

平原河网区水稻养分的利用效率研究

唐宏彬^{1,2}, 邹伟^{1,2}, 何治芳^{1,2}, 吴家琮^{1,2}, 刘克芝^{1,2}, 吴茂前^{2,3}, 杨利^{2,3*} (1. 湖北省潜江市农业技术推广中心, 湖北潜江 433100; 2. 农业部潜江农业环境与耕地保育科学观测实验站, 湖北潜江 433116; 3. 湖北省农业科学院植保土肥研究所, 湖北武汉 430064)

摘要 [目的]研究潜江市平原河网区水稻的养分利用效率。[方法]通过田间试验,研究了习惯施肥和配方施肥处理对水稻产量、肥料投入、养分表观协同利用率、肥料农学效率、水稻籽粒和茎叶养分含量的影响。[结果]氮、磷、钾3者配施时肥料的表观利用率最高;与习惯施肥处理相比,配方施肥处理能提高肥料的农学效率、肥料养分利用率,并能促进氮的吸收,可增产3.45%,增收944.2元/hm²。[结论]该研究为优化施肥结构,提高肥料养分利用率提供理论基础。

关键词 配方施肥;习惯施肥;肥料养分利用率;水稻

中图分类号 S506 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)36-0019-03

Nutrient Use Efficiency of Rice in Plain River District

TANG Hong-bin^{1,2}, ZOU Wei^{1,2}, HE Zhi-fang^{1,2}, YANG Li^{2,3*} et al (1. Agricultural Technology Promotion Center of Qianjiang City in Hubei Province, Qianjiang, Hubei 433100; 2. Qianjiang Scientific Observing and Experimental Station of Agro-Environment and Arable Land Conservation, Ministry of Agriculture, Qianjiang, Hubei 433116; 3. Institute of Plant Protection, Soil and Fertilizer, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan, Hubei 430064)

Abstract [Objective] To research the nutrient use efficiency of rice in Plain River District. [Method] By using field experiment, we researched the effects of conventional fertilization and formulated fertilization treatments on rice yield, fertilizer input, apparent efficiency of fertilizer, fertilizer agronomical efficiency, nutrient contents in rice seeds, stems and leaves. [Result] The apparent efficiency of fertilizer was the best under combined application of nitrogen, phosphorus and potassium. Formulated fertilization treatment improved the fertilizer agronomical efficiency and fertilizer nutrient use efficiency, promoted the absorption of nitrogen, increased yield by 3.45% and income by 944.2 yuan/hm² compared with conventional fertilization. [Conclusion] This research provides theoretical basis for the optimization of fertilization structure and the enhancement of fertilizer nutrient use efficiency.

Key words Formulated fertilization; Conventional fertilization; Fertilizer nutrient use efficiency; Rice

施肥对水稻产量的贡献率在50%以上,因此水稻施肥一直是研究的热点,科学合理施肥、提高肥料利用率已成为提高作物产量的重要技术途径^[1-3]。肥料利用率是衡量肥料施用是否合理的一项重要指标,它受土壤肥力、养分间的协同作用、施肥技术、作物、土壤等因素的影响,是反映作物、土壤、肥料之间关系的动态参数^[4-10]。潜江市位于江汉平原腹地,属河网区域,常年水稻种植面积约4万hm²左右。通过田间试验,笔者研究了潜江市平原河网区水稻的养分利用效率,以期为进一步规范测土配方施肥技术、优化施肥结构、提高肥料养分利用率提供理论基础。

1 材料与与方法

1.1 试验地概况 试验于湖北省潜江市浩口镇进行,供试田块位于112°37'33.3"E,30°22'45.0"N,田面海拔28 m,土壤长江冲积母质上发育的潮土。土壤基础养分状况为:pH 7.3,有机质22.6 g/kg,碱解氮116.6 mg/kg,速效磷8.5 mg/kg,速效钾107.0 mg/kg^[11]。

1.2 材料 供试水稻品种为广两优476;试验所用氮、磷、钾肥料分别为尿素(含N 46%,中石化集团湖北化肥厂)、过磷酸钙(含P₂O₅ 12%,湖北洋丰股份有限公司)、氯化钾(含K₂O 60%,德国钾盐公司)。

1.3 方法

1.3.1 试验处理。试验采用大区无重复设计,将田块先分成习惯施肥(FP)和配方施肥(OPT)2个大区。共设9个处理:FP_{NPK}(习惯施肥含氮、磷、钾)、FP_{PK}(习惯施肥无氮)、FP_{NK}(习惯施肥无磷)、FP_N(习惯施肥无钾)、OPT_{NPK}(配方施肥含氮、磷、钾)、OPT_{PK}(配方施肥无氮)、OPT_{NK}(配方施肥无磷)、OPT_N(配方施肥无钾),另外单独设立1个无肥区(CK)。

