

氮磷钾肥的配比及用量对水稻的影响*

胡启灿 叶永秦 乐开富

黄兆强

(福建省三明市农科所)

(福建省三明市农牧渔业局)

实践证明,施用化肥是提高农作物产量的重要措施之一。随着化肥施用量的增加,其肥效不断下降。就水稻而言,如果没有适宜的氮、磷、钾配比,就易造成水稻营养失调,这是导致目前化肥增产效益下降的重要因素。为此,从1983年开始,我们在三明市11个县(区)内,布置了水稻施用氮、磷、钾肥的配比和用量等试验研究。

一、试验设计

(一)供试土壤 选三明市具代表性的稻田土壤进行布点,试验前取耕层(0—15cm)土壤分表1 土壤基本农化性状

土壤名称	pH	有机质 (gkg ⁻¹)	全氮 (gkg ⁻¹)	全磷 (gkg ⁻¹)	全钾 (gkg ⁻¹)	水解性氮 (μgg ⁻¹)	有效磷 (μgg ⁻¹)	有效钾 (μgg ⁻¹)	备注
灰泥田 (n=9)	5.2 (4.9~ 5.6)	28.3 (16.8~ 33.7)	1.8 (1.4~2.1)	0.9 (0.5~ 1.9)	21.7 (14.2~ 29.3)	114.6 (44.0~ 173.3)	18.1 (7.8~ 25.6)	82.0 (34.2~ 154.2)	
灰沙田 (n=8)	5.0 (5.4~ 5.6)	23.0 (20.8~ 24.8)	1.4 (1.0~1.8)	0.7 (0.3~ 2.0)	19.1 (9.6~ 30.0)	137.6 (89.0~ 168.7)	17.3 (4.8~ 30.5)	83.6 (32.9~ 135.5)	
黄底灰泥田 (n=2)	5.5 (5.3~ 5.7)	26.4 (24.7~ 28.2)	1.9 (1.4~2.3)	0.5 (0.4~ 0.5)	22.3 (19.8~ 25.0)	126.1 (98.3~ 154.0)	16.3 (14.0~ 18.5)	56.7 (43.0~ 70.5)	
沙田质 (n=3)	5.4 (5.3~ 5.4)	28.0 (16.3~ 33.9)	1.7 (0.9~2.0)	0.4 (0.3~ 0.6)	15.1 (8.3~ 11.2)	100.6 (87.5~ 115.3)	7.9 (3.8~ 13.2)	75.7 (46.0~ 106.6)	
红壤沙质土 (n=2)	5.5	30.9	2.0	0.6	1.2	135.3	4.8	35.7	同地点
黄泥田 (n=1)	5.1	32.4	1.8	0.5	6.1	136.5	1.0	31.9	
白底田 (n=2)	4.5	38.0	2.1	0.3	26.2	175.0	3.5	25.7	同地点

别进行理化分析(测定方法参见《土壤农业化学常规分析方法》一书)。土壤基本性质列于表1。

本试验氮肥施用水平:6—10kgN/亩;早稻平均8.3kgN/亩,晚稻8.5kgN/亩。各试验点根据当地的施肥水平酌情确定,栽培管理措施同大田。

(二)氮磷钾肥配比和磷肥用量试验 采用全国“化肥试验网设计方案(表2),其中(4)、(5)、(6)、(7)4个处理在反映配比的同时反映磷肥的用量、试验分早、晚两季水稻(早稻10个点、晚稻6个点)共16个试验点进行;小区面积0.02—0.03亩;3次重复;随机排列。

(三)钾肥用量试验 氮、磷相同(1:0.5),以亩施0、3、6、9、12 kg K₂O共5个处理,分

*参加本试验研究的还有市农牧渔业局土肥站、各县土肥站的有关同志,特此致谢。

表2 氮、磷、钾化肥配比试验方案

处理号	氮 (N)	磷 (P ₂ O ₅)	钾 (K ₂ O)
1	0	0	0
2	0	0.5	0.5
3	1	0.5	0
4	1	0	0.5
5	1	0.5	0.5
6	1	0.3	0.5
7	1	1	0.5
8	1	0.5	1

