

不同有机无机肥配比对冷浸田土壤肥力及水稻生长的影响

刘杰¹, 罗尊长^{1*}, 肖小平¹, 瞿德明², 孙耿¹, 洪曦¹, 罗贤树², 罗志勇², 余崇祥¹

(1. 湖南省土壤肥料研究所, 湖南长沙 410125; 2. 浏阳市土壤肥料工作站, 湖南浏阳 410300)

摘要: 为了消减冷浸型中低产田长期浸渍、泥温低、土壤有效养分低等障碍因子, 通过田间小区试验和动态取样与室内测定, 研究了不同有机无机肥配比对冷浸田土壤肥力及水稻生长的影响。结果表明: 与复合肥处理比较, 复合肥与 40% (N) 生鸡粪配施处理的土壤磷酸铁盐和磷酸钙盐含量分别提高 11% 和 17%, 复合肥与 60% (N) 生鸡粪配施处理的土壤磷酸铝盐含量提高 44%, 且磷酸铝盐、磷酸铁盐和磷酸钙盐占无机磷总量的比例提高, 闭蓄态磷占无机磷总量的比例降低, 促使土壤中难溶性磷向易溶性磷转化, 提高土壤有效磷含量; 复合肥配施 60% (N) 生鸡粪处理的土壤疏松态腐殖质占重组腐殖质的比例提高 1.9 个百分点, 紧结态腐殖质占重组腐殖质的比例降低 4.6 个百分点, 土壤活性有机质含量提高 14%, 土壤阳离子交换量提高 11%; 复合肥与 40% (N) 生鸡粪配施处理的土壤真菌和放线菌数量分别提高 33% 和 28%, 复合肥配施 60% (N) 生鸡粪处理的土壤细菌数和微生物活性分别提高 160% 和 19%, 水稻磷、钾吸收量分别提高 5% 和 111%; 复合肥与 40% (N) 生鸡粪配施处理的早、晚稻产量分别增加 8% 和 42%, 复合肥与 60% (N) 生鸡粪配施处理的早、晚稻产量分别增加 6% 和 31%。有机无机平衡施肥是适合于冷浸田水稻增产的施肥方式。

关键词: 冷浸田; 有机无机肥; 土壤肥力; 水稻

中图分类号: S156.8; S511

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257(2015)04-0023-05

冷浸田是指长期受水浸渍的一类水田^[1-2], 主要分布在山区丘陵谷地、平原湖沼低洼地, 以及山塘、水库堤坝的下部等区域。属潜育性水稻土土属, 土壤剖面构型的主要特征是发育有蓝灰色的潜育层, 土壤受积滞水分的长期浸渍, 土体封闭于静水状态, 难以通气与氧化; 同时, 在易分解的有机物还原影响下, 使土壤及积滞水的 Eh 值下降, 土壤矿质中的 Fe、Mn 处于还原低价状态, 土体显青色或青黑色^[3]。地下水位高、冷、烂、酸、毒、瘦及潜在肥力不能发挥是冷浸田的重要特征^[4]。

兴修水利、开沟排水等工程是改良冷浸田的基本策略, 在此基础上采取有效农艺技术措施特别是施肥管理也能改善冷浸田肥力特性, 增加水稻单产。徐培智等^[5]研究水稻经济施肥量, 推荐每公顷

