

# 广西桂林市全州县测土配方施肥水稻“3414” 肥料效应田间试验结果分析

秦荣昆

(广西省桂林市全州县农业局, 广西 全州 541500)

**摘要:**在广西桂林市全州县中等肥力土壤上的5年试验结果表明:水稻栽培增施N、P、K三要素肥料均具有增产效果,增产增幅 $N>K>P$ ;全州县水稻栽培推荐的最大施肥量分别为 $N 12.7 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ ,  $P 4.0 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ ,  $K 9.5 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ ;最佳施肥量分别为 $N 11.7 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ ,  $P 3.5 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ ,  $K 7.5 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ 。本研究结果为全州县测土配方施肥成果应用提供了依据。

**关键词:**测土配方施肥;水稻;“3414”试验;肥料效应

中图分类号:S147.21

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2013)06-0064-04

## Field Test Results Analysis of the Effects of Formulated Fertilization on Rice in Quanzhou, Guilin City, Guangxi Province, China

QIN Rong-kun

(Quanzhou Agricultural Bureau, Quanzhou 541500, China)

**Abstract:** The five years experimental results of formulated fertilization in Quanzhou, Guilin City, Guangxi province showed that increasing fertilization of N, P, K for rice cultivation could increase production. The effect of increasing production was  $N>K>P$ . In Quanzhou County recommended max fertilizing quantity of N, P, K for rice cultivation was  $N 12.7 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ ,  $P 4.0 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ ,  $K 9.5 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$  and the optimum fertilizing quantity of N, P, K was  $N 11.7 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ ,  $P 3.5 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ ,  $K 7.5 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ . This research provided the basis for application of formulated fertilization in Quanzhou County.

**Keywords:** formulated fertilization; rice; “3414” test; fertilizer effect

2008—2012年,广西省桂林市全州县承担了农业部测土配方施肥重点工程项目,按照农业部“测土配方施肥项目的技术规范”<sup>[1]</sup>和“广西壮族自治区‘3414’肥效田间试验总体方案”要求,连续5年在水稻田中进行了N、P、K 3因素4水平14个处理(简称“3414”)肥料效应试验研究,探讨了全州县水稻需肥规律,建立了水稻不同施肥分区肥料效应模型,为配方设计、施肥建议卡制定及施肥指标体系建立,提供了科学依据,

## 1 材料和方法

### 1.1 供试土壤与品种

试验选择在全州县范围不同乡镇、不同土壤类型

与不同水稻品种进行,试验田选择肥力均匀一致、排灌方便的田块,试验前对试验田取耕层混合样进行土壤常规5项分析化验,肥力中等,试验田基本情况见表1。

### 1.2 试验设计处理

试验采用自治区测土办“3414”肥料效应完全试验方案,试验设计是3因素4水平14个处理,3次重复,计42个小区,随机区组排列,外围设立保护行。处理设计中,“N”指纯N,“P”指 $P_2O_5$ ,“K”指 $K_2O$ ,0水平指不施肥,2水平为当地推荐的适量水平施肥量,1水平(指施肥不足)=2水平 $\times 0.5$ ,3水平(指过量施肥)=2水平 $\times 1.5$ 。本试验设计适量水平以试验田常年产量 $400 \sim 450 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ 。推荐当地适量水平施肥量 $N_{10}P_4K_8(\text{kg})$ 而计算出实施中各处理配比,试验设计各处理见表2。

### 1.3 供试肥料

N肥用尿素(含N46%),P肥用普钙(含 $P_2O_5$ 16%);

收稿日期:2013-05-30

基金项目:农业部2008年测土配方施肥补贴项目(农办财[2008]54号)

