

# 有机肥配施营养液对杂交稻产量及产量构成的影响

刘国彪<sup>1</sup> 张冬明<sup>1</sup> 曲均锋<sup>2</sup> 肖彤斌<sup>1</sup> 曾建华<sup>1</sup> 吉清妹<sup>1</sup> 谢良商<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup>海南省农业科学院农业环境与土壤研究所/农业部海南耕地保育科学观测实验站/海南省耕地保育重点实验室,海口 571100;

<sup>2</sup>中海石油化学股份有限公司,海南 东方 572600;第一作者:dongming\_03@163.com;\* 通讯作者:Lshxie@163.com)

**摘 要:**以博优 225 为材料,研究了有机肥配施营养液对水稻产量、产量构成因素及其经济效益的影响。结果表明,有机肥配施营养液能有效提高稻谷产量,以每 hm<sup>2</sup> 施 1 500 kg 有机肥+9 L 营养液处理产量最高,产量达 5 181.65 kg/hm<sup>2</sup>,比单施化肥增产 26.84%;与单施有机肥相比,加施营养液不仅能够提高产量,而且在一定程度上还能提高有效穗数、每穗粒数、千粒重和结实率。有机肥配施营养液或将成为一种新的施肥模式。

**关键词:**水稻;有机肥;营养液;产量;经济效益

**中图分类号:**S635.1;S511.062 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2017)03-0044-04

有机肥富含有益物质,营养全面,施用有机肥一直是培肥地力、改良土壤的主要措施<sup>[1]</sup>。随着集约化农业的飞速发展,增产快、养分高、用量少的化肥备受青睐,人们逐渐将施用化肥作为农作物增产的重要物化技术措施<sup>[2]</sup>。由于有机肥养分含量低、释放速度慢、增产效果不明显,又耗费大量劳力,因此,20 世纪 80 年代以来有机肥的施用渐渐被忽视。化肥的施用虽然给农作物持续增产带来了强劲的动力,但化肥过度且不合理施用已造成土壤酸化、次生盐渍化、养分不平衡、土壤结构破坏及环境污染等一系列问题,引起了更多的关注<sup>[3]</sup>。进入 20 世纪 90 年代,以液体肥料为代表的新型肥料进入了飞速发展期,相继出现了营养液、叶面肥、水溶肥等产品,但液体肥料更多的是配合其他有机肥、无机肥一起使用<sup>[4]</sup>,一般不作为主要肥料。近年来,如何合理施肥、提高作物产量和品质、维持和培肥地力成为农业生产的新热点。有关不同施肥措施,尤其是有有机肥、无机肥和营养液配施对农作物产量、品质和土壤养分的影响,国内外学者做了大量研究<sup>[5-9]</sup>,均表明有机肥无机肥配施营养液能够较好的提高作物产量和品质。为进一步揭示有机肥配施营养液对农作物的增产效果,本研究以早熟晚稻品种博优 225 为供试材料,探索有机肥配施营养液对稻谷产量、产量构成因素和经济效益的影响,旨在为进一步改善水稻的施肥方式,提高肥料利用效率,防止土壤贫瘠化提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 试验地概况

试验于 2015 年 7-11 月在海南省文昌市铺前镇潭

榄村潭榄洋进行。前茬作物为辣椒,供试土壤为水稻土,质地为砂壤,土壤基础理化性状测试值见表 1。

#### 1.1.2 供试作物

供试水稻品种为博优 225,7 月 2 日插秧,10 月 23 日收割测产。

#### 1.1.3 供试肥料

有机肥(有机质 $\geq 25\%$ ,总养分 N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O $\geq 8\%$ ),营养液(云南凯程生物科技开发有限公司生产),复合肥(15-15-15),尿素(含 N 46.4%),过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)、氯化钾(含 K<sub>2</sub>O 60%)。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 试验处理

试验设 5 个处理:T<sub>0</sub>,不施肥;T<sub>1</sub>,单施有机肥;T<sub>2</sub>,有机肥+3 次营养液,即在单施有机肥的基础上喷施 3 次营养液;T<sub>3</sub>,有机肥+10 次营养液,即在单施有机肥的基础上喷施 10 次营养液;T<sub>4</sub>,只施化肥,即农民常规施肥。每个处理 3 次重复,随机区组排列,每个小区面积 30 m<sup>2</sup>,移栽规格 20 cm×20 cm。