施氮肥 165 ~ 195 kg、磷肥 45 ~ 60 kg、钾肥 120 ~ 165 kg。张祥明等^[6]研究认为, 冷浸田合理施磷有利于水稻有效分蘖的形成, 过量施磷易造成中后期无效分蘖增多, 钙镁磷肥能够促进水稻前期分蘖和中后期的干物质积累, 其增产效果比过磷酸钙显著。苏金平等^[7]研究发现基肥: 蘖肥: 穗肥 = 7:3:0 时, 早稻的有效分蘖数、每穗总粒数、千粒重和产量均最高。前人大多着眼于冷浸田最佳经济化肥施用量及化肥运筹方面的研究, 而化肥与有机肥合理配比对冷浸田的影响研究较少。为此, 本文以湖南省典型冷浸田为研究对象, 在施化肥基础上配施不同比例的生鸡粪, 研究其对冷浸田土壤肥力及水稻生长的影响, 以期改良冷浸型中低产稻田, 提高水稻产量提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于 2013 年 4 月至 11 月在湖南省浏阳市镇头镇柏树村进行, 试验前耕层土壤基础养分性状: pH 值 5.1, 有机质含量 $36.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全氮 $2.17 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全磷 (P) $0.70 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全钾 (K) $18.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $224 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 (P) $1.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 (K) $39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 还原物质总量 $10.22 \text{ cmol} \cdot$

收稿日期: 2014-07-09; 最后修订日期: 2014-07-26

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项经费项目 (201003059-6); 国家科技支撑计划项目 (2012BAD05B05-3); 湖南省自然科学基金项目 (2014JJ6064); 中国农业科学院土壤质量重点实验室开放基金项目 (201501)。

作者简介: 刘杰 (1980-), 男, 湖南湘潭人, 博士, 助理研究员, 主要从事中低产田改良研究。E-mail: jiebaz@163.com。

通讯作者: 罗尊长, E-mail: luozunchang@vip.sohu.com。

kg^{-1} , 活性还原物质 $8.56 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。试验设 4 个处理: ①复合肥; ②复合肥 + 20% (N) 生鸡粪; ③复合肥 + 40% (N) 生鸡粪; ④复合肥 + 60% (N) 生鸡粪。每个处理重复 3 次, 随机区组排列。

复合肥为 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 15\%:15\%:15\%$ 的商品复合肥, 生鸡粪含 N 量为 1.4%。早稻施氮、磷、钾量分别按 $\text{N} 165 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5 90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $\text{K}_2\text{O} 105 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 施用; 晚稻施氮、磷、钾量分别按 $\text{N} 180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5 72 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $\text{K}_2\text{O} 126 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 施用。施用复合肥以及配施有机肥后养分不足的部分用单质化肥 (氮肥为尿素, 磷肥为过磷酸钙, 钾肥为氯化钾) 形式补足。其中补施的磷素一次性施完, 补施氮素和钾素分基肥和追肥形式施用, 早稻季补施氮素基 (移栽前): 追 (分蘖始期): 追 (孕穗期) = 6: 2: 2, 晚稻季补施氮素基 (移栽前): 追 (分蘖始期): 追 (孕穗期) = 6: 2.5: 1.5, 早、晚稻补施钾素基 (移栽前): 追 (孕穗期) = 1: 1。按常规栽培方式管理。

1.2 取样及分析测定方法

在作物生长期定期观测作物的生长发育; 于成熟期收获, 测定水稻产量, 每小区取样 5 穴考察产量构成因素; 分生育期采集 0 ~ 20 cm 耕层土壤和植株样品用于分析测定。土壤样品分别过 2 mm 筛和 0.149 mm 筛。

土壤无机磷分组测定: 采用文献 [8] 的方法。将土壤无机磷分为: $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{Cl}$ 浸提疏松态 P, $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{F}$ 浸提 Al-P, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 浸提 Fe-P, $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 浸提 Ca-P, $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 柠檬酸钠 + $0.5 \text{ g Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ + $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 浸提的闭蓄态磷 (O-P)。

细菌、放线菌、真菌培养基分别用牛肉膏蛋白胨琼脂、高泽氏一号琼脂、马丁-孟加拉红链霉素琼脂; 细菌、放线菌、真菌计数采用稀释平板计数法。微生物总活性的测定采用氢氧化钠吸收法。

其他项目均采用常规法测定^[8]。

1.3 数据分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 16.0 进行数据分析, 用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同有机无机肥配比对冷浸田土壤有效养分的影响

