

聂俊,邱俊荣,史亮亮,等. 有机肥和化肥配施对抛栽水稻产量、品质及钾吸收转运的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(2):122-125.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.034

# 有机肥和化肥配施对抛栽水稻产量、品质及钾吸收转运的影响

聂俊,邱俊荣,史亮亮,蓝华生,詹愈忠  
(广东省农业科学院科研试验示范场,广东广州 510642)

**摘要:**通过大田试验,以常规稻美香占、杂交稻天优998为试验材料,研究不同比例的有机肥、化肥配施对水稻产量和品质、土壤有机质和养分含量、水稻钾吸收与转运的影响。结果表明:有机肥、化肥配施有利于提高水稻产量,美香占、天优998均以3:5的配施比例效果最好,产量分别达9.79、10.80 t/hm<sup>2</sup>,分别比纯化肥处理增产27.97%、21.21%。此外,适当比例的有机肥、化肥配施有利于改善稻米的碾磨品质和外观品质,提高稻米的糙米率、精米率,降低稻米的垩白粒率、垩白度;有利于水稻生育期钾素的吸收与成熟期钾的转运;水稻收获后,有机肥、化肥配施处理可以增加土壤有机质、养分含量;当有机肥比例超过一定值后,可能会导致水稻前期养分不足,后期贪青晚熟,降低产量。

**关键词:**水稻抛栽;化肥;有机肥;产量;品质;钾

**中图分类号:** S511.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)02-0122-04

水稻产量、品质受品种遗传特性和环境条件的综合影响<sup>[1]</sup>,在诸多环境因子中,肥料是重要影响因素。随着中国农业集约化程度不断提高,农民的施肥习惯变为“重化肥、轻有机肥”,致使有机肥用量逐年减少,土壤肥力恶变,农田土壤退化已成为世界农业面临的严峻问题,世界各国都在研究

治理措施和防治对策,其中增施有机肥是一条重要的措施。有研究表明,增施有机肥可以改善土壤结构、增加土壤养分、对作物高产稳产、健壮生长和改善产品品质有益<sup>[2-5]</sup>。肥料是作物生长发育的重要因子,如何科学地进行施肥管理是影响作物的产量与品质以及土壤养分的重要因素之一。本试验通过研究不同比例的有机肥和化肥配施条件下水稻产量、品质以及养分吸收积累的变化,为水稻可持续生产、合理施肥,减少肥料损失等提供理论依据。

收稿日期:2015-08-20

基金项目:广东省科技计划(编号:2011A020202001)。

作者简介:聂俊(1988—),男,湖南常德人,硕士,研究实习员,主要从事水稻高产优质安全栽培技术研究。E-mail:niejun08112@163.com。

通信作者:邱俊荣,硕士,研究员,主要从事植物保护及科技管理研究。E-mail:964893291@qq.com。

## 1 材料与方

### 1.1 供试材料

供试品种为常规稻美香占和杂交稻天优998;商品有机

[9]王朝霞,蒙美莲,张静,等. NaCl胁迫下钾对马铃薯的调控作用[J]. 作物杂志,2012(4):94-97.

[10]王玉凤,薛盈文,杨克军,等. 钾对NaCl胁迫下玉米幼苗保护酶活性等生理特性的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2010,22(4):19-22.

[11]郑延海,宁堂原,贾爱君,等. 钾营养对不同基因型小麦幼苗NaCl胁迫的缓解作用[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(3):381-386.

[12]逢焕成,杨劲松,谢晓红. 氯化钠胁迫下施氮对冬小麦生长发育及体内氯、钠离子积累的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(5):654-658,664.

[13]穆静,刘小京,徐进,等. 氮素对NaCl胁迫下甜高粱种子萌发及芽苗生长与生理的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(10):1303-1309.

[14]智慧,刁现民,吕芃,等. 人工盐胁迫法鉴定谷子及狗尾草物种耐盐基因型[J]. 河北农业科学,2004,8(4):15-18.

