

有机肥对水稻产量和品质及氮肥利用率的影响

李先, 刘强*, 荣湘民, 谢桂先, 张玉平, 彭建伟, 宋海星

(湖南农业大学 资源环境学院, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 采用田间小区试验, 研究不同有机肥对水稻产量、品质和氮肥利用率的影响。结果表明, 施 20% 猪粪代替 20% 的化学氮肥处理(处理 B)、施 10% 的猪粪型生物有机肥代替 10% 的化学氮肥处理(处理 D)和施 20% 沼肥代替 20% 的化学氮肥处理(处理 F)的水稻产量较高, 分别较不施肥处理提高了 103.49%、81.62% 和 74.64%, 分别较纯化肥处理提高了 38.67%、23.77% 和 19.02%。氮肥利用率以 20% 猪粪型生物有机肥代替 20% 的化学氮肥处理(处理 C)最高, 达 32.64%, 比纯化肥处理高了 2.66%, 且处理 B 与处理 D 均比纯化肥处理高, 分别提高了 1.12% 和 1.04%。有机肥能提高水稻的产量和氮肥利用率。10% 的稻草代替 10% 的化学氮肥处理(处理 A)、处理 B、处理 D、30% 猪粪型生物有机肥代替 30% 化学氮肥处理(处理 E)和处理 F 与纯化肥处理比较可降低稻米的垩白度, 处理 B、处理 C、处理 D、处理 E 和处理 F 与纯化肥处理比较可提高稻米的胶稠度, 处理 A 能降低直链淀粉的含量, 表明有机肥能提高稻米的外观品质和蒸煮品质。

关 键 词: 有机肥; 水稻; 产量; 品质; 氮肥利用率

中图分类号: S511.062 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)03-0258-05

Effects of organic fertilizers on yield and quality of rice grains and nitrogen use efficiency

LI Xian, LIU Qiang*, RONG Xiang-min, XIE Gui-xian, ZHANG Yu-ping, PENG Jian-wei, SONG Hai-xing

(College of Resources and Environment, HNAU, Changsha 410128, China)

Abstract: A field plot experiment was conducted to study effect of organic fertilizers on yield and quality of rice grains and nitrogen use efficiency. The results showed that, the rice yield is much higher under the facility treatments of 20% pig manure and 10% pig manure decomposed organic fertilizer and 20% biogas fertilizer instead of pure fertilizer treatments. Compared with CK treatments the rice yield respectively increased by 103.49%, 81.62% and 74.64% under the three treatments and increased by 38.67%, 23.77% and 19.02% than that of the pure fertilizer treatments. The 20% pig manure decomposed organic fertilizer instead of 20% nitrogen fertilizer had the highest nitrogen use efficiency of 32.64% which was 2.66% higher than pure chemical fertilizer. And both that of 20% pig manure and 10% pig manure decomposed organic fertilizer were higher compared to the pure fertilizer treatments with the growth of 1.12% and 1.04%. According to the results, we organic fertilizer can increase the rice yield and nitrogen fertilizer use efficiency. Furthermore, compared with pure fertilizer treatment, replacing the same proportion of chemical fertilizer by either 10% of the straw, or 20% of the pig manure, or 30% of the pig manure organic fertilizer or 20% biogas could lower chalk whiteness. And replacement of the same proportion of chemical nitrogen fertilizer by either 20% of pig manure or 20%, or 10% or 30% of pig manure decomposed fertilizer could improve the rice gel consistency, 10% of the straw instead of 10% chemical fertilizer treatment had a lower amylase content. In conclusion, organic fertilizers could improve the appearance quality of rice and cooking quality.