早、晚两季水稻(早稻 8 个点,晚稻 2 个点)共10个试验点进行。

(四)钾肥施用期试验 以亩施 4.5kg K₂O 分: 1. 对照(氮、磷1:0.5); 2. 钾肥全部作秧田基肥; 3. 全部作大田基肥; 4. 秧田与大田基肥各半; 5. 大田第一次追肥与水稻破口期追施各半; 6. 大田基肥与第一次追肥各半。分早晚两季水稻(早稻 3 个点、晚稻 1 个点)4 个试验点进行。

表3 早稻氮、磷、钾肥配比产量结果

处理号 (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O)	产量 (kg/亩)	差异显著性	
		5%	1%
8	388.0	a	A
(1:0.5:1)			
5	372.5	ab	A
(1:0.5:0.5)			
6	364.3	bc	AB
(1:0.3:0.5)			
7	362.5	bc	AB
(1:0:0.5)			
4	361.6	bc	AB
(1:0:0.5)			
3	342.7	c	B
(1:0.5:0)			
2	297.6	d	C
(0:0.5:0.5)			
1	271.0	e	D
(0:0:0)			

n = 10, SE = 206

表4 晚稻氮、磷、钾肥配比产量结果

处理号 (N:P ₂ O ₅ :KP)	产量 (kg/亩)	差异显著性	
		5%	1%
8	493.4	a	A
(1:0.5:1)			
4	467.9	a	AB
(1:0:0.5)			
5	465.7	a	AB
(1:0.5:0.5)			
7	464.1	a	AB
(1:1:0.5)			
6	462.7	a	AB
(1:0.3:0.5)			
3	420.2	b	B
(1:0.5:0)			
2	366.0	c	C
(0:0.5:0.5)			
1	327.4	d	C
(0:0:0)			

n = 6 SE = 12.27

二、结果分析

(一)早稻氮磷钾化肥配比试验 化肥配比施用稻谷产量最高的是 1:0.5:1, 平均亩产 388.0kg, 比对照增产 43.2% (表 3); 其次是 1:0.5:0.5, 亩产 372.5kg, 比对照增产 37.5%; 两处理差异不显著。说明这两种配比对早稻都是适用的, 若从经济效益出发, 则以 1:0.5:0.5 为宜; 化肥在早稻上的施用效应为 37.5—43.2%, 土壤自身生产力为 56.8~62.5%。

从表 3 中 2、3、4、5, 4 个处理比较分析表明, 氮、钾 4 比氮、磷 3 亩增稻谷 18.9kg, 增产 5.5%, 差异不显著; 氮、磷 3 比磷、钾 2 亩增稻谷 45.1kg, 增产 15.2%, 差异极显著; 氮、磷、钾 5 比磷、钾 2 亩增稻谷 74.9kg, 增产 25.2%, 差异极显著。说明在早稻上氮素是主要营养元素氮磷、钾三者的效应关系是: 氮 > 钾 > 磷。

(二)晚稻氮磷钾化肥配比试验 化肥配比施用稻谷产量最高的是 1:0.5:1, 平均亩产 493.4kg, 比对照增产 50.7%; 其次是 1:0:0.5, 亩产 467.9kg, 比对照增产 42.9%; 再次是 1:0.5:0.5, 亩产 465.7kg, 增产 42.2%; 处理 8、4、5、7、6 之间产量差产不显著。反映了: (1)磷肥在晚稻上的施用效应很低, 施与不施产量差异不显著; (2)施钾系数 0.1 与施钾 1.0 产量差异不显著; (3)氮、磷、钾化肥在晚稻上的适宜配比为 1:0:0.5。化肥在

