

DOI:10.3724/SP.J.1238.2013.00228

提高优质水稻耿籼1号产量的优化施肥方案

吕宏斌^{1a}, 宁波^{1a}, 李政芳^{1a*}, 吴素芳², 陈孟珍², 钱敏^{1b}, 张顺平^{1a}

(1.云南省农业科学院 a.粮食作物研究所; b.农业与经济信息研究所, 云南 昆明 650205; 2.云南省耿马县农技推广中心, 云南 耿马 677500)

摘 要: 为确定优质稻耿籼1号的最优施肥用量, 通过田间小区试验, 采用3因素5水平2次正交旋转回归组合设计, 研究了氮、磷、钾不同配比对其产量及构成因素的影响。结果表明, 耿籼1号最优施肥组合方案为氮肥(46%尿素)255 kg/hm², 磷肥(17%普钙)600 kg/hm², 钾肥(50%硫酸钾)150 kg/hm², 产量可超过8 829 kg/hm²。建立的耿籼1号最高分蘖数、成穗率、产量与肥料用量的优化数学模型, 经检验达到显著性水平。

关 键 词: 水稻; 耿籼1号; 施肥量; 产量

中图分类号: S511.01

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2013)03-0228-04

Fertilizing methods for high yields of rice cultivar Gengxian No.1

LYU Hong-bin^{1a}, NING Bo^{1a}, LI Zheng-fang^{1a*}, WU Su-fang², CHEN Meng-zhen², QIAN Min^{1b}, ZHANG Shun-ping^{1a}

(1.a.Institute of Food Crops; b.Institute of Agricultural Economy and Information, Yunnan Academy of Agriculture Sciences, Kunming 650205, China; 2.Yunnan Gengma Agricultural Technique Extension Centre, Gengma, Yunnan 677500, China)

Abstract: To determine the optimum fertilization for rice cultivar Gengxian No.1, field plot experiment using orthogonal rotational combination design with three factors and five levels was conducted to investigate the effects of fertilizers with different ratios of N, P and K on the yield component of Gengxian No.1. The results showed that the optimum fertilization model include 46% urea, 255 kg/hm²; 17% calcium superphosphate, 600 kg/hm² and 50% potassium sulfate, 150 kg/hm², under which the yield could exceed 8 829 kg/hm². The optimized mathematical models was created between the maximum tillering, formation of spike from the tillers, yield and the fertilizer, which reached significant level.

Key words: rice; Gengxian No.1; fertilizer; yield

现行优质水稻品种的发展大都受到产量较低的限制。除品种的遗传特性外, 栽培技术特别是肥料施用量与施用方法对提高优质水稻的产量有着重要影响^[1-5]。耿籼1号是云南省耿马县农业技术推广站选育的优质水稻品种, 2007年通过云南省品种审定委员会审定, 经农业部(武汉)农产品检测中心检测品质达到国标二级, 现已成为云南西南部主栽品种。耿马当地种植杂交稻的产量一般在9 000 kg/hm²左右, 但优质水稻产量仅为7 500 kg/hm²左右, 与杂交稻的产量相比有一定差距。为了进一步提高耿籼1号

的产量, 笔者进行了3因素5水平2次正交旋转回归组合试验, 探讨肥料用量与施用方法对耿籼1号品种经济性状及产量的影响, 以期耿籼1号在云南的大面积推广种植提供参考。

1 材料与方法

1.1 材 料

水稻品种耿籼1号。

收稿日期: 2013-03-13

基金项目: 云南省开发办农业综合开发项目(云农开 2009026)

作者简介: 吕宏斌(1980—), 男, 云南宣威人, 助理研究员, 主要从事水稻育种栽培研究, lhb85893@sina.com; *通信作者, lizhf8@sina.com

1.2 试验设计

试验于2009年在云南省耿马县农业技术推广中心试验基地进行。试验田肥力中等，土壤有机质含量48.3 g/kg，有效氮含量121 mg/kg，有效磷含量11.2 mg/kg，有效钾含量55 mg/kg，pH值5.28。

