

有机无机肥配施对水稻光合特性及 NR 与 SPS 活性的影响

张玉平^{1,2,3,4}, 刘强^{1,2,3,4*}, 荣湘民^{1,2,3,4}, 谢桂先^{1,2,3,4}, 李先¹, 彭建伟^{1,2,3,4}, 宋海星^{1,2,3,4}, 张振华^{1,2,3,4}

(1.湖南农业大学 资源环境学院, 湖南 长沙 410128; 2.土壤肥料资源高效利用国家工程实验室, 湖南 长沙, 410128; 3.农田污染控制与农业资源利用湖南省重点实验室, 湖南 长沙, 410128; 4.植物营养湖南省普通高校重点实验室, 湖南 长沙, 410128)

摘 要: 采用田间小区试验, 研究了有机肥(稻草、猪粪、猪粪堆肥和沼渣沼液)与化肥配施对水稻光合特性、硝酸还原酶(NR)及蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性的影响。结果表明, 猪粪堆肥与化肥配施处理在提高水稻功能叶净光合速率、水稻碳氮代谢关键时期 NR 和 SPS 酶活性方面较其他类型的配施处理有较明显优势, 并能提高水稻产量和改善品质。与施纯化肥相比, 以 20%的猪粪堆肥氮配施 80%的化肥氮处理的早稻孕穗期功能叶 NR 酶活性提高了 65.06%, 蜡熟期 SPS 活性提高了 7.70%, 游离氨基酸含量提高 43.87 mg/kg, 产量增加 19.65%。

关 键 词: 水稻; 有机无机肥配施; 光合特性; 硝酸还原酶; 蔗糖磷酸合成酶

中图分类号: S141.4 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2011)05-0540-06

Effects of organic manure and inorganic fertilizer combination on photosynthesis characteristics and enzyme activities of NR and SPS in rice functional leaves

ZHANG Yu-ping^{1,2,3,4}, LIU Qiang^{1,2,3,4*}, RONG Xiang-min^{1,2,3,4}, XIE Gui-xian^{1,2,3,4}, LI Xian¹,

PENG Jian-wei^{1,2,3,4}, SONG Hai-xing^{1,2,3,4}, ZHANG Zhen-hua^{1,2,3,4}

(1.College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.National Engineering Laboratory of Soil and Resources Efficient Utilization, Changsha 410128, China; 3.Hunan Provincial Key Laboratory of Farmland Pollution Control and Agricultural Resources Use, Changsha 410128, China; 4.Hunan Provincial Key Laboratory of Plant Nutrition in Common University, Changsha 410128, China)

Abstract: Field plot trial was conducted to study the effects of organic manure and inorganic fertilizer combination on photosynthesis characteristics and activities of nitrate reductase (NR) and sucrose phosphate synthetase (SPS) in rice functional leaves, by applying different combination of organic fertilizer (straw, pig manure, pig manure composting or biogas fertilizer) and inorganic fertilizer. Results showed that combination of pig manure composting and chemical fertilizer showed more advantages than the other organic fertilizers, which embodied in improving the net photosynthesis rate and enzyme activities of nitrate reductase and sucrose phosphate synthase in rice flag leaves, ensuring stable grain yield and rice quality. Compared with pure chemical fertilizer treatment, the enzyme activities of NR in early rice flag leaves at booting stage improved by 65.06%, and enzyme activities of SPS in early rice flag leaves at ripening stage improved by 7.70%, grain yield increased by 19.65%, and contents of free amino acid in rice increased by 43.87 mg/kg in the treatment applied the combination of 20% pig manure composting and 80% chemical fertilizer.

