

土壤磷流失风险的水溶性磷测定方法初探*

李阳红,张乃明**

(云南农业大学资源与环境学院,云南 昆明 650201)

摘要: 土壤中磷素的积累会增加磷的流失风险,影响水环境质量。对采自滇池流域不同土壤类型上的3个混合土样土壤水溶性磷(WP)的测定方法作了一个探讨,对相应原状土样进行了室内模拟降雨径流试验。结果表明:土样在浸提时间为60 min时,不同水土比土壤WP测定值的标准差最小;土样在水土比为1:60时,不同浸提时间土壤WP测定值的标准差最小,所得结果较稳定,精密度较高;土壤WP与径流总磷(TP)和可溶性总磷(TDP)之间的相关性均在水土比1:20,浸提时间90 min,水土比1:60,浸提时间60 min和90 min时较好;综合来看,在水土比1:60,浸提时间60 min条件下测得的WP能更好地用来评价土壤中磷流失的环境风险。

关键词: 土壤磷; 流失风险; 水溶性磷; 测定方法

中图分类号: S 153 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X(2007)05-0710-04

The Discuss on Water Soluble Phosphorus Determined of Soil Phosphorus Loss Risk

LI Yang-hong, ZHANG Nai-ming

(Faculty of Resources and Environmental Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Accumulation of phosphorus in soils increases the potential of phosphorus runoff from the soils and thus affects water environmental quality. In this study 3 mixed soil samples from three different soil types in Dianchi lake were collected for discussing the water soluble phosphorus (WP) determined, 3 original soil samples for indoor rainfall simulation tests. The results showed that the deviation of soil WP in the case of different ratio of water and soil is least when the extracted time is 60 min, and than the determined value is more steady and accurate; the deviation of soil WP in the case of different extracted time is least when the ratio of water and soil is 1:60, and than the determined value is more steady and accurate; The correlation coefficients between soil WP and runoff TP and TDP are all better in the case of the ratio of water and soil is 1:20, the extracted time is 90 minute, the ratio of water and soil is 1:60, the extracted time is 60 and 90 min. Generally speaking, the determined WP in the case of the ratio of water and soil is 1:60, the extracted time is 60 min, which can.

Key words: soil phosphorus; loss risk; WP; determined methods

磷既是植物生长发育所必需的营养元素,同时又是引起水体富营养化的限制因子。已有研究表明过去40年全球土壤磷累积增加,中国耕地土壤磷素累积增加迅速,每年从农田进入水体的磷素

(P_2O_5)约为 $19.5\text{kg}/\text{hm}^2$ ^[1],在丹麦约70%的进入水体的磷素来自农田^[2]。土壤中磷素积累引起的农业非点源污染问题已成为国内外土壤学环境科学领域研究的热点^[3~6]。从农业生产的角度评价

收稿日期: 2007-04-06

* 基金项目: 国家高863计划资助(2005AA601010-02)。 ** 通讯作者 E-mail: zhangnaiming@sina.com

作者简介: 李阳红(1980-),女,山西临汾人,在读硕士研究生,主要从事土壤污染与农业环境保护科研工作。

E-mail: 520yangyang1980@sina.com

土壤供磷能力的土壤有效磷的测定方法已经比较规范和成熟,常用 Olsen 法, Bray - 1 法和 Mehlich - 3^[7]法;但从水环境保护角度评价土壤中磷素流失风险的方法仍处在探索阶段,国外有学者提出氧化铁试纸法、阴离子交换树脂法和蒸馏水提取法^[8,9],氧化铁试纸法和阴离子交换树脂法更接近植物或藻类从土壤或水体中吸收磷的真实情况,也更能说明土壤或水体磷的有效性^[10],但测定仍比较费时,由于雨水与蒸馏水的相似性,近年来许多研究者用水来提取土壤中那部分易于进入地表径流中的磷,评价土壤磷对地表水的潜在影响。因此,开展土壤水溶性磷测定方法的探索十分迫切。