Key words: organic fertilizer; grain; yield; rice quality; nitrogen use efficiency

中国是世界最大的化肥消费国和第二大化肥生产国, 农作物的增产约40%依靠化肥。农田施用化

收稿日期: 2010-01-05

基金项目: 国家科技支撑计划(2007BAD87B11)

作者简介: 李先(1983—), 男, 湖南长沙人, 硕士研究生, 主要从事植物营养生理研究, lxian1983@yahoo.com.cn; *通讯作者, lq8053@hunau.net

肥的数量不断增加,其中氮肥所占比重最大^[1],但氮肥利用率仅约30%^[2],稻田中氮肥利用率更低^[3]。长期大量施用化肥会使土壤板结,结构变差,肥力下降,理化性状变劣^[4]。有机肥含有与作物生长发育所需要的N、P、K、Ca、Mg、S等大中量元素和多种微量元素,同时含有有机物质,如纤维素、半纤维素、脂肪、蛋白质、氨基酸、胡敏酸类物质及植物生长调节物质等,在提供作物养分、维持地力、更新土壤有机质、促进微生物繁殖、增强土壤保水保肥能力和保护农业生态环境等方面有着特殊作用^[5-7]。有研究^[8-10]表明,有机无机肥配合施用有利于提高作物的氮肥利用率。笔者通过田间小区试验研究了不同有机肥与化肥配施对水稻产量、品质和氮素利用效率的影响,旨在为指导水稻大面积有机无机肥料配施、提高稻田肥料利用率及农业废弃物的资源化利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2009 年在湖南省湘阴县白泥湖乡楠竹山村进行。供试早稻品种为陆两优 996。供试肥料为猪粪、稻草、猪粪沼肥、猪粪型生物有机肥、尿素、过磷酸钙和氯化钾。供试土壤为紫潮泥,其基本理化性状如下:土壤 pH 值为 6.00,有机质、全氮、全磷和全钾的含量分别为 15.4、1.10、1.03、6.04 g/kg,碱解氮、速效磷和速效钾的含量分别为 118.62、15.61、66.44 mg/kg。

1.2 试验设计

采用田间小区试验,共设 8 个处理,A(10%的稻草代替 10%的化学氮肥)、B(20%的猪粪代替 20%的化学氮肥)、C(20%的猪粪型生物有机肥代替 20%的化学氮肥)、D(10%的猪粪型生物有机肥代替 10%的化学氮肥)、E(30%的猪粪型生物有机肥代替 30%的化学氮肥)、F(20%的沼渣沼液代替 20%的化学氮肥)、G(纯化肥)和 CK(不施肥),每个处理设 3 个重复,随机区组排列。

小区面积 20 m²(4 m×5 m),每个小区均单设进、排水口。大田栽植密度为 16.7 cm×20.0 cm,每穴

1~2 苗。所有施肥处理N、P、K施用量相等。N、P₂O₅、K₂O施用量分别为 142.5、100、110 kg/hm²,有机肥和磷肥作基肥一次施用。氮肥按施氮总量的 40%作基肥、40%作分蘖肥、20%作穗肥施用;钾肥按施钾总量的 60%作基肥、20%作分蘖肥、20%作穗肥施用。3 月 20 日育秧,4 月 23 插秧,秧龄三叶一心。插秧后适当保持几天浅水,以后保持浅水与湿润相间灌溉,以促进分蘖,达到所需有效穗苗数的 90%时开始晒田,培育壮秆,在孕穗期和灌浆成熟期以湿润和浅水相间灌溉,以促进后期根系活力。4 月 22 日施基肥,5 月 3 日施分蘖肥,6 月 7 日施穗肥,7 月 15 日收获,常规田间管理。

1.3 取样及测定项目

土样:播种前和收获后按各试验小区分别取混合土样,测定其基本理化性状。

植株样:水稻收割后按小区计秸秆重和籽粒重,并计产,另每小区随机选取 10 株考种,测定每穗实粒数、结实率、千粒重和有效穗数;并测定秸秆和籽粒中全 N、全 P、全 K 含量,用于计算肥料利用率。

稻米样:测定稻米的出糙率、精米率、整精米率、长宽比、垩白米率、垩白度、胶稠度、糊化温度和直链淀粉含量等;籽粒烘干后脱壳制成精米,植物粉碎机粉碎,测定其游离氨基酸和可溶性糖含量。

