰性水稻土的施肥模式及应用。土壤,1994,26(6):326-328.
- [3] 鲁如坤、吕美林等,在确定肥料用量中应用二次方程的局限性。土壤,1995,17(2):97.