Key words: rice; combination of organic manure and inorganic fertilizer; photosynthesis characteristics; nitrate reductase; sucrose phosphate synthase

畜禽场废弃物排放量大, 处置难, 由此带来的面源污染问题已引起社会各界关注^[1-7]。有研究^[8-12]

表明, 南方双季稻田对畜禽养殖废弃物具有强大的承载功能, 而畜禽养殖废弃物肥料化有利于提高土

收稿日期: 2011-04-28

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD87B11、2008BADA7B07); 湖南省科学技术厅重大专项(2006NK2001); 湖南省教育厅创新基金项目(CX2009B150)

作者简介: 张玉平(1974—), 男, 湖南安仁人, 博士研究生, 讲师, 主要从事植物营养生理生态研究, zhy2003@126.com; *通信作者, lq8053@hunau.net

壤肥力,降低土壤容重,促进作物养分吸收与利用,从而提高作物产量,改善品质。目前,国内外学者对畜禽养殖废弃物利用的研究主要集中在新肥料研制及其利用方面^[4]。笔者研究了不同有机肥与化肥配施对水稻光合特性及碳氮代谢过程中的关键酶(NR、SPS)活性的影响,旨在为畜禽养殖废弃物肥料化利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试早、晚稻品种分别为陆两优 996 和 C 两优 396。供试土壤为河流冲积物发育而成的紫潮泥,其基本理化性状为:土壤 pH 值 6.00,有机质、全氮、全磷和全钾的含量分别为 15.40、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。供试稻草、猪粪、沼渣沼液由试验区农户收集,猪粪堆肥自制。

1.2 试验设计

试验于 2009 年 3—10 月在湖南省湘阴县白泥湖乡进行。采用田间小区试验,各小区间用 PVC 板分隔,下埋 40 cm,露出地面 20 cm,以氮肥为计算标准,分别用稻草、猪粪、沼渣沼液和猪粪堆肥与化肥配施,磷、钾用量折算,确保各处理(CK 除外)N、P、K 施用量相等。共设 8 个处理:A(10%的稻草 N+90%的化肥 N)、B(20%的猪粪 N+80%的化肥 N)、C(20%的猪粪堆肥 N+80%的化肥 N)、D(10%的猪粪堆肥 N+90%的化肥 N)、E(30%的猪粪堆肥 N+70%的化肥 N)、F(20%的沼渣沼液 N+80%化肥 N)、G(施纯化肥)、CK(不施肥)。重复 3 次,随机区组排列。小区面积 20 m²。早稻 N、P₂O₅、

K₂O 施用量分别为 142.5、70、80 kg/hm²,晚稻分别为 150、60、90 kg/hm²。有机肥、磷肥全作基肥施用,氮肥、钾肥分别按基肥 分蘖肥 穗肥为 4 4 2 和 6 2 2 的比例施用。常规田间管理,早稻 3 月 20 日育秧,7 月 15 日收获。晚稻 6 月 19 日育秧,10 月 17 日收获。

1.3 项目测定

分别在水稻的孕穗期、乳熟期和黄熟期测定剑叶中硝酸还原酶(NR)^[13]和蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性^[14];分别于早稻齐穗期(6 月 21 日)、乳熟期(7 月 9 日)和晚稻齐穗期(9 月 11 日)、乳熟期(9 月 27 日)、蜡熟期(10 月 10 日)测定剑叶叶绿素相对含量(SPAD-502);在水稻孕穗期测定水稻剑叶的净光合速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度和蒸腾速率(LI-6400 型光合测定系统,测定时光强为 1000 μmol/m²·s);水稻收割后按小区计产,测定稻米中游离氨基酸和可溶性糖含量^[14]。

1.4 数据处理

采用 DPS 数据处理系统和 Excel 2003 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 有机无机肥配施对水稻光合特性的影响

2.1.1 水稻剑叶叶绿素相对含量(SPAD 值)

由表 1 可知,与 CK 相比,除处理 A(晚稻齐穗期)外,各施肥处理早、晚稻剑叶叶绿素相对含量(SPAD)均有显著或极显著提高。

表 1 不同施肥处理的水稻剑叶叶绿素相对含量(SPAD 值)

Table 1 Chlorophyll relative content in flag leaves of different fertilizer applied rice (SPAD)