1.4 测定方法

稻米的品质指标采用 GB/T17891—1999 和 GB/T5009.9—2003 方法测定;籽粒中可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定;游离氨基酸含量采用水合茚三酮比色法测定;土壤和植株的全 N、全 P、全 K 含量,土壤碱解 N、速效 P、速效 K 含量及土壤有机质含量、pH 值的测定参照文献[11]中介绍的方法进行。

氮肥利用率=[(施氮区地上部吸氮量-无氮空白区地上部吸氮量)/施氮量]×100%;磷肥利用率=[(施磷区地上部吸氮量-无磷空白区地上部吸氮量)/施磷量]×100%;钾肥利用率=[(施钾区地上部吸氮量-无钾空白区地上部吸氮量)/施钾量]×100%。

数据采用 Excel 2003 和 DPS 统计分析软件分析。

2 结果与分析

2.1 有机肥对水稻产量的影响

由表 1 可知，处理 A、B、C、D、E、F 的产量与纯化肥处理的差异都达到了显著水平，且处理 A、B、D、E、F 与纯化肥处理的差异极显著。水稻产量以 B、D、F 处理的较高，分别较不施肥处理提高了 103.49%、81.62%和 74.64%，分别较纯化肥处理提高了 38.67%、23.77%和 19.02%。

从产量构成因素方面来看，各处理水稻的结实

率差异不大，都达到了 80%以上；处理 B、C、E、F 和 CK 的稻谷千粒重达 30 g 以上，均高于其他处理；处理 A、B、C、D、F 的每穗实粒数均高于纯化肥处理，达到 100 粒以上，其中处理 C 与不施肥处理和纯化肥处理差异均达到了极显著水平，说明有机肥能明显提高水稻的每穗实粒数，从而可以显著提高水稻的产量；处理 A、C、D、E、F 的有效穗率均高于纯化肥处理和不施肥处理，与不施肥处理差异极显著，说明施用有机肥能增加水稻的有效穗数，从而提高水稻的产量。

表 1 不同施肥处理对水稻产量及产量构成因素的影响
Table 1 Effects of fertilization treatment on rice grain yield and yield composition

处理	单产/(kg·hm ⁻²)	每穗实粒数/粒	结实率/%	千粒重/g	有效穗数/个
A	(6 593.40±213.73)cC	(100.8±9.9)abAB	85.78±3.550	27.547±2.303	(99.3±13.3)aA
B	(7 967.03±94.03)aA	(100.5±11.8)abAB	83.17±3.918	31.827±4.850	(94.3±3.1)aA
C	(6 081.75±60.35)dD	(110.6±3.4)aA	84.46±2.969	30.181±1.510	(95.7±15.8)aA
D	(7 110.68±194.78)bB	(102.3±18.9)abAB	83.08±8.974	29.577±0.603	(100.7±4.6)aA
E	(5 323.50±216.69)eE	(93.0±3.5)bcAB	82.40±5.207	30.918±6.374	(97.0±12.1)aA
F	(6 837.75±137.49)cBC	(100.3±3.2)abAB	81.85±1.622	30.726±1.357	(97.7±19.1)aA
G	(5 745.15±54.06)eD	(99.1±6.0)abB	83.42±3.060	29.295±1.339	(94.3±4.0)aA
CK	(3 915.23±140.44)gF	(82.9±7.7)c B	84.24±0.157	30.365±2.373	(65.7±14.6)bB

2.2 有机肥对稻米品质的影响

2.2.1 有机肥对稻米碾米品质的影响

由表 2 可以看出，各处理的出糙率差异不显著，处理 A、B、C、D、F 的精米率和整精米率都比 CK 高，各处理间差异不明显，有机肥对稻米碾米品质的影响不明显。

表 2 不同施肥处理对稻米碾米品质的影响
Table 2 Effects of fertilization treatment on milling quality of rice %