试验采用3因素5水平2次正交旋转回归组合设计^[6-9]，以氮肥(尿素)用量45~465 kg/hm²(X₁)、磷肥(普钙)用量0~600 kg/hm²(X₂)、钾肥(硫酸钾)用量0~300 kg/hm²(X₃)为试验因素，每个因素设置5个水平，依据编码值计算出各水平的实施值(表1)。氮

表1 各试验因子编码值及实施值

试验 编号	试验因子编码值			实际施用量/(kg·hm ⁻²)		
	氮肥	磷肥	钾肥	尿素(X ₁)	普钙(X ₂)	硫酸钾(X ₃)
1	1	1	1	360	450	225
2	1	1	-1	360	450	75
3	1	-1	1	360	150	225
4	1	-1	-1	360	150	75
5	-1	1	1	150	450	225
6	-1	1	-1	150	450	75
7	-1	-1	1	150	150	225
8	-1	-1	-1	150	150	75
9	-1.68	0	0	45	300	150
10	1.68	0	0	465	300	150
11	0	-1.68	0	255	0	150
12	0	1.68	0	255	600	150
13	0	0	-1.68	255	300	0
14	0	0	1.68	255	300	300
15	0	0	0	255	300	150
16	0	0	0	255	300	150
17	0	0	0	255	300	150
18	0	0	0	255	300	150
19	0	0	0	255	300	150
20	0	0	0	255	300	150
21	0	0	0	255	300	150
22	0	0	0	255	300	150
23	0	0	0	255	300	150

表2 各处理水稻的主要经济性状

Table 2 Main economic characters in rice experimental plots						
试验编号	有效穗数/(×10 ⁴ ·hm ⁻²)	每穗总粒数/粒	每穗实粒数/粒	结实率/%	千粒重/g	实际产量/(kg·hm ⁻²)
1	257.25	153.5	128.2	83.5	29.5	9 375.0
2	255.60	149.6	124.3	83.1	28.8	8 737.5
3	272.10	150.2	122.0	81.2	28.7	8 812.5
4	242.55	146.1	119.2	81.6	29.3	8 175.0
5	230.55	156.9	129.5	82.5	29.5	8 625.0
6	232.65	157.8	128.3	81.3	29.0	8 137.5

肥总量的70%作分蘖肥，30%作拔节肥；磷肥作为分蘖肥一次施用；钾肥作为拔节肥一次施用。4月13日播种，5月20日移栽，9月21日收割，全生育期158 d。栽插密度13 cm×20 cm，即3.75×10⁸丛/hm²。

1.3 项目测定及方法

试验实施后，考察各小区的最高分蘖数与成穗数，计算成穗率。水稻成熟后，各小区随机抽取10丛，考察水稻的穗总粒数、穗实粒数、结实率、千粒重等经济性状，各小区单打、单晒、计产。

1.4 数据处理

利用DPS统计分析软件处理分析数据。

2 结果与分析

2.1 各施肥处理水稻的主要经济性状

各个处理水稻的主要经济性状见表2。实际产量可以分为3类。第1类，产量9 000 kg/hm²以上的有第1、10、11、12、15、18、21、23等8个处理，平均产量为9 210.9 kg/hm²；第2类，产量为8 250~9 000 kg/hm²的有第2、3、5、7、8、13、14、16、17、19、20、22等12个处理，平均产量为8 775.5 kg/hm²；第3类，第4、6、9处理的实际产量为7 500~8 250 kg/hm²，平均产量为8 025 kg/hm²。第1类处理比第2类处理每穗实粒数、结实率和千粒重分别增加1.03%、1.05%、0.20%；第1类处理比第3类处理每穗实粒数、结实率和千粒重分别增加2.33%、1.53%、0.37%，因而增产效应明显。产量最高的是处理1，最低的是处理9，两者产量相差1 612.5 kg/hm²，处理1比处理9增产17.2%。