[15]田伯红. 盐碱胁迫对谷子农艺性状及产量的影响[J]. 河北农业科学,2009,13(10):4-5.

[16]李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育

出版社,2000:258-260.

[17]王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006:172-173.

[18]张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2003:274-276.

[19]宋云鹏. 外源硅对NO<sub>3</sub><sup>-</sup>胁迫下黄瓜幼苗生长及生理生化特性的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2011:37.

[20]刘友良,汪良驹. 植物对盐胁迫的反应和耐盐性[M]//余叔文,汤章城. 植物生理与分子生物学. 2版. 北京:科学出版社,1998:752-798.

[21]Meloni D A,Oliva M A,Martinez C A,et al. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress[J]. Environmental and Experimental Botany,2003,49(1):69-76.

[22]宁建凤. 氮对盐胁迫下库拉索芦荟生长及生理特性的影响[D]. 南京:南京农业大学,2005:46.

[23]沈振国,沈其荣,管红英,等. NaCl胁迫下氮素营养与大麦幼苗生长和离子平衡的关系[J]. 南京农业大学学报,1994,17(1):22-26.

肥为精制有机肥,养分含量 $\geq 6\%$ ( $N \geq 3\%$ 、 $P_2O_5 \geq 2\%$ 、 $K_2O \geq 1\%$ ),有机质含量 $\geq 30\%$ 。

### 1.2 试验条件与设计

试验于2014年7—12月在广东省农业科学院白云基地进行,试验田土壤有机质、全氮含量分别为7.86、0.67 g/kg,碱解氮、速效磷、速效钾含量分别为61.02、12.81、104.80 mg/kg。施肥处理设有有机肥、化肥配合施用(表1)。有机肥以全氮作为参照,按照当季利用率20%计算,共施12 kg/hm<sup>2</sup>纯氮、6 kg/hm<sup>2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、16 kg/hm<sup>2</sup> K<sub>2</sub>O,有机肥和磷肥全作基肥施用,氮、钾肥按基肥:穗肥=8:2施用。采用随机区组,3次重复,每个小区40 m<sup>2</sup>。抛秧密度为2×10<sup>4</sup>穴/hm<sup>2</sup>。水稻于7月25日播种,8月8日抛秧,2个品种均于11月10日收获。

表1 不同处理肥料施用情况

处理	氮肥有机与无机比例	施肥量(kg/hm <sup>2</sup> )			
		有机肥	尿素	过磷酸钙	氯化钾
B0	0:1	0	387.90	750.00	300.00
B1	1:7	3 750	315.15	656.25	262.50
B2	1:3	7 500	242.40	562.50	225.00
B3	3:5	11 250	169.80	468.75	187.50
B4	1:1	15 000	97.05	375.00	150.00

### 1.3 测定指标与方法

1.3.1 钾积累量的测定 分别于水稻分蘖期、孕穗期、齐穗期、成熟期按每小区茎蘖数的平均数取代表性植株4穴,分叶和茎2部分(齐穗期和成熟期分为叶、茎和穗),在105℃下杀青30 min,80℃下烘干至恒质量,分别测定地上部各器官的钾含量,用H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>消煮,并用火焰光度法<sup>[6]</sup>测钾含量。钾素积累转运等相关计算公式<sup>[7]</sup>如下:

钾积累量=单位面积植株钾素积累量;

收获指数=成熟期单位面积植株籽粒钾素积累量/植株钾总积累量;

转运量=齐穗时某器官元素钾积累量-成熟时该器官钾的滞留量;

转运率=单位面积植株齐穗后叶、茎鞘钾的表观输出量/抽穗期叶、茎鞘钾总积累量×100%;