处理	早稻 SPAD 值		晚稻 SPAD 值		
	齐穗期	乳熟期	齐穗期	乳熟期	蜡熟期
A	(38.58±0.95)abA	(32.40±0.78)bA	(36.97±0.50)abAB	(39.33±1.46)abA	(31.56±1.08)abAB
B	(39.43±0.94)aA	(33.36±0.85)abA	(37.76±0.79)aAB	(40.82±1.26)abA	(35.15±1.41)abA
C	(39.38±0.56)aA	(35.51±0.39)aA	(38.98±0.69)aA	(38.89±1.31)bAB	(30.70±1.63)bAB
D	(39.36±0.99)aA	(32.87±0.88)abA	(38.06±0.94)aAB	(42.26±1.54)aA	(36.14±1.90)aA
E	(36.15±0.73)bAB	(32.07±0.93)abA	(37.84±0.70)aAB	(39.05±0.87)abA	(32.62±1.53)abA
F	(37.75±0.86)abA	(33.07±0.45)abA	(37.41±0.98)aAB	(39.11±1.19)abA	(34.04±1.98)abA
G	(38.77±0.09)abA	(33.90±0.13)abA	(37.87±0.73)aAB	(39.82±1.93)abA	(32.91±1.74)abA
CK	(33.54±0.93)cB	(27.64±0.74)cB	(34.98±0.60)bB	(34.47±0.60)cB	(25.40±1.48)cB

早稻处理C 齐穗期和乳熟期较处理G分别提高了1.57%和4.75%;晚稻处理D 齐穗期、乳熟期、蜡熟期较处理G分别提高了0.5%、6.13%和9.81%,说明这2个处理略有优势。其统计结果表明,一定比例的有机肥代替化肥施用不会导致水稻叶绿素含量降低。

2.1.2 水稻剑叶净光合速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度和蒸腾速率

由表2可知,与CK相比,处理D早稻剑叶净光合速率显著提高,处理B气孔导度显著增大,处理E、

F明显降低了胞间二氧化碳浓度,但所有处理的蒸腾速率均无显著性变化。与处理G相比,早稻处理D、A、C、B的剑叶净光合速率略有提高,处理B的气孔导度有所增大,处理E、F的胞间二氧化碳浓度显著降低,处理A、D的叶片蒸腾速率略有增加。从某种意义上来说,以上各处理有利于改善早稻剑叶光合特性。然而,除处理E、F的胞间二氧化碳浓度降低明显外,各施有机肥的处理在其他指标方面与处理G差异均不显著,说明有机肥与化肥配施后不会明显导致早稻光合作用减弱。

表2 不同施肥处理的早稻剑叶光合特性

Table 2 Photosynthesis characteristics of early rice flag leaves of different fertilizer treatments

处理	净光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	气孔导度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	胞间二氧化碳浓度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)	蒸腾速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
A	(21.73±0.48)abA	(6.78±1.75)abA	(338±4)aA	(21.4±1.1)aA
B	(21.23±1.70)abA	(7.94±1.29)aA	(333±2)bcABC	(20.2±1.3)abA
C	(21.67±2.17)abA	(4.85±3.16)abA	(333±2)bcABC	(20.6±1.0)abA
D	(22.63±1.18)aA	(6.47±2.91)abA	(336±1)abABC	(21.6±1.5)aA
E	(19.60±1.08)bA	(3.53±1.81)bA	(331±5)cBC	(20.0±0.6)abA
F	(20.00±0.35)bA	(3.14±1.66)bA	(329±6)cC	(19.3±1.2)bA
G	(20.88±0.48)abA	(6.82±0.95)abA	(337±0)abAB	(20.7±2.1)abA
CK	(19.93±1.07)bA	(3.82±0.78)bA	(337±4)abAB	(21.3±2.4)abA

由表3可知,与CK相比,所有施肥处理的晚稻剑叶净光合速率均有增加,其中处理C增加显著;气孔导度除处理B、D降低显著外,其他处理降低均不显著;所有施肥处理的胞间二氧化碳浓度、蒸腾速率均降低,且处理B的胞间二氧化碳浓度降低显著。与处理G相比,除处理B、D的叶片气孔导度、蒸腾速率以及处理B的胞间二氧化碳浓度显著降低外,其他各处理的晚稻各项光合特性指标均无显著性差异。此外,各有机无机肥配施处理的蒸腾速率

