

## 中熟中粳水稻品种阳光 800 肥料效应研究

刘巧珍<sup>1</sup>, 孙克增<sup>2</sup>, 刘金波<sup>3\*</sup> (1.江苏省连云港市东海县石榴街道办, 江苏连云港 222000; 2.江苏省连云港市东海县温泉镇农技站, 江苏连云港 222000; 3.江苏省连云港市农业科学院, 江苏省现代作物生产协同创新中心, 江苏连云港 222000)

**摘要** [目的]提高水稻产量, 增加经济效益, 为当地的农业生产施肥提供科学依据。[方法]通过“3414”回归最优设计原理的方法设置水稻肥效试验, 并采用统计学的方法对试验结果进行分析。[结果]与对照相比, 各配方施肥处理水稻产量均有所提高, 14 个处理中, 以 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub> 处理(施 N 300 kg/hm<sup>2</sup>、P 120 kg/hm<sup>2</sup>、K 180 kg/hm<sup>2</sup>)的水稻产量最高, 为 11 384.55 kg/hm<sup>2</sup>; 以 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 处理(施 N 300 kg/hm<sup>2</sup>、P 120 kg/hm<sup>2</sup>、K 120 kg/hm<sup>2</sup>)的水稻经济效益最高; 最佳施肥量为氮肥 287.25 kg/hm<sup>2</sup>、磷肥 126.60 kg/hm<sup>2</sup>、钾肥 137.70 kg/hm<sup>2</sup>, 最高水稻产量为 11 380.80 kg/hm<sup>2</sup>。[结论]该研究为进一步优化肥料配方提供理论依据。

**关键词** 水稻; 3414; 测土配方施肥; 肥料效应

**中图分类号** S 143.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)36-0128-03

## Fertilization Effects in Japonica Rice Yangguang 800

LIU Qiao-zhen<sup>1</sup>, SUN Ke-zeng<sup>2</sup>, LIU Jin-bo<sup>3</sup> (1. Donghai County Shiliu Street Office, Lianyungang, Jiangsu 222000; 2. Donghai County Wenquan Town Agricultural Technical Station, Lianyungang, Jiangsu 222000; 3. Academy of Lianyungang Agricultural Science, Jiangsu Collaborative Innovation Center for Modern Crop Production, Lianyungang, Jiangsu 222000)

**Abstract** [Objective] To increase rice yield and economic benefits, and provide scientific basis for local agricultural production fertilization. [Method] An experiment was carried out to study the effect of formulated fertilization on the yield of rice according to the theory of “3414” regression optimum design, and effertilizer experiment was studied by N, P, K. [Result] Effect of formulated fertilization on actual yield of each fertilizer treatment was enhanced by comparing with CK, in the field of middle levels of N, low P and K, application of N 300 kg/hm<sup>2</sup>, P 120 kg/hm<sup>2</sup>, K 180 kg/hm<sup>2</sup> could reach the highest yield of 11 384.55 kg/hm<sup>2</sup>, and application of N 300 kg/hm<sup>2</sup>, P 120 kg/hm<sup>2</sup>, K 120 kg/hm<sup>2</sup> could reach the highest economic benefits. Regression recommended that the optimum fertilizing quantity of N, P, K was N 287.25 kg/hm<sup>2</sup>, P 126.60 kg/hm<sup>2</sup> and K 137.70 kg/hm<sup>2</sup> were strongly recommended by equation of experiment of fertilizer and the best fertilization, and experience of spread manure in agriculture, which could reach the highest economic yields of 11 380.80 kg/hm<sup>2</sup>. [Conclusion] The study provides theoretical basis for further optimization of fertilizer formula.

