

苏南太湖地区农业面源磷的污染

张水铭 马杏法

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文研究了苏南太湖地区农业面源磷素对水质的影响。调查结果表明,太湖地区农田水系普遍受到磷的污染,水中全磷(P)含量是:雨水为0.014—0.020毫克/升,灌溉水为0.041—0.133毫克/升,排出水为0.073—0.211毫克/升,渗漏水为0.031—0.109毫克/升。

在雨水较丰沛的1987年,农田地表排水输出磷的总量为440.4吨/年,渗漏水输出量为195.3吨/年,而在较为干旱的1988年,排水和渗漏水输出分别为299.9吨/年和191.0吨/年。

对4种类型水稻土进行的盆栽试验结果表明,排出水和渗漏水的全磷浓度及土壤速效磷含量与磷肥用量呈极显著正相关。

水体富营养化问题,目前仍然是环保工作者十分关注的水污染难题之一。在研究和治理水环境污染方面,以往人们常将较多的精力放在工业点源污染上,对工业排放过程引起的水污染治理曾做过大量的工作,并取得显著的成效。70年代以来,科学家们发现农业面源引起水体的氮、磷的污染是与工业排放同样具有危害的一种不可忽视的污染源。据报道,造成水体中氮的污染,农业面源占总量70%以上。虽然土壤对磷的吸附能力较强,但随水土流失进入水体的磷量却是相当可观的。据估计,全世界每年大约有300—400万吨 P_2O_5 从土壤迁移到水中。当水体中磷素含量很大时,藻类即迅速繁殖生长,促使水质向富营养化方向发展。从我国目前水体中氮、磷的污染状况看,磷是导致水系水质富营养化的关键性物质。因此,研究水体中磷素的污染现状和控制水体磷素的含量是十分重要的。本文以工农业发展水平较高的苏南太湖地区为对象,研究了农田水系中磷的排放对水系水质的影响,为太湖水系保护总体规划提供科学依据。

一、苏南太湖地区农田水系中磷的污染状况

(一) 土壤类型与含磷量

苏南太湖地区的自然土壤主要有两种,即黄棕壤和潮土。经过长期种植水稻后,有88%面积的耕地土壤业已形成肥沃的水稻土。由于受微地形的影响,造成土壤水分状况与耕作培肥上的差异,从而形成了5种类型的水稻土:漏水型水稻土;侧渗型水稻土;滞水型水稻土;爽水型水稻土和囊水型水稻土。

太湖流域是我国高产稳产地区之一,土地利用集约化程度高,土壤肥沃。据资料载,全区土壤全磷量在0.035—0.070%(P),平均为 $0.06 \pm 0.01\%$ ($n=628$),但各土壤有明显差异,其中以侧渗型水稻土全磷含量最低(在0.04%以下),漏水型水稻土全磷含量最高(在0.07%左右)。各土壤全磷含量依次为:漏水型水稻土>爽水型水稻土>囊水型水稻土>滞水型水稻土>侧渗型水稻土。而土壤中有效磷则以爽水型水稻土最高,侧渗型水稻土最低。

(二) 农田水系中磷的含量

1987和1988年对溧阳、宜兴、武进、张家港和吴江等地的降水、灌溉水、农田排水和渗漏水进行了分析,结果列于表1。若从土壤农化观点出发,表1中所列的各水体的磷的含量并不算高。但是,从我国有关部门规定的湖泊,水库等封闭性水域中磷的含量标准(无机磷 <0.02 毫克/升为Ⅰ级水, <0.05 毫克/升为Ⅱ级水)来看,苏南太湖地区的灌溉水和农田排水中磷的平均浓度都大于 0.05 毫克/升,这些超标的水大量流入太湖,给水质带来不良的影响。

表1 苏南太湖地区各县(市)农田水系中磷的含量 (P_i:毫克/升)

采样地点	降水	灌溉水	排出水	渗漏水
1987年				
溧阳县新昌乡	0.014	0.043	0.076	0.053
武进县卢家巷乡	0.023	0.063	0.073	0.032
宜兴市宜丰乡	0.020	0.047	0.081	0.039
张家港市鹿苑乡	0.020	0.093	0.090	0.031
吴江县湖滨乡	0.020	0.119	0.190	0.101
1988年				
溧阳县新昌乡	0.014	0.041	0.098	0.051
武进县卢家巷乡	0.023	0.075	0.336	0.044
宜兴市宜丰乡	0.020	0.093	0.086	0.038
张家港市鹿苑乡	0.020	0.116	0.099	0.048
吴江县湖滨乡	0.020	0.133	0.211	0.109

表1结果还表明,该地区降水中磷的含量较低。据统计,降水中磷(P;下同)的浓度低于 0.01 毫克/升的水样占 48% 。1987年和1988年降水中磷的平均浓度一样都是 0.02 毫克/升,年度间变化不大,该地区各县(市)降水中磷的含量差异也不大。

