

磷素在土壤中的垂直迁移潜力研究

王道涵^{1,3}, 梁成华², 孙铁珩³, 潘大伟²

(1.辽宁大学环境科学系, 辽宁 沈阳 110036; 2.沈阳农业大学土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110161; 3.中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016)

摘要:针对磷素在田间条件下是否可以发生垂直迁移存有的疑问,利用模拟土柱研究了渗漏液磷含量的变化特点。结果表明,淹水后土柱渗漏液中总磷、有机磷的变化基本上表现为逐渐升高而后有所降低的趋势;施磷肥和猪粪处理土柱渗漏液中的总磷量高于无磷肥处理;施猪粪处理土柱渗漏液中有机磷量明显高于施无机磷肥的处理。

关键词:磷素迁移; 磷污染; 模拟土柱

中图分类号:S153.6 文献标识码:A 文章编号:1672-2043(2005)06-1157-04

The Potentiality of Phosphorus to Move Vertically in the Soil

WANG Dao-han¹, LIANG Cheng-hua², SUN Tie-hang³, PAN Da-wei²

(1.Department of Environmental Science, Liaoning University, Shenyang 110036, China; 2.College of Soil and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China; 3.Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

Abstract: Eutrophication has been identified as a major cause of impaired water quality, and phosphorus (P) export in runoff can accelerate the eutrophication of receiving fresh waters. P moving to underwater body appears to be difficult because of fixation function from soils, unlike reaching surface waters, which relatively easier. The question, whether Phosphorus taking place vertical transportation in the soil, remains not clear. Simulated soil column were supplied to probe into potentiality of P moving vertically in the soil, by the means of analyzing the dynamic change of P in the eluate. The results show that the total P (TP) and organic P (OP) in the eluate of soil column increased gradually and decreased after one month under flooding water. The TP quantities in the eluate of inorganic P and organic P fertilizer treatment is 1.69 and 1.31 times higher than that of no P treatment in No.1 soil column, 1.18 and 1.59 in No.2. From 4 to 21 July in 2003, three analysis were undertook in which the increasing amplitude of organic P in the eluate of No.1 soil column compared with no P treatment reach 106.72%, 71.43% and 113.76% in inorganic P treatment, as well as 180.55%, 115.56% and 121.63% in organic P, respectively 40.00%, 26.06% and 46.55%, as well as 91.93%, 54.55% and 105.69% in No.2. This may be concluded that OP moving vertically to deep layer in soil, even to underwater, is easier than IP, but further fields experiment is needed to verify the findings from this simulated soil column study.

Keywords: phosphorus pollution; phosphorus transportation; soil column

磷素在土壤中的垂直迁移行为与地下水体的环境问题关系密切,尽管目前人们对于磷素在田间条件下是否可以发生垂直迁移意见不一,但磷素在土壤剖面下层中的高量积累现象确有很多报道^[1-4]。卢瑛、龚子同等研究发现^[5]土壤磷素含量与地下水磷浓度的关系比较密切;许多研究也证明^[6-10]存在磷素进入地

下水的现象。本文采用模拟土柱的方法对磷素在土壤剖面中的垂直迁移潜力进行了初步的探讨。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤为沈阳地区浑河流域发育的水稻土(水耕人为土),1、2号土壤耕层全磷含量分别为858.37和884.94 mg·kg⁻¹,有机磷含量分别为163.09和150.44 mg·kg⁻¹。土壤的基本理化性质见表1。供试风

收稿日期:2004-12-03

作者简介:王道涵(1971—),男,博士,讲师,研究方向为农业环境保护。E-mail:wangdaohan@hotmail.com

表 1 供试土壤基本理化性质(耕层)

Table 1 The physical and chemical properties of experimental soil

样号	采样层次/cm	有机质/g·kg ⁻¹	粘粒(<0.001 mm)/%	还原性物质总量/cmol·kg ⁻¹	无定型铁/g·kg ⁻¹	络合态铁/g·kg ⁻¹	pH(水)
1	0~20	26.10	23.09	2.12	4.20	0.53	6.23
2	0~20	24.01	28.24	5.31	3.90	0.31	5.83