转运贡献率=钾转运量/齐穗至成熟期穗部钾素积累总量×100%。

1.3.2 土壤养分测定 水稻收获后分别采集各处理0~15 cm土层的5个点混合土样,风干后过8 mm筛备用。养分按常规方法<sup>[6]</sup>测定。

1.3.3 稻米品质测定 收获后的稻谷于室温下保存3个月以保证稻谷品质的稳定,稻米品质参照GB/T 17891—1999《优质稻谷》<sup>[8]</sup>的方法测定。

试验数据使用Microsoft Excel 2010处理,统计分析采用Statistix 8.0数据处理系统。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对水稻产量的影响

从图1可以看出,适当比例的有机肥和化肥配施有利于提高水稻产量,2个品种表现趋势基本一致。B1、B2、B3、B4处理的美香占产量均高于B0处理,以B3处理的效果最好,

达到了9.79 t/hm<sup>2</sup>,较B0处理显著提高了27.97%。B1、B2、B3、B4处理的天优998产量均高于B0处理,以B3处理的效果最好,达到了10.80 t/hm<sup>2</sup>,较B0处理显著提高了21.21%。结果表明,适当配施有机肥有利于提高水稻的产量,而当有机肥比例超过一定值后,可能会不利于水稻高产。

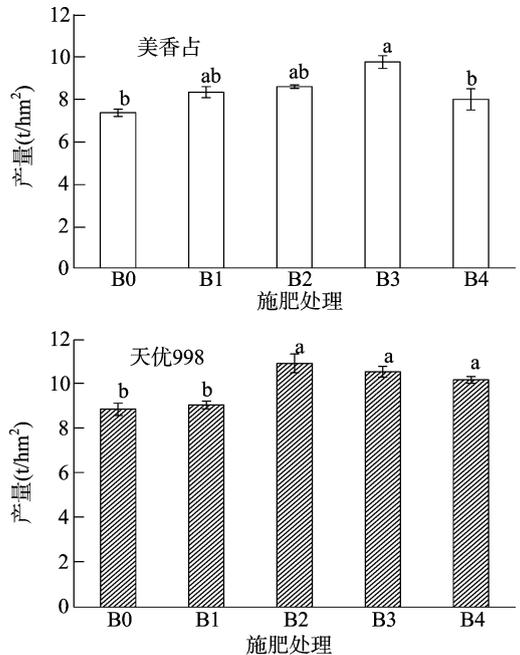


图1 不同施肥处理对水稻产量的影响

### 2.2 不同施肥处理对稻米品质的影响

不同施肥处理对稻米品质的影响如表2所示。就碾磨品质而言,适当配施有机肥有利于提高稻米的糙米率、精米率和整精米率。B1、B2处理的美香占糙米率均高于B0处理,以B1处理的效果最好;配施有机肥处理的天优998糙米率均高于B0处理,以B4处理的效果最好;B1、B2、B3、B4处理的稻米精米率和整精米率均高于B0处理,2个品种以B3处理的效果最好。就外观品质而言,适当配施有机肥有利于降低垩白粒率、垩白度,B1、B2、B3、B4处理的美香占和天优998垩白粒率、垩白度均低于B0处理,美香占以B3处理的效果最好,天优998以B4处理最好。就蒸煮品质而言,B1、B2、B3、B4处理的美香占直链淀粉含量均低于B0处理。结果表明,适当配施有机肥有利于改善稻米的碾磨品质和外观品质。

### 2.3 不同施肥处理对土壤养分的影响

不同施肥处理对种植一季水稻之后土壤(0~15 cm)养分影响如表3所示。与B0处理相比,配施有机肥后土壤的pH值均有所降低;土壤有机质含量随着配施有机肥的比例增大而增加,在B4处理的土壤有机质含量方面,美香占、天优998分别比B0处理增加了92.30%、57.47%;B1、B2、B3、B4处理的土壤养分全氮、全磷、全钾含量除B1处理的天优998外均高于B0处理;配施有机肥处理的土壤养分碱解氮、有效磷、速效钾含量除B1处理的天优998的碱解氮外均高于B0处理。这些结果表明,适当配施有机肥可以改善土壤,增加土壤养分含量。