由于不同的水土比和浸提时间会影响测定的结果,本文应用室内模拟降雨试验和采样来测定地表径流中 TP, TDP 含量和不同水土比和浸提时间

条件下土壤中的 WP 含量,并作了其之间的相关系数来探索评价土壤磷流失风险的土壤 WP 的测定方法,以期为评价农田土壤中土壤磷素对水环境的影响提供规范稳定的监测方法。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试的 3 个土壤样品 2005 年 8 月,采自滇池流域 3 种不同土壤类型,样品为混合土样,采样深度为 0~5 cm,自然风干,分别过 1 mm 和 0.25 mm 筛备用,同时在定点采样处取 3 个原状土装于塑料盆(长 30 cm,宽 20 cm,深 15 cm)中待模拟降雨径流试验用。土壤类型为红壤、紫色土和水稻土,供试土壤基本理化性状见表 1。

表 1 土样基本理化性状

Tab. 1 Basic physics and chemistry characteristics of soil samples

土样 soil sample	土壤类型 agrotype	利用方式 landform	pH	质地 texture	有机质/(g·kg ⁻¹) OM	全磷/(g·kg ⁻¹) TP	速效磷/(mg·kg ⁻¹) Olsen - P
I	红壤 red soil	林地 woodland	6.43	中壤土 medium loam	24.02	0.52	4.3
II	紫色土 purple soil	坡耕地 hillside cultivated	6.63	砂壤土 sandy loam	18.92	0.59	4.4
III	水稻土 paddy soil	平地耕地 flat cultivated	6.60	轻壤土 light loam	34.11	0.99	51.1

1.2 试验方案设计

1.2.1 土壤 WP 测定的方案设计

WP 的测定是称取 2.5 g 土分别加入 50 mL, 100 mL, 150 mL 蒸馏水中,分别振荡 30 min, 60 min, 90 和 120 min, 过滤, 钼蓝比色法测定溶液中的磷含量。即在 3 个水土比(1:20, 1:40 和 1:60), 4 个浸提时间(30 min, 60 min, 90 和 120 min)条件下测定土壤 WP。

1.2.2 模拟降雨装置

采用 5 个 Φ15 型喷头,整个装置高 3.0 m,每个喷头有效半径为 2 m,采用向上喷后落下,保证雨滴垂直降落。降雨强度为 41 mm/h,坡度为 12°。

1.2.3 模拟降雨径流中 TP 和 TDP 的测定

TP 和 TDP 的测定均采用过硫酸钾氧化 - 钼酸铵分光光度法^[11](GB11893 - 89)。

2 结果与分析

2.1 浸提时间对土壤 WP 的影响

标准差是反应一组数据离散程度最常用的一种

统计指标,同时也是反应测定结果准确性的重要指标。一个好的测定方法,其测定值应该很紧密的分散在真实值周围。测定数值离散度大的方法,其结果的准确性也差。因此,离散度是评价方法好坏的最重要也是最基本的指标。为此应用土壤 WP 测定值的标准差来评价土壤 WP 的测定条件和办法。

表 2 同一浸提时间不同水土比土壤 WP 测定值的标准差

Tab. 2 The deviation of soil WP at the same extracted time in the case of different ratio of water and soil

土样 soil sample	浸提时间 extraction			
	30 min	60 min	90 min	120 min
I	0.6	0.2	0.7	0.4
II	0.9	0.3	0.2	0.3
III	2.4	2.0	2.4	4.7

由表 2 可以看出,土样 I 和土样 III 在浸提时间为 60 min 时,不同水土比土壤 WP 测定值的标准差最小;土样 II 在浸提时间为 90 min 时,不同水土

比土壤 WP 测定值的标准差最小;总体来看,土样在浸提时间为 60 min 时,不同水土比土壤 WP 测定值的标准差较小;说明在这种条件下,所测得的土壤 WP 值稳定性较好,精密度较高。

2.2 水土比对土壤 WP 的影响

表 3 同一水土比不同浸提时间土壤 WP 测定值的标准差

Tab.3 The deviation of soil WP at the same ratio of water and soil in the case of different extracted time

土样 soil sample	水土比 solution/soil ratio		
	1:20	1:40	1:60
I	0.4	0.6	0.3
II	0.3	0.2	0.4
III	3.9	1.7	0.8