试验于2016年5月12日浸种,6月12日插秧,9月25日收获。采用水播育苗移栽,栽插密度为15 cm × 27 cm,共24.75万穴/hm²,田间管理按常规。小区面积80 m²。小区间筑土埂糊薄膜分隔,各小区单设排灌沟。除施肥外,各小区其他田间管理措施均相同。

1.3.2 肥料用量与施肥方法。习惯施肥FP处理的氮、磷、钾养分用量及施肥方法,按所试区域多点调查的农户习惯施肥而确定,氮、磷、钾施用量分别为N 225 kg/hm²、P₂O₅ 60 kg/hm²、K₂O 60 kg/hm²。配方施肥OPT的施肥量,根据测试值按丰缺指标法推荐,氮、磷、钾施用量分别为N 195 kg/hm²、P₂O₅ 67.5 kg/hm²、K₂O 75 kg/hm²。施用时间FP、OPT区均按氮肥50%作基肥,30%作返青分蘖肥,20%作穗肥追施。磷肥全部基施,钾肥50%作基肥,50%作穗肥追施。

1.4 数据处理 肥料养分表观利用率、作物百千克经济产量各养分吸收量、肥料的农学效率计算公式如下。

某肥料养分表观利用率 = (全因子处理该养分吸收总量 - 缺该因子处理养分吸收总量) / 全因子处理养分施用量 × 100%。

基金项目 国家重点研发计划项目(2016YFD0200807);国家科技支撑计划项目(2014BAD14B05);湖北省农业科技创新中心项目(2016-620-000-001-019)。

作者简介 唐宏彬(1966—),男,湖北潜江人,中级农艺师,从事农业技术推广工作。*通讯作者,研究员,从事高效施肥与土壤改良研究。

收稿日期 2017-10-30

作物百千克经济产量某养分吸收量(kg) = 作物该养分吸收总量/籽粒产量 × 100。

单因子肥料的农学效率 = (全因子处理的产量 - 缺本因子处理产量)/单因子施用量;

多因子协同的农学效率 = (协同因子处理的产量 - 空白处理产量)/协同因子施用量。

2 结果与分析

2.1 不同处理对水稻籽粒产量的影响 由表1可知,与对照相比,配方施肥和习惯施肥条件下,氮肥的增产绝对量最高,磷肥的增产总量次之,钾肥有一定的增产。这说明土壤氮素水平和氮肥用量是影响水稻产量的关键因素^[12-13]。

表1 不同处理对水稻籽粒产量的影响

Table 1 Effects of different treatments on the seed yield of rice

序号 Code	处理编号 Treatment code	籽粒产量 Seed yield//kg/hm ²
1	FP _{PK}	7 215.0
2	FP _{NK}	8 423.0
3	FP _{NP}	8 515.0
4	FP _{NPK}	8 806.5
5	OPT _{PK}	7 320.5
6	OPT _{NK}	8 436.5
7	OPT _{NP}	8 711.5
8	OPT _{NPK}	9 111.0
9	CK	6 727.0

2.2 不同处理对水稻产量及肥料投入的影响 由表2可知,与习惯施肥(FP_{NPK}处理)相比,配方施肥(OPT_{NPK}处理)时,水稻籽粒产量、茎叶产量、生物产量分别增加304.5、522.5、827.0 kg/hm²,增幅分别为3.45%、4.84%、4.22%,说明配方施肥既提高经济产量,也提高生物产量。在其他投入一致的条件下,配方施肥(OPT_{NPK}处理)比习惯施肥(FP_{NPK}处理)增产304.5 kg/hm²,增收852.6元/hm²,肥料投入节支89.6元/hm²,增收节支合计944.2元/hm²。因此,配方施肥效益明显高于习惯施肥。

2.3 不同处理对肥料养分表观利用率的影响 按差减法分别计算肥料养分当季表观协同利用率。由表3可知,习惯施肥和配方施肥处理中,氮、磷、钾三者配施的表观利用率都高于任何2者配施的表观利用率,并表现为N > K > P。在氮、磷、钾三者配施的情况下,与习惯施肥处理相比,配方施肥处理的N、P₂O₅、K₂O养分利用率分别高51.1%、22.6%、13.9%,说明氮、磷、钾科学合理的配方可显著提高养分利用

