

# 南四湖流域农田肥料和农药流失率研究

高兴家<sup>1</sup>, 梁成华<sup>1\*</sup>, 李成高<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110161; 2. 济宁市环境保护局, 山东 济宁 272000)

**摘要:** 为了解南四湖流域主要类型农田肥料和农药的流失情况, 以流失率为指标, 分析了南四湖流域平原水田、旱田的地表径流、地下淋溶肥料、农药流失情况。结果表明, 平原水田氮、磷、农药流失的主要途径是径流水; 常规施肥条件下氮、磷、毒死蜱、氟虫氰流失率随着降雨量的增加而增加, 其平均流失率分别为 13.21%、2.65%、12.84%、18.72%, 氮的流失率远大于磷。常规施肥条件下旱田氮、磷、毒死蜱流失率随着降雨量的增加而增加, 其中氮、磷流失率较水田高, 且氮的流失率远大于磷, 分别为 20.89%、3.36%; 毒死蜱流失率较水田低, 为 3.59%。

**关键词:** 南四湖流域; 农田; 肥料; 农药; 流失率

中图分类号: X52 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2014)02-0068-04

## Study on Runoff Losses of Fertilizer and Pesticide from Farmland in Nansi Lake Basin

GAO Xing-jia<sup>1</sup>, LIANG Cheng-hua<sup>1\*</sup>, LI Cheng-gao<sup>2</sup>

(1. Soil and Environmental College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China;

2. Jining Municipal Environment Protection Bureau, Jining 272000, China)

**Abstract:** In order to investigate the characteristics of losses for different land utilization patterns in Nansi Lake basin, paddy land and dry land were selected to investigate fertilizer and pesticide loss using surface runoff and leaching method. The results showed that surface runoff was the main approach that nitrogen fertilizer, phosphorus fertilizer and pesticide lost in paddy land. Under the conditions of conventional fertilization, the loss percentage of nitrogen fertilizer, phosphorus fertilizer, chlorpyrifos, fiproni increased with the increase of rainfall, the average loss percentage of which was about 13.21%, 2.65%, 12.84%, 18.72% in paddy land; the average loss percentage of which was about 20.89%, 3.36%, 3.59% in dry land.

**Key words:** Nansi Lake basin; farmland; fertilizer; pesticide; loss percentage

南四湖是南水北调东线工程的重要调蓄湖泊和输水通道, 其水质状况直接影响南水北调水质。近年来, 随着南水北调东线治污工程的不断推进, 南四湖流域的点源污染已得到有效控制, 面源污染特别是农业面源污染的控制逐渐成为南四湖流域治理水体富营养化的关键<sup>[1]</sup>。根据济宁市第一次污染源普查技术报告, 济宁市农业面源中重铬酸盐指数、总

氮、总磷排放量分别占各污染物排放总量的 42.8%、65.4%、58.1%, 农业面源已远超工业源和城市生活源成为济宁市污染源之首, 其中, 农业生产过程中大量地施肥、施药, 导致农田中氮、磷污染物含量增加, 并随着地表径流进入河流, 成为导致南四湖湖泊富营养化的主要来源途径之一。

近年来, 针对南四湖的农业面源污染学者们做

收稿日期: 2013-06-28

基金项目: 南四湖流域农业面源污染监测预警及防治技术研究(济科字[2006]-3-6-19)

作者简介: 高兴家(1986-), 男, 山东济宁人, 在读硕士研究生, 研究方向: 水污染防治。E-mail: gao\_oag@126.com

\* 通讯作者: 梁成华(1958-), 男, 辽宁铁岭人, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤环境与生态方面的研究。

E-mail: liang110161@163.com

了大量研究,主要集中在农业面源污染源排放量统计<sup>[2]</sup>,种植业、养殖业及农村生活污染现状分析<sup>[3]</sup>,南四湖沿岸氮、磷流失模数的定量估算<sup>[4-5]</sup>,南四湖流域农业面源污染防治技术探讨<sup>[6-7]</sup>等方面,而关于实地监测平原水田和旱田污染物流失率的研究尚未见报道。鉴于此,本研究对南四湖流域平原水田、旱田的地表径流、地下淋溶进行实地监测,分析了南四湖流域平原水田和旱田污染物流失率,以期为该流域农业面源污染源排放量测算和农业面源污染治理提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区域概况

