

李文西,张月平,毛伟,等. 水稻磷肥施用效果、经济效益及推荐用量[J]. 江苏农业科学,2013,41(10):61-63.

水稻磷肥施用效果、经济效益及推荐用量

李文西¹, 张月平¹, 毛伟¹, 龚鑫鑫¹, 高晖¹, 吴东平²

(1. 江苏省扬州市土壤肥料站, 江苏扬州 225101; 2. 江苏省扬州市邗江区朴席镇农业综合服务中心, 江苏扬州 225101)

摘要:2012 年在江苏省扬州市邗江区朴席镇布置了磷肥用量控制试验, 研究磷肥施用对水稻生长、产量及经济效益的影响。结果表明: 磷肥施用对水稻株高、结实率、千粒重影响较小, $N_2P_0K_2$ 、 $N_2P_{1.5}K_2$ 、 $N_2P_2K_2$ 、 $N_2P_{2.5}K_2$ 、 $N_2P_3K_2$ 处理的水稻总穗数、每穗总粒数均高于 $N_2P_0K_2$ 处理, 部分处理间差异显著。 $N_2P_1K_2$ 、 $N_2P_{1.5}K_2$ 、 $N_2P_2K_2$ 、 $N_2P_{2.5}K_2$ 、 $N_2P_3K_2$ 处理的水稻理论产量、实际产量分别比 $N_2P_0K_2$ 处理增加 4.6% ~ 18.8%、2.9% ~ 17.6%。采用线性加平台模型拟合推荐试验条件下磷肥用量为 61.2 kg/hm², $N_2P_2K_2$ 处理的经济效益最佳, 氮磷钾肥合理配施能够增加收入, 提高经济效益。

关键词: 水稻; 产量; 磷肥; 推荐用量; 经济效益

中图分类号: S143.2; S511.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)10-0061-03

水稻是我国主要的粮食作物, 占全国粮食种植面积的 28.7%^[1]。水稻生长受土壤、环境、水利等多种条件的影响, 合理施肥是提高水稻产量的重要措施^[2-5]。近年来, 随着水稻产量的不断增加, 化肥尤其磷肥盲目过量施用依然普遍, 较少考虑或未考虑土壤养分、盲目施用高浓度复合肥的现象仍然存在, 农业周围环境存在着较大的污染威胁。为更好地指导农民科学施肥, 增产增收, 笔者开展了磷肥用量控制试验, 分析了磷肥施用对水稻生长、产量、经济效益的影响, 采用线性加平台模型拟合推荐合理的磷肥用量, 为水稻科学施肥提供借鉴。

收稿日期: 2013-03-20

基金项目: 全国耕地质量保护项目(编号: 农财发[2012]49 号); 国家测土配方施肥项目; 江苏省扬州市“绿扬金凤计划”项目(编号: 2011YB077)。

作者简介: 李文西(1983—), 男, 河南南阳人, 博士, 主要从事土壤肥料新技术推广研究。E-mail: xixi05044@163.com。

低温(77K)荧光发射光谱的研究[J]. 电子显微学报, 2002, 21(3): 341-344.

[2] Sanchez A C, Khush G S. Chromosomal location of some marker genes in rice using the primary trisomics[J]. Journal of Heredity, 1994, 85(4): 297-300.

[3] 李红昌, 钱前, 王赞, 等. 水稻白穗突变体基因的鉴定和染色体定位[J]. 科学通报, 2003, 48(3): 268-270.

[4] 金怡, 刘合芹, 汪得凯, 等. 一个水稻苗期白条纹叶及抽穗期白穗突变体的鉴定和基因定位[J]. 中国水稻科学, 2011, 25(5): 461-466.

[5] 何颖红, 邹国兴, 饶玉春, 等. 水稻白条纹突变体(st10)的遗传分析与基因定位[J]. 分子植物育种, 2011, 9(2): 136-142.

