

水稻田表水磷素的动态特征及其潜在环境效应的研究

张志剑¹ 王珂¹ 朱荫湄¹ 王光火¹ 施丹潮²(¹ 浙江大学 环境与资源学院, 杭州 310029; ² 浙江省余杭市农业科学研究所, 浙江 余杭 311113)

Dynamic Characteristics of Phosphorus in Surface Water of Paddy Field and Its Potential Environmental Impact

ZHANG Zhi-jian¹, WANG Ke¹, ZHU Yin-mei¹, WANG Guang-huo¹, SHI Dan-chao²(¹ College of Environmental and Resources Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; ² Yuhang Institute of Agricultural Sciences, Hangzhou 311113, China)

Abstract: The dynamic characteristics of phosphorus (P) in surface water of paddy field and its potential environmental impact were studied by the independent irrigation field experiment with different P fertilizer applied rates and two compositions of P application. The results showed that P concentration in surface water were elevated due to P-fertilizer application. Both total P and dissolved P reached 0.201~ 1.301 mg/kg and 0.058~ 0.926 mg/kg in the first water samples (7 days after P applied) respectively. Under the same P-fertilizer applied rate, compared with mineral P-fertilizer only, the measurement of integrated supplies mineral fertilizer and organic hog manure could significantly increased P content in surface water. Within the week of first water sampling, the difference of total P concentration between the two compositions of P application was about 3.85~ 1.89 times, however, this difference decreased with time past and finally reached the same level. Any drainage from paddy field would be considered to induce nearby waters eutrophication. In view of P loss minimizing, P loss potential from surface water in paddy field would be greater when field drainage was conducted in the first week of irrigation after P-fertilizer applied or the period of field rake. In addition, P-fertilizer should not be applied in the rainy season.

Key words: phosphorus; paddy field; surface water; dynamic; characteristics; environmental impact

摘 要: 通过独立排灌式磷肥大田试验探讨了水稻田表水磷素的动态特征及其潜在的环境效应。研究发现, 施入磷肥增加了田表水磷素水平, 首次水样总磷水平为 0.201~ 1.301 mg/kg, 溶解磷水平为 0.058~ 0.926 mg/kg; 在等量施磷的条件下, 与单施无机磷肥比较, 有机无机磷配施能显著地提高田表水磷素水平; 在首次采样的一周之内, 两者总磷水平相差达 3.85~ 1.89 倍, 但随着时间的推移, 因施磷结构的不同导致田表水磷素水平的差异逐渐缩小并趋于一致。任一次田间排水都存在诱发附近水域水体富营养化的可能。从减少磷素流失的角度出发, 在施磷灌水后约一周之内或田间耘田时, 田间排水磷素流失潜能增大。另外, 还要避免在雨水集中的季节施用磷肥。

关键词: 磷素; 水稻田; 田表水; 动态; 特征; 环境效应

中图分类号: S147.3; X131.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2000)01-0055-03

土壤磷素的流失会引发附近水域水质富营养化^{1~4}。国外的研究较多地集中在畜禽粪肥的旱地农用带来的磷素流失及相应的水域环境问题等方面^{4~6}。我国以往磷素的研究较多注重提高土壤及肥料磷素的有效性。但由于水体富营养化与农业活动的内在关系的认识, 人们开始重视农田磷素与磷肥的环境效应研究^{7~9}。

比较旱地而言, 水稻田在施肥和农田肥水管理方面表现出较大的差异, 预期磷肥的流失潜能及其潜在的环境效应可能与旱地不同, 而预期中的两者差异很可能集中在施用磷肥后水稻田表水磷素的动态特征方面。因此, 我们在地处杭嘉湖水网平原的余杭高产水稻区采用独立排灌式磷肥进行大田试验对水稻田表水磷素流失规律的研究作了初次尝试。

1 材料与方法

1.1 土样

供试土壤采自杭州余杭市农业科学研究所, 系湖沼相沉积物发育的青紫泥。土壤机械分析(中国制)结果如下: 粘粒 50.11%、粉粒 46.78%、砂粒 3.11%, 有机质 2.60%, pH 6.12, 总磷 0.099%。

收稿日期: 1998-12-07; 修改稿收到日期: 1999-10-05。

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(496028); 中英交流合作项目(SHA/992/297)。

第一作者简介: 张志剑(1973-), 男, 98 级博士研究生。

1.2 独立排灌式大田试验设计

大田试验小区之间田埂用塑料薄膜包被,以减少侧渗。两端设有非试验隔离区,小区排水渠、灌水渠相互独立,并通过小区排水口的固定高度与灌水渠的设计最高水位的落差可将降雨导致过量雨水自动溢排,有效地防止小区内表水串流。

大田试验磷肥用量设计四组:即A—对照(不施磷),B—单施无机磷(P) 53 kg/hm^2 (相当于当地磷肥用量),C—单施无机磷(P) 106 kg/hm^2 ,D—有机无机磷肥配施,施磷量(P)为 53 kg/hm^2 ,其中磷的来源分配为(折合纯磷)有机磷