干猪粪全磷含量为 10.02 g·kg⁻¹, 有机磷含量为 6.15 g·kg⁻¹。供试磷酸二氢钾(KH₂PO₄,分析纯)磷含量为 22.79%。

1.2 试验设置

模拟土柱长 110 cm、内径 11 cm,为有机高分子聚合物组成的 UPVC 管,底部套相同材料的 20 cm 高的小柱(内装满经盐酸和蒸馏水洗净的鹅卵石),小柱与大土柱连接处安装 300 目滤布并用密封胶密封;小柱底部用 UPVC 附件(螺旋扣盖)拧紧,但不用密封胶密封以使土柱渗漏液可经此处流出。将整个组合土柱置于口径 40 cm、高 40 cm 的塑料桶中以承接渗漏液,塑料筒加盖防止水分蒸发。

供试 1、2 号土壤剖面各层土壤经风干并过 3 mm 筛后,按容重 1.3 g·cm⁻³ 分层装入土柱,每层高度为 20 cm。表层 0~20 cm 为施肥处理层次,试验设计 3 个处理,每个处理重复 4 次(灌水后根据水分渗漏情况保留 2 次重复)。具体处理为:无施肥处理(CK),施用 3.52 g KH₂PO₄ 处理 (IP),施用 80 g 风干猪粪处理(OP)。

试验于 2003 年 6 月 10 日开始,于 9 月 20 日结束。试验期间,每天浇水 300 mL 左右(保持土柱耕层水层高度为 3 cm 左右)。根据先密后疏的原则定期收集土柱渗漏液,测定水样体积、总磷浓度、溶解态磷浓

度。

1.3 分析方法

水样中总磷采用硝酸-高氯酸消化钼锑抗比色法,水样中溶解态磷采用钼锑抗比色法;水样中的有机磷采用间接方法即总磷减去溶解态磷,其他基本理化性质均采用常规方法测定。

2 结果与分析

2.1 土柱渗漏液中总磷动态变化特征

图 1 为 2 土柱渗漏液总磷量动态变化情况。图中可见,土柱渗漏液中总磷量的变化基本上表现为从淹水后逐渐升高,而后有所降低。不同之处在于 2 号土柱总磷量下降过程中有明显的升高波动,而 1 号土柱的升高迹象仅在试验结束时有所表现。不仅施磷肥处理的土柱有此现象,无磷肥处理也表现一致。就供试土柱而言,大体上渗漏液总磷量在 1 个月左右达到高峰。其中 1 号土柱于 7 月 21 日达到高峰,其渗漏液中总磷量无磷肥处理、无机磷肥处理和猪粪处理分别达到 0.783 3、1.324 8、1.024 mg,施用无机磷肥和猪粪处理的渗漏液总磷量分别是对照的 1.69 倍和 1.31 倍;2 号土柱于 7 月 11 日达到高峰,3 个处理渗漏液中总磷量分别达到 0.880 0、1.040 (未达到高峰)、1.402 5 mg,施用无机磷肥和猪粪处理的渗漏液总磷量分别