[6] 苏正淑, 张宪政. 几种测定植物叶绿素含量的方法比较[J]. 植物生理学通讯, 1989(5): 77-78.

[7] Arnon D J. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in beta vulgaris[J]. Plant Physiology, 1949, 24(1): 1-15.

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于江苏省扬州市邗江区朴席镇(119°19'35"E, 32°18'43"N), 地处长江中下游北岸。该地区属亚热带湿润气候, 光照充足, 降水充沛, 年均降水量约 1 000 mm, 年均气温 15.0℃, 雨热同期。供试土壤为长江冲积物发育潮土, 土壤类型为沙底淤泥土, 耕作层土壤 pH 值 6.7, 有机质含量 31.2 g/kg, 全氮含量 1.1 g/kg, 有效磷含量 9.3 mg/kg, 速效钾含量 89.5 mg/kg^[6]。

1.2 供试材料

供试水稻品种为南粳 5055(*Oryza sativa* subsp. *keng*), 试验开始于 2012 年 6 月 5 日, 2012 年 10 月 26 日结束。2012 年 6 月 5 日整田, 6 月 13 日插秧, 9 月 3 日水稻齐穗, 10 月 26 日考种、测产。

1.3 试验设计

试验共设置 8 个处理, 分别为 $N_2P_0K_2$ (无磷区)、 $N_2P_1K_2$ 、

[8] Lichtenthaler H K, Wellburn A R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents[J]. Biochemical Society Transactions, 1983, 11(5): 591-592.

[9] Kang T J, Yang M S. Rapid and reliable extraction of genomic DNA from various wild-type and transgenic plants[J]. BMC biotechnology, 2004(4): 20.

[10] 孙丙耀, 谈建中, 陆小平, 等. 水稻 Ac × Ds 后代基因组 DNA 中 Ds 侧翼序列的扩增及其 Ds 插入分析[J]. 遗传, 2006, 28(12): 1555-1561.

[11] Sun B Y, Piao H L, Park S H, et al. Selection of optimal primers for TAIL-PCR in identifying Ds flanking sequences from Ac/Ds insertion rice lines[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2004, 20(6): 821-826.

[12] Chin H G, Choe M S, Lee S H, et al. Molecular analysis of rice plants harboring an Ac/Ds transposable element-mediated gene trapping system[J]. Plant Journal, 1999, 19(5): 615-623.

N₂P_{1.5}K₂、N₂P₂K₂、N₂P_{2.5}K₂、N₂P₃K₂、CF(农民习惯施肥)、CK(不施肥),各处理的施肥量如表 1 所示。

氮肥、磷肥、钾肥分别采用尿素(46% N)、过磷酸钙(12% P₂O₅)、KCl(60% K₂O)。水稻生长期氮肥总量的 35% 基施、35% 作分蘖肥、15% 作促花肥、15% 作保花肥;磷肥全部基施;钾肥总量的 60% 基施、40% 作促花肥。重复 4 次,随机区组排列,小区面积为 30 m² (2.5 m × 12 m)。

表 1 水稻田间试验各处理的施肥量

序号	处理	用量(kg/hm ²)		
		氮肥(N)	磷肥(P ₂ O ₅)	钾肥(K ₂ O)
1	N ₂ P ₀ K ₂	307.5	0	81
2	N ₂ P ₁ K ₂	307.5	30	81
3	N ₂ P _{1.5} K ₂	307.5	45	81
4	N ₂ P ₂ K ₂	307.5	60	81
5	N ₂ P _{2.5} K ₂	307.5	75	81
6	N ₂ P ₃ K ₂	307.5	90	81
7	CF	375.0	75	60
8	CK	0	0	0

1.4 测定方法

水稻收获前,在各小区 1 m² 定点区域内调查水稻的有效穗数,并随机抽取 15 株调查水稻单株的总粒数、实粒数。测实产时,以 5 m² 的水稻籽粒产量计重,并记录水稻籽粒的千粒重。