1.1.1 平原水田 平原水田径流监测区设置在山东省济宁市鱼台县王鲁镇刘庄村东约1.2 km浅平洼地,东经116°36'4"、北纬35°01'36",海拔34 m,属暖温带季风型大陆性气候,全年降水量727.1 mm。该地区土壤为砂姜黑土型淹育水稻土土属,成土母质系老湖沼相沉积物,耕作方式为小麦、水稻一年两熟。径流监测小区建在水稻田的一角,周围与大田相连,农作物栽培管理及农药、化肥使用情况与大田完全一致,使其具有广泛的代表性。

1.1.2 平原旱田 平原旱田淋溶监测区设置在汶上县苑庄镇大秦村南约200 m处,东经116°33'28"、北纬35°43'40",海拔45 m,属暖温带季风型大陆性气候,全年降水量为628 mm。该地区土壤为潮棕壤土属,耕作方式为甘蓝、西红柿、大白菜一年三熟,淋溶监测小区建在大田的一角,周围与大田相连,农作物栽培管理及农药、化肥使用情况与大田完全一致,使其具有广泛的代表性。

### 1.2 试验设计

1.2.1 平原水田径流小区设计 径流小区为矩形,面积4 m×6 m,种植作物为水稻。试验设对照和常规2个处理。对照处理:不施任何肥料,可以施用低毒、易降解的农药,但不可施用毒性高、难降解的农药(如毒死蜱、阿特拉津、氟虫腈、吡虫啉、克百威、2-4-D-丁酯、涕灭威、丁草胺、乙草胺等);常规处理:肥料、农药的施用量、施用方法、施用时期完全遵照当地农民生产习惯,每公顷施氮肥(折纯)495 kg、磷肥(折纯)210 kg,农药为毒死蜱、氟虫腈,每公顷7.5 kg、1.5 L。2个处理除施肥、施药不同以外,其他田间管理措施完全相同,每个处理3次重复。灌溉时确保每个小区等量灌溉。各径流小区三侧设置高20 cm土埂,采用塑料薄膜包被,以减少小区间的侧渗与串流。每个径流小区出口一侧经地面导水槽

与地表径流收集池相连,在降雨期间,利用挡雨设施将径流收集池与导水槽遮盖,防止雨水进入。

1.2.2 平原旱田淋溶监测小区设计 平原旱田地下淋溶监测小区为长方形,面积为5 m×6 m,种植作物为西红柿。试验设对照和常规2个处理,3次重复。对照处理:不施任何肥料和毒性高、难降解的农药,但可以施用低毒、易降解的农药;常规处理:肥料、农药的施用量、施用方法、施用时期完全遵照当地农民生产习惯,每公顷施氮肥(折纯)495 kg、磷肥(折纯)210 kg,农药为毒死蜱,每公顷7.5 kg。在试验区四周均设保护行,保护行每一边的宽度不少于2 m;为防止小区之间、小区和周边地块之间串水,淋溶小区之间的田埂压紧、夯实。每个小区等量灌溉。

### 1.3 样品采集

平原水田分别采集径流水样和径流泥沙样,采集时间为:2011年6月26日,降雨量35.2 mm;2011年7月16日,降雨量54.7 mm;2011年8月10日,降雨量33.8 mm。平原旱田地下淋溶水样采集时间为2011年4月21日,降雨量42.7 mm;2011年7月18日,降雨量48.5 mm;2011年9月16日,降雨量23.1 mm。

### 1.4 测定项目及方法

1.4.1 总氮含量 使用过硫酸钾氧化—紫外分光光度法测定。

1.4.2 总磷含量 使用过硫酸钾氧化—钼锑抗分光光度法测定。

1.4.3 毒死蜱、氟虫腈含量 使用气相色谱法测定。

1.4.4 流失率 肥料、农药流失率计算公式如下:

$$\text{肥料(农药)流失率} = \frac{\text{常规处理肥料} - \text{对照处理肥料}}{\text{肥料(农药)施用量}} \times 100\%$$