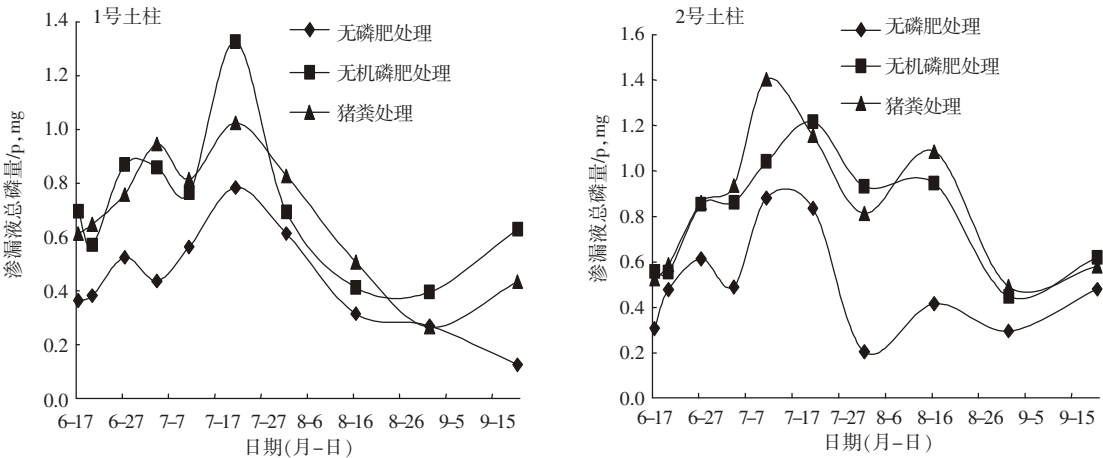


图 1 土柱渗漏液总磷动态变化

Figure 1 Dynamic change of total phosphorus in earth-column eluate

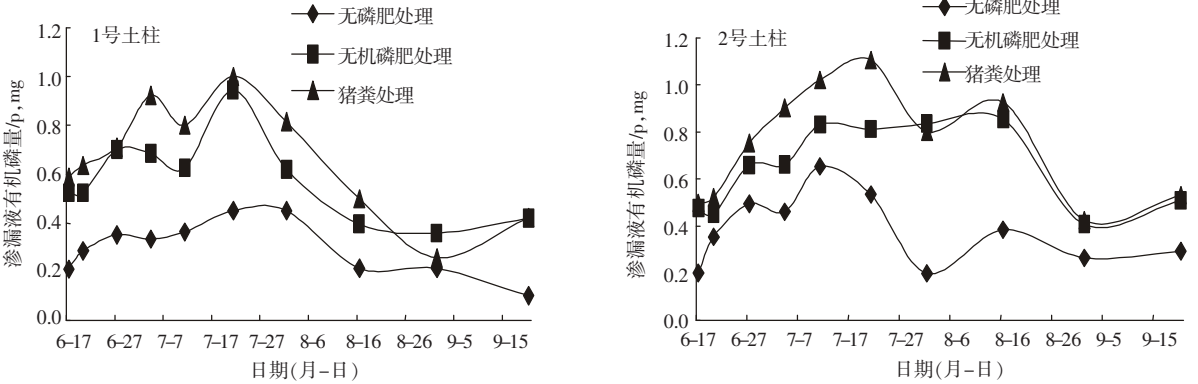


图 2 土柱渗漏液有机磷动态变化

Figure 2 Dynamic change of organic phosphorus in earth-column eluate

是对照的 1.18 倍和 1.59 倍。可见,施用磷肥处理可以明显增加渗漏液中的总磷含量。

2.2 土柱渗漏液中有机磷动态变化特征

水样经消煮后测得的总磷量包括有机和无机 2 部分,因此单纯研究总磷变化不能对发生移动的磷素的具体形态加以区分,水样中的有机磷可以采用间接的方法来测定(见 1.3 分析方法)。图 2 为 2 土柱渗漏液有机磷总量的动态变化情况。图中可见,2 种土柱渗漏液中总有机磷量的变化基本上与总磷量变化相似,主要表现为从淹水后逐渐升高,在 1 个月(7 月 21 日后)有所降低,不同之处在于 2 号土柱总有机磷量下降过程中有升高现象,而 1 号土柱则表现出平稳

的下降趋势。

其中 7 月 4 日、11 日、21 日土柱渗漏液有机磷量施用无机磷肥和猪粪处理与对照相比增加的幅度见表 2,总体表现为施用猪粪处理有机磷增幅大于无机磷肥处理。值得注意的是无机磷肥处理土柱渗漏液中有机磷增幅也较大,说明磷素在土壤中垂直迁移时不是简单地自上而下的物理学迁移,伴随迁移所发生的形态反应过程比较复杂。相关研究表明^[11,12],无机磷和有机磷之间发生的复杂转化过程可能会极大地影响磷库中磷素的形态组成。因此,土柱渗漏液中有有机磷可能是土壤剖面中发生的磷素形态转化过程的结果,其变化特征可能是该转化过程的一种表象。