从表 1 可知, 水稻分蘖盛期土壤碱解氮含量以施

用复合肥处理较高, 达 $230 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 复合肥与 60% (N) 生鸡粪配施处理的土壤碱解氮含量较低, 仅 $191 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 可能与冷浸田中有机形态的氮素容易淋失有关。土壤有效磷和速效钾含量以复合肥与 60% (N) 生鸡粪配施处理较高, 分别达 $2.52 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $155 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 分别比复合肥处理高出 92% 和 44%, 而复合肥与 20% (N) 生鸡粪配施处理与单施复合肥处理的土壤有效磷、钾含量相差不大, 可见高比例有机肥的施入对提升土壤有效磷、钾含量作用明显。

表 1 不同有机无机肥配比对水稻分蘖盛期土壤有效养分的影响 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

处理	碱解氮	有效磷 (P)	速效钾 (K)
复合肥	230a	1.31b	108b
复合肥 + 20% (N) 生鸡粪	222a	1.33b	109b
复合肥 + 40% (N) 生鸡粪	210ab	1.60b	112b
复合肥 + 60% (N) 生鸡粪	191b	2.52a	155a

注: 数据后不同字母代表不同处理间显著性差异 ($P < 0.05$)。下同。

2.2 不同有机无机肥配比对冷浸田土壤无机态磷含量的影响

从表 2 看出, 土壤磷酸铝盐含量以复合肥与 60% (N) 生鸡粪配施处理最高, 达 $7.24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 较复合肥处理高出 44%; 土壤磷酸铁盐和磷酸钙盐含量以复合肥与 40% (N) 生鸡粪配施处理最高, 分别达 163.8 和 $28.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 分别较复合肥处理高出 11% 和 17%。不同有机无机肥配比施用也影响了土壤无机磷各级含量占无机磷总量的比例 (图 1), 复合肥与 60% (N) 生鸡粪配施处理明显降低土壤闭蓄态磷占无机磷总量的比例, 提高土壤磷酸铝盐、磷酸铁盐和磷酸钙盐占无机磷总量的比例, 说明复合肥与高比例有机肥配施能促使土壤中难溶性磷向易溶性磷转化, 从而提升作物磷素营养。

表 2 不同有机无机肥配比对土壤无机磷形态的影响 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

处理	Al-P	Fe-P	Ca-P	O-P
复合肥	5.03c	147.7c	24.1b	217.9b
复合肥 + 20% (N) 生鸡粪	5.99b	154.8b	25.2b	219.2b
复合肥 + 40% (N) 生鸡粪	6.97a	163.8a	28.2a	248.6a
复合肥 + 60% (N) 生鸡粪	7.24a	161.9a	27.8a	222.1b

2.3 不同有机无机肥配比对冷浸田土壤有机质含量及结合态腐殖质的影响

从表 3 可知, 复合肥配施 20% (N) 生鸡粪处理的土壤有机质含量较高, 达 $40.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 较复

合肥处理高出 24%，其次是复合肥配施 60% (N) 生鸡粪处理，达 $39.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；土壤活性有机质含量以复合肥配施 60% (N) 生鸡粪处理较高，达 $31.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，较复合肥处理高出 14%。此外，复合肥配施 60% (N) 生鸡粪处理增加了松结态腐殖质占重组腐殖质总量的比例，降低了紧结态腐殖质占重组腐殖质总量的比例，松/重达到 44.2%，紧/重仅 49.8%，而施用复合肥处理，松/重只有 42.3%，紧/重达到 54.4%，可见复合肥与高比例有机肥配施有效促进土壤紧结态腐殖质向松结态腐殖质的转化，从而提高土壤有机质活性。