**Key words** Rice; 3414; Formula application by measuring soil; Fertilization effect

江苏粳稻栽培面积常年约 186.67 万 hm<sup>2</sup>, 东海县中熟中粳栽培面积约 6 万 hm<sup>2</sup><sup>[1]</sup>, 是江苏主要的粮食丰产区。苏北化肥使用量较高, 是水稻获得高产的一个重要原因。但大量施用化肥, 导致土壤板结, 稻米品质下降, 而过量施肥不但增加成本投入, 还会严重污染环境, 造成土壤板结和富营养化。因此, 精确施肥, 提高水稻产量, 增加经济效应, 具有十分重要的意义。成金华等<sup>[2]</sup>、钱飞跃等<sup>[3]</sup>、刘洋等<sup>[4]</sup>分别对江苏省灌南县、淮阴区、睢宁县进行了测土配方研究。为了探讨高产粳稻品种适宜的肥料使用, 为农民增产增收增效服务。笔者根据农业部《测土配方施肥项目的技术规范》和“3414”肥效田间试验总体方案要求, 开展了水稻测土配方施肥“3414”试验, 旨在获得水稻最佳施肥数量和氮磷钾施肥比例, 客观评价测土配方施肥效益, 为进一步优化肥料配方提供理论依据。

## 1 材料与与方法

**1.1 试验地概况** 试验在江苏省连云港市东海县石榴街道办浦西村八组农户田进行。地理位置 118°44'19.66" E、34°35'01.49" N, 海拔 298 m, 属温带海洋湿润季风气候区。试验田前茬作物为小麦, 土壤类型为砂壤土。土壤养分: 有机质 16.23 g/kg, 全氮 1.04 g/kg, 速效磷 2.89 mg/kg, 速效钾 148.45 mg/kg, pH 7.07。质地为壤质砂土, 肥力水平中等, 地

力均匀。播种前采集耕作层土样进行分析测试。

**1.2 试验材料** 供试氮肥为“四川泸天化”生产的尿素, 含 N 46.0%; 供试磷肥为“四川宜宾鹏程”生产的过磷酸钙, 含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12.0%; 供试钾肥为“俄罗斯”生产氯化钾, 含 K<sub>2</sub>O 60.0%。

中熟中粳品种阳光 800, 由山东省郯城县种子分公司选育, 2017 年 2 月通过江苏省品种引种备案, 具有产量高、米质优、抗性强、生育期早等特点, 适宜在东海县种植, 由连云港市神州种业有限公司独家经营。近 2 年, 在连云港市东海县推广种植, 平均产量 9 819 kg/hm<sup>2</sup>, 高产田块达 11 455.5 kg/hm<sup>2</sup>。

**1.3 试验设计** 采用农业部推荐的“3414”最优回归设计, 共设 3 因素 4 水平 14 个处理, 试验因素水平与处理见表 1, 小区面积为 6.0 m×2.5 m=15.0 m<sup>2</sup>, 随机排列, 3 次重复, 试验方案见表 2。

表 1 “3414”试验因素及水平

Table 1 Factors and level of “3414” test

处理 Treatment	N	P	K	处理 Treatment	N	P	K
①	0	0	0	⑧	2	2	0
②	0	2	2	⑨	2	2	1
③	1	2	2	⑩	2	2	3
④	2	0	2	⑪	3	2	2
⑤	2	1	2	⑫	1	1	2
⑥	2	2	2	⑬	1	2	1
⑦	2	3	2	⑭	2	1	1

注: 0 水平指不施肥, 2 水平指当地推荐施肥量, 1 水平=2 水平×0.5, 3 水平=2 水平×1.5(该水平为过量施肥水平)

Note: Level 0 referred to no fertilization, level 2 referred to the recommended amount of fertilizer applied locally, level 1 = level 2×0.5, level 3 = level 2×1.5 (this level is the level of excessive fertilization)

**作者简介** 刘巧珍(1970—), 女, 江苏东海人, 高级农艺师, 从事农作物栽培和育种研究。\* 通讯作者, 农艺师, 硕士, 从事杂交水稻遗传改良和育种研究。

**收稿日期** 2018-07-31

表 2 试验方案  
Table 2 Test plan

编号 No.	处理 Treatment	N	P	K	编号 No.	处理 Treatment	N	P	K
①	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0	0	0	⑧	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	20	8	0
②	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0	8	8	⑨	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	20	8	4
③	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	10	8	8	⑩	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	20	8	12
④	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	20	0	8	⑪	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	30	8	8
⑤	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	20	4	8	⑫	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	10	4	8
⑥	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	20	8	8	⑬	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	10	8	4
⑦	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	20	12	8	⑭	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	20	4	4