水土比 2.5 : 1.0 (mL : g),用 pH 计测定土壤 pH 值,采用重铬酸钾-外加加热法测定土壤有机质含量,采用半微量凯氏法测全氮含量,采用 0.5 mol/L NaHCO₃ - 钼锑抗比色法测土壤有效磷含量,采用 1 mol/L NH₄OAc - 火焰光度法测土壤速效钾含量^[6]。

农学利用率(kg/kg) = (施肥区产量 - 对照区产量) / 施

肥量;^[7] 偏生产力(kg/kg) = 施肥区产量 / 施肥量^[7]。

1.5 数据处理

试验数据采用 SAS V8 进行线性加平台模型的拟合和最佳施磷量推荐,采用 SPSS、Excel 进行数据处理、图形绘制,用 LSD 法检验试验结果在 P < 0.05 水平上的差异性。

2 结果与分析

2.1 磷肥施用对水稻生长及产量的影响

表 2 显示,N₂P₀K₂、N₂P₁K₂、N₂P_{1.5}K₂、N₂P₂K₂、N₂P_{2.5}K₂、N₂P₃K₂ 处理间水稻株高差异较小,说明增施磷肥对水稻株高影响较小。与 CK 处理相比,N₂P₀K₂、N₂P₁K₂、N₂P_{1.5}K₂、N₂P₂K₂、N₂P_{2.5}K₂、N₂P₃K₂ 处理水稻株高增加 12.6% ~ 14.0%,CF 处理水稻株高增加 13.7%,说明施肥能够促进水稻生长。

与无磷处理(N₂P₀K₂)相比,N₂P₁K₂、N₂P_{1.5}K₂、N₂P₂K₂ 处理的水稻总穗数差异较小,每穗总粒数均增加,而 N₂P_{2.5}K₂、N₂P₃K₂ 处理的水稻总穗数、每穗总粒数均增加。随着磷肥用量的增加,水稻总穗数、每穗总粒数总体呈升高趋势,部分处理间差异显著。与 CK 处理相比,N₂P₀K₂、N₂P₁K₂、N₂P_{1.5}K₂、N₂P₂K₂、N₂P_{2.5}K₂、N₂P₃K₂ 处理的水稻总穗数、每穗总粒数分别增加 23.1% ~ 37.4%、18.7% ~ 47.9%。

水稻结实率、千粒重随磷肥用量增加变化较小,各处理差异不显著。

由表 2 还可以看出,与无磷处理(N₂P₀K₂)相比,N₂P₁K₂、N₂P_{1.5}K₂、N₂P₂K₂、N₂P_{2.5}K₂、N₂P₃K₂ 处理的水稻理论产量、实际产量分别增加 4.6% ~ 18.8%、2.9% ~ 17.6%,随着磷肥用量增加,水稻理论产量、实际产量均呈先升高后降低趋势,说明合理施用磷肥能够提高水稻产量。与 CK 处理相比,各施肥处理的水稻理论产量、实际产量分别增加 56.0% ~ 85.4%、49.6% ~ 75.9%。

表 2 磷肥用量对水稻生长与产量的影响

处理	株高 (cm)	总穗数 (万穗/hm ²)	总粒数 (总粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	理论产量 (kg/hm ²)	实际产量 (kg/hm ²)
N ₂ P ₀ K ₂	102.7a	351.0ab	95.3ab	94.4a	26.0a	8 209.5c	8 455.5c
N ₂ P ₁ K ₂	101.9a	342.0b	102.0a	94.7a	26.0a	8 589.0c	8 703.0bc
N ₂ P _{1.5} K ₂	101.9a	336.0b	106.9a	93.6a	26.0a	8 740.5c	9 412.5b
N ₂ P ₂ K ₂	103.2a	339.0b	107.0a	94.6a	26.0a	9 756.0a	9 946.5a
N ₂ P _{2.5} K ₂	101.9a	360.0ab	111.2a	93.8a	26.0a	9 594.0ab	9 769.5ab
N ₂ P ₃ K ₂	102.7a	375.0a	118.8a	94.9a	26.0a	9 540.0ab	9 855.0a
CF	102.9a	343.5b	119.9a	93.9a	26.0a	9 300.0b	9 351.0b
CK	90.5b	273.0b	80.3b	93.4a	25.7a	5 262.0d	5 653.5d