作者简介:秦荣昆(1965—),男,农艺师,从事土壤肥料推广工作。

E-mail:qrk4814951@163.com

表1 试验田块基本情况

年份	试验地点	供试土种	土壤基础养分					供试品种	糙别
			有机质/g·kg <sup>-1</sup>	全N/g·kg <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /mg·kg <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O/mg·kg <sup>-1</sup>	pH 值		
2008	绍水五里塘	潯育黄泥田	33.8	1.961	9.6	98.2	5.7	金优 191	早稻
	龙水安陂	潯育潮沙泥田	33.7	1.887	14.2	53.1	5.9	金优 299	晚稻
2009	龙水百福	石灰性泥肉田	32.7	1.831	25.3	99.9	5.8	淦鑫 206	早稻
	才湾大塘屋	潯育沙泥田	35.0	2.032	13.9	85.5	5.9	T98 优 207	晚稻
2010	永岁石岗	潯育潮沙泥田	32.7	1.831	12.7	72.0	5.9	T 优 463	早稻
	永岁桐福	潯育沙泥田	33.2	1.826	14.3	77.0	5.8	T98 优 207	晚稻
2011	龙水桥渡	潯育潮沙泥田	31.8	1.876	10.2	55.0	5.8	淦鑫 202	早稻
	石塘蒋家岭	潯育棕泥田	26.8	1.554	12.1	69.0	6.4	T 优 563	晚稻
2012	文桥栗水	潯育潮沙泥田	23.6	1.369	16.8	98.3	6.2	陆两优 28	早稻
	庙头宜湘河	潯育潮沙泥田	29.9	1.674	17.3	83.2	6.1	青优 119	晚稻

表2 试验设计处理表

处理编号	处理内容 (因素组合)	因素对应水平			处理配 比/kg
		N	P	K	
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0	0	0	CK
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0	2	2	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
3	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1	2	2	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	2	0	2	N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
5	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	2	1	2	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2	2	2	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
7	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	2	3	2	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>
8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	2	2	0	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub>
9	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	2	2	1	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>
10	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	2	2	3	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>
11	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	3	2	2	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
12	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	1	1	2	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>
13	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	1	2	1	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>
14	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2	1	1	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>

K 肥用氯化钾(含 K<sub>2</sub>O 60%),施肥方式撒施。各处理施肥中,P 肥全部作基肥;K 肥 50%作基肥,50%作分蘖肥;N 肥采用“前七后三”施肥法,基肥 30%,分蘖肥 40%,幼穗肥(幼穗分化初期)20%,粒肥(齐穗期)10%。各处理小区肥料实际施用量按小区面积计算,保护行在稍低于 2 水平[N<sub>10</sub>P<sub>4</sub>K<sub>8</sub>(kg)]施肥量进行

施肥。基肥在插秧前整地时全层深施,追肥结合浅水耘田撒施而使土肥相融,防止肥分损失,试验各处理小区不施用有机肥。

#### 1.4 田间规划、栽培措施及其他

小区面积 20 m<sup>2</sup>,长 5 m×宽 4 m;小区田埂高 20 cm,宽 20 cm,设置 2 条排灌沟,排灌沟宽 50 cm,深 30 cm。试验田块筑实筑高小区间的隔离田埂,田埂包覆厚塑料膜,保证小区田埂在整个试验期间确实起到水、肥阻隔,肥水互不漫串、渗透作用。各小区的灌水、排水统一通过专用排灌沟进行,确保各处理小区单灌、单排;栽培规格:株行距 16.7 cm×23.4 cm,每小区 17 行,每行 30 株(1.70 万株·666.7m<sup>-2</sup>),每株 3~4 苗;栽培措施如中耕除草、杀虫防病、排水、露晒田等均在一致条件下进行。早稻试验于 4 月底—5 月 5 日前插秧,7 月 15 日—25 日收割;晚稻于 7 月 20 日—7 月 31 日前插秧,10 月 21 日—30 日收割。每个小区单打、单晒称重计产,收割前,对不同处理进行植株室内经济性状考察。

## 2 结果与分析

### 2.1 产量结果

5 年试验产量综合平均结果见表 3。从表 3 得知:各施肥小区比对照区分别有不同的增产效果,说明增

表3 产量结果统计(kg·666.7 m<sup>-2</sup>)

项目	处理号 (重复编号)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>
籽粒产量	1	318.3	336.7	493	538.4	570	555	571.7	476.7	513.4	558.3	586.7	480	471.7	533.4
	2	288.3	299.7	446	544.4	549.7	542	544.4	466.4	559.7	546	545.4	465	446	527.7
	3	290	308.3	455	523.4	536.7	550	528.4	493.4	521.7	541.7	558.4	417	411.7	515
	平均	298.9	314.9	465	535.4	552.1	549	548.2	478.8	531.6	548.7	563.5	454	443.1	525.4