处理	出糙率	精米率	整精米率
A	79.60±0.849	(66.20±0.707)abcA	(31.45±3.606)abcAB
B	79.60±2.121	(66.25±1.061)abcA	(32.85±5.021)abAB
C	79.25±0.212	(65.15±0.212)cAB	(32.80±2.121)abAB
D	79.65±0.495	(66.75±0.354)abA	(28.30±1.414)bcAB
E	78.30±0.283	(63.80±0.000)cdB	(29.95±0.636)bcAB
F	79.10±0.283	(65.60±0.141)bcA	(32.15±4.313)abcAB
G	79.80±0.283	(66.85±0.354)aA	(35.95±1.626)aA
CK	79.35±0.071	(65.10±0.283)cAB	(27.00±0.707)cB

2.2.2 有机肥对稻米外观品质的影响

由表 3 可以看出，水稻籽粒的长宽比无明显差异，垩白度以处理 B 的最低，且处理 A、D、E、F

都比纯化肥处理低，上述 5 个处理分别比纯化肥处理低 2.75%、2.2%、0.8%、0.35%和 0.05%，说明有机肥可以提高水稻的外观品质。

表 3 不同施肥处理对稻米外观品质的影响
Table 3 Effects of fertilization treatment on appearance quality of rice

处理	长宽比	垩白米率/%	垩白度/%
A	2.80	(88.25±3.182)ab	9.20±1.556
B	2.80	(86.50±10.607)ab	8.65±1.202
C	2.75	(96.00±2.121)a	13.20±2.687
D	2.75	(90.25±0.354)ab	10.60±3.818
E	2.70	(93.25±5.303)ab	11.05±2.616
F	2.80	(91.00±0.707)ab	11.35±2.475
G	2.80	(81.50±5.657)b	11.40±2.546
CK	2.80	(95.00±0.707)a	12.95±0.354

2.2.3 有机肥对稻米蒸煮品质的影响

由表 4 可以看出，胶稠度和糊化温度在各处理之间差异不显著，但是，处理 A、B、C、D、E、F 的胶稠度都比纯化肥处理高；直链淀粉含量以处理 A 的最低，其他有机肥处理与纯化肥处理差异不明显，表明有机肥能改善稻米的蒸煮品质。

表 4 不同施肥处理对稻米蒸煮品质的影响
Table 4 Effects of fertilization treatment on cooking quality of rice

处理	胶稠度/mm	糊化温度/级	直链淀粉含量/%
A	69.6±21.4	3.15	(26.105±1.492)b
B	84.0±2.6	3.45	(26.880±0.707)ab
C	76.5±21.4	3.45	(26.970±0.127)ab
D	80.8±18.1	3.55	(27.860±0.354)a
E	75.7±8.3	3.45	(26.995±0.290)ab
F	73.6±1.0	3.70	(26.910±0.184)ab
G	69.4±4.0	3.35	(26.745±0.007)ab
CK	88.7±1.2	3.15	(27.515±0.007)a

2.3 有机肥对稻米可溶性糖含量的影响

由图 1 可以看出，各处理之间稻米的可溶性糖含量没有明显差异，有机肥的施用对其影响不明显。

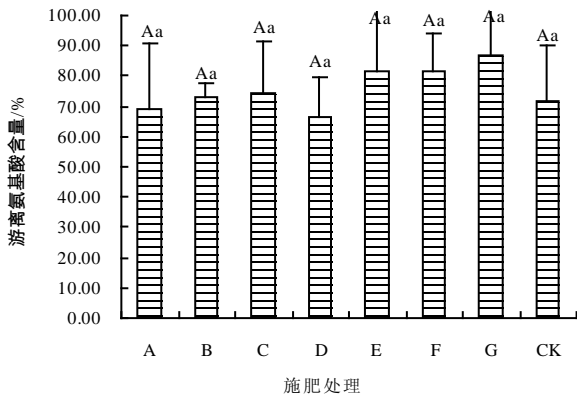


图 1 不同施肥处理对稻米可溶性糖含量的影响
Fig.1 Effects of fertilization treatment on soluble sugar content in rice