由表 3 可以得出,土样 I 和土样 III 在水土比土为 1:60 时,不同浸提时间土壤 WP 测定值的标准差最小;土样 II 在水土比土为 1:40 时,不同浸提时间土壤 WP 测定值的标准差最小;整体来看,土样在水土比为 1:60 时,不同浸提时间土样 WP 测定值的标准差最小;说明在这种条件下,所测得的土壤 WP 值较稳定,精密度较高;综合可以得出,在浸提时间为 60 min 时,水土比为 1:60 时,测得的土壤 WP 值稳定可靠,可以更好地用来评价土壤磷流失的潜力。

2.3 不同条件下土壤 WP 测定值与模拟试验径流中磷含量的相关性

不同条件下土壤 WP 测定值与模拟试验径流 TP 和 TDP 测定值的相关系数见表 4,表 5;相关性较好条件下土壤 WP 的测定值和样本的平均值见表 6。

由表 4 可以看出,土壤 WP 与径流 TP 之间的相关系数在浸提时间为 30 min 和 120 min,水土比为 1:20 时达到了最大,而在 60 min 和 90 min,水土比为 1:60 时达到了最大。

由表 5 可以看出,土壤 WP 与径流 TDP 之间的相关系数在浸提时间为 30 min,水土比为 1:20 时达到了最大,而在 60 min,90 min 和 120 min,水土比为 1:60 时达到了最大;整体来看,土壤 WP 与径流 TP 和 TDP 之间的相关系数在水土比 1:20,浸提时间 90 min,水土比 1:60,浸提时间 60 min 和 90 min 时相关性较好。

由表 6 可以得到,在相关性较好条件中,其中在水土比 1:60,浸提时间 60 min 条件下测得的土壤 WP 与样本平均值最接近,在一定程度上可以说

明在水土比 1:60,浸提时间 60 min 条件下测得的 3 个土壤样品的 WP 能更好地用来评价土壤中磷流失的环境风险。

表 4 不同条件下土壤 WP 与模拟试验径流 TP 之间的相关系数

Tab.4 The correlation coefficients between soil WP and runoff TP

水土比 solution/soil ratio	浸提时间/min extraction			
	30	60	90	120
1:20	0.961	0.964	0.996	0.671
1:40	0.950	0.929	0.947	0.967
1:60	0.959	0.989	0.998	0.968

表 5 不同条件下土壤 WP 与模拟试验径流 TDP 之间的相关系数

Tab.5 The correlation coefficients between soil WP and runoff TDP

水土比 solution/soil ratio	浸提时间/min extraction			
	30	60	90	120
1:20	0.966	0.969	0.997	0.659
1:40	0.956	0.935	0.953	0.971
1:60	0.964	0.992	0.999	0.972

表 6 相关性较好条件下土壤 WP 的测定值和样本的平均值

Tab.6 The WP determined value in the case of better correlation coefficients and soil samples mean value

土样 soil sample	水土比(浸提时间) solution/soil ratio(extraction)			
	1:20(90min)	1:60(60min)	1:60(90min)	平均值 mean value
I	4.0	3.1	3.0	3.2
II	0.5	1.3	0.8	1.2
III	10.5	6.9	6.1	8.8

3 结论

(1) 土样在浸提时间为 60 min 时,不同水土比土壤 WP 测定值的标准差最小,所测得的土壤 WP 值稳定性较好,精密度较高。

(2) 土样在水土比为 1:60 时,不同浸提时间土壤 WP 测定值的标准差最小,所测得的土壤 WP 值稳定性较好,精密度较高。

(3) 土壤 WP 与径流 TP 和 TDP 之间的相关性在水土比 1:20,浸提时间 90 min;水土比 1:60,浸提时间 60 min 和 90 min 时较好。

综合以上条件,水土比 1:60,浸提时间 60 min 条件下测得的土壤 WP 适合于不同土壤,更为准确

和稳定,能够用于评价土壤磷流失的环境风险。

[参考文献]