**1.4 试验方法** 采用水育秧。秧龄控制在 33~35 d。移栽密度为 26.4 cm×19.8 cm, 每小区栽 15 行, 每行 26 窝, 每小区栽 390 穴, 每穴栽 2 株, 小区内土壤、地形相对一致, 每处理小区间间距 100 cm, 田埂高 40 cm, 宽 30 cm, 边缘深入土层 15~20 cm, 在试验田周围做边埂宽 40 cm×高 50 cm 的保护行。

氮和钾肥分基、追(蘖)肥, 磷肥做基肥一次性全部施入。氮肥分期施用的比例为基蘖肥: 穗肥 = 6:4, 穗肥中促花肥和保花肥各占 50%。磷肥全部做基肥。钾肥分期施用的比例为基肥: 追肥 = 1:1。分蘖肥在水稻分蘖前 7 d 施用。成熟时, 及时进行小区单打单收与测产。

**1.5 数据分析** 试验数据采用 Excel 进行分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同施肥处理对水稻产量的影响** 由图 1 可知, 随着施肥水平的提高, 水稻产量增加。方差分析结果表明, 不同处

理间水稻产量差异极显著, 即  $F = 968.49 > F_{0.01} = 2.91$ 。处理⑩产量最高, 处理⑦次之, 处理⑥产量再次之, 三者产量差异不显著, 处理①产量最低。

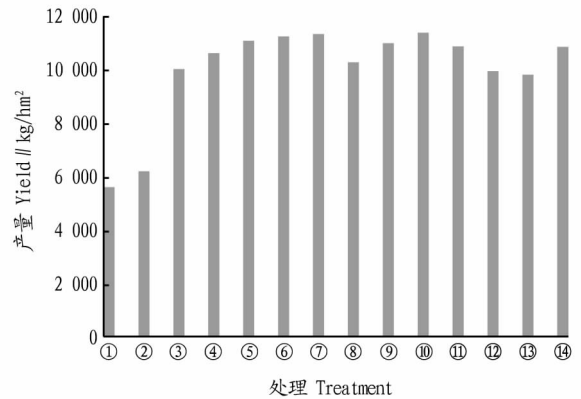


图 1 不同处理产量

Fig.1 Yield of different treatments

## 2.2 施肥模型建立与肥料最佳施用量

**2.2.1 单因素肥料效应分析。** 在磷、钾水平不变的情况下, 通过对处理②、③、⑥、⑩, 以不同氮肥施用量为自变量、相应水稻产量为因变量进行回归分析, 得到氮肥用量与水稻产量之间的回归方程:  $y = -0.70N^2 + 31.20N + 416.27$  ( $R^2 = 0.9969$ ) (表 3)。通过该肥料效应方程可以得出, 最大氮肥施用量为 333.90 kg/hm<sup>2</sup>, 相应水稻产量为 11 453.55 kg/hm<sup>2</sup>。

表 3 氮、磷、钾单因素对产量效应回归分析

Table 3 Regression analysis of effect of nitrogen, phosphorus and potassium on yield

肥料因子 Fertilizer factors	$y = b_0 + b_1x + b_2x^2$			$R^2$	最大施用量 Maximum fertilizer application kg/hm <sup>2</sup>	最大产量 Maximum output kg/hm <sup>2</sup>
	$b_0$	$b_1$	$b_2$			
N	416.27	31.20	-0.70	0.9969	333.90	11 453.55
P	709.79	8.53	-0.39	0.9937	164.55	11 333.40
K	686.13	13.30	-0.61	0.9918	163.35	11 378.25

在氮、钾水平不变的情况下, 通过处理④、⑤、⑥、⑦, 以不同磷肥施用量为自变量, 相应水稻产量为因变量进行回归分析, 得出磷肥用量与水稻产量之间的回归方程:  $y = -0.39P^2 + 8.53P + 709.79$  ( $R^2 = 0.9924$ ) (表 3)。通过磷元素的肥料效应方程可以看出, 最大磷施用量为 164.55 kg/hm<sup>2</sup>, 相应水稻产量为 11 333.40 kg/hm<sup>2</sup>。

在氮、磷水平不变的情况下, 通过对处理⑥、⑧、⑨、⑩, 以不同钾肥施用量为自变量、相应水稻产量为因变量进行回归分析, 得出钾肥用量与水稻产量之间的回归方程:  $y = -0.61K^2 + 13.30K + 686.13$  ( $R^2 = 0.9918$ ) (表 3)。通过钾元素