由于各县(市)灌溉水源不同,灌溉水中磷的浓度差异也较大,一般在 $0.020-0.469$ 毫克/升范围内。例如,溧阳县新昌乡以大溪水库为灌溉水源,水质较好,磷的浓度较低,一年中水样磷的浓度变化也不大。而吴江县湖滨乡,以流经城镇的河水为灌溉水源,该河流因大量生活污水的排入,水源污染较严重,水质差,磷的浓度也较高,同时由于城镇污水成分比较复杂,不同时期,对河道的的影响可能也不一致,使得不同时期采集的灌溉水磷的含量相距较大。

各水体中全磷浓度依次为田面水 $>$ 排出水 $>$ 灌溉水 $>$ 渗漏水 $>$ 降水。说明灌溉水进入农田后逐渐蒸发浓缩,加之土壤中磷素向水层释放,使得田面水中磷的浓度逐步增大,如果此时进行人为排水,则水中磷的浓度较高,因暴雨引起的自然排水,由于受雨水的稀释作用,其排出的水中磷素浓度则较低,但若刚施过磷肥,此时排出水中磷素浓度则很高。因此,加强田间水浆管理,采用浅水勤灌,干湿灌溉,减少排水量,能有效降低稻田磷素排出负荷量。

二、苏南太湖地区农业面源磷的输出量

(一) 磷的输出量试验

在溧阳县新昌乡,武进县卢家巷乡,宜兴市宜丰乡,张家港市鹿苑乡和吴江县湖滨乡选择5个实验场地(面积为 $20-50$ 亩;分别代表5种类型的水稻土)进行稻田地表径流和地下渗漏试验(各实验区均设置独立封闭的灌溉和排水系统)。在各实验区分别安装NFL-150型分流式农田量水计,PVC渗水计等农田水文测量仪器设备。在每次降雨、灌溉和稻田排水时进行采样,

记录水量,同时测定水样中总磷浓度。定期(每旬一次)采集稻田田面水和地下渗漏水,测定其总磷浓度,以定量观测进入和排出试验区的降水、灌溉用水、地表径流和地下渗漏水的水量及总磷量的动态变化。

另外,我们在溧阳县新昌乡,张家港鹿苑乡和武进县卢家巷乡的棉田,豆田和桑园里设置旱地地表径流试验区。地表径流量采用大口径水表进行流量测量,在产生径流时采集地表排水并测定水样中总磷浓度。

(二) 农田的磷素输出量

农田的磷素输出量包括地表排水输出和渗漏输出两部分。假设地表排水输出量等于每次排水量与排水浓度的乘积的总和;渗漏输出量等于田间渗漏量乘以渗漏水平均浓度的积,则农田磷的输出量可用下式计算:

$$Q_{TP}(\text{农田磷的输出量}) = \sum C_{排} Q_{排} + \bar{C}_{渗} Q_{渗}$$

根据此式计算出的苏南太湖地区农田磷的输出量列于表2。表2结果表明,太湖地区农业面源输出的总磷量1987年为635.7吨/年,1988年为490.9吨/年。其中渗漏水输出的磷素总量1987年为195.3吨/年,1988年为191.0吨/年,说明每年从渗漏水输出的磷素量基本相等。而地表排水输出的磷素总量与年降水量关系密切。一般情况下,年降雨量愈大,地表径流排出的磷素总量也愈大。例如,雨水较丰沛的1987年,地表排水输出的磷素总量为440.4吨/年,而相对较为干旱的1988年则为299.9吨/年。

表2 苏南太湖地区农田中输出的磷素(P)总量

土壤类型	面积 (万亩)	地表排水 (吨/年)		渗漏水 (吨/年)		总输出量 (吨/年)		
		1987年	1988年	1987年	1988年	1987年	1988年	
水田	侧渗水稻土	118.82	10.5	2.4	21.3	14.4	31.8	16.8
	滞水水稻土	122.32	20.2	23.8	12.0	16.1	32.2	39.9
	爽水水稻土	281.73	42.3	7.3	34.3	28.9	76.6	36.2
	漏水水稻土	141.49	74.3	18.6	15.6	33.0	89.9	51.6
	囊水水稻土	281.45	77.4	166.2	112.0	99.1	189.4	265.3
旱地	黄棕壤	156.04	110.0	79.1				
	潮土	126.79	105.7	2.5				
合计	1228.89	440.4	299.9	195.3	191.0	635.7	490.9	

(三) 施磷量对磷素输出量的影响

太湖地区4种类型水稻土盆栽试验统计结果表明,排出水和渗漏水磷的浓度及土壤速效磷含量与施磷肥量呈极显著的正相关。稻田施磷量愈多,水体磷的污染也愈严重,所以合理施用磷肥对防止磷对水体的污染至关重要。在稻麦轮作中,若磷肥施于小麦,磷的排出量较磷肥施于水稻少得多。通常,磷素排出量随稻田磷肥用量的增加而增大。可见,要减少磷的排出量,就必须在种水稻期间尽量少施或不施磷肥。据报道,太湖地区土壤缺磷临界值水稻为 $<5\text{mg/kg(P)}$,而太湖地区土壤中有效磷 $<5\text{mg/kg(P)}$ 的耕地只占总耕地16.6%。也就是说,该地区稻田需要施磷的面积不大。鲁如坤和时正元的实验证明,缺磷土壤在种麦时施用3-4公斤/亩磷素(P)后,即使植稻时不施磷肥,对水稻产量也没有很大的影响。