各处理的具体施肥量和试验施肥方法如表 2 所示。T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub> 处理每 hm<sup>2</sup> 施有机肥 1 500 kg,其中,750 kg 当基肥施用,750 kg 当追肥施用(即返青后约 10 d 左右施);营养液的喷施每 hm<sup>2</sup> 每次 900 mL,500 倍液;T<sub>4</sub> 为农民常规施肥,磷肥每 hm<sup>2</sup> 施 300 kg 作基肥,插秧返青后第 1 次追肥,每 hm<sup>2</sup> 施复合肥 300 kg、尿素 150

收稿日期:2016-11-08

**基金项目:**海南省耕地改良关键技术与示范专项(HNGDhs201501);海南省省属科研院所技术开发研究专项(编号:KYYS-2014-38、KYYS-2015-12)

表 1 土壤基础理化性状

指标	pH 值	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	水溶性盐 (g/kg)
含量	5.45	19.12	116.45	13.32	65.21	1.21

表中数据为平均值,种植前采集 20 cm 耕层土壤混合样品,pH 值采用电位法;其他指标的测试方法参照鲁如坤《土壤农业化学分析方法》1999。

表 2 不同处理施肥量及施用方法

处理	基肥 (kg/hm <sup>2</sup> )	追肥 (kg/hm <sup>2</sup> )	营养液
T <sub>0</sub>	0	0	喷施清水
T <sub>1</sub>	有机肥 750	有机肥 750	喷施清水
T <sub>2</sub>	有机肥 750	有机肥 750	喷 3 次(抽穗扬花前按相同时间间隔喷完)
T <sub>3</sub>	有机肥 750	有机肥 750	喷 10 次(返青后约 10 d 喷 1 次)
T <sub>4</sub>	磷肥 300	复合肥 450+尿素 225	喷施清水

表 3 不同施肥处理稻谷理论产量及其构成因素影响

处理	有效穗数 (10 <sup>6</sup> /hm <sup>2</sup> )	每穗粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)	理论产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
T <sub>0</sub>	1.51±0.03 b	126.7±2.83 b	87.2±1.95 a	18.9±0.52 b	3153.3±284.77 d D
T <sub>1</sub>	1.92±0.04 ab	137.3±3.57 ab	88.1±1.97 a	20.9±0.47 a	4805.9±438.38 c C
T <sub>2</sub>	2.13±0.05 a	137.7±4.07 ab	93.3±2.08 a	19.9±0.44 ab	5349.5±491.82 b B
T <sub>3</sub>	2.21±0.06 a	155.3±3.85 a	88.0±1.97 a	20.4±0.49 a	6019.6±556.46 a A
T <sub>4</sub>	2.07±0.05 a	137.7±3.48 ab	90.1±2.01 a	20.6±0.46 a	5087.7±477.81 b BC

LSD<sub>0.05</sub>=88.723;LSD<sub>0.01</sub>=129.098。

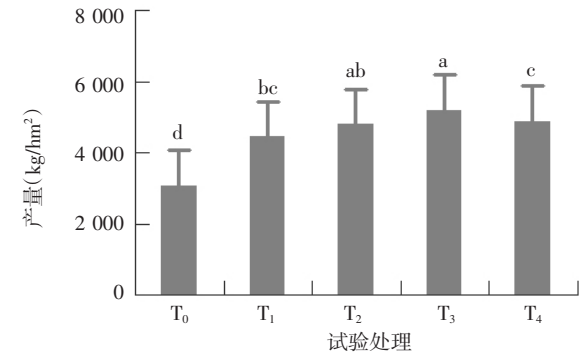


图 1 不同处理的稻谷产量

kg,分蘖拔节至孕穗期第 2 次追肥,每 hm<sup>2</sup> 施复合肥 150 kg、尿素 75 kg。

1.2.2 测产及考种取样

收割时各小区单独测产,收割前每小区按照统一的定位方法(即各小区每个角两条边往里分别数 5 行的交叉位置和小区的 midpoint 位置<sup>[10]</sup>)沿着地面(不留茬)割 5 株进行室内考种调查,计数有效穗数、每穗粒数、千粒重,测量株高和穗长。