2.4 有机肥对稻米游离氨基酸含量的影响

由图 2 可以看出，处理 A、B、C、D、E、F 的稻米游离氨基酸含量均高于纯化肥处理和不施肥处理，且与不施肥处理差异极显著，处理 E 与纯化肥处理差异显著，说明有机肥能显著提高稻米中游离氨基酸的含量，从而显著提高稻米的品质。

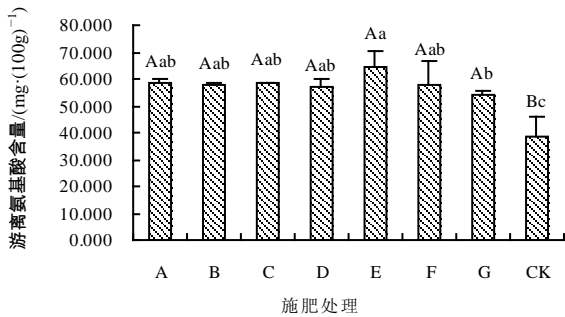


图 2 不同施肥处理对稻米游离氨基酸含量的影响
Fig.2 Effects of fertilization treatment on free amino acid content in rice

2.5 有机肥对肥料利用率的影响

由表 5 可以看出，氮肥利用率以处理 C 最高，达到了 32.64%，比纯化肥处理高了 2.66%，且处理 B 与处理 D 都比纯化肥处理高，分别提高了 1.12% 和 1.04%。磷肥利用率以处理 C 最高，且处理 A、B、D、E 和处理 F 都比纯化肥高，上述 6 个处理比纯化肥处理分别高了 1.62%、0.60%、1.45%、1.16%、1.49% 和 0.97%。钾肥利用率以处理 B 最高，且处理 A、C、D、E、F 都比纯化肥处理高，上述 6 个处理分别比纯化肥处理高 21.66%、21.22%、6.74%、16.06%、5.46% 和 1.76%。由此可见，施用有机肥能促进水稻对氮、磷、钾 3 种元素的吸收，从而提高了肥料的利用效率，减少了化肥对环境的污染。

表 5 不同施肥处理对肥料利用率的影响
Table 5 Effects of fertilization treatment on fertilization use efficiency

处理	肥料利用率/%		
	N	P	K
A	(27.01±1.585)abA	2.01±1.267	(28.68±3.279)aAB
B	(31.10±2.516)aA	2.86±1.140	(29.12±16.297)aA
C	(32.64±11.867)aA	3.03±0.747	(14.20±6.935)abcdA
D	(31.02±7.894a)A	2.57±1.606	(23.52±7.218)abcA
E	(18.17±5.426)bA	2.90±1.389	(12.92±11.505)bcdA
F	(25.42±5.005)abA	2.38±0.897	(9.22±5.208)cdA
G	(29.98±3.408)aA	1.41±0.078	(7.46±2.184)dA

3 结论与讨论

a. 水稻产量是由多个性状共同作用的结果，要获得高产不能单独强调某一性状的影响，必须优化各主要性状的组配来提高水稻产量^[12]。本试验结果表明，有机肥与化肥配施能使水稻产量构成因素在比较高的水平上达到协调统一，从而提高水稻产量。另外，有机无机肥配合施用对提高水稻产量有明显促进作用，主要是通过提高功能叶的净光合速率和有效穗、每穗实粒数来实现^[13]。各有机肥配施处理(除处理B外)的有效穗数均高于纯化肥处理，且各施肥处理与不施肥处理差异均达到极显著水平；各有机肥与化肥配施处理(除处理E外)的每穗实粒数都高于纯化肥处理和不施肥处理，20%猪粪型生物有机肥代替 20%的化学肥料与化肥配施处理极显著高于纯化肥处理，因此，水稻产量也极显著增