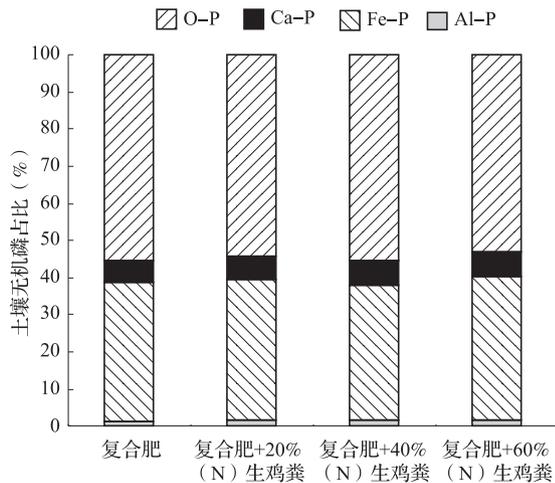


图1 不同有机无机肥配比对无机磷各级含量占无机磷比例的影响

表3 不同有机无机肥配比对土壤有机质含量及结合态腐殖质的影响

处理	有机质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	活性 有机质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	重组 腐殖质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	松/重 (%)	稳/重 (%)	紧/重 (%)
复合肥	32.2b	27.8b	19.5a	42.3a	3.3b	54.4a
复合肥+20% (N)生鸡粪	40.0a	27.2b	20.9a	39.9a	5.8a	54.4a
复合肥+40% (N)生鸡粪	37.7a	28.5b	20.4a	41.4a	5.6a	53.0a
复合肥+60% (N)生鸡粪	39.9a	31.8a	20.3a	44.2a	6.0a	49.8b

2.4 不同有机无机肥配比对冷浸田土壤阳离子交换量的影响

冷浸田由于冷水浸渍，土壤长期处于还原状态，土壤铁、锰等盐基离子还原成活性态而易淋失，使得土壤阳离子交换性能降低。从图2可知，土壤阳离子交换量以复合肥与60% (N) 生鸡粪配施处理最高，达 $12.3 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，较复合肥处理高

出 11%。土壤阳离子交换量的增加，使土壤缓冲容量增大，意味着土壤保肥性能的增强。

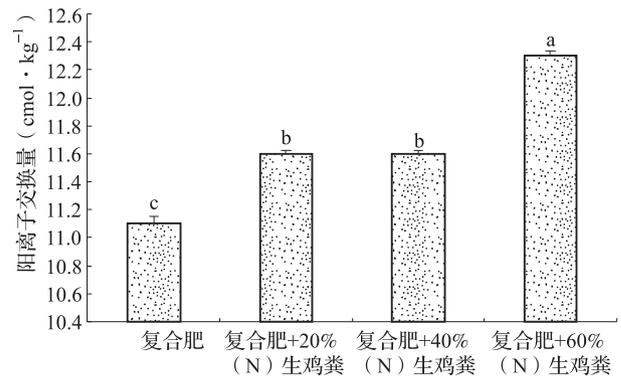


图2 不同有机无机肥配比对土壤阳离子交换量的影响

2.5 不同有机无机肥配比对冷浸田土壤微生物区系及活性的影响

从表4可知，复合肥与60% (N) 生鸡粪配施处理的土壤细菌数量最高，达 $82.3 \times 10^4 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ ，为复合肥处理的 2.6 倍；复合肥与 40% (N) 生鸡粪配施处理的土壤真菌和放线菌数量最高，分别达 116.8×10^2 和 $87.6 \times 10^3 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ ，分别较复合肥处理提高 33% 和 28%；微生物活性以复合肥与 60% (N) 生鸡粪配施处理最高，达 $0.32 \text{ mg} (\text{CO}_2) \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ，较复合肥处理提高 19%，可见配施较高比例有机肥后土壤微生物数量和活性明显提高，但不同比例有机无机配肥对微生物区系的影响各有差异，复合肥与 40% (N) 生鸡粪配施提高土壤真菌和放线菌数量，复合肥与 60% (N) 生鸡粪配施则提高土壤细菌数量和微生物活性。