续 表

试验编号	有效穗数/($\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	每穗总粒数/粒	每穗实粒数/粒	结实率/%	千粒重/g	实际产量/($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
7	247.95	156.6	129.0	82.4	28.8	8 737.5
8	256.65	148.6	123.2	82.9	29.0	8 625.0
9	226.50	153.3	126.5	82.5	28.6	7 762.5
10	265.95	157.3	131.5	83.6	28.6	9 225.0
11	258.15	155.5	128.0	82.3	29.3	9 150.0
12	253.20	156.8	131.2	83.7	28.7	9 225.0
13	259.95	165.4	132.0	79.8	28.6	8 962.5
14	239.55	156.5	126.6	80.9	29.2	8 287.5
15	257.25	155.7	128.8	82.7	29.3	9 150.0
16	258.30	156.0	127.3	81.6	29.3	8 850.0
17	254.55	146.8	123.6	84.2	29.0	8 967.0
18	267.45	147.3	123.3	83.7	28.8	9 262.5
19	266.40	149.5	123.0	82.3	29.0	8 962.5
20	243.15	156.0	129.2	82.8	29.5	8 925.0
21	260.55	150.7	125.4	83.2	29.3	9 262.5
22	258.45	152.5	126.1	82.7	28.8	8 812.5
23	271.65	152.3	124.7	81.9	29.1	9 037.5

2.2 产量优化数学模型

按照2次正交旋转回归组合试验的原理和分析方法,以氮肥、磷肥、钾肥不同施用量作为自变量,以水稻最高分蘖数、成穗数、成穗率、穗实粒数、穗粒重及产量作为目标函数,进行回归统计分析^[10-14],结果仅有最高分蘖数、成穗数及产量的回归方程达到显著水平,而成穗率、穗实粒数、穗粒重的回归方程未达显著水平,因而未对不显著的目标函数作进一步讨论。对显著的3项指标的回归方程作进一步检验,剔除方程中未达到显著水平的效应项,得到达到显著水平的最高分蘖数、成穗数及产量的优化回归方程(表3)。

表 3 达到显著水平的 3 项指标的数学模型

Table 3 Mathematical models for 3 indexes reached significant level	
指标	优化数学模型
最高分蘖数	$Y=23.46+1.44X_1$
成穗数	$Y=14.78+0.61X_1+0.58X_3^2$
产量	$Y=601.84+16.77X_1+14.69X_3-13.92X_1^2-10.83X_3^2+14.38X_1X_2$

从表3可以看出:耿粳1号的最高分蘖数主要与氮肥施用量有关,在试验取值范围内,随着氮肥用量的增加,最高分蘖数逐渐增加。耿粳1号成穗数主要与氮肥和钾肥施用量有关,在试验取值范围

内,随着氮肥和钾肥施用量的增加,成穗数逐渐增加。耿粳1号产量与氮、磷、钾肥的施用量都有关系,分别与氮肥和钾肥施用量的一次效应项呈正相关,与氮肥和钾肥施用量的二次效应项呈负相关,与氮肥和磷肥施用量的交互效应呈正相关。

2.3 对产量的单因子效应分析

在试验取值内,各试验因子对产量的影响结果见表4。从表4可以看出,在其他因子为0水平时,3个试验因子分别对产量的影响状况是:氮肥施用量在编码值为0.5时,产量最高,为 9 101.3 kg/hm^2 ,磷肥用量对产量的影响效应没有单因子效应,但磷

表 4 影响产量的单因子效应

Table 4 Analysis of the effect of individual factor on yield		
水平	产量/($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	
	X_1	X_3
-1.682	8 014.2	8 568.5
-1.341	8 315.1	8 735.7
-1	8 567.4	8 865.3
-0.5	8 848.5	8 987.1
0	9 027.6	9 027.6
0.5	9 101.2	8 987.1
1	9 070.4	8 865.3
1.341	8 989.5	8 735.7
1.682	8 860.2	8 568.5