施肥料增产效果明显。从 2、3、6、11(不同 N 水平,P、K 适量)处理得知: $N_1-N_0$  增产 47.63%, $N_3-N_2$  增产 2.64%,说明适量增施 N 肥增产效果明显,N 肥超量时增产效果不显著;从 4、5、6、7(不同 P 水平,N、K 适量)处理得知: $P_1-P_0$  增产 3.12%;从 6、8、9、10(不同 K 水平,P、K 适量)处理得知, $K_1-K_0$  增产 11.03%。产量结果表明:增施 N 肥效果最明显,K 次之,最后是 P。

## 2.2 方差分析

将试验所得的产量结果进行方差分析,方差分析结果如表 4 所示,处理间  $F$  值 87.08,大大超过了  $F_{0.01}$ ,达到极显著水准,说明各处理平均数间有些处理或部分处理平均区间的差异达到极显著水准。

## 2.3 肥料效应分析

从表 5 可以看出,缺氮区产量占最佳施肥区产量的 57.36%,缺磷区产量占最佳施肥区产量的 97.52%,缺钾区产量占最佳施肥区产量的 87.21%,说明本试验氮是限制产量的主要因子,其次是钾,再次是磷。

## 2.4 施肥模型建立,最佳施肥量和最大施肥量确定

### 2.4.1 氮磷钾效应模型

通过回归分析,可得出氮磷钾肥的三元二次回归方程模型:

$$Y=297.6912+34.0747X_1-3.92X_2+5.465X_3-1.324X_1^2-0.4604X_2^2-0.6901X_3^2-0.0975X_1X_2+0.3813X_1X_3+1.2202X_2X_3$$

式中, $Y$  为产量, $X_1$  为施氮量、 $X_2$  为施磷量、 $X_3$  为施钾量。

对该回归方程进行显著性检验: $F=212.8484$ ,说明氮磷钾肥施用量与产量有显著的回归关系,可以用

表 4 早稻“3414”试验方差分析

变因	自由度	平方和	均方	$F$ 值	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
区组间	2	4 608.56	2 304.28	9.07	3.37	5.53
处理间	13	287 617.4	22 124.42	87.08	2.12	2.91
机误项	26	6 605.69	254.07			
总变异	41	298 831.7				

该回归方程确定氮磷钾肥的最大施肥量和最佳施肥量。根据回归方程计算得出氮磷钾最大施肥量分别为: $N_{最大}=12.72 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ , $P_{最大}=4.00 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ , $K_{最大}=9.50 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ ,氮磷钾最佳施肥量分别为: $N_{最佳}=11.77 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ , $P_{最佳}=4.00 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ , $K_{最佳}=8.00 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ 。

### 2.4.2 氮效应模型

在磷钾施用量固定的情况下,对不同施氮处理进行回归分析,得出氮的一元二次回归模型:

$$Y=314.715+36.923X_1-1.355X_1^2(F \text{ 值}=28 507.496 7)$$

式中, $Y$  为产量, $X_1$  为施氮量。

应用氮的一元二次回归方程计算得出氮的最大施肥量与最佳施肥量分别为: $N_{最大}=13.45 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ , $N_{最佳}=12.73 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ 。

### 2.4.3 磷效应模型

在氮钾施用量固定的情况下,对不同施磷处理进行回归分析,得出磷的一元二次回归模型:

$$Y=536.505+8.3275X_2-1.0938X_2^2(F \text{ 值}=2.843 2)$$

式中, $Y$  为产量, $X_2$  为施磷量。

应用该一元二次回归方程计算出磷的最大施肥量与最佳施肥量分别为: $P_{最大}=3.81 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ , $P_{最佳}=3.04 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ 。

### 2.4.4 钾效应模型

在氮磷施用量固定的情况下,对不同施钾处理进行回归分析,得出钾的一元二次回归模型:

$$Y=479.685+15.6338X_3-0.8297X_3^2(F \text{ 值}=104.811 0)$$

式中, $Y$  为产量, $X_3$  为施钾量。

应用该一元二次回归方程计算出钾的最大施肥量与最佳施肥量分别为: $K_{最大}=9.42 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ , $K_{最佳}=8.17 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ 。