的肥料效应方程可以得出, 最大钾肥施用量为 163.35 kg/hm<sup>2</sup>, 相应水稻产量为 11 378.25 kg/hm<sup>2</sup>。

该氮磷钾三者肥料, 在最大施用量之前, 随着施肥量的增加, 水稻产量也相应增加。但当超过最高施用量后再施肥时, 水稻产量开始下降。

**2.2.2 双因素肥料效应分析。** 通过对处理②、③、⑥、⑧、⑨、⑩、⑪、⑬, 以 N、K 施用量为自变量、相应水稻产量为因变量进行回归分析, N、P 效应方程:  $y = -0.70N^2 - 0.78K^2 + 0.54NK + 26.77N + 4.74K + 428.21$  ( $R^2 = 0.9974$ ) (表 4)。

表 4 氮、磷、钾双因素对产量效应回归分析

Table 4 Regression analysis of effect of double-factor of nitrogen, phosphorus and potassium on yield

肥料因子 Fertilizer factors	$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + a_1x_2 + a_2x_2^2 + a_3x_1x_2$						$R^2$	$F$
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$a_1$	$a_2$	$a_3$		
NP	428.21	26.77	-0.70	4.74	-0.78	0.54	0.9974	154.89
NK	456.50	40.61	-1.64	-0.89	-2.26	1.75	0.9938	148.25
PK	678.93	4.39	-0.44	8.65	-0.62	0.60	0.9924	64.41

通过对处理②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑪、⑫,以N、P施肥量为自变量、相应水稻产量为因变量进行回归分析,N、P效应方程: $y = -1.64N^2 - 2.26P^2 + 1.75NP + 40.61N - 0.89P + 456.5$  ( $R^2 = 0.9938$ )。

通过对处理④、⑤、⑥、⑦、⑧、⑨、⑩、⑭,以P、K施肥量为自变量、相应水稻产量为因变量进行回归分析,P、K效应方程: $y = -0.44P^2 - 0.62K^2 + 0.60PK + 4.39P + 8.65K + 678.925$  ( $R^2 = 0.9924$ )。

**2.2.3 氮磷钾不同处理对产量的回归效应分析。**通过对各肥料处理与产量的回归分析,发现  $y = -0.72N^2 - 0.71P^2 - 0.89K^2 + 0.32NP + 0.31NK - 0.20PK + 26.52N + 7.58P + 12.12K + 374.54$  ( $R^2 = 0.9980$ )。根据此拟合方程,求得N、P、K最佳施用量,氮肥的最佳施用量为287.25 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥最佳施用量为126.60 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥最佳施用量为137.70 kg/hm<sup>2</sup>,此时最佳水稻产量为11 380.80 kg/hm<sup>2</sup>。

### 3 结论与讨论

(1)该试验结果发现,处理⑩(N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub>)产量最高,处理⑦(N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>2</sub>)产量次之,处理⑥再次之,三者产量间差异不显著。从农资成本看,处理⑥(N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>)经济效益最高。

(2)从单因素肥料效应看,随着施肥量的增加,水稻产量也相应增加。与成金华等<sup>[2]</sup>、刘洋等<sup>[4]</sup>、廖佳丽<sup>[5]</sup>的研究结果一致。但当超过最高施肥量后再施肥时,水稻产量开始呈下降趋势。适量施用氮肥可促进稻株生长,但过量施用会使水稻植株无效分蘖增多、贪青晚熟、倒伏、病虫害加剧,空瘪粒增多,结实率下降,影响水稻产量。魏义长等<sup>[6]</sup>研究发现

磷肥过量施用会导致钾肥缺失,从而导致水稻减产。但使用钾肥过量也会导致水稻减产<sup>[7]</sup>。从该研究双因素肥料互作效应看,NPK两两间都存在显著的互作效应,说明K肥过多,影响植物体N、P的吸收,从而使水稻减产。因此,在水稻生长发育过程中要注意控制氮肥用量,同时磷钾肥是水稻生长发育不可缺少的元素,可增强植株体内活动力,促进养分合成与运转,加强光合作用,延长叶的功能期,使谷粒充实饱满,提高产量,因此,在控施氮肥的同时,应配合平衡施用磷钾肥<sup>[8]</sup>。