表4 不同有机无机肥配比对土壤微生物区系及活性的影响

处理	细菌 ($10^4 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$)	真菌 ($10^2 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$)	放线菌 ($10^3 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$)	微生物活性 [$\text{mg} (\text{CO}_2) \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$]
复合肥	31.7c	87.7c	68.6a	0.27b
复合肥+20% (N)生鸡粪	30.1c	81.2c	71.3a	0.24c
复合肥+40% (N)生鸡粪	43.9b	116.8a	87.6a	0.28b
复合肥+60% (N)生鸡粪	82.3a	97.6b	45.9b	0.32a

2.6 不同有机无机肥配比对冷浸田成熟期水稻全株氮磷钾含量的影响

从表5分析，成熟期水稻含氮量以复合肥处理最高，达 $22.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，而复合肥配施生鸡粪处理

的水稻含氮量较低,可能因为有机态氮在水田中容易淋失,从而减少了水稻的吸收^[9-10]。

表5 不同有机无机肥配比对成熟期水稻全株氮磷钾含量的影响 (g·kg⁻¹)

处理	氮 (N)	磷 (P)	钾 (K)
复合肥	22.6a	4.61b	14.8c
复合肥+20% (N) 生鸡粪	18.7b	4.62b	21.7b
复合肥+40% (N) 生鸡粪	19.0b	4.67b	27.7a
复合肥+60% (N) 生鸡粪	17.0b	4.85a	31.3a

水稻含磷量以复合肥配施60% (N) 生鸡粪处理最高,达4.85 g·kg⁻¹,较复合肥处理高出5%,可能因为高比例有机肥的加入促进了土壤中磷的活化,从而促使磷更多被水稻吸收。

水稻含钾量以复合肥配施60% (N) 生鸡粪处理最高,达31.3 g·kg⁻¹,是复合肥处理的2.11倍。此外复合肥配施40% (N) 生鸡粪处理的水稻含钾量也较高,达27.7 g·kg⁻¹,是复合肥处理的1.87倍。说明有机肥的加入促进了土壤中钾的活化,从而促进水稻对钾素的吸收。

2.7 不同有机无机肥配比对冷浸田水稻产量及构成的影响

从表6分析,早稻产量以复合肥处理最低,仅6286.5 kg·hm⁻²,复合肥+40% (N) 生鸡粪处理最高,达6774.0 kg·hm⁻²,增产8%;复合肥+60% (N) 生鸡粪处理产量次之,达6640.5 kg·hm⁻²,增产6%,增产效果不及复合肥+40% (N) 生鸡粪处理。晚稻产量以复合肥处理较低,

表6 不同有机无机肥配比对水稻产量及构成的影响

处理	有效穗	每穗实粒数	结实率 (%)	千粒重 (g)	实际产量 (kg·hm ⁻²)	
早稻	复合肥	15.8b	54.9b	47.4b	24.8a	6286.5b
	复合肥+20% (N) 生鸡粪	17.2a	57.0b	58.1a	26.5a	6433.5b
	复合肥+40% (N) 生鸡粪	17.8a	67.5a	60.5a	26.5a	6774.0a
	复合肥+60% (N) 生鸡粪	17.0a	58.1b	57.6a	26.5a	6640.5a
晚稻	复合肥	13.0a	90.6b	80.6c	25.5b	6000.0c
	复合肥+20% (N) 生鸡粪	13.4a	92.6b	83.4a	28.3a	7734.0b
	复合肥+40% (N) 生鸡粪	13.0a	103.0a	84.7a	27.3a	8490.0a
	复合肥+60% (N) 生鸡粪	12.0b	100.4a	82.4b	27.2a	7867.5b

仅6000 kg·hm⁻²,复合肥+40% (N) 生鸡粪处理最高,达8490.0 kg·hm⁻²,增产42%;复合肥+60% (N) 生鸡粪处理次之,达7867.5 kg·hm⁻²,增产31%,增产效果仍不及复合肥+40% (N) 生鸡粪处理。晚稻种植时期,稻田泥温升高,土壤养分活化程度提高,晚稻产量高于早稻。复合肥与40% (N) 生鸡粪配施处理的水稻实粒数和结实率均高于其他处理,对水稻增产效果最好。

