

· 争鸣与探索 ·

# 高产水稻田氮磷排放监测及特征分析

邵婉晨<sup>1</sup>, 徐加宽<sup>2</sup>, 李光辉<sup>1</sup>, 刘建国<sup>1</sup>

(1. 江苏工业学院环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164; 2. 常州市农林局, 江苏 常州 213001)

**摘要:**通过设立田间定位监测点,对高产水稻田的水及氮、磷的输入和排出进行了 3 年的定点监测,根据监测结果分析了稻田的氮、磷迁移特征和规律。结果表明,每 667 m<sup>2</sup> 稻田氮排出量约 3 000 g,磷排出量约 82 g;随降雨及灌溉水带入的氮约 1 600 g,磷约 59 g;两者相抵,表观净排出氮约为 1 400 g,磷约 23 g。稻田氮、磷排出与稻田排水量及基面肥施用量有关。改进稻田氮肥施用时间和施用方法,合理管理稻田水量,减少排水,是减少高产水稻田氮、磷排放的关键技术措施。

**关键词:**水稻田;氮;磷;排放;监测

中图分类号: X832 文献标识码: 文章编号: 1006-2009(2009)04-0059-04

## Monitoring and Characteristic Analysis on Nitrogen and Phosphorus Releases from High-yield Paddyfield

SHAO Wan-chen<sup>1</sup>, XU Jia-kuan<sup>2</sup>, LI Guang-hui<sup>1</sup>, LIU Jian-guo<sup>1</sup>

(1. School of Environmental &amp; Safety Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou, Jiangsu 213164, China; 2. Changzhou Agricultural and Forestry Bureau, Changzhou, Jiangsu 213001, China)

**Abstract:** The import and export of water, nitrogen (N) and phosphorus (P) in high-yield paddyfield had been monitored, with field in-situ investigation, for three years. The characteristics and rules of N and P transport were analyzed according to the monitoring. The results showed that N and P export were 3 000 g and 82 g per 667 m<sup>2</sup> respectively, and N and P imports from rainfall and irrigation were 1 600 g and 59 g per 667 m<sup>2</sup>. So the net exports of N and P from paddyfield were 1 400 g and 23 g per 667 m<sup>2</sup> respectively. The exports of N and P were related to field drainage and fertilizing. The key ways for reducing N and P releases from high-yield paddyfield were suitable times and methods of N supply, as well as reasonable water management for less drainage.

**Key words:** Paddyfield; Nitrogen; Phosphorus; Release; Monitoring

近 50 年来,随着我国工农业快速发展,人口数量大幅度增加,环境污染日趋严重,特别是长三角经济较发达地区,太湖富营养化有不断恶化的趋势<sup>[1]</sup>。

大量研究结果表明,农业面源污染是造成水体氮、磷富营养化的主要原因之一<sup>[2-4]</sup>。因此,在开展工业点源污染达标排放的同时,也必须加强农业面源污染的治理力度,“点源与面源相结合”治理,才能有利于太湖水环境的有效改善<sup>[5]</sup>。氮、磷是农业面源污染的主要元素,其迁移转化规律和形成机理是监测、评价、治理农业面源污染的理论基础<sup>[6]</sup>。为摸清水稻高产栽培的面源污染现状,研究稻田氮、磷的迁移特征及规律,从中找出控制对

策,2004 年—2006 年,在常州市水稻主产区设立全生育期监测点,对高产水稻田的水及氮、磷迁移规律实行全程定位监测,研究结果将为稻田的合理施肥及制定稻田面源污染控制的对策提供科学依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 稻田氮、磷迁移规律定量研究

收稿日期: 2009-02-22; 修订日期: 2009-06-13

基金项目:江苏省基础研究计划基金资助项目(BK2007734);常州市农业科技攻关计划基金资助项目(CE2008211);江苏省高校“青蓝工程”中青年学术带头人基金资助项目(QLG06010002)