无机磷=1:1。设3次重复。无机磷肥均为过磷酸钙,有机肥为猪粪肥。所有磷肥均一次性作基肥,补足氮肥与钾肥,并与表层土耙匀。保水湿润5d后,田面灌水8cm。水稻品种为嘉9312单季晚稻。施磷后第33天,保持原有田表水的条件下对田间表层土(0~5cm)进行耘田。

采用50mL医用注射器,不扰动土层小心抽取6处表层水样,注入500mL塑料瓶中。水样总磷测定为过硫酸钾氧化法。经定量滤纸过滤后测定水样的溶解磷。磷的测定均采用钼蓝比色法。

2 结果与分析

2.1 田表水的磷素动态特征

从图1结果看,田表水磷素的变化特征如下:各处理小区田表水磷浓度在施磷肥初期达到了最大值,首次水样总磷水平分别为0.201、0.338、0.465、1.301 mg/kg,随后就逐渐降低。经80d后,所有处理水样磷浓度趋于稳定并达到最低值。施磷后33d时进行耘田,发现扰动表土层一定程度上能释放土壤中的磷,此时田表水磷浓度有明显地回升。耘田之前,受6月季雨的影响,各处理水样总磷浓度有一定幅度的波动。田表水溶解磷的变化曲线也具有类似的特征(图2)。各处理首次水样溶解磷水平分别为0.058、0.132、0.266、0.926 mg/kg。处理B和处理D虽使用等量磷,但因施磷结

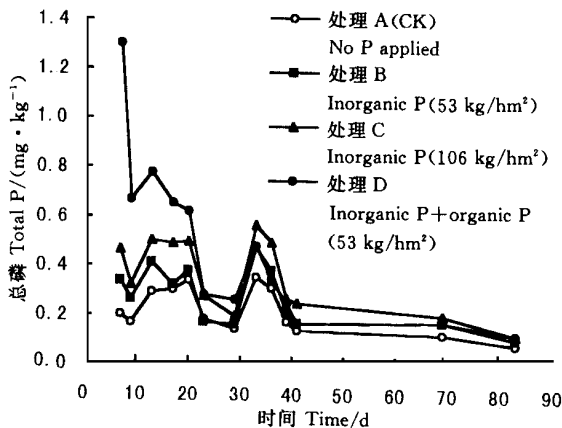


图1 不同施磷处理下田表水总磷浓度的动态曲线

Fig. 1. Dynamic curves of total P content in surface water of paddy field with different P-fertilizer treatments

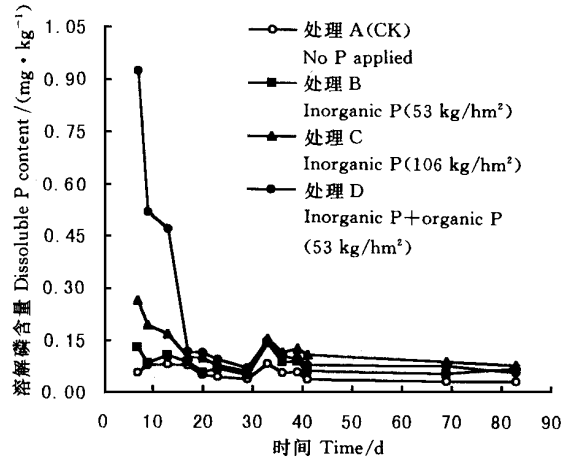


图2 不同施磷处理下田表水溶解磷浓度的动态曲线

Fig. 2. Dynamic curves of dissolved P in surface water of paddy field with different P-fertilizer treatments

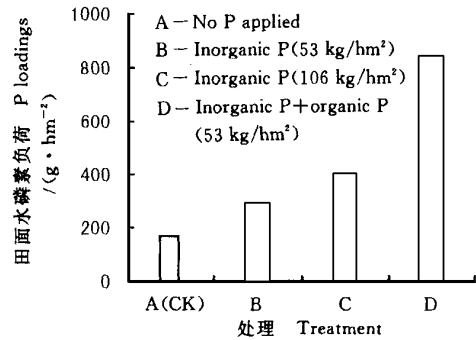


图3 施磷后田表水磷素负荷与施磷处理的关系

Fig. 3. Relationship between P loadings in surface water and P-fertilizer treatments

构的差异,结果也有所不同。施磷后第一次水样分析(图1和图2),处理D田表水磷素水平达到了所有处理的最大值,在首次采样的一周之内,处理D总磷水平是处理B的3.85~1.89倍。田表水持磷总量水平也反应了这一规律(图3)。说明在水稻田中,较单施无机磷肥而言,有机无机磷肥配施能维持较高的田表水磷素水平,这与土壤有机态磷较无机磷有较强的溶出能力的结论相符^[10,11]。