### 2.4.5 最大施肥量与最佳施肥量的确定

从三元二次方程得出的氮磷钾最大和最佳施肥量结果偏高,综合氮磷钾各养分的一元二次模型及线性平台分析得出的最大施肥量和最佳施肥量见表 6。

表 5 肥料效应( $\text{kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$ )

项目	氮肥			磷肥			钾肥		
	$N_1-N_0$ (3-2)	$N_2-N_1$ (6-3)	$N_3-N_2$ (11-6)	$P_1-P_0$ (5-4)	$P_2-P_1$ (6-5)	$P_3-P_2$ (7-6)	$K_1-K_0$ (9-8)	$K_2-K_1$ (6-9)	$K_3-K_2$ (10-6)
增产	150	84.1	14.5	16.7	-3.1	-0.8	52.8	17.4	-0.3
增产率/%	47.6	18.1	2.6	3.1	-0.6	-0.1	11	3.3	-0.1
增型		递减型			递减型			递减型	
地力贡献率/%	54.4								

表6 最佳施肥量推荐表(kg·666.7 m<sup>-2</sup>)

项目	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	最佳产量	最高产量
三元二次	12.7	4.0	9.5	496.8	500.5
一元二次	12.7	3.0	8.2	481.5	483.1
线性平台	9.8		4.9	477.5	477.5
综合推荐	11.7	3.5	7.5	485.2	487.0

### 3 结论

水稻应用测土配方施肥技术“3414”完全设计试验方案,在中等肥力土壤条件下种植杂交水稻组合,应用三元二次及一元二次回归方程分析程序,依据全州县5年来肥料稻谷综合平均价:纯氮5.65元·kg<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>6.88元·kg<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O7.33元·kg<sup>-1</sup>,稻谷价1.94元·kg<sup>-1</sup>计,对各产量系数进行方差分析和显著性检验,显示达到极显著水准,说明施肥与产量之间存在显著的回归关系。综合上述三元二次、一元二次及线性平台分析结果,最高产量N、P、K最大施肥量分别为:N<sub>最大</sub>为12.7 kg·666.7 m<sup>-2</sup>, P<sub>最大</sub>为4.0 kg·666.7 m<sup>-2</sup>, K<sub>最大</sub>为9.5 kg·666.7 m<sup>-2</sup>;最佳产量施肥量分别为:N<sub>最佳</sub>11.7 kg·666.7 m<sup>-2</sup>, P<sub>最佳</sub>3.5 kg·666.7 m<sup>-2</sup>, K<sub>最佳</sub>7.5 kg·666.7 m<sup>-2</sup>。

本试验研究表明,在中等肥力土壤不施用有机肥

料情况下,种植杂交水稻,施用N、P、K三要素肥料,影响经济产量和经济效益的顺序是N>K>P,磷肥施用在增产、增幅、增效上均不理想。试验认为,水稻生产上N、P、K肥料不同用量配比直接影响水稻产量和经济效益提高,而所谓“最佳施肥”、“最高施肥量”只是一个相对数值,受其土壤理化性状和肥力水平、水稻品种、目标产量、栽培管理、不同年份的产品价格和农资价格差异等诸多因素的影响,因此,水稻生产上N、P、K三要素配方施肥和施肥模型构建应考虑当地农业生产实际进行调整。建议在施用有机肥(或绿肥)1000 kg·666.7 m<sup>-2</sup>的基础上,施肥原则以N、K为主,适量施用P肥。推荐早、晚稻栽培纯N施用量以9~10 kg·666.7 m<sup>-2</sup>糙;K施用量6~7 kg·666.7 m<sup>-2</sup>糙;P肥施用量3 kg·666.7 m<sup>-2</sup>糙左右为宜,从而获得最佳经济产量、最大施肥利润,达到节本增效,提高产量及经济效益的目的。

#### 参考文献:

- [1] 高祥照,马常宝,杜森.测土配方施肥技术[M].北京:中国农业出版社,2005:4-5.