### 2.4 不同施肥处理对水稻各生育期钾积累量的影响

有机肥配施无机肥对水稻各生育期钾积累量的影响结果

表2 不同施肥处理对稻米品质的影响

品种	处理	糙米率 (%)	精米率 (%)	整精米率 (%)	垩白粒率 (%)	垩白度 (%)	蛋白质含量 (%)	直链淀粉含量 (%)
美香占	B0	78.45b	68.24b	59.05b	7.00a	12.13a	9.57c	18.50a
	B1	79.28a	69.73a	61.45ab	6.67a	7.47ab	9.77b	17.90ab
	B2	78.79ab	69.55ab	61.82a	5.33ab	6.23b	9.90a	18.10ab
	B3	78.43b	69.80a	63.28a	4.00b	4.63b	9.53c	17.37b
	B4	78.35b	69.60ab	63.19a	5.33ab	3.87b	8.57d	17.87ab
天优998	B0	80.61b	70.44c	55.92c	9.33a	15.13a	8.80c	17.53a
	B1	80.91ab	70.69c	59.29b	8.67a	9.63ab	9.27a	17.00a
	B2	81.39a	71.41ab	60.21b	8.67a	8.95ab	8.27d	16.77b
	B3	81.32ab	71.69a	63.66a	8.00a	6.57ab	9.00b	16.47bc
	B4	81.45a	71.02bc	61.30ab	7.67a	5.27b	7.90e	16.53c

注:同列数据后不同小写字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )。表3至表5同。

表3 不同施肥处理后土壤养分情况

品种	处理	pH值	有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)	全钾含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
美香占	B0	5.50	6.36	0.400	0.28	3.49	19.14	46.71	25.74
	B1	5.24	8.87	0.516	0.39	3.73	39.49	53.52	58.44
	B2	5.43	8.94	0.632	0.35	3.90	46.07	50.31	60.58
	B3	5.46	10.20	0.601	0.38	3.87	32.31	49.93	61.99
	B4	4.93	12.23	0.652	0.34	4.87	52.65	33.07	59.92
天优998	B0	5.78	8.16	0.490	0.29	4.20	32.31	29.29	22.22
	B1	5.74	8.26	0.461	0.30	3.50	25.13	56.93	29.07
	B2	5.55	10.16	0.525	0.31	3.48	34.10	61.29	62.58
	B3	5.73	10.47	0.545	0.37	4.30	35.90	42.16	30.97
	B4	5.65	12.85	0.583	0.44	4.00	40.08	60.34	53.52

见表4。在分蘖期至成熟期,配施有机肥的水稻钾积累量均高于B0处理;在分蘖期,2个品种均以B1处理的钾含量最高,分别比B0处理显著提高67.67%、33.71%;在孕穗期,B3处理的美香占钾积累含量最高;在孕穗期、齐穗期,B1处理的天优998钾积累量均最高;在齐穗期、成熟期,B2处理的美香占钾积累含量均显著高于B0处理;在成熟期,B3处理的天优998钾积累量显著高于B0处理;配施有机肥的钾收获指数均高于B0处理。结果表明,配施适当比例有机肥有利于水稻对钾的吸收积累,但是超过一定比例后,可能不利于水稻对钾的吸收。

表4 不同施肥处理对天优998各生育期钾积累量、钾收获指数的影响

处理	钾积累量 (kg/hm <sup>2</sup> )				钾收获指数 (%)
	分蘖期	孕穗期	齐穗期	成熟期	
B0	4.67c	36.62c	73.15b	87.63c	21.71a
B1	7.83a	42.33bc	84.90ab	107.73b	24.57a
B2	7.23ab	52.13ab	92.22a	133.19a	23.86a
B3	6.10abc	57.36a	82.96ab	119.87ab	23.59a
B4	5.31bc	45.01bc	87.38a	107.95b	23.19a
B0	7.09b	45.54b	70.91d	103.63c	20.95a
B1	9.48a	65.78a	111.03a	124.10bc	22.79a
B2	7.54b	62.81a	91.64c	133.62ab	22.45a
B3	8.25ab	61.78a	98.03bc	146.23a	22.15a
B4	7.96ab	56.97ab	101.31b	119.88bc	21.99a