晚稻5上的施用效应为41.3~50.7%；土壤自身生产力49.3~58.7%。

从表4中2、3、4、5、8、5个处理比较分析表明，氮、钾4比氮、磷3亩增稻谷47.7kg，增产11.4%，达显著水平；当氮、磷比例(1:0.5)相同的情况下，施钾5比不施钾3亩增稻谷45.5kg，增产10.8%，达显著水平；若钾肥用量提高1倍，与不施钾相比，亩增稻谷73.2kg，增产17.4%，达极显著水平。当磷、钾比例(0.5:0.5)相同的情况下，施氮比不施氮亩增稻谷99.7kg，增产27.2%，达极显著水平。说明氮素在晚稻上仍是主要营养元素。钾肥施在晚稻上比在早稻上的效果更显著，而磷肥的效应比在早稻上更低。晚稻氮、磷、钾三者的效应关系，仍然是：氮>钾>磷。

表5 早稻氮、磷、钾公斤肥产谷情况

(谷kg/kg肥)

土壤名称	氮 (N)	磷 (P ₂ O ₅)	钾 (K ₂ O)	试验地点
灰泥田	10.0	2.0	2.0	宁化横锁
灰泥田	5.5	-3.2	0.7	永安县农科所
灰泥田	17.5	-3.3	2.7	清流嵩口
灰泥田	3.3	1.3	8.3	大田县农科所
灰沙田	5.1	7.4	11.8	宁化淮土
灰沙田	13.3	-0.7	12.5	建宁县农科所
灰沙田	4.5	-1.5	2.5	宁化济村
白底田	15.4	6.2	15.5	太宁上青
沙质田	6.7	4.4	0	宁化方田
红壤沙质土	7.6	16.5	16.1	清流新垦农场
平均	8.9	2.9	7.2	

表现出很大的差异(表5)。如灰泥田，平均每kgN产稻谷9.1kg，变幅3.3~17.5kg；每kgP₂O₅产稻谷-0.8kg，变幅-3.3~2.0kg；每kgK₂O产稻谷3.4kg，变幅0.78~8.3kg。公斤肥产稻谷百分比率，氮肥占77.8%、磷肥占-6.8%，钾肥占29.0%，三者的比例为1:0:

0.37。

表6 晚稻氮、磷、钾公斤肥产谷情况*

(谷kg/kg肥)

土壤名称	氮 (N)	磷 P ₂ O ₅	钾 (K ₂ O)	试验地点
黄底灰泥田	11.0	-2.3	2.0	大田县农科所
灰沙田	8.3	-1.4	2.8	宁化济村
红壤沙质土	18.3	1.9	35.8	清流新垦农场
沙质田	5.7	-9.3	2.2	太宁县农科所
白底田	17.7	1.3	19.3	太宁上青
黄泥田	9.7	5.7	8.1	大田武陵
平均	11.8	-0.7	11.7	

注：N=产量[(1:0.5:0.5)-(0:0.5:0.5)]/系数1的N用量。

P₂O₅=产量[(1:0.5:0.5)-(1:0:0.5)]/系数0.5的P₂O₅用量。

R₂O=产量[(1:0.5:0.5)-(1:0.5:0.5)]/系数0.5的K₂O用量。

(五)磷肥用量试验 回归分析(表7)表明：(1)在白底田上的早、晚稻施用磷肥均有增产效果，其经济有效施用量为亩施P₂O₅2.5kg和1.5kg，依方程计算(下同)相应稻谷增产率为7.6%和2.9%。(2)在红壤沙质土上的早稻和黄泥田上的单晚施磷同样有增产效果，其经济

(三)早稻施用氮磷钾化肥的千克肥产谷

情况 平均(下同)每kgN产稻谷8.9kg，变幅3.3~17.5kg；每kgP₂O₅产稻谷2.9kg，变幅-3.3~16.5kg；每kgK₂O产稻谷7.2kg，变幅0~16.1kg。氮、磷、钾三者的公斤肥产稻谷百分比率，氮肥占46.8%，磷肥占15.3%，钾肥占37.9%，三者的比例为1:0.33:0.81。按化肥在早稻上的施用效应37.5~43.2%对氮、磷、钾进行分解，则氮肥在早稻上的效应为17.6~20.2%，磷肥为5.76.6%，钾肥为14.2~16.4%。但是，不同土壤类型或相同土壤类型不同试验地点，都