率。习惯施肥处理中,偏施氮肥处理的养分利用率很低,同时还影响对磷和钾的吸收利用。这与张福锁等^[14]、王伟妮等^[15]的研究结果一致,也响应了笔者^[12,16-17]之前的研究。

表2 不同处理对水稻产量及肥料投入的影响

Table 2 Effects of different treatments on the rice yield and fertilizer input

处理编号 Treatment code	籽粒产量 Seed yield kg/hm ²	茎秆产量 Stem yield kg/hm ²	生物产量 Biological yield kg/hm ²	肥料投入 Fertilizer input 元/hm ²
FP _{NPK}	8 806.5	10 788.0	19 594.5	2 441.9
OPT _{NPK}	9 111.0	11 310.5	20 421.5	2 352.3

注:氯化钾(60%)3 800元/t;过磷酸钙(12%)700元/t;尿素(46%)3 500元/t;稻谷收购价2.8元/kg

Note: potassium chloride(60%) was 3 800 yuan/t; calcium superphosphate (12%) was 700 yuan/t; urea(46%) was 3 500 yuan/t; purchase price of rice was 2.8 yuan/kg

表3 不同处理对肥料养分表观协同利用率的影响

Table 3 Effects of different treatments on the apparent efficiency of fertilizer

肥料 Fertilizer	处理编号 Treatment code	利用率 Use efficiency//%
N	FP _{NPK}	25.97
	FP _{NP}	9.18
	FP _{NK}	9.22
	OPT _{NPK}	39.24
	OPT _{NP}	9.89
	OPT _{NK}	9.04
P ₂ O ₅	FP _{NPK}	9.20
	FP _{PK}	0.78
	FP _{NP}	7.63
	OPT _{NPK}	11.28
	OPT _{PK}	0.77
	OPT _{NP}	6.93
K ₂ O	FP _{NPK}	21.38
	FP _{NK}	9.06
	FP _{PK}	15.28
	OPT _{NPK}	24.35
	OPT _{NK}	10.11
	OPT _{PK}	13.69

2.4 不同处理对氮、磷、钾农学效率的影响 由表4可知,习惯施肥时氮、磷、钾的农学效率分别为7.07、6.39、4.88 kg/kg,均低于配方施肥时的农学效率,配方施肥可使氮、磷、钾的农学效率分别提高2.11、3.60和0.45 kg/kg。其中,氮、磷的提高幅度较大,而钾的提高幅度较小,这可能与土壤速效钾本底值较高有关。

表4 不同处理对肥料农学效率的影响

Table 4 Effects of different treatments on the fertilizer agronomical efficiency

处理编号 Treatment code	单因子农学效率 Agronomical efficiency of single fertilizer			协同因子农学效率 Agronomical efficiency of cofactors			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	PK	NK	NP	NPK
FP _{NPK}	7.07	6.39	4.86	4.07	5.95	6.27	6.03
OPT _{NPK}	9.18	9.99	5.33	4.16	6.33	7.56	7.06

协同效率方面,无论是2因子,还是3因子,配方施肥均高于习惯施肥的农学效率。其中,NP协同表现最好,甚至高

于NPK协同,PK协同的农学效率最大。

2.5 不同处理对水稻籽粒和茎叶养分含量的影响 由表5

可知,与习惯施肥处理相比,配方施肥处理中水稻籽粒氮含量显著提高,增幅达 20.70%,但茎叶含氮增幅仅为 3.60%;籽粒磷、钾含量均略有增加,分别为 4.06% 和 4.55%;茎叶磷、钾含量也均有所增加,分别增幅 13.73% 和 2.31%。氮是合成蛋白质的主要成分,因此配方施肥处理可能对稻谷品质有一定提高。但无论配方施肥还是习惯施肥都有一个相同的趋势:籽粒氮含量远远高于籽粒磷、钾含量,籽粒磷和钾含量则差异不大;茎叶钾含量明显高于氮含量,而磷含量则较低;茎叶钾含量大大高于籽粒钾含量,籽粒磷含量高于茎叶

磷含量,配方施肥处理中籽粒氮含量高于茎叶氮含量,习惯施肥处理中籽粒氮含量与茎叶氮含量差异则较小。配方施肥处理和习惯施肥处理中,水稻对养分的吸收量都表现为钾 > 氮 > 磷。

配方施肥时籽粒产量为 9 111.0 kg/hm²,若按以产定氮则施氮量为 135.8 kg/hm²,与配方施肥处理基本相符,进一步说明配方施肥以产量定氮、以土壤丰缺程度定磷、钾的做法基本符合生产实际。