其中,通过地表径流(地下淋溶)途径流失的氮、磷、农药量等于整个监测周期中各次径流(淋溶)水中污染物浓度与径流(淋溶)水体积乘积之和。水田径流监测小区的氮施用量均为1 200 g,磷施用量为500 g,毒死蜱施用量为18 g,氟虫腈施用量为1 g;旱田淋溶监测小区的氮施用量均为1 200 g,磷施用量为500 g,毒死蜱施用量为18 g。

## 2 结果与分析

### 2.1 平原水田地表径流氮、磷、毒死蜱、氟虫腈流失率

由表1可以看出,平原水田径流泥沙氮、磷流失率较小,分别仅为0.50%、0.17%;径流水氮、磷流

失率较大,分别为 12.71%、2.48%。因此,平原水田氮、磷流失的主要途径是径流水。

降水径流是非点源污染发生的主要动力<sup>[8]</sup>,降雨越大,造成的地表径流越大,肥料和农药的流失率也越大<sup>[9-10]</sup>。由表 1 可以看出,平原水田地地表径流氮、磷、农药流失率随降雨量增加而增大,其最大流失率出现在降雨量最大的 7 月(降雨量 54.7 mm),氮、磷、毒死蜱、氟虫氰流失率分别为 22.61%、

5.35%、17.94%、31.20%。氮流失率(13.21%)远大于磷(2.65%),主要原因可能是小区土壤为砂姜黑土型淹育水稻土土属,颗粒细,一般在质地细的土壤上磷吸附能力强,施矿质肥料只有很小的磷移动<sup>[11]</sup>致使磷肥的流失率较小。氟虫氰流失率(18.72%)大于毒死蜱(12.84%),主要原因可能是氟虫氰在水中的溶解度大于毒死蜱,致使其随降水径流的流失率较大。

表 1 平原水田地地表径流氮、磷、毒死蜱、氟虫氰流失率

%

取样时间/ (年-月-日)	降雨量/ mm	氮			磷			毒死蜱			氟虫氰		
		径流水	经泥沙	合计	径流水	经泥沙	合计	径流水	经泥沙	合计	径流水	经泥沙	合计
2011-06-26	35.2	9.02	0.39	9.41	1.36	0.15	1.51	8.72	2.47	11.19	6.24	9.36	15.60
2011-07-16	54.7	21.84	0.77	22.61	5.10	0.25	5.35	11.85	6.09	17.94	15.60	15.60	31.20
2011-08-10	33.8	7.30	0.32	7.62	0.96	0.12	1.08	7.74	1.81	9.55	6.24	6.24	12.48
平均		12.72	0.49	13.21	2.48	0.17	2.65	9.38	3.46	12.84	9.36	9.36	18.72

## 2.2 平原旱田地下淋溶氮、磷、毒死蜱流失率

平原旱田一般情况下不会形成地表径流,氮、磷流失的主要途径是地下淋溶。由表 2 可以看出,常规施肥条件下旱田氮、磷、毒死蜱流失率随着降雨量的增加而增加,其最大流失率出现在降雨量最大的 7 月(降雨量 48.5 mm),分别为 29.13%、5.49%、5.80%,主要原因可能是肥料和农药施入表层土壤(0~20 cm)至淋溶到地下 90 cm 所需的时间受土壤墒情影响较大,干旱的时候,即使浇一次漫灌水,都很难有水淋溶,土壤墒情好时,2~3 d 就能淋溶到 90 cm 以下,而 7 月份土壤墒情较好,又遇大雨,地下淋溶量就大,氮、磷、毒死蜱的流失率就大。氮的流失率(20.89%)远大于磷的流失率(3.36%),主要原因是氮在土壤中只进行转化,不易被固定,而磷易被土壤中的其他物质吸附或与官能团结合而被土壤颗粒固定<sup>[12]</sup>。毒死蜱的流失率较小,说明农药随农作物根系淋溶到地下的量较小。

表 2 平原旱田地下淋溶氮、磷、毒死蜱流失率 %

取样时间/ (年-月-日)	降雨量	氮	磷	毒死蜱
2011-04-21	42.7	25.84	4.08	1.37
2011-07-18	48.5	29.13	5.49	5.80
2011-09-16	23.1	7.70	0.50	3.76
平均		20.89	3.36	3.59