2.2 水稻田表水磷素的潜在环境效应

综观整个动态研究时期(图1,图2),田表水磷素浓度几乎都超过了易引发水体富营养化临界水平,即溶解磷 0.05 mg/kg 和总磷 0.1 mg/kg ^[4]。试验期间任一次田间排水都存在诱发附近水域水体富营养化的可能。

降水中的总磷浓度很低,仅为 $(0.005 \pm 0.002) \text{ mg/kg}$,对田面水磷含量影响可以忽略不计。灌溉水总磷浓度为 $(0.165 \pm 0.012) \text{ mg/kg}$,比中后期不施磷田表水总磷浓度高(图1),说明附近水域已有明显的富营养化。施磷初期,施磷土壤向田表水释放磷,而到了水稻生长中后期,灌溉水的磷

反而被田间吸收。

根据以上的结果,从防止稻田径流磷素流失的角度考虑,施磷灌水后的一周左右是控制磷素流失的主要时期;与有机肥配施的无机磷肥比较容易从田表水流失,耘田等农事操作时,应避免农田排水;另外,试验所在的地区施磷时期恰好与降水集中的雨季相吻合,从最佳田间磷素管理考虑,结合磷肥的后效,施磷季节可调整到冬作。

3 讨论

Sharpley 等⁴在总结农业磷素与水体保护时,强调指出:尽管当季磷肥的流失量通常不超过 5%,但对水体富营养化具有关键性的作用。因此,控制磷素的流失就能有效地抑制水体富营养化。在苏南农业磷素对太湖污染的研究中,张水铭等⁸采用封闭体系和磷素平衡法研究农业面源中磷的排出负荷量。此后,马立珊等⁹提出并应用了差额负荷量的概念,计算农业磷污染负荷。但在研究与评估农田磷素对水体的综合影响时,有必要对磷素的田间动态行为进行定量描述。

从 Austion 等⁵的研究来看,灌溉排水引起磷肥的溶出是牧草地磷肥流失的主要机制。针对禽畜粪肥旱地农用的磷素流失,Sharpley 等¹⁰认为控制了地表径流和土壤侵蚀也就基本防止了磷素的大量流失。但水稻田在肥水管理和地面覆盖方面均与牧草、旱地有很大差异。水稻田可以避免剧烈的地表径流和土壤侵蚀,研究发现控制田间磷素流失关键时期是施肥初期或雨季。但值得一提的是田间耘田农事操作时,可将相对还原性强的土壤与田表水接触,有利于土壤磷素的释放,同时耘田扰动过程本身能加速土壤磷素的溶解,因此耘田后如进行田间排水,则能导致大量的磷素流失。对于有机无机配施的磷肥施入水稻田后,与有机质结合的磷素具有较强的活性,特别是在施用的最初 1 周之内磷素的流失潜能较单施无机磷大(如图 3)。比较前人的研究,在水稻田磷素

的流失防止与附近水域水体富营养化的潜在发生的研究中,亟需田间磷素的动态特征作参考。

参考文献

- 1 张志剑. 土壤磷素非点源污染研究进展[A]. 见: 土壤化学研究与应用[C]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997
- 2 Lee G F. Role of phosphorus in eutrophication and diffuse source control[J]. *Water Research*, 1973, 7: 111~ 128
- 3 Sharpley A N, Smith S J, Naney J W. Environmental impact of agricultural nitrogen and phosphorus use [J]. *J Agric Food Chem*, 1987, 35: 812~ 817
- 4 Sharpley A N, Charpa S C, Wedepohl R, et al. Managing agriculture phosphorus protection of surface waters: Issues and options[J]. *J Environ Qual*, 1994, 23: 437~ 451
- 5 Austion N R, Prandergast J B, Collins M D. Phosphorus losses in runoff irrigation from fertilized pasture[J]. *J Environ Qual*, 1996, 25: 63~ 68
- 6 Mozaffari M, Sims J T. Phosphorus availability and sorption in Atlantic coastal plain watershed dominated by animal-based agriculture[J]. *Soil Sci*, 1994, 157(2): 97~ 107
- 7 张大弟, 张晓红. 上海市郊区非点源污染综合调查评价[J]. 上海农业学报, 1997, 13(1): 31~ 36
- 8 张水铭, 马杏法, 汪祖强. 农田排水中磷素对苏南太湖水系的污染[J]. 环境科学, 1994, 14(6): 24~ 29
- 9 马立珊, 汪祖强, 张水铭. 苏南太湖水系农业面源污染及其控制对策研究[J]. 环境科学学报, 1997, 17(1): 39~ 47
- 10 Chardon W J. Organic phosphorus in solutions and leachates from soils treated with animal slurries [J]. *J Environ Qual*, 1997, 26: 372~ 378
- 11 Harris W G, Wang H D, Reddy K D. Manure influence on soil and sediment complication: Implications for phosphorus retention[J]. *J Environ Qual*, 1994, 23: 1071~ 1081