3 结论与讨论

与复合肥处理比较,复合肥与40% (N) 生鸡粪配施处理的土壤磷酸铁盐和磷酸钙盐含量分别提高11%和17%,复合肥与60% (N) 生鸡粪配施处理的土壤磷酸铝盐含量提高44%,且磷酸铝盐、磷酸铁盐和磷酸钙盐占无机磷总量的比例提高,闭蓄态磷占无机磷总量的比例降低,促使土壤中难溶性磷向易溶性磷转化,有效消减了冷浸田低温缺磷的障碍因子^[11],促进土壤有效磷含量提高。这与冯跃华等^[12]、谢林花等^[13]的试验结果一致。

与复合肥处理比较,复合肥配施60% (N) 生鸡粪处理的土壤松结态腐殖质占重组腐殖质的比例提高1.9个百分点,紧结态腐殖质占重组腐殖质的比例降低4.6个百分点,促使肥力水平低的冷浸田稳结态和紧结态腐殖质向松结态腐殖质的转化^[14],土壤活性有机质含量提高14%,且土壤阳离子交换量提高11%,增大土壤缓冲容量,增强了土壤的保肥性能。此外,复合肥与40% (N) 生鸡粪配施处理的土壤真菌和放线菌数量分别提高33%和28%,复合肥配施60% (N) 生鸡粪处理土壤的细菌数和微生物活性分别提高160%和19%,为微生物活动创造了优质条件,进而促使土壤有效磷和速效钾含量分别提高92%和44%,对冷浸田表现出较好的培肥效应。

与复合肥处理比较,复合肥与40% (N) 或60% (N) 生鸡粪配施处理的水稻磷、钾吸收量均有提高,水稻有效穗数、实粒数和结实率也明显增加,促使复合肥与40% (N) 生鸡粪配施处理的早、晚稻分别增产8%和42%,复合肥与60% (N) 生鸡粪配施处理的早、晚稻分别增产6%和31%,说明有机无机平衡施肥是适合于冷浸田水稻增产的施肥方式,以复合肥与40% (N) 生鸡粪配施处理效果最好。