表 5 不同处理对水稻籽粒和茎叶养分含量的影响

Table 5 Effects of different treatments on nutrient contents in rice seeds, stems and leaves

处理编号 Treatment code	籽粒 Seeds			茎叶 Stems and leaves		
	N	P	K	N	P	K
FP _{NPK}	1.21	0.271	0.22	1.11	0.051	2.59
OPT _{NPK}	1.49	0.282	0.23	1.15	0.058	2.65

3 小结

(1) 配方施肥处理较习惯施肥处理可增产 3.45%, 肥料投入节支 89.6 元/hm², 增收节支可达 944.2 元/hm²。

(2) 氮、磷、钾 3 者配施时肥料的表现利用率最高; 单质元素表现为 N > K > P。与习惯施肥处理相比, 配方施肥处理能提高肥料的农学效率和养分利用率, N、P₂O₅、K₂O 养分利用率分别提高 51.1%、22.6%、13.9%。

(3) 配方施肥处理能促进氮的吸收, 提高籽粒中氮的含量, 增幅达 20.7%, 对提高稻米品质有一定作用。

参考文献

- [1] 闫湘, 金继运, 何萍, 等. 提高肥料利用率技术研究进展[J]. 中国农业科学 2008, 41(2): 450-459.
- [2] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-919.
- [3] 郑圣先, 戴平安. 高产两系杂交水稻营养特性的研究[C]//湖南省土壤肥科学会. 迈向 21 世纪的土壤科学—提高土壤质量, 促进农业持续发展. 中国土壤学会第九次全国会员代表大会论文集(湖南卷). 长沙: 湖南科学技术出版社, 1999: 192-197.
- [4] 吴文革, 阮新民, 施伏芝. 不同施氮水平对中籼稻氮素吸收利用及其产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(5): 1403-1405.
- [5] 程建峰, 戴廷波, 曹卫星, 等. 不同类型水稻种质氮素营养效率的变异分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(2): 175-183.

- [6] CASSMAN K G, PENG S B, OLK D C, et al. Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems[J]. Field Crops Res, 1998, 56(1/2): 7-39.
- [7] WU P, TAO Q N. Genotypic response and selection pressure on nitrogen-use efficiency in rice under different nitrogen regimes[J]. Journal of plant nutrition, 1995, 18(3): 487-500.
- [8] 袁伟玲, 曹凑贵, 程建平. 水稻产量性状相关性及通径分析[J]. 垦殖与稻作, 2005(4): 6-8.
- [9] 刘福才, 赵一洲. 水稻品种产量性状的遗传相关及通径分析[J]. 垦殖与稻作, 2003(3): 11-12.
- [10] 朴钟泽, 韩龙植, 高熙宗. 水稻不同基因型氮素利用效率差异[J]. 中国水稻科学, 2003, 17(3): 233-238.
- [11] 鲍士旦. 土壤化学分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 30-107.
- [12] 杨利, 甘曦, 余延丰, 等. 江汉平原稻区中稻养分利用效率的初步研究[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(10): 2380-2383.
- [13] 董军, 吴家琼, 甘曦, 等. 江汉平原主要中稻品种施肥模型的研究及应用[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(24): 5067-5071.
- [14] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-924.
- [15] 王伟妮, 王亚艺, 姚忠清, 等. 中稻“3414”施肥效果及推荐用量研究[J]. 湖北农业科学, 2008, 47(12): 1416-1419.
- [16] 郭红艳, 庄光泉, 杨利, 等. 水稻养分利用效率试验初报[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(14): 3268-3270.
- [17] 杨利, 余延丰, 游艾青, 等. 两个杂交水稻品种氮肥利用效率的初步研究[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(8): 1834-1837.

名词解释

地区分布数: 指来源期刊登载论文所涉及的地区数, 按全国 31 个省市计(不包括港澳台)。这是衡量期刊论文覆盖面和全国影响力大小的一个指标。

机构分布数: 指来源期刊论文的作者所涉及的机构数。这是衡量期刊科学生产能力的另一个指标。

海外论文比: 指来源期刊中, 海外作者发表论文占全部论文的比例。这是衡量期刊国际交流程度的一个指标。

基金论文比: 指来源期刊中, 各类基金资助的论文占全部论文的比例。这是衡量期刊论文学术质量的重要指标。

引用半衰期: 指该期刊引用的全部参考文献中, 较新一半是在多长一段时间内发表的。通过这个指标可以反映出作者利用文献的新颖度。