均低于CK,这可能是由于晚稻生长期,南方双季稻区气温较高,在水稻养分缺乏的情况下,蒸腾速率加快可能是水稻对高温期养分与水分需求的一种响应,说明在持续高温少雨等逆境气候条件下的水稻剑叶蒸腾速率强弱并不能作为水稻生长态势好坏的唯一指标;因此,与施用等肥料用量的处理G相比,用猪粪型与化肥配施不会对晚稻光合作用产生负面影响。

表3 不同施肥处理的晚稻剑叶光合特性

Table 3 Photosynthesis characteristics of late rice flag leaves of different fertilizer treatments

处理	净光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	气孔导度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	胞间二氧化碳浓度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)	蒸腾速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
A	(15.15±1.60)abA	(0.30±0.14)abA	(263±32)abA	(4.35±1.31)abcAB
B	(12.79±0.67)abA	(0.15±0.02)bA	(240±9)bA	(2.71±0.29)cB
C	(15.58±3.03)aA	(0.26±0.08)abA	(257±10)abA	(4.03±0.97)abcAB
D	(13.88±0.80)abA	(0.18±0.03)bA	(249±12)abA	(3.07±0.37)cAB
E	(12.70±2.24)abA	(0.20±0.04)abA	(256±9)abA	(3.33±0.47)bcAB
F	(14.92±3.42)abA	(0.24±0.11)abA	(248±26)abA	(3.74±1.31)abcAB
G	(13.72±0.15)abA	(0.36±0.12)aA	(270±25)abA	(4.99±1.37)abAB
CK	(11.95±1.15)bA	(0.36±0.03)aA	(282±18)aA	(5.32±0.34)aA

2.2 有机无机肥配施对水稻功能叶 NR 活性的影响

由表4可知，早、晚稻生长中后期功能叶NR活性均以孕穗期较强，之后基本呈下降趋势，说明孕穗期是水稻氮素代谢转化的关键时期，与前人的研究结果^[15-16]相符。与CK相比，早、晚稻孕穗期所有施肥处理功能叶NR酶活性均极显著增强。与施纯化肥处理相比，早、晚稻孕穗期各有机无机肥配施处理功能叶NR酶活性均有增强，其中早稻孕穗期处理A、B、C增强效果极显著，分别达37.63%、39.09%

和65.06%，并且处理C极显著高于其他施肥处理；晚稻孕穗期处理E、F的NR活性显著增强，其次为处理C，且处理E、F、C分别较处理G提高了5.70%、5.88%和4.44%。此外，从水稻生长的乳熟期和黄熟期功能叶NR活性来看，处理C早稻均极显著高于纯化肥处理，晚稻也略有增加。说明有机无机肥配施后明显促进了水稻功能叶NR活性，尤其以20%猪粪堆肥氮配施化肥处理效果最好，更有利于促进水稻对氮素养分的吸收与同化。