## 2.5 不同施肥处理对水稻钾的转运影响

由表5可以看出,2个水稻品种在齐穗期至成熟期配施有机肥处理的叶片和茎鞘钾转运量均高于B0处理,叶片钾转运量、转运率均高于茎鞘,有利于提高水稻钾的转运贡献率。B4处理的美香占、天优998的叶片钾转运量分别比B0处理显著提高了47.86%、125.78%;配施有机肥的叶片和茎鞘钾转运率均低于B0处理。在齐穗期至成熟期,B0、B4处理的钾转运贡献率均显著高于B0处理。以上结果表明,适当比例的有机肥和化肥配施有利于水稻叶片积累的钾向籽粒转移。

## 3 结论与讨论

在等量氮、磷、钾的条件下,有机肥、化肥配施有利于提高水稻产量。在本研究中,有机肥比例在25%~37.5%时均能获得较高的产量;当有机肥比例达到50%时,产量有所下降。这与前人的研究结果<sup>[9-11]</sup>一致。当有机肥超过一定比例后,化学氮越少,可能造成水稻前期缺氮,不利于水稻形成有效的分蘖,在水稻生长后期由于氮素释放,后期氮素供应过量,易引起贪青晚熟,从而不利于水稻高产。有机肥、化肥配施可能是通过提高功能叶的净光合速率,增加水稻前期干物质的积累、有效穗数、每穗粒数来促进水稻高产<sup>[12-14]</sup>。另外,本研究还发现,适当比例的有机肥、化肥配施有利于改善稻米的碾磨品质、外观品质,可以显著降低稻米的垩白粒率、垩白度,提高糙米率、精米率,这与前人的研究结果<sup>[15]</sup>基本一致。其可能

表5 不同施肥处理下齐穗至成熟期叶片及茎鞘钾的转运

品种	处理	叶		茎鞘		齐穗至成熟期钾转运贡献率 (%)
		转运量(kg/hm <sup>2</sup> )	转运率(%)	转运量(kg/hm <sup>2</sup> )	转运率(%)	
美香占	B0	26.62b	55.85a	2.31a	18.55a	50.19b
	B1	36.78ab	55.60a	2.46a	11.85ab	67.62a
	B2	34.72ab	50.44ab	2.85a	14.40ab	54.19ab
	B3	32.82ab	51.16a	2.77a	15.03ab	58.11ab
	B4	39.36a	43.80b	2.62a	10.33b	66.91a
天优998	B0	18.04c	51.46a	6.29c	22.73a	41.90c
	B1	37.32ab	44.49ab	17.71a	20.24a	72.58a
	B2	31.33b	46.80ab	12.67ab	17.45ab	52.38b
	B3	32.40ab	46.89ab	15.13ab	11.78bc	50.20b
	B4	40.73a	37.87b	9.75bc	4.03c	70.56a

原因是适当比例的有机肥、化肥配施有利于水稻钾素的吸收积累,提高水稻钾的转运量。而大量研究表明,增施钾肥有利于提高和改善稻米的外观品质和碾磨品质<sup>[16-17]</sup>。