肥与氮肥的交互效应对产量的效应为正相关,钾肥用量在编码值为0时产量最高,为 $9\,027.6\text{ kg/hm}^2$,因此,对产量的影响效应以氮肥、钾肥较大。

2.4 优化肥料方案的确定

针对以上结果,结合产量大于 $8\,829\text{ kg/hm}^2$ 的37个可实现方案的出现频率分布分析,最高产量的组合是:氮肥与磷肥使用试验取值的最高用量,钾肥使用0水平用量,即尿素 465 kg/hm^2 、普钙 600 kg/hm^2 、硫酸钾 150 kg/hm^2 ,可以实现 $9\,470.1\text{ kg/hm}^2$ 的最高产量。考虑投入与产出的效率,最优组合方案是:氮肥与钾肥使用0水平用量、磷肥使用最高用量,即尿素 255 kg/hm^2 、普钙 600 kg/hm^2 、硫酸钾 150 kg/hm^2 ,这一组合可以实现大于 $8\,829\text{ kg/hm}^2$ 以上的产量,投入与产出比最大,投资效益最好。

3 结 论

针对目前优质水稻产量较低的生产实际,希望通过2次正交旋转回归栽培试验寻求提高优质水稻产量及降低投资成本的有效方法,侧重点是在相同的密度条件下,探寻不同施肥量及施肥方法对水稻产量的影响。结果表明,耿粳1号实现投资效益最大的优化栽培方案是:尿素 255 kg/hm^2 、普钙 600 kg/hm^2 、硫酸钾 150 kg/hm^2 ,尿素总量的70%作为分蘖肥、30%作为拔节肥施用,普钙作为分蘖肥一次施用,硫酸钾作为拔节肥一次施用。这一栽培方案可以实现高于 $8\,829\text{ kg/hm}^2$ 以上的产量。

参考文献:

- [1] 吴建富,施翔,肖青亮,等.我国肥料利用现状及发展对策[J].江西农业大学学报,2003,25(5):725-727.

- [2] 慕永红,孙海燕,孙建勇,等.不同施氮比例对水稻产量与品质的影响[J].黑龙江农业科学,2000(3):18-19.
- [3] 聂守军,高存启,张广彬,等.水稻不同栽培密度与施肥方法对产量的影响[J].耕作与栽培,2007(1):15-16.
- [4] 郭井祥.不同施肥量对水稻产量效益的影响[J].北方水稻,2009,39(4):36-37.
- [5] 韩永天.施肥量及栽培密度对水稻质量和产量的影响[J].中国高新技术企业,2007(9):197.
- [6] 曹连福,段正品,毕生斌.优质稻肥料效应试验[J].中国土壤与肥料,2012(2):62-66.
- [7] 卢普相,罗莲香,骆伯胜,等.高产水稻氮钾施用量最佳配比研究[J].土壤与环境,1999,8(3):221-223.
- [8] 曾希柏,吴光福.水稻配方施肥方法及其比较研究[J].土壤通报,1999,30(1):40-42.
- [9] 秦德荣,苏士华,成英,等.施肥和密度对杂交粳稻产量构成的影响[J].耕作与栽培,2001(1):44-45.
- [10] 刘云开,青先国,罗先富,等.肥料运筹对优质稻湘晚粳13号整精米率的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2004,30(4):322-324.
- [11] 朱桂玉,区惠平,何佳,等.免耕水稻在“3414”试验方案中氮磷钾配施的肥料效应研究[J].中国土壤与肥料,2011(5):48-52.
- [12] 王增辉.多元肥料效应函数模型研究[D].长春:吉林农业大学学院,2012.
- [13] 张耀鸿,张亚丽,黄启为,等.不同氮肥水平下水稻产量以及氮素吸收、利用的基因型差异比较[J].植物营养与肥料学报,2006,12(5):616-621.
- [14] 王思哲.不同施肥处理对优质稻新品种生长发育、抗倒性及产量的影响[D].长沙:湖南农业大学农学院,2009.

责任编辑:罗慧敏

英文编辑:罗维