1.2.3 数据分析

采用 SAS 软件进行方差分析和相关分析,Excel 2007 进行作图。

2 结果与分析

2.1 对稻谷产量及产量构成因素的影响

如图 1 所示,有机肥配施营养液能够显著提高水稻产量。T<sub>0</sub> 处理稻谷产量为 3 074.2 kg/hm<sup>2</sup>,T<sub>4</sub> 处理稻谷产量为 4 884.9 kg/hm<sup>2</sup>,比 T<sub>0</sub> 处理提高了 58.90%;T<sub>1</sub> 处理稻谷产量为 4 435.0 kg/hm<sup>2</sup>,比 T<sub>0</sub> 处理提高了 31.44%,说明单施有机肥也有一定的增产效果。有机肥配合营养液施用,相对于单施有机肥进一步提高了稻谷产量,T<sub>2</sub> 处理比 T<sub>1</sub> 处理增产 7.97%,增产不显著;T<sub>3</sub> 处理比 T<sub>1</sub> 处理增产 16.80%,增产显著。说明有机肥配施营养液增产效果显著。

由表 3 可以看出,施肥显著提高了水稻的有效穗数。T<sub>1</sub> 处理每 hm<sup>2</sup> 有效穗数为 1.92×10<sup>6</sup> 穗,比 T<sub>0</sub> 处理提高了 27.15%;T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub> 处理有效穗数分别为 2.13×10<sup>6</sup> 穗和 2.21×10<sup>6</sup> 穗,比 T<sub>1</sub> 处理分别提高了 10.94% 和 15.10%,差异未达显著水平;T<sub>3</sub> 处理的每穗粒数显著高于 T<sub>0</sub> 处理,其他处理间水稻每穗粒数差异不显著;施肥显著提高了稻谷千粒重和结实率,但各施肥处理间差异不显著。

运用 LSD 法对不同处理的理论产量进行多重比较,结果表明,不施肥处理的理论产量最低,仅为 3153.3 kg/hm<sup>2</sup>,施肥处理的理论产量均极显著高于不施肥处理;在施肥处理中,以 T<sub>3</sub> 处理理论产量最高,达 6 019.6 kg/hm<sup>2</sup>,比 T<sub>4</sub> 处理增产 18.32 %。

2.2 对水稻农艺性状的影响

从图 2 可以看出,各处理株高从高到低依次为 T<sub>3</sub>>

表 4 不同施肥处理水稻经济效益对比

处理	稻谷产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	产值 (元/hm <sup>2</sup> )	肥料成本 (元/hm <sup>2</sup> )	营养液 (元/hm <sup>2</sup> )	纯收益 (元/hm <sup>2</sup> )	比单施化肥增收 (元/hm <sup>2</sup> )	排序
T <sub>0</sub>	3 074.2	8 607.8	0	0	8 607.8	-437.4	5
T <sub>1</sub>	4 435.0	12 418.0	1 500	0	10 918.0	1 872.8	3
T <sub>2</sub>	4 788.3	13 407.1	1 500	108	11 799.1	2 753.9	2
T <sub>3</sub>	5 181.7	14 508.6	1 500	360	12 648.6	3 603.4	1
T <sub>4</sub>	4 084.9	11 437.7	2 392.5	0	9 045.2	0	4

稻谷价格 2.80 元/kg, 有机肥按 2 000 元/t, 营养液按 40 元/L, 复合肥按 3.70 元/kg, 尿素按 2.30 元/kg, 磷肥按 0.70 元/kg。

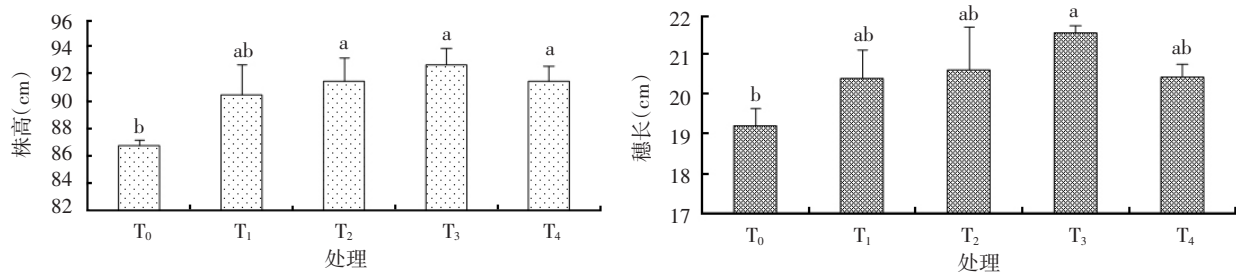


图 2 不同施肥处理水稻的株高(左图)和穗长(右图)