表 4 不同施肥处理的水稻剑叶硝酸还原酶活性

Table 4 Nitrate reductase activity in rice flag leaves of different fertilizer treatments						μg/(g·h)
处理	早稻 NR 活性			晚稻 NR 活性		
	孕穗期	乳熟期	黄熟期	孕穗期	乳熟期	黄熟期
A	(145.53±7.24) bB	(35.71±2.69)bB	(19.99±1.03)abAB	(131.08±6.51)abA	(60.21±1.37)aA	(37.29±0.74)cB
B	(147.08±3.50) bB	(29.73±2.19)cBC	(19.62±1.58)bABC	(127.84±4.52)bA	(58.69±2.33)abAB	(41.41±0.30)aA
C	(174.54±9.01) aA	(46.73±2.68)aA	(22.62±1.04)aA	(132.83±2.55)abA	(56.80±0.29)bcBC	(39.22±0.92)abcAB
D	(130.42±11.89) bcBC	(30.34±0.67)cBC	(15.91±2.13)cCD	(130.28±2.90)abA	(56.91±0.75)bcABC	(40.33±0.35)abAB
E	(121.98±3.37) cdBC	(31.43±4.36)bcBC	(18.33±1.25)bcBC	(134.44±1.68)aA	(56.79±0.41)bcBC	(38.86±0.18)bcAB
F	(110.12±12.03) dC	(31.33±4.31)bcBC	(18.23±1.85)bcBC	(134.67±2.49)aA	(54.98±2.28)cC	(39.88±0.33)abAB
G	(105.74±5.20) dC	(28.48±1.92)cC	(17.61±1.76)bcBC	(127.19±4.16)bA	(56.45±1.62)bcBC	(32.85±3.59)dC
CK	(60.44±0.68) eD	(19.86±2.36)dD	(12.12±1.22)dD	(92.66±1.55)cB	(37.19±0.74)dD	(17.80±0.42)eD

2.3 有机无机肥配施对水稻功能叶 SPS 活性的影响

有研究^[15-16]表明，蜡熟期是蔗糖合成与转运的关键时期。早、晚稻功能叶SPS活性在水稻生殖生长期逐渐升高(表5)。与CK相比，早、晚稻所有施肥处理的功能叶SPS酶活性在3个时期均有显著或

极显著性增强。与处理G相比，早稻各处理功能叶SPS活性(表5)除孕穗期处理B与乳熟期处理A、B外，所有施有机肥处理均有提高；在酶活性最高的蜡熟期，处理A、C有极显著性增强，分别比施纯化肥处理提高了7.45%和7.70%。

表 5 不同施肥处理的水稻剑叶蔗糖磷酸合成酶活性

Table 5 Sucrose phosphate synthetase activity in rice flag leaves of different fertilizer treatments						μmol/(g·h)
处理	早稻剑叶 SPS 活性			晚稻剑叶 SPS 活性		
	孕穗期	乳熟期	蜡熟期	孕穗期	乳熟期	蜡熟期
A	(1.12±0.04)bAB	(5.09±0.25)cC	(22.48±0.43)aA	(2.38±0.18)aA	(8.71±1.18)abAB	(22.73±0.18)abA
B	(0.85±0.10)cCD	(6.32±0.17)bB	(21.70±0.87)abAB	(2.28±0.24)aA	(8.88±0.86)abAB	(22.38±0.17)bA
C	(1.35±0.10)aA	(7.91±0.38)aA	(22.53±0.47)aA	(2.35±0.13)aA	(10.05±1.20)aA	(22.91±0.36)abA
D	(1.22±0.16)abAB	(6.45±0.30)bB	(21.64±0.32)abAB	(2.20±0.14)aA	(8.96±0.28)abAB	(23.40±0.29)aA
E	(1.20±0.12)abAB	(6.58±0.60)bB	(21.44±0.31)bAB	(2.22±0.08)aA	(10.15±1.08)aA	(23.04±0.34)abA
F	(1.17±0.05)abAB	(6.54±0.29)bB	(20.94±0.74)bB	(2.22±0.42)aA	(9.14±0.42)abAB	(23.35±0.17)aA
G	(1.09±0.10)bbC	(6.38±0.14)bB	(20.92±0.25)bB	(2.09±0.06)aAB	(9.87±0.67)aA	(22.97±0.20)abA
CK	(0.83±0.03)cD	(3.62±0.13)dD	(18.45±0.40)cC	(1.73±0.23)bB	(7.90±0.51)bB	(18.32±1.16)cB

晚稻孕穗期各有机无机肥配施处理功能叶SPS活性较处理G均略有提高；乳熟期处理C、E略有提

高，其他处理略有下降，但2个时期的所有施肥处理之间均无显著性差异。在酶活性最高的蜡熟期，

除处理B略有降低外,其他有机无机肥配施处理均增加,但所有施有机肥处理与处理G之间均无显著性差异。综合分析早晚稻结果说明,用一定比例的稻草或猪粪型有机肥配施化肥,尤其是用20%的猪粪堆肥氮配施80%的化肥氮施入稻田后,能明显增强水稻生殖生长期功能叶中SPS活性,促进其生长中后期碳素转化及光合产物的形成。