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

2.2 磷肥用量推荐

采用线性加平台施肥模型拟合试验中 N₂P₀K₂、N₂P₁K₂、N₂P_{1.5}K₂、N₂P₂K₂、N₂P_{2.5}K₂、N₂P₃K₂ 处理的磷肥用量与水稻实际产量间的关系。模型拟合结果(图 1)显示,水稻籽粒的基础产量为 8 290.1 kg/hm²,平台产量为 9 812.5 kg/hm²,磷肥(P₂O₅)临界用量为 61.2 kg/hm²,磷肥用量小于 61.2 kg/hm² 时,水稻籽粒产量可以用方程 y = 24.876x + 8 290.1 来描述,磷肥用量大于 61.2 kg/hm² 时,水稻籽粒产量即为平台产量,

线性加平台模型拟合的决定系数达显著水平(r² = 0.917 5*)。

2.3 磷肥效果及经济效益

以无磷区(N₂P₀K₂)为参照计算磷肥农学利用率、磷肥偏生产力以及经济效益(表 3)。随着磷肥(P₂O₅)用量增加,磷肥的农学利用率先升高后降低,磷肥用量过多或过少均不利于提高水稻的农学利用效率。磷肥偏生产力随着磷肥用量的增加而降低。

试验区土壤的有效磷含量处于中等水平,施用中磷水平

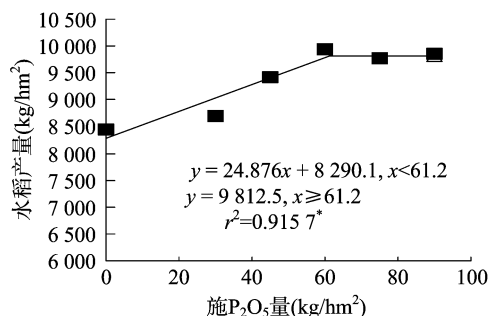


图1 磷肥用量与水稻籽粒产量的关系

时水稻的经济效益最佳,最高净收入、产投比(N₂P₂K₂处理)分别为3 694.8元/hm²、8.70,均高于N₂P₀K₂、N₂P₁K₂、N₂P_{1.5}K₂、N₂P_{2.5}K₂、N₂P₃K₂处理。

以不施肥(CK)为参照计算肥料农学利用率、肥料偏生产力以及经济效益(表4)。N₂P_{1.5}K₂、N₂P₂K₂、N₂P_{2.5}K₂、N₂P₃K₂处理的农学利用率均高于CF处理(农民习惯施肥),N₂P₁K₂处理与CF处理相当;N₂P₁K₂、N₂P_{1.5}K₂、N₂P₂K₂处理的偏生产力均高于CF处理,而N₂P_{2.5}K₂、N₂P₃K₂处理偏生产力均低于CF处理,说明氮磷钾肥合理配施能够提高肥料的农学利用率、偏生产力,肥料用量过多反而降低肥料农学利用率、偏

表3 以无磷区为参照的水稻磷肥效果及经济效益

处理	水稻产量 (kg/hm ²)	农学利用率 (kg/kg)	偏生产力 (kg/kg)	增加收入 (元/hm ²)	成本支出 (元/hm ²)	净收入 (元/hm ²)	产投比
N ₂ P ₀ K ₂	8 455.5	—	—	—	—	—	—
N ₂ P ₁ K ₂	8 703.0	8.3	290.1	693.0	240	453.0	2.89
N ₂ P _{1.5} K ₂	9 412.5	21.3	209.2	2 679.6	360	2 319.6	7.44
N ₂ P ₂ K ₂	9 946.5	24.9	165.8	4 174.8	480	3 694.8	8.70
N ₂ P _{2.5} K ₂	9 769.5	17.5	130.3	3 679.2	600	3 079.2	6.13
N ₂ P ₃ K ₂	9 855.0	15.6	109.5	3 918.6	720	3 198.6	5.44
CF	—	—	—	—	—	—	—
CK	—	—	—	—	—	—	—