- [1] FAO: Prevention of water pollution by agricultural and relate activation[M]. Water Rep. 1. FAO. Rome, 1993.
- [2] HECKRATH G, BROOKES P C, POULTON P R, et al. . Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment [J]. J Environ Qual, 1995, 24: 904 - 910.
- [3] 高超, 张桃林. 面向环境的土壤磷素测定与表征方法研究进展[J]. 农业环境保护, 2000, 19(5): 282 - 285.
- [4] 刘方, 黄昌勇, 何腾兵, 等. 长期施肥下黄壤旱地对水环境的影响及其风险评价[J]. 土壤学报, 2003, 40(6): 838 - 843.
- [5] SHARPLEY A N, DANIEL T C, SIMS J T, et al. . Determining environmentally sound phosphorus levels[J]. J Soil Water Conserv, 1996, 51: 160 - 166.
- [6] MCDOWELL R W, Sharpley A N. Soil phosphorus fractions in solution: influence of fertilizer and manure, filtration and method of determination[J]. Chemosphere, 2001, 45: 737 - 748.
- [7] MECHLICH A. Mechlich - 3 soil test extractant: A modification of Mechlich - 2 extractant [J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1984, 15: 1 409 - 1 416 .
- [8] POTE D H, Daniel T C, Nichols D J, et al. . Relationship between phosphorus levels in three ultisols and phosphorus concentrations in runoff [J]. J Environ Qual, 1999, 28: 170 - 175.
- [9] ATIA A M, Mallarino A P. Agronomic and environmental soil phosphorus testing in soils receiving liquid swine manure[J]. Soil Sci Soc Am J, 2002, 66: 1 696 - 1 705 .
- [10] 卜玉山, MAGDOFF F R. 十种土壤有效磷测定方法的比较[J]. 土壤学报, 2003, 40(1): 140 - 145.
- [11] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委汇编. 水和废水监测分析方法(第四版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

(上接第 709 页)

- [6] KELLER P. Methods to evaluate maturity of compost [J]. Compost Sci Util, 1961, 2(7): 20 - 26.
- [7] BECKER H. Good earth[J]. Agric Res, 1995, 42(6): 16.
- [8] 刘更另. 有机肥料的生产使用是一项产业[J]. 中国农业科学, 1988, 21(5): 1 - 5.
- [9] DEPORTES I, Benoit - Guyod, J Zmirou D. . Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review[J]. Sci Total Environ, 1995, 172: 197 - 222.
- [10] EKLIND Y, KIRCHMANN H. Composting and storage of organic household waste with different litter amendments II [J]. Nitrogen runtover and losses Technol, 2000, 74: 125 - 133.
- [11] TIQUIA SM, TAM NTY. Co-composting of spent pig letter and sludge with forced-aeration[J]. Biores Technol, 2000, 72: 1 - 7.
- [12] 沈其荣, 王瑞宝, 王岩, 等. 堆肥制作中的生物化学变化特征[J]. 南京农业大学学报, 1996, (20): 7 - 13.
- [13] 李艳霞, 王敏健, 王菊思. 有机固体废弃物堆肥的腐熟度参数和指标[J]. 环境科学, 1999, 20(2): 98 - 103.
- [14] 袁荣焕, 彭绪亚, 吴振松, 等. 城市生活垃圾堆肥腐熟度综合指标的确定[J]. 重庆建筑大学学报, 2003, 25(4): 54 - 58.
- [15] 李国学, 张福所. 固体废弃物堆肥化与有机复混肥生产[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [16] 陈同斌, 罗维, 郑国砥, 等. 翻堆对强制通风静态垛混合堆肥过程及其理化性质的影响[J]. 环境科学学报, 2005, 25(1): 117 - 122.
- [17] 黄国锋, 钟流举, 张振铤, 等. 有机固体废弃物堆肥的物质变化及腐熟度评价[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5): 813 - 818.
- [18] KIRCHMANN H, WIDEN P. Separately collected organic household wastes [J]. Swedish J Agric Res, 1994, 24: 3 - 12.
- [19] WOGN MH. Phytotoxicity of refuse compost during the process of maturation[J]. Environ Poll (Series A), 1985, 37: 159 - 174.