作者简介:邵婉晨(1984—),女,江苏常州人,硕士生,从事农业面源污染监测。

监测田位于常州市武进区,面积 0.26 hm<sup>2</sup>,土壤为白土。耕作层基础地力为:有机质 23.2 g/kg,总氮 1.86 g/kg,总磷 0.65 g/kg,碱解氮 195 mg/kg,速效磷 11.8 mg/kg,速效钾 125 mg/kg,pH 值 6.3,阳离子交换量 15.2 cmol(+)/kg。试验结束后耕层土壤肥力为:有机质 23.0 g/kg,碱解氮 205 mg/kg,速效磷 12.4 mg/kg,速效钾 113 mg/kg,土壤肥力变化不大。

2004 年—2006 年,在水稻生长季节对稻田的水量进出实行全程监测,监测小区面积为 10 m × 10 m。监测区四周均设水泥墙体以防止监测区与周边地块发生串水现象,水泥墙体埋设在地面以下 30 cm,露出地面 30 cm。监测区对应一个径流池。径流池为水泥结构,侧壁和池底均做好防渗处理,径流池为 1 m × 1 m × 1 m。为便于计量径流池内水量,在池壁做刻度线标记。每次产生径流要测定水量及随水流失的土量,采集水样和土样后,均用抽水机抽净径流池内存水,并将泥土清洗干净。径流池表面铺设硬质防雨设施,防止雨水、灰尘落入,也防止人和动物不慎跌入。同时,计量进出稻田的雨水、灌溉水和排出水的水量,对采集的所有样品,测定氮和磷的质量浓度。

每年按当地常规品种种植水稻,施肥及日常管理。监测田水稻品种为武香粳 14 号,施肥情况为:基面肥每 667 m<sup>2</sup> 施碳酸氢铵 20 kg,15% - 15% - 15% 氮磷钾复合肥 25 kg,尿素 10 kg,穗肥施尿素

10 kg, N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 折纯量分别为 16.35 kg, 3.75 kg, 3.75 kg。每年于 6 月 14 日—6 月 16 日上水整地,6 月 18 日—6 月 20 日栽秧,约 10 月 25 日收割。

### 1.2 氮、磷测定方法

(1)氮的测定:使用《水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解分光光度法》(GB 11894 - 89);土壤中总氮采用农业部推荐的半微量凯氏法(NY/T 53 - 1987)。

(2)磷的测定:使用《水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法》(GB 11893 - 89);土壤中总磷测定采用农业部推荐方法(NY/T 88 - 1988)。

## 2 结果与分析

### 2.1 稻田进出水量及氮和磷质量浓度

2004 年—2006 年,平均每 667 m<sup>2</sup> 稻田入水量为 706.4 m<sup>3</sup>,其中降雨为 481.7 m<sup>3</sup>,氮质量浓度为 1.62 mg/L,磷质量浓度为 0.083 mg/L;平均每 667 m<sup>2</sup> 灌溉水为 224.7 m<sup>3</sup>,氮质量浓度为 3.74 mg/L,磷质量浓度为 0.076 mg/L。每 667 m<sup>2</sup> 稻田排出水量为 333.3 m<sup>3</sup>,氮质量浓度为 8.87 mg/L,磷质量浓度为 0.201 mg/L;平均每 667 m<sup>2</sup> 随水流失土壤 34.7 kg,氮质量浓度为 0.17 mg/L,磷质量浓度为 0.04 mg/L。3 年稻田的进出水、土量及其氮和磷的质量浓度监测结果见表 1。

表 1 每 667 m<sup>2</sup> 稻田进出水、土量和氮和磷质量浓度

年份	降雨			灌溉水			排出水			流失土壤		
	水量	氮	磷	水量	氮	磷	水量	氮	磷	水量	氮	磷
2004	590	1.5	0.08	153	3.7	0.08	353.7	9.64	0.26	37	0.16	0.04
2005	440	1.6	0.09	264	3.8	0.08	233.2	13.4	0.20	29	0.18	0.05
2006	415	1.8	0.09	257	3.7	0.07	413.3	5.68	0.15	38	0.17	0.04

单位: m<sup>3</sup>

### 2.2 氮在稻田水体中的迁移

稻田每季水稻随水输入氮每 667 m<sup>2</sup> 平均为 1 618.7 g,其中降雨带入 778.7 g,占 48.1%;灌水带入氮 840.0 g,占 51.9%。随水输出氮平均每 667 m<sup>2</sup> 为 3 016.4 g,其中排水带出 2 957.7 g,占 98.1%;土壤流失带出氮每 667 m<sup>2</sup> 58.7 g,占 1.9%。稻田氮的表观净排放量每 667 m<sup>2</sup> 平均为 1 397.7 g,见表 2。