注:2012年水稻价格2.8元/kg,N、P₂O₅、K₂O购买价格为5.1、8.0、6.0元/kg。

表4 以不施肥处理为参照的水稻磷肥效果及经济效益

处理	水稻产量 (kg/hm ²)	农学利用率 (kg/kg)	偏生产力 (kg/kg)	总收入 (元/hm ²)	成本支出 (元/hm ²)	净收入 (元/hm ²)	产投比
N ₂ P ₀ K ₂	8 455.5	—	—	—	—	—	—
N ₂ P ₁ K ₂	8 703.0	7.3	78.4	8 538.6	2 263.5	6 275.1	3.77
N ₂ P _{1.5} K ₂	9 412.5	8.7	74.7	10 525.2	2 383.5	8 141.7	4.42
N ₂ P ₂ K ₂	9 946.5	9.6	70.5	12 020.4	2 503.5	9 516.9	4.80
N ₂ P _{2.5} K ₂	9 769.5	8.9	62.6	11 524.8	2 623.5	8 901.3	4.39
N ₂ P ₃ K ₂	9 855.0	8.8	57.6	11 764.2	2 743.5	9 020.7	4.29
CF	9 351.0	7.3	69.3	10 353.0	2 737.5	7 615.5	3.78
CK	5 653.5	—	—	—	—	—	—

注同表3。

生产力。同样地,合理配施氮磷钾肥能够增加水稻产量,提高经济效益,N₂P₂K₂处理的经济效益最佳,净收入、产投比分别为9 516.9元/hm²、4.80,高于其他磷肥处理(N₂P₁K₂、N₂P_{1.5}K₂、N₂P_{2.5}K₂、N₂P₃K₂),也高于农民习惯施肥。

3 结论

氮磷钾肥合理配施能够促进水稻生长、提高水稻产量,磷肥用量的增加对水稻株高影响较小,对水稻的结实率、千粒重影响也较小,能够提高水稻的有效穗、每穗总粒数。本试验条件下水稻的推荐用量为61.2 kg/hm²,磷肥施用过多对水稻产量影响较小,而对肥料农学利用率、偏生产力影响较大,氮磷钾肥合理配施保障了水稻的最佳经济效益。

采用线性加平台模型拟合本试验条件下磷肥用量与水稻产量之间的关系,反映了当地生产的实际情况,磷肥施用过多对水稻产量影响较小,该模型拟合推荐的磷肥用量能够指导当地农业生产。

参考文献:

- [1] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴:2010[M]. 北京:中国农业出版社,2010.
- [2] 傅伯杰. 土地评价的基本理论问题初探[J]. 地域研究与开发, 1991,10(1):1-4,63.
- [3] 王伟妮,鲁剑巍,何予卿,等. 氮、磷、钾肥对水稻产量、品质及养分吸收利用的影响[J]. 中国水稻科学,2011,25(6):645-653.
- [4] Anwar M, O'Leary G, McNeil D L, et al. Climate change impact on rainfed wheat in south-eastern Australia[J]. Field Crops Research, 2007,104(1/2/3):139-147.
- [5] 姜宗庆,封超年,刘 萍,等. 施磷量对不同类型专用小麦产量及剑叶相关生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(1):76-80.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [7] 李文西,鲁剑巍,鲁君明,等. 苏丹草—黑麦草轮作制中施肥对饲草产量、氮素吸收及土壤矿质氮的影响[J]. 水土保持学报, 2010,24(2):126-130.