T<sub>2</sub>>T<sub>4</sub>>T<sub>1</sub>>T<sub>0</sub>。结合 LSD 多重比较可知,不施肥处理水稻株高仅为 86.8 cm,有机肥配合喷施营养液处理的株高显著高于不施肥处理;T<sub>3</sub> 处理为 92.70 cm,比 T<sub>0</sub> 处理高 6.80%,施肥处理间株高差异不显著。

各施肥处理水稻穗长表现出与水稻株高基本一致的变化规律,T<sub>3</sub> 处理显著高于 T<sub>0</sub> 处理,其他处理间差异均不显著。通过对株高和穗长的分析发现,适当用量的营养液对促进水稻营养生长有较明显的作用。

2.3 对水稻生产经济效益的影响

由表 4 可知,T<sub>3</sub> 处理的产值与纯收益是所有施肥处理当中最高的,与 T<sub>4</sub> 处理相比,T<sub>3</sub> 处理增收近 40%,其次是 T<sub>2</sub> 处理,然后是 T<sub>1</sub> 处理,说明本试验条件下施用有机肥较施化肥增产效果明显,如果配施营养液效果更好。

3 结论与讨论

本试验中,前茬作物种的是蔬菜,由于当地农户在种植蔬菜时为提高产量,整个生产过程中都是大水大肥,尤其是碰到蔬菜价格较高时,为获得更大的经济效益,农民常通过施肥来延长采收期,导致储存在土壤中的养分较丰富,影响下茬作物种植,造成即使不施肥农作物产量仍然较高,也因此削弱了化肥在单季作物上的增产作用;同样的原因也造成了单施有机肥处理的产量高过农民常规施肥处理。一般而言,有机肥肥效慢、营养成分不高,施用有机肥的主要目的不在于其能释放多少养分供作物吸收利用,而是在于它具有改良

土壤结构、增加土壤通透性、提升有机质含量,进而培肥地力提高耕地质量的作用。本研究的不足在于没有对土壤理化性状进行分析和对比,仅分析了作物产量和产量构成因素,造成有机肥配合喷施营养液对于土壤养分的影响程度仍不明确。因此,在今后的研究中,应当重视土壤理化性状的长期监测。

营养液具有见效快、施用方便、富含中微量元素、经济实惠的特点,广泛用于提高作物的抗逆性,无机肥配施营养液的研究由来已久,取得了众多的研究成果<sup>[11-15]</sup>,而本试验研究的是有机肥配施营养液对水稻产量及其构成因素的影响。结果表明,有机肥配合喷配不同用量的营养液,稻谷产量和经济效益也有较大差异,显著高于单施有机肥、农民常规施肥和不施肥处理。

从经济效益看,每 hm<sup>2</sup> 施用有机肥 1 500 kg 配施 10 次营养液的处理增产增收效果最明显,比农民常规施肥处理增产 26.8%、增收 3 603.40 元/hm<sup>2</sup>,但具体多少用量最为经济,有待进一步研究。随着集约化、现代化、规模化农业的迅猛发展,有机肥配合喷施营养液将成为一种新的施肥模式,并具有广阔的推广应用前景。

参考文献

[1] 石元亮,王玲莉,刘世彬,等. 中国化学肥料发展及其对农业的作用[J]. 土壤学报,2008,45(5):852-864.  
[2] 高菊生,黄晶,董春花,等. 长期有机无机肥配施对水稻产量及土壤有效养分的影响[J]. 土壤学报,2014,51(2):314-324.  
[3] 李红莉,张卫峰,张福锁,等. 中国主要粮食作物化肥施用量与效率变化分析[J]. 土壤学报,2008,45(5):915-924.