表 2 每 667 m<sup>2</sup> 稻田水体中氮的迁移

年份	输入			输出			表观净排放量
	降雨	灌水	小计	排水	土壤流失	小计	
2004	885	566	1 451	3 410	59	3 469	2 018
2005	704	1 003	1 707	3 115	52	3 167	1 460
2006	747	951	1 698	2 348	65	2 413	715

### 2.3 磷在稻田水体中的迁移

每季水稻,每 667 m<sup>2</sup> 稻田随水输入磷平均为

58.5 g,其中降雨带入 41.4 g,占 70.8%,灌水带入 17.1 g,占 29.2%。每 667 m<sup>2</sup> 随水输出磷平均为 81.7 g,其中排水带出 66.9 g,占 81.9%,土壤流失带出 14.8 g,占 18.1%。稻田磷的表观净排放量每 667 m<sup>2</sup> 为 23.2 g,见表 3。

表 3 每 667 m<sup>2</sup> 稻田水体中磷的迁移 g

年份	输入			输出			表观净 排放量
	降雨	灌水	小计	排水	土壤流失	小计	
2004	47.2	12.2	59.4	92.0	14.8	106.8	47.4
2005	39.6	21.1	60.7	46.6	14.5	61.1	0.4
2006	37.4	18.0	55.4	62.0	15.2	77.2	21.8

### 2.4 不同月份的降雨量、排水量及随水氮、磷排出量

由于各年 10 月份均未降水,现将每年 6 月 15 日—9 月 30 日期间,按月统计的降雨量、排水量及随水氮、磷排出量统计见表 4。

表 4 不同月份降雨量和每 667 m<sup>2</sup> 稻田排水量和随水氮、磷排出量

年份	月份	降雨量	排水	氮排放量	磷排放量
		h/mm	V/m <sup>3</sup>	m/g	m/g
2004	6月15日—6月30日	327.1	135.3	2 232.5	33.8
	7月1日—7月31日	138.5	85.3	708.0	16.2
	8月1日—8月31日	398.4	114.0	433.2	36.5
	9月1日—8月30日	20.0	19.1	36.3	5.9
	小计	884.0	353.7	3 409.9	92.4
2005	6月15日—6月30日	361.1	175.0	2 712.5	38.5
	7月1日—7月31日	62.8	7.4	77.7	1.2
	8月1日—8月31日	192.9	41.2	263.7	5.8
	9月1日—8月30日	42.8	9.6	61.4	1.1
	小计	659.6	233.2	3 115.3	46.5
2006	6月15日—6月30日	74.6	96.5	1 051.9	29.0
	7月1日—7月31日	416.2	269.0	1 049.1	26.9
	8月1日—8月31日	49.7	14.7	98.5	2.2
	9月1日—8月30日	81.1	33.1	149.0	4.6
	小计	621.6	413.3	2 348.4	62.7
3年 平均	6月15日—6月30日	254.3	135.6	1 998.7	33.8
	7月1日—7月31日	205.8	120.6	611.4	14.7
	8月1日—8月31日	213.7	56.6	264.9	14.8
	9月1日—8月30日	48.0	20.6	82.2	3.9
	小计	721.8	333.4	2 957.3	67.2

降雨量不同年度有一定差异,2004 年度的总降雨量明显大于 2005 年和 2006 年。不同月份的降雨量亦不相同,且因不同年度而异:3 年平均,6

月份降雨量占总降雨量(6 月 15 日—9 月 30 日,下同)的 35.2%、7 月份占 28.5%、8 月份占 29.6%、9 月份仅占 6.7%。在不同年度,2004 年降雨主要在 6 月份和 8 月份,分别占总降雨量的 37.0%和 45.0%;2005 年 6 月份占 54.8%,8 月份占 29.2%;而 2006 年的降雨主要集中在 7 月份,占总降雨量的 67.0%。