表 2 土柱渗漏液有机磷增幅(7 月)

Table 2 Increasing amplitude of organic phosphorus in earth-column eluate(July)

土柱	处理	土柱渗漏液有机磷量(有机磷量 mg; 对照 CK 增幅%)					
		7 月 4 日		7 月 11 日		7 月 21 日	
1 号	无磷肥(CK)	0.327 0	—	0.367 5	—	0.447 6	—
	无机磷肥(IP)	0.676 0	106.73	0.630 0	71.43	0.956 8	113.76
	猪粪(OP)	0.917 4	180.55	0.792 2	115.56	0.992 0	121.63
2 号	无磷肥(CK)	0.466 0	—	0.660 0	—	0.544 5	—
	无机磷肥(IP)	0.652 4	40.00	0.832 0	26.06	0.798 0	46.55
	猪粪(OP)	0.894 4	91.93	1.020	54.55	1.120	105.69

3 小结

本文研究了水动力作用下磷素在土壤剖面中的垂直迁移形态学特征。结果表明,施用磷肥和猪粪处理的土柱渗漏液中总磷量高于无磷肥处理的土柱;其中施用猪粪处理的土柱渗漏液有机磷量高于施无机磷肥的处理。尽管本试验条件下有机态磷表现出较无机态磷更强的垂直迁移特征,但渗漏液中的磷素是否直接表征了施用磷肥的实际迁移特点,而且渗漏液中

的磷素形态是否与磷素在土壤剖面中发生的形态转化等过程有关,仍有许多工作要做。

参考文献:

[1] 刘建玲,等.北方耕地和蔬菜保护地土壤磷素状况研究[J].植物营养与肥科学报,2000,6(4):409-416.

[2] Anderson D L. Soil Sampling and Nutrient Varilability in Dairy Animal Holding[J].Areas Soil Science,1992,153(4):314-321.

[3] Nair V D. Dairy Manure Influences on Phosphorus Retention Capacity of Spodosols.[J]. J Environ Qual,1998,27:522-527.

1160	王道涵等:磷素在土壤中的垂直迁移潜力研究	2005年 12 月
[4]	Mozaffari M, Sims J T. Phosphorus Availability and Sorption in an Atlantic Coastal Plain Watershed Dominated By Animal-Based Agriculture[J]. <i>Soil Science</i> , 1994,157(2):97-106.	
[5]	卢 瑛. 城市土壤磷素特征及其与地下水磷浓度的关系[J]. <i>应用生态学报</i> , 2001, 12(5):735-738.	
[6]	Cho Jae-Young. N and P Losses from a Paddy Field Plot in Central Korea[J]. <i>Soil Sci Plant Nut</i> , 2002,48(3):301-306.	
[7]	Peng Lu, George A O Connor. Biosolids Effects on Phosphorus Retention and Release in Some Sandy Florida Soils[J] <i>J Environ Qual</i> , 2001, 30:1059-1063.	
[8]	Elliott H A. Phosphorus Leaching from Biosolids-Amended Sandy Soils [J]. <i>J Environ Qual</i> , 2002,31:681-689.	
[9]	Koopmans G F. Selective Extraction of Labile Phosphorus Using Dialysis Membrane Tubes Filled with Hydrous Iron Hydroxide[J]. <i>Soil Science</i> , 2001,166(7):475-483.	
[10]	Polglase P J. Leaching of Inorganic Phosphorus from Litter of Southern Pine Plantations[J]. <i>Soil Sci Soc Am J</i> , 1992,56:573-577.	
[11]	尹金来,等.猪粪和磷肥对石灰性土壤有机磷组分及有效性的影响 [J]. <i>土壤学报</i> ,2001,38(3):295-330.	
[12]	章永松,等.有机肥(物)对土壤中磷的活化作用及机理研究-有机肥(物)对土壤中不同形态无机磷的活化作用[J]. <i>植物营养与肥料学报</i> ,1998,4(2):145-150.	