(四)晚稻施用氮、磷、钾肥的千克肥产

稻谷情况 平均每kgN产稻谷11.8kg，变幅5.7~18.3kg；每kgP₂O₅产稻谷-0.7kg，变幅-9.3~5.7kg；每kgK₂O产稻谷11.7kg，变幅2.0~35.8kg。氮、磷、钾三者的千克肥产稻谷百分比率，氮肥占51.7%磷肥占-3.0%、钾肥占51.3%；三者的比例为1:0:0.99。按化肥在晚稻上的施用效应41.3~50.7%对氮、磷、钾进行分解，则氮肥在晚稻上的效应为21.3~26.2%，磷肥效应为-1.2~1.5%，钾肥效应为21.2~26.0%。但不同的土壤类型和试验地点，结果依然表现不一。

表7

磷肥用量与稻谷增产率的关系

土壤名称 (试验地点)	一元二次回归方程	最大施磷量 (P_2O_5 kg/亩)	最佳施磷量 (P_2O_5 kg/亩)	对照产量 (kg/亩)
白底田 (太宁上青)	$Y = 4.66x - 0.46 - 0.57x^2$ ($N = 4, Syx = 1.556, r = 0.991$)	4.1	2.5	早稻 (312.2)
红壤沙质土 (清流新垦农场)	$Y = 9.83x - 0.41 - 1.36x^2$ ($N = 4, Syx = 1.397, r = 0.988$)	3.6	2.8	早稻 (273.8)
灰沙田 (宁化淮土)	$Y = 0.52 + 3.49x - 0.37x^2$ ($N = 4, Syx = 1.764, r = 0.923$)	4.7	2.9	早稻 (423.5)
总方程 ($n = 20$)	$Y = 0.08 - 0.18x - 0.14x^2$ ($N = 40, Syx = 5.760, r = 0.243$)	4.2		早稻 (367.6)
白底田 (太宁上青)	$Y = 0.35 + 2.19x - 0.34x^2$ ($N = 4, Syx = 1.178, r = 0.991$)	3.2	1.5	晚稻 (393.3)
黄泥田 (大田武陵)	$Y = 0.23 + 1.52x - 0.05x^2$ ($N = 4, Syx = 0.776, r = 0.990$)	15.2	5.3	单晚 (476.1)
总方程 ($n = 6$)	$Y = 0.05x^2 + 0.41x - 0.31$ ($N = 24, Syx = 6.343, r = 0.091$)			晚稻 (467.9)

注：①最大增产率施肥量 = $-\frac{b}{2c}$ ；最佳经济效益增产率施肥量 $\frac{b-f}{-2c}$ ， $f = \text{kg 肥价格} \cdot 100/\text{kg 谷 价格} \cdot \text{对照产量}$ 。

②早稻谷每百公斤(收购价)52.00元；晚稻谷每百公斤64.00元。过磷酸钙(含 P_2O_5 12%)每百公斤36.00元。

有效施用量为亩施 P_2O_5 2.9kg和5.3kg，相应稻谷增产率16.4%和6.9%。(3)处于宁化县淮土乡的灰沙田早稻施用磷肥也有明显的增产效果，其经济有效施用量为亩施 P_2O_5 2.9kg，增产稻谷7.5%。(4)从早、晚稻两个总方程看，早稻施磷有增产，但没有经济效益；晚稻施磷减产。上述施用磷肥使稻谷增产的土壤其有效磷含量都在中低水平；可见，对磷肥的施用不仅要考虑氮、磷、钾三者的配化和施磷的经济效益，更重要的是参照土壤的有效磷含量酌情施用，使之营养处于平衡。至于早稻施磷增产，晚稻施磷反而减产，是否与早春土温、气温较低影响了土壤有效磷的释放或水稻自身的吸收利用等有关，将有待进一步研究。