稻田排水量不同年度间也有较大差异。3 年平均,6 月稻田排水量占稻田总排水量(6 月 15 日—9 月 30 日,下同)的 40.6%、7 月占 36.2%、8 月占 17.0%、9 月占 6.2%,稻田排水量逐月下降。在不同年度,2004 年 6 月占 38.3%,7 月占 24.1%、8 月占 32.2%,6 月、7 月、8 月稻田排水量比较接近;而 2005 年主要集中在 6 月,占 75.0%;2006 年则以 7 月为主,占 65.1%。总体上 3 年排水量与降雨量呈极显著正相关( $r=0.8604, n=12$ )。

氮排出量年际间也有波动。3 年平均,6 月份稻田氮排出量占稻田总排出量(6 月 15 日—9 月 30 日,下同)的 67.6%、7 月份占 20.7%、8 月份占 9.0%、9 月份占 2.8%,稻田氮排出量也表现出逐月下降。在不同年份,2004 年 6 月占 65.5%,7 月占 20.8%;2005 年 6 月占 87.1%,7 月占 2.5%;2006 年 6 月占 44.8%,7 月占 44.7%。分析表明,稻田氮排出量一方面与稻田排水量有关,氮排出量与排水量的相关性达显著水平( $r=0.6958, n=12$ );另一方面与施肥时间有关,由于施肥主要集中在基肥上,所以约 90%氮排出量集中在 6 月、7 月,特别是 6 月份,2005 年 6 月排水量占 75.0%,氮排出量占 87.0%;2006 年 6 月排水量只占 23.2%,而氮排出量仍占 44.8%。

从年际间看,每 667 m<sup>2</sup> 稻田磷排出量 2004 年明显大于 2005 年及 2006 年。磷排出量与排水量也极显著正相关( $r=0.7995, n=12$ ),不同月份稻田磷排出量亦存在很大差异。3 年平均,6 月稻田磷排出量占稻田总排出量(6 月 15 日—9 月 30 日,下同)的 50.3%、7 月为 21.9%、8 月为 22.0%、9 月为 5.8%。

### 3 结语

3 年田间定位监测表明,水稻高产栽培稻田每 667 m<sup>2</sup> 氮排出量约 3 000 g,磷排出量约 80 g,如扣除随雨水及灌溉水带入量,表观净排出量为:氮约

1 400 g,磷约 23 g,氮磷排出基本上集中在 6 月、7 月,这一方面与稻田排水量呈显著正相关,另一方面,还与稻田施肥主要集中在基肥和面肥有关。所以改进稻田施肥时间和施肥技术将会大大减少氮、磷的排出。

稻田排水量又与降雨量密切相关,所以加强水稻水量管理,特别是水稻生长前期的水量管理,减少稻田排水量也是控制农田氮、磷污染排放的关键。如 2006 年 6 月份由于过量使用泡田水,稻田排水量高出降雨量,说明在节水灌溉,减少农田面源污染物排出方面还有潜力可挖。在农田氮排放方面,该研究与郭红岩等<sup>[7-8]</sup>的研究结果比较一致,而在农田磷排放方面有较大出入。