- [4] 刘鹏,张振都,童旭宏,等.水溶性肥料的发展研究进展[J].现代农业科学,2013,13:243-244.
- [5] 廖育林,郑圣先,聂军,等.长期施用化肥和稻草对红壤水稻土肥力和生产力持续性的影响[J].中国农业科学,2009,42(10):3 541-3 550.
- [6] 赵明,蔡葵,王文娇,等.有机无机肥配施对大白菜品质及产量的影响[J].山东农业科学,2009(6):86-88.
- [7] 高菊生,李菊梅,徐明岗,等.长期施用化肥对红壤旱地作物和水稻产量影响[J].中国农学通报,2008,24(1):286-292.
- [8] 李忠芳,徐明岗,张会明,等.长期施肥和不同生态条件下我国作物产量可持续性特征[J].应用生态学报,2010,21(5):1 264-1 269.
- [9] 张发明,毛昆明,刘宏斌,等.不同量有机肥与化肥配施对水稻氮素吸收利用的影响[J].云南农业大学学报,2011,26(5):694-699.
- [10] 徐祖祥.长期定位施肥对水稻、小麦产量和土壤养分的影响[J].浙江农业学报,2009,21(5):485-489.
- [11] 周江明.有机-无机肥配施对水稻产量、品质及氮素吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(1):234-240.
- [12] 张奇春,王光火,方斌.不同施肥处理对水稻养分吸收和稻田土壤微生物生态特性的影响[J].土壤学报,2005,42(1):116-121.
- [13] 林永锋,胡永光,李萍萍,等.有机肥及氮磷钾肥施用量与茶叶产量的关系模型及解析[J].江苏农业科学,2014,42(9):207-210.
- [14] 黄建,冯琦,卢迪,等.有机无机肥配施条件下烤烟的致香成分及香气指数[J].江苏农业科学,2015,43(1):84-86.
- [15] 王飞,林诚,李清华,等.长期不同施肥对南方黄泥田水稻籽粒与土壤锌、硼、铜、铁、锰含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(5):1 056-1 063.

## Effects of Combination Application of Organic Fertilizer and Nutrient Solution on Yield and Yield Components of Rice

LIU Guobiao<sup>1</sup>, ZHANG Dongming<sup>1</sup>, QU Junfeng<sup>2</sup>, XIAO Tongbin<sup>1</sup>, ZEN Jianhua<sup>1</sup>, JI Qingmei<sup>1</sup>, XIE Liangshang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Agricultural Environment and Soil Research Institute of Hainan Academy of Agricultural Sciences /Scientific Observing and Experimental Station of Arable Land Conservation (Hainan), Ministry of Agriculture /Key Laboratory of Arable Land Conservation of Hainan Province, Haikou 571100, China;  
<sup>2</sup> China Blue Chemical Ltd., Dongfang, Hainan 572600, China; 1st author: dongming\_03@163.com; \*Corresponding author: Lshxie@163.com)

**Abstract:** Taking early rice Boyou 225 as material, the effects of combination application of organic fertilizer and nutrient solution on the yield, yield components and tiller dynamic of rice were studied. The results showed that the organic fertilizer with nutrient solution could effectively improve the yield of rice, the highest yield treatment was increased by 18.32% compared with the conventional fertilization. Compared with the single application of organic fertilizer, the nutrient solution could not only increase the yield, but also increase the effective panicle, grains per spike, thousand grain weight and seed setting rate.

**Key words:** rice; organic fertilizer; nutrient solution; yield; economic performance

·综合信息·

## 广东省 2017 年审定通过的水稻新品种(下)

审定编号 (粤审稻)	品种名称	类型	选育单位	品种来源	区试产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	生试产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	全生育期 (d)
20170033	Y 两优 281	籼型两系杂交稻	广州市农业科学研究院、广州乾农农业科技发展有限公司	Y58S × R281	480.18	588.42	126
20170034	富两优 821	籼型两系杂交稻	广东省农业科学院水稻研究所、广东省金稻种业有限公司	广富 S × GR821	467.05	599.53	123~125
20170035	深优 1618	籼型三系杂交稻	中国种子集团有限公司三亚分公司	深 95A × 中种恢 1618	500.00	590.40	125~126
20170036	裕优青占	籼型三系杂交稻	广州市金粤生物科技有限公司	裕 A × 金青占	483.25	554.52	123~125
20170037	恒丰优 3512	籼型三系杂交稻	广东粤良种业有限公司	恒丰 A × 粤恢 3512	500.75	605.20	125
20170038	植优 701	籼型三系杂交稻	中国科学院华南植物园、广东源泰农业科技有限公司	植 A × 泰 701	480.71	571.60	125
20170039	Y 两优 132	籼型两系杂交稻	广州乾农农业科技发展有限公司、广州市农业科学研究院	Y58S × R132	474.11	555.14	126~127
20170040	发两优 3301	籼型两系杂交稻	广东省农业科学院水稻研究所、福建省农业科学院生物技术研究所	发 S × 闽恢 3301	469.15	548.66	123~125
20170041	育两优 1173	籼型两系杂交稻	广东华农大种业有限公司、华南农业大学农学院、国家植物航天育种工程技术研究中心(华南农业大学)	育 11S × 航恢 1173	490.66	627.87	125~127

(中稻宣)