(六)钾肥用量试验 回归分析(表8)表明：(1)在灰泥田、灰沙田、黄底灰泥田、沙质田上的早稻分别亩施 K_2O 4.3、6.1、7.9、8.3kg有最佳的经济效益，其相应的稻谷增产率为7.2、14.5、35.6、13.7%。(2)在灰泥田上的晚稻亩施用 K_2O 5.2kg同样有最佳的经济效益，相

表8

钾肥用量与稻谷增产率的关系

土壤名称 (试验地点)	一元二次回归方程	最大施钾 (K_2O kg/亩)	最佳施钾 (K_2O kg/亩)	备注 (对照产量)
灰泥田 ($n = 3$)	$Y = 2.51x - 0.44 - 0.17x^2$ ($N = 14, Syxr = 4.269, r = 0.651$)	7.4	4.3	早稻 (273.5)
灰沙田 ($n = 3$)	$Y = 0.10 + 3.76x - 0.23x^2$ ($N = 12, Syx = 11.648, r = 0.496$)	8.2	6.1	早稻 (301.9)
黄底灰泥田 (太宁开善)	$Y = 3.35 + 7.17x - 0.39x^2$ ($N = 5, Syx = 17.695, r = 0.937$)	9.2	7.9	早稻 (272.5)
沙质田 (尤溪坂面)	$Y = 2.40x - 0.16 - 0.10x^2$ ($N = 4, Syx = 1.138, r = 0.990$)	12.0	8.3	早稻 (387.0)
灰泥田 ($n = 2$)	$Y = 0.91 + 3.67x - 0.10x^2$ ($N = 29, Syx = 6.427, r = 0.584$)	6.6	5.2	晚稻 (313.2)

注：①氯化钾(含 K_2O 80%)每百公斤90.00元。②早稻灰泥田为宁化横锁和尤溪，清流县农科所3个点的总方程。灰沙田为尤溪溪尾，大田文江和清流嵩溪2个点的总方程。③晚稻灰泥田为宁化安乐和清流县农科所2个点的总方程。

应稻谷增产率12.4%。

(七)钾肥施用期试验 试验表明(表9),早、晚稻在灰泥田上,钾肥全部作大田基肥施用产量最高,亩产398.6kg和579kg,分别比对照增产10.4%和19.5%。在灰沙田上,早稻钾肥分大田基肥与第一次追肥各半施用的产量最高,亩产267.6kg,比对照增产32.0%。可见,钾肥宜早施、集中施,即应根据土壤保水保肥性能酌情分次或集中施用效果最好。

表9 钾肥施用期对水稻产量影响* (kg/亩)

土壤名称	处 理						备 注
	1	2	3	4	5	6	
灰泥田	316.2	386.0	398.6	392.1	399.8		早稻
灰沙田	202.7		240.6		263.9	267.6	早稻
灰泥田	485.1	501.0	579.6	554.0	522.6		晚稻

* 早稻灰泥田为宁化横锁和将乐土肥站2个点的试验结果。

《红壤生态系统研究》出版

《红壤生态系统研究》是中国科学院红壤生态实验站的学术研究论文集,不定期出版,现已出版两集。旨在反映我国红壤生态研究成果,供国内外学术交流,对综合治理和合理开发利用红壤资源,发展农业生产有一定参考价值。

第一集,1992年4月出版。有论文37篇,主要论述了红壤区农业综合发展战略研究;红壤生态实验站和附近地区环境背景值研究,以及生物物质循环和各种人工化生态模式的研究成果。

第二集,于1993年4月出版,有论文51篇,论述了红壤资源潜力与持续利用方向;生态系统结构、功能与调控,以及红壤侵蚀退化与劣地恢复等问题。

文集可供从事生态学、地学、环境科学、林学及农学的研究、教学与生产人员参考。若有需要者请与江西省余江县刘家站中国科学院红壤生态站(邮编335211)张根才联系。第一集每本16.00元;第二集每本18.00元(邮费在内)。