长期施用有机肥可以改善土壤结构,促进微生物繁殖,提高全效养分含量<sup>[18-21]</sup>。本研究表明,配施有机肥可以增加0~15 cm土壤有机质的含量,增加土壤养分。随着有机肥比例的增加,0~15 m土壤的有机质含量均有所增加,全氮、全磷、全钾与纯化肥相比均有较小的增加,碱解氮、有效磷、有效钾有较大幅度的增加,这与一些前人的研究结果<sup>[22-23]</sup>基本一致。有研究表明,以20%~30%有机氮配比处理的土壤养分释放规律更符合作物的养分需求动态,更有利于作物获得稳定的高产<sup>[24]</sup>。本研究中25%、37.5%的有机肥比例获得高产的结果与之类似。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 张振都,吴景贵. 畜禽粪便的资源化利用研究进展[J]. 广东农业科学,2010,37(1):135-138.
- [3] 凌启鸿,张洪程,鞠章网,等. 三安生物有机肥不同用量对有机水稻产量、品质和氮素吸收利用的影响[J]. 中国稻米,2010,16(1):17-22.
- [4] 夏玉春,姜立文,张喜印,等. 玉米有机肥与化肥配施试验研究[J]. 现代农业科技,2010(10):67,69.
- [5] 陶勇周. 有机无机肥料结合施用对紫色土性水稻土的肥力影响[J]. 西南农业学报,2004,17(增刊1):138-142.
- [6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [7] 孙永健,孙园园,李旭毅,等. 水氮互作对水稻氮磷钾吸收、转运及分配的影响[J]. 作物学报,2010,36(4):655-664.
- [8] 国家质量技术监督局. GB/T 17891—1999 优质稻谷[S]. 北京:中国标准出版社,1999.
- [9] 李先,刘强,荣湘民,等. 有机肥对水稻产量和品质及氮肥利用率的影响[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2010,36(3):258-262.
- [10] 管建新,王伯仁,李冬初. 化肥有机肥配合对水稻产量和氮素利用的影响[J]. 中国农学通报,2009,25(11):88-92.
- [11] 施正连,孙惠玲,翟廷广,等. 商品有机肥在水稻测土配方施肥中的应用效果[J]. 江苏农业科学,2010(6):129-131.
- [12] 徐明岗,李冬初,李菊梅,等. 化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J]. 中国农业科学,2008,41(10):3133-3139.
- [13] 谢桂先,荣湘民,刘强,等. 肥料不同配比对水稻产量与蛋白质含量的影响[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2004,30(5):405-410.
- [14] 李先,刘强,荣湘民,等. 有机肥对水稻产量及产量构成因素的影响[J]. 湖南农业科学,2010(5):64-66.
- [15] 戴平安,刘向华,易国英,等. 氮磷钾及有机肥不同配施量对水稻品质和产量效应的研究[J]. 作物研究,1999(3):26-30,42.
- [16] 周瑞庆. 肥料种类及营养元素对稻米产量与品质影响的初步研究[J]. 作物研究,1988(1):14-17.
- [17] 莫剑文,李武,段美洋,等. 减钾对华南早晚兼用型水稻产量形成、品质及钾吸收利用的影响[J]. 华北农学报,2014,29(1):151-158.
- [18] 韩秉进,陈渊,乔云发,等. 连年施用有机肥对土壤理化性状的影响[J]. 农业系统科学与综合研究,2004,20(4):294-296.
- [19] 刘亚柏,刘伟忠,郭建,等. 几种有机肥在有机桃树(拂晓)上的应用效果[J]. 江苏农业学报,2014,30(6):1531-1533.
- [20] 蒋仁成,厉志华,李德民. 有机肥和无机肥在提高黄潮土肥力中的作用研究[J]. 土壤学报,1990,27(2):179-185.
- [21] 汪海燕,王辉. 不同施肥处理对番茄根际土壤铜形态变化及生物有效性的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(5):245-249.
- [22] 孙福来,张延霞,庞祥锋,等. 长期定位施肥对土壤有机质和碱解氮及冬小麦产量的影响[J]. 土壤通报,2007,38(5):1016-1018.
- [23] 张鹏,贾志宽,路文涛,等. 不同有机肥施用量对宁南旱区土壤养分、酶活性及作物生产力的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(5):1122-1130.
- [24] 刘益仁,徐阳春,李想,等. 有机肥部分替代化肥对土壤微生物生物量及矿质态氮含量的影响[J]. 江西农业学报,2009,21(11):70-73,79.