2.4 有机无机肥配施对水稻产量与品质的影响

2.4.1 有机无机肥配施对水稻产量的影响

由表6可知,所有施肥处理的早稻产量均极显著高于CK,且除处理E外,有机无机肥配施后的产量均高于纯化肥处理,各处理产量从高到低依次为C、D、B、A、F、G、E,与处理G相比,处理C、D分别提高了19.65%和11.97%,差异达极显著水平,并且处理C、D与其他处理之间差异显著,其他施有机肥处理与处理G之间差异均不显著。说明以20%或30%的猪粪堆肥氮与化肥配施有利于增加早稻产量,其他有机无机肥配施处理对早稻产量影响不大。晚稻各施肥处理的产量均极显著高于CK;与处理G相比,有机无机肥配施各处理的产量略有降低,除处理B产量降幅显著(6.49%)外,其他处理与处理G之间均无显著性差异,因此,猪粪型有机肥与无机肥配施对晚稻产量影响不明显。

表6 不同施肥处理的水稻产量

Table 6 Rice grain yield of different fertilization treatments

处理	产量/(kg·hm ⁻²)	
	早稻	晚稻
A	(5 890.53±207.45)cdC	(5 830.53±139.48)aA
B	(5 976.03±200.57)cBC	(5 512.49± 21.25)bB
C	(6 903.86±114.79)aA	(5 756.21± 42.41)aAB
D	(6 460.83±277.32)bAB	(5 881.47± 50.46)aA
E	(5 534.28± 47.51)dC	(5 702.82±151.27)abAB
F	(5 861.81±128.29)cdC	(5 806.42±127.00)aA
G	(5 770.06±170.94)cdC	(5 894.90± 84.46)aA
CK	(4 028.53±391.19)eD	(3 375.03± 58.69)cC

2.4.2 有机无机肥配施对稻米可溶性糖与游离氨基酸含量的影响

由表7可知,与CK相比,除处理A、D外,所有施肥处理的稻米中可溶性糖含量和游离氨基酸含

量均增加。与处理G相比,各有机无机配施处理的可溶性糖含量虽略有降低,但处理之间差异均不明显,说明有机无机肥配施后,短期内不会明显影响稻米中糖分的合成;有机无机肥配施处理的稻米中游离氨基酸含量均有增加,其增幅达31.99~104.19 mg/kg,且处理E提高了19.35%,差异极显著。

表7 不同施肥处理的稻米可溶性糖与游离氨基酸含量

Table 7 Contents of soluble sugar and free amino acid in rice of different fertilization treatments

处理	可溶性糖含量/%	游离氨基酸含量/(mg·kg ⁻¹)
A	(0.69±0.22)	(587.24±10.7)abA
B	(0.73±0.05)	(577.88±7.90)abA
C	(0.74±0.17)	(582.43±2.24)abA
D	(0.66±0.14)	(570.55±3.00)abA
E	(0.82±0.28)	(642.75±5.99)aA
F	(0.81±0.13)	(581.41±8.64)abA
G	(0.87±0.31)	(538.56±16.40)bA
CK	(0.72±0.18)	(387.41±7.08)cB

3 结论与讨论

胡建利等^[17]的长期定位试验结果表明,施猪粪对水稻产量构成因素的稳定性不会产生显著影响。本试验结果表明,不同的猪粪型有机肥与化肥配施不会明显导致水稻剑叶叶绿素含量、净光合速率、蒸腾作用强度、气孔导度降低和胞间二氧化碳浓度升高,但可促进水稻碳氮代谢关键酶(NR、SPS)活性增强,此为确保水稻稳产、高产的前提。