#### [参考文献]

- [1] 张利民,夏明芳,王春,等. 江苏省 12 大湖泊水环境现状与污染控制建议 [J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20 (2): 46 - 50.
- [2] 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 [J]. 中国农业科学, 2004, 37 (7): 1008 - 1017.
- [3] 崔键,马友华,赵艳萍,等. 农业面源污染的特性及防治对策 [J]. 中国农学通报, 2006, 22 (1): 335 - 340.
- [4] 贺维生,傅伯杰,陈利顶. 非点源污染管理及控制 [J]. 环境科学, 1998, 19 (5): 87 - 91.
- [5] 黄智华,薛滨,逢勇. 太湖水环境演变与流域经济发展关系及趋势 [J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15 (5): 627 - 631.
- [6] 徐恒省,洪维民,王亚超,等. 太湖饮用水源地蓝藻水华预警监测体系的构建 [J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20 (1): 1 - 3.
- [7] 郭红岩,王晓蓉,朱建国,等. 太湖流域非点源氮污染对水质影响的量化研究 [J]. 农业环境科学学报, 2003, 22 (2): 150 - 153.
- [8] 郭红岩,王晓蓉,朱建国. 太湖一级保护区非点源磷污染的量化研究 [J]. 应用生态学报, 2004, 15 (1): 136 - 140.
- [9] 艾黎,张选庭,杨光宇,等. Meso - 四 - (对 - 磺基苯基) 吡啶光度法测定螺旋藻中的痕量锌 [J]. 广东微量元素科学, 1997, 4 (8): 49 - 51.
- [10] 黄齐林,吴献花,白红梅,等. 2 - (2 - 喹啉偶氮) - 4 - 甲基 - 1,3 - 二羟基苯固相萃取光度法测定水中锌 [J]. 冶金分析, 2007, 27 (1): 39 - 41.
- [11] 张鑫燕,潘洁,杨明华,等. 1 - (2,6 - 二氯 - 4 - 硝基苯) - 3 - (4 - 硝基苯) - 三氮烯光度法测定矿山废水中的锌 [J]. 中国环境监测, 2003, 19 (2): 41 - 43.
- [12] 郑云法,张春牛,詹银花. 1 - (1 - 硝基苯) - 3 - (3 - 甲基吡啶) - 三氮烯的合成及其与锌的显色反应 [J]. 理化检验 - 化学分册, 2006, 42 (12): 988 - 989.
- [13] 吴萌萌. 锌 - 邻氯苯基荧光酮 - 表面活性剂体系的显色反应及应用研究 [J]. 内蒙古师范大学学报, 2006, 35 (1): 77 - 79.
- [14] 代钢,敖登高娃,乌兰图亚. 4,5 - 二溴邻硝基苯基荧光酮分光光度法测定微量锌 [J]. 内蒙古大学学报, 2005, 36 (2): 235 - 237.
- [15] 梁玉珍,张旭娟,高立娣. Zn - SCN - 罗丹明 B 显色体系的研究 [J]. 高师理科学刊, 2003, 23 (4): 36 - 38.
- [16] 潘教斐,潘旭红. 新显色剂二溴邻硝基偶氮胂的合成及其与钽显色反应的研究 [J]. 化学试剂, 1991, 13 (3): 153 - 155.
- [17] 徐国想,马卫兴,周洪英,等. 二溴邻硝基偶氮胂光度法测定微量钼 [J]. 冶金分析, 2007, 27 (4): 55 - 58.
- [18] 徐国想,马卫兴,周洪英,等. 二溴邻硝基偶氮胂光度法测定微量钼 [J]. 分析试验室, 2006, 25 (9): 38 - 40.

(上接第 47 页)

### 3 结语

采用 DBONAA 分光光度法测定水中锌,不仅拓宽了变色酸偶氮胂试剂在金属测定中的应用,而且该体系在 CPB 微乳液介质中测定,提高了方法选择性和灵敏度。对于复杂样品,共存离子干扰较重,可用强阴离子交换固相萃取柱预分离和富集,使方法选择性有较大提高。将该方法用于电镀废水、河水与自来水中锌的测定,与原子吸收光谱法的测定结果相吻合。

#### [参考文献]

- [1] 秦汉明. 示波极谱法测定大气总悬浮微粒中微量锌 [J]. 中国环境监测, 2001, 17 (4): 37 - 38.
- [2] 马桂云,王京平,周秋华. 方波溶出伏安法测定蔬菜中铜和锌 [J]. 应用化工, 2005, 34 (9): 573 - 575.
- [3] 史啸勇,郁建桥. 微波消解 - 原子吸收光度法测定土壤中铜、锌、铅、镉、镍、铬 [J]. 环境监测管理与技术, 2003, 15 (1): 32 - 33.
- [4] 刘晓铭,朱亚新. 共沉富集 - 单缝石英管火焰原子吸收法测定水中痕量铜、铅、锌、镉 [J]. 环境监测管理与技术, 1995, 7 (5): 30 - 31.
- [5] 侯振雨,朱冬梅. meso - 四 - (邻氯对磺酸苯基) 吡啶分光光度法测定蔬菜中锌的研究 [J]. 广东微量元素科学, 2006, 13 (4): 61 - 64.