(3)通过综合二次回归对肥料之间拟合,氮肥的最佳施用量为287.25 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥的最佳施用量为126.60 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥的最佳施用量为137.70 kg/hm<sup>2</sup>,此时最佳水稻产量为11 380.80 kg/hm<sup>2</sup>。这与刘洋等<sup>[4]</sup>研究结果较接近。

### 参考文献

- [1] 徐宗进,汪洪洋,张立智,等.水稻新品种连梗7号高产栽培技术探讨[J].江苏农业科学,2010(6):106-107.
- [2] 成金华,张翠娥,郑亮,等.江苏省灌南县水稻“3414”肥料效应试验[J].河北农业科学,2009,13(3):56-59.
- [3] 钱飞跃,朱光,朱春梅.淮阴区测土配方施肥水稻3414试验总结[J].现代农业科技,2017(21):122.
- [4] 刘洋,王存言.江苏省睢宁县水稻“3414”肥料效应试验总结[J].江苏农业科学,2009(3):346-347.
- [5] 廖佳丽.测土配方施肥水稻3414肥料效应的研究[J].中国农学通报,2010,26(13):213-218.
- [6] 魏义长,白由路,杨俐苹,等.测土推荐施锌对水稻产量结构及土壤有效养分的影响[J].中国水稻科学,2007,21(2):197-202.
- [7] 戚士胜,胡凤桂,李益生,等.寿县水稻“3414”完全肥料效应田间试验[J].安徽农业科学,2016,44(16):131-133,136.
- [8] 徐培智,解开治,刘光荣,等.冷浸田测土配方施肥技术对水稻产量及施肥效应的影响[J].广东农业科学,2012,39(22):70-73.
- [9] 杨慧菊,郭华春.马铃薯幼苗低温胁迫的生理响应及品种耐寒性综合评价[J].西南农业学报,2016,29(11):2560-2566.
- [10] 邓仁菊,范建新,王永清,等.低温胁迫下火龙果的半致死温度及抗寒性分析[J].植物生理学报,2014,50(11):1742-1748.
- [11] 刘锦,王挺,黎念林,等.电导法配合 Logistic 方程测定樱花抗寒性研究[J].江苏林业科技,2016,43(5):25-27,31.
- [12] 林宗铿,张天翔,杨俊杰.应用 Logistic 方程确定辣木的抗寒性[J].福建农业学报,2018,33(5):512-515.
- [13] 夏莹莹,叶航,马锦林,等.4个油茶品种的半致死温度与耐热性研究[J].中国农学通报,2012,28(4):58-61.
- [14] 马锦林,张日清,叶航,等.香花油茶的半致死温度与耐寒耐热性[J].经济林研究,2013,31(1):150-152,175.

(上接第106页)

### 名词解释

**扩展总被引频次:**指该期刊自创刊以来所登载的全部论文在统计当年被引用的总次数。这是一个非常客观实际的评价指标,可以显示该期刊被使用和受重视的程度,以及在科学交流中的作用和地位。

**扩展影响因子:**这是一个国际上通行的期刊评价指标,是E·加菲尔德于1972年提出的。由于它是一个相对统计量,所以可公平地评价和处理各类期刊。通常,期刊影响因子越大,它的学术影响力和作用也越大。具体算法为:

$$\text{扩展影响因子} = \frac{\text{该刊前2年发表论文在统计当年被引用的总次数}}{\text{该刊前2年发表论文总数}}$$

**扩展即年指标:**这是一个表征期刊即时反应速率的指标,主要描述期刊当年发表的论文在当年被引用的情况。具体算法为:

$$\text{扩展即年指标} = \frac{\text{该期刊当年发表论文在统计当年被引用的总次数}}{\text{该期刊当年发表论文总数}}$$

**扩展他引率:**指该期刊全部被引次数中,被其他刊引用次数所占的比例。具体算法为:

$$\text{扩展他引率} = \frac{\text{被其他刊引用的次数}}{\text{期刊被引用的总次数}}$$

**扩展引用刊数:**引用被评价期刊的期刊数,反映被评价期刊被使用的范围。