有关猪粪肥和沼肥对水稻生产的影响研究结论不一,邓文等^[18]认为鸡粪和沼渣肥对水稻产量的提高明显优于菜籽饼和烟秆肥;夏扬等^[19]认为秸秆表施和猪粪混施可提高水稻的抗旱性;邓家琴等^[20]的试验表明,沼肥和畜粪(牛粪、猪粪)作水稻基肥对水稻产量的影响差异不显著。本试验研究结果表明,10%的稻草氮或20%的不同有机肥(稻草、猪粪、猪粪堆肥和沼渣沼液)氮与化肥配施各处理之间,猪粪堆肥在提高水稻功能叶净光合速率、水稻碳氮代谢关键酶(NR、SPS)活性并确保稳产和改善稻谷品质方面具有较明显优势。而以20%的猪粪堆肥氮与化肥配施为较适宜的配比,与纯化肥相比,能明显提高水稻净光合速率和功能叶NR和SPS活性。其中,早稻氮、碳代谢关键时期其功能叶NR和SPS酶

活性分别提高了65.06%和7.70%,产量增加19.65%,游离氨基酸含量提高了43.87 mg/kg。

此外,与纯化肥相比,早稻各有机无机肥配施处理在改善水稻光合特性、提高碳氮代谢关键酶活性及对产量的影响等方面比晚稻明显,但晚稻各有机无机肥配施后均有不显著性减产,出现这种不一致的结果可能与南方双季稻区早晚稻生长期间温度、降雨等气候条件差异有关,尤其是晚稻生长期间寒露风较往年提前来临,导致影响晚稻产量的因子更加复杂,其具体影响机理及限制因子有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] 韩鲁佳, 闫巧娟, 刘向阳, 等. 中国农作物秸秆资源及其利用现状[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 87-91.
- [2] Odongo N E, Hyoungho K, Choi H, et al. Improving rock phosphate availability through feeding mixing and processing with composting manure[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(15): 2911-2918.
- [3] 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.
- [4] 肖永庆. 现代化养猪的粪便处理与资源化途径[J]. 农业环境保护, 2005, 17(6): 281-283.
- [5] 张维理, 冀宏杰, Kolbe H, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策. 欧美国农业面源污染状况及控制[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1018-1025.
- [6] 张维理, 徐爱国, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策. 中国农业面源污染控制中存在问题分析[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1026-1033.
- [7] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1008-1017.
- [8] 向平安, 黄璜, 燕惠民, 等. 湖南洞庭湖区水稻生产的环境成本评估[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2178-2183.
- [9] 刘杰, 张杨珠, 曾希柏. 施肥措施对不同母质侵蚀红壤的修复效应[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 36(2): 218-223.
- [10] 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.
- [11] 张建国, 聂俊华, 杜振宇. 专用复合生物有机肥对烤烟产量和品质的效应[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2004, 30(2): 115-119.
- [12] 荣湘民, 蒋健容. 红壤旱地有机与无机肥料配合施用效果[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2001, 27(6): 453-456.
- [13] 李合生, 孙群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [14] 中国科学院上海植物生理研究所. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [15] 陈军文, 刘强, 荣湘民, 等. 不同栽培法对饲用稻氮代谢关键酶活性的影响[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 31(3): 238-241.
- [16] 张玉平, 刘强, 荣湘民, 等. 几个早稻品种(组合)氮代谢关键酶活性的比较研究[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2006, 32(2): 177-181.
- [17] 胡建利, 王德建, 王灿, 等. 不同施肥方式对水稻产量构成及其稳定性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(1): 48-53.
- [18] DENG Wen, QING Xian-guo, YANG Yu. Effects of applying organic fertilizer on rice lodging resistance and yield[J]. Agricultural Science & Technology, 2010, 11(2): 98-101.
- [19] 夏扬, 秦江涛, 朱晓军, 等. 不同有机物添加方式下水稻对干旱胁迫的响应[J]. 土壤, 2009, 41(1): 118-125.
- [20] 邓家琴, 罗红剑, 张文菊. 沼肥与畜粪作水稻基肥的效果比较[J]. 农技服务, 2008, 25(9): 48.

责任编辑: 刘目前