加.

b. 淀粉是稻米胚乳中最主要的成分,由直链淀粉和支链淀粉组成,二者在胚乳中所占比例决定稻米食用品质与蒸煮品质的优劣.合适的直链淀粉含量是优质稻米的重要指标.低直链淀粉含量(8%~20%)的稻米蒸煮时较粘湿,具有光泽,柔软性好,米饭冷凉后仍较软和;高直链淀粉含量(高于25%)的稻米蒸煮时胀性好,粘性差,光泽少,柔软性也较差,米饭冷凉后质地变硬;中等直链淀粉含量的稻米的品质介于前面二者之间,较受人们欢迎.蔡一霞等^[14]研究表明,稻米直链淀粉含量和其他品质性状(垩白度、透明度、糊化温度、胶稠度等)密切相关,所以,改良稻米蒸煮品质除主要考虑将直链淀粉含量降低到适量范围之外,还应该考虑垩白度、透明度、糊化温度、胶稠度等的影响,从而达到综合改良稻米品质的目的.

c. 氮素养分效率包含吸收效率、回收效率和利用效率^[15].水稻对氮肥的利用率主要通过产量和品质两大指标进行衡量^[16].本试验结果证明,与纯化肥处理相比,处理B、C和处理D都有效地提高了氮素利用效率.处理C的氮素利用效率最高,比纯化肥处理高了2.66%.笔者认为,这和有机肥与化肥配施促进了干物质积累以及氮素向籽粒的转运与积累有关,但其机制还需进一步研究.

参考文献:

- [1] 李东坡,梁成华,武志杰,等.缓/控释氮素肥料玉米苗期养分释放特点[J].水土保持学报,2006,20(3):166-169.
- [2] 邵蕾,张民,王丽霞.不同控释肥类型及施肥方式对肥料利用率和氮素平衡的影响[J].水土保持学报,2006,20(6):115-119.
- [3] 朱兆良.我国土壤供氮和化肥氮去向研究的进展[J].土壤,1985,17(1):2-9.
- [4] 谷洁,李生秀,高华,等.有机无机复混肥对旱地作物水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2004,22(1):142-145.
- [5] Garcia C, Hernandez T, Costa F, et al. Evaluation of the maturity of municipal waste compost using simple chemical parameters[J]. Comm Soil Sci Plant Anal, 1992, 23(13/14): 1501-1512.
- [6] 赵云涛,严才德.棉花专用有机生物肥使用效果的研究[J].中国棉花,2001,28(8):22-23.
- [7] 李远明,申庆龙.生物有机肥在优质大豆生产中应用效果的研究[J].大豆通报,2002(3):7.
- [8] 李菊梅,徐明岗,秦道珠,等.有机肥无机肥配施对稻田氮挥发和水稻产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(1):51-56.
- [9] 李伟,戴亨林,蔡国学.有机-无机复混肥料的肥料效应初探[J].磷肥与复肥,2003,18(6):67-69.
- [10] 李冬初,李菊梅,徐明岗,等.有机无机肥配施对红壤稻田氮素形态及水稻产量的影响[J].湖南农业科学,2004(3):23-25.
- [11] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:30-165.
- [12] 李春寿,叶胜海,陈炎忠,等.高产粳稻品种的产量构成因素分析[J].浙江农业学报,2005,17(4):177-181.
- [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] 蔡一霞,朱智伟,王维,等.直链淀粉含量与稻米品质主要性状及米饭质地关系的研究[J].扬州大学学报:农业与生命科学版,2005,26(4):52-55.
- [15] 戴先福.施氮量对不同基因型水稻品种氮素利用率的影响[D].合肥:安徽农业大学农学系,2005:8-36.
- [16] 郭天财,宋晓,马冬云,等.施氮水平对2种穗型冬小麦品种产量及氮素吸收利用的影响[J].西北植物学报,2008,28(3):554-558.

责任编辑: 娄 敏
英文编辑: 罗文翠