一般来说,未经处理的生鸡粪施到田里后,当条件具备时,在微生物的活动下发酵,所产生的热量会影响作物生长,容易导致烧根烧苗,但冷浸田

因冷泉浸渍, 泥温较低, 施入生鸡粪后不仅不会烧根反而会增加泥温, 促进土壤有效养分活化和作物吸收, 并且还提高了土壤微生物数量和活性, 最终使得水稻明显增产。当前农村青壮劳动力减少, 中小规模养鸡场的粪便处理成本较高, 未经熟化的生鸡粪直接施入酸性冷浸田后能提高水稻产量, 不仅获得直接经济效益还能降低生产成本, 促使鸡粪资源合理利用。但未经腐熟的生鸡粪含有很多寄生虫及有害病菌, 可能增大水稻发生病虫害的几率, 应进一步研究施入生鸡粪后冷浸田有害微生物群落变化规律及水稻新发病虫害的监测及防控对策, 为提高冷浸田单产, 促进农民增收增效提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 林洪鑫, 刘光荣. 冷浸田改良及其配套栽培技术研究进展 [J]. 江西农业学报, 2011, 23 (4): 91-93.
- [2] 王飞, 李清华, 林新坚, 等. 福建省冷浸田治理利用的思考 [J]. 农业现代化研究, 2012, 33 (2): 221-224.
- [3] 焦加国, 张惠娟, 贺大连. 我国冷浸田的特性及改良措施 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (7): 4247-4248.
- [4] 徐培智, 解开治, 刘光荣, 等. 冷浸田开沟排水技术规程 [J]. 广东农业科学, 2012, (21): 91-92.
- [5] 徐培智, 解开治, 刘光荣, 等. 冷浸田测土配方施肥技术对水稻产量及施肥效应的影响 [J]. 广东农业科学, 2012, (22): 70-73.
- [6] 张祥明, 郭熙盛, 王文军, 等. 冷浸田不同磷源及用量对水稻生长和产量的影响 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (35): 17086-17087.
- [7] 苏金平, 袁福生, 徐昌旭, 等. 不同施肥方式对冷浸田早稻产量影响研究初报 [J]. 江西农业学报, 2012, 24 (6): 90-92.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析 (第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [9] 卢红玲, 李世清, 金发会, 等. 可溶性有机氮在评价土壤供氮能力中的作用与效果 [J]. 中国农业科学, 2008, 41 (4): 1073-1082.
- [10] 娄庭, 杨丽娟, 等. 在过量施氮农田中减氮和有机无机配施对土壤质量及作物产量的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2010, (2): 11-15.
- [11] 柴娟娟, 廖敏, 徐培智, 等. 我国主要低产水稻冷浸田养分障碍因子特征分析 [J]. 水土保持学报, 2012, 26 (2): 284-288.
- [12] 冯跃华, 张杨珠, 黄运湘. 不同稻作制、有机肥用量及地下水深度对红壤性水稻土无机磷形态的影响 [J]. 中国农业科学, 2009, 42 (10): 3551-3558.
- [13] 谢林花, 吕家珑, 张一平, 等. 长期施肥对石灰性土壤磷素肥力的影响 II. 无机磷和有机磷 [J]. 应用生态学报, 2004, 15 (5): 790-794.
- [14] 马力, 杨林章, 慈恩, 等. 长期施肥条件下水稻土腐殖质组成及稳定性碳同位素特性 [J]. 应用生态学报, 2008, 19 (9): 1951-1958.

Effects of combined application of organic and inorganic fertilizers on fertility and rice growth in cold spring paddy soil

LIU Jie¹, LUO Zun-chang^{1*}, XIAO Xiao-ping¹, QU De-ming², SUN Geng¹, HONG Xi¹, LUO Xian-shu², LUO Zhi-yong², YU Chong-xiang¹ (1. Institute of Soil and Fertilizer in Hunan Province, Changsha Hunan 410125; 2. Soil and Fertilizer Station of Liuyang County, Liuyang Hunan 410300)

Abstract: The effect of combined application of organic and inorganic fertilizers on soil fertility properties and rice growth was researched by dynamic sampling and analysis in field experiment to reduce harm of the obstacle characteristics in cold paddy soil such as low temperature, flooding, bad structure and low soil available nutrient. The results showed that compared with compound fertilizer, in treatment of combination of organic (40% N) and inorganic fertilization soil Fe-P and Ca-P contents were increased by 11% and 17% respectively; in treatment of combination of organic (60% N) and inorganic fertilization soil Al-P contents was increased by 44%, and the percentage of Al-P, Fe-P and Ca-P were increased, the percentage of O-P was reduced, the transformation of insoluble phosphate to the soluble phosphorus was promoted, content of soil available phosphorus was increased, the contribution of loosely combined humus to total humus was increased by 1.9%, the contribution of tightly combined humus to total humus was reduced by 4.6%, the active organic matter contents and cation exchange capacity were increased by 14% and 11% respectively. Fungus and actinomycetes contents were increased by 33% and 28% respectively in treatment of combination of organic (40% N) and inorganic fertilization. Bacterium content and microorganism activity in treatment of combination of organic (60% N) and inorganic fertilization were increased by 160% and 19% respectively, and the absorption of phosphorus and potassium by rice were increased by 5% and 111% respectively. The early rice yield and late rice yield in combination of organic (40% N) and inorganic fertilization were increased by 8% and 42%, while in combination of organic (60% N) and inorganic fertilization they were increased by 6% and by 31%, respectively. Effect of organic and inorganic balance fertilization was efficient in improving cold spring paddy soil fertility and increasing rice yield.

Key words: cold spring paddy soil; organic and inorganic fertilization; soil fertility; rice