## 3 结论与讨论

南四湖流域平原水田氮、磷流失主要途径是径

流水,经泥沙的流失率不大;总体上,氮流失率为 13.21%,磷流失率为 2.65%,毒死蜱流失率为 12.84%,氟虫氰流失率为 18.72%。南四湖流域平原旱田氮、磷流失的主要途径是地下淋溶,一般情况下不会形成地表径流。其中,氮流失率为 20.89%,磷流失率为 3.36%,毒死蜱流失率为 3.59%。

相对于平原水田而言,南四湖流域平原旱田的氮、磷流失率均相对较高,其主要原因可能是旱田土壤表层残留的氮、磷浓度相对较高使得流失的氮、磷浓度也较高;而水田持水量较大且土壤表层中有效氮、磷浓度相对较低使得水田中的氮、磷不易随地表径流而流失<sup>[13]</sup>。此外,旱田与水田的土壤颗粒及地表特征存在差异,使其对氮、磷的吸附过程与阻滞过程也不同,这也可能是旱田与水田两种不同土地利用类型下氮、磷流失率存在差异的原因。水田毒死蜱流失率高于旱田,其主要原因可能是水田砂土对毒死蜱的吸附性小于旱田壤土使得水田流失毒死蜱浓度较高<sup>[14]</sup>。平原水田责任田四周打畦埂,一般情况下不会造成水土流失,但在水稻持水期、水稻烤田及收获期间如果降雨量过大,需及时排水,否则可能造成氮、磷大量流失,因此,需针对南四湖流域不同的农田类型、月份,制定相应的氮、磷、农药流失的防治措施。

参考文献:

- [1] 刘静,路凤,杨延钊,等.南四湖流域种植业面源污染氮磷源解析研究[J].环境科学,2012,33(9):3070-3075.
- [2] 黄亚丽,张丽,朱昌雄.山东省南四湖流域农业面源污

- 染状况分析[J]. 环境科学研究, 2012, 25(11): 1243-1249.
- [3] 刘静, 路凤, 杨延钊, 等. 南四湖农业面源污染现状及控制措施[J]. 中国人口资源与环境, 2011, 21(3): 292-295.
- [4] 成杰民, 宋涛, 李彦. 基于 GIS 的南四湖沿岸农业面源氮磷负荷估算研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(3): 284-288.
- [5] 李爽, 张祖陆, 孙媛媛. 基于 SWAT 模型的南四湖流域非点源氮磷污染模拟[J]. 湖泊科学, 2013(2): 236-242.
- [6] 武周虎, 张晓波, 张芳园. 南四湖入湖重点污染河流筛选与水环境问题分析[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(4): 475-481.
- [7] 王升吉, 崔艳秋, 刘炳福, 等. 南四湖地区甜瓜病虫害防治中的农业面源污染防控研究[J]. 环境保护科学, 2011, 37(2): 44-47, 71.
- [8] 陈志良, 程炯, 刘平, 等. 暴雨径流对流域不同土地利用土壤氮磷流失的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(5): 30-33.
- [9] 段永蕙, 张乃明, 张玉娟. 施肥对滇池流域农田土壤氮流失的影响[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 243-244, 271.
- [10] 付伟章, 史衍玺. 施用不同氮肥对坡耕地径流中 N 输出的影响[J]. 环境科学学报, 2005, 25(12): 1676-1681.
- [11] Sharpley A N, Halvorson A D. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality[M]//Lal R, Stewart B A. Soil processes and water quality. Boca Raton: Advances in Soil Science Lewis Publishers, 1994: 70-90.
- [12] Mitchell R D, Harrison R, Russell K J, *et al.* The effect of crop residue incorporation date on soil inorganic nitrogen, nitrate leaching and nitrogen mineralization[J]. Biology and Fertility of Soils, 2000, 32(4): 294-301.
- [13] 李苗, 王晓, 庞宗强, 等. 沛沿河流域农田地表径流氮流失的模拟研究[J]. 环境污染与防治, 2010, 32(12): 18-21.
- [14] 李界秋, 黎晓峰, 沈方科, 等. 毒死蜱在土壤中的环境行为研究[J]. 农业资源与环境科学, 2007, 23(1): 168-171.