

全椒县耕地土壤中磷的地球化学特征

肖永红¹, 魏路¹, 冯松宝² (1. 安徽省地质环境监测总站, 安徽合肥 230001; 2. 宿州学院, 安徽宿州 234000)

摘要 [目的]研究全椒县土壤磷含量及营养丰缺情况, 为土壤改良等提供理论依据。[方法]采集 1 170 个样品, 测试了样品的 pH、全磷含量以及速效磷含量。[结果]研究区酸性土壤占 66.07%, 浅层土壤中全磷含量为 86.7~1 510.0 mg/kg, 全磷等级四等和五等的占 92.56%, 土壤中磷活化系数小于 2% 的样品占 83.33%。[结论]pH、有机质是影响全磷转化的影响因素。

关键词 磷; 地球化学特征; 全椒县
中图分类号 S153 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)23-0090-03

Geochemical Characteristics of Phosphorus in the Cultivated Soil of Quanjiao County
XIAO Yong-hong¹, WEI Lu¹, FENG Song-bao² (1. Anhui Institute of Geo-Environment Monitoring, Hefei, Anhui 230001; 2. Suzhou University, Suzhou, Anhui 234000)

Abstract [Objective] To understand phosphorus content and condition of abundance and deficiency of phosphorus in the cultivated soil in Quanjiao County, and provides important evidence for the soil improvement in the research area. [Method] 1 170 samples were collected, and the pH value, total phosphorus content and rapid phosphorus content was tested. [Result] Acid soil accounted for 66.07%, and the content of total phosphorus ranged from 86.7 mg/kg to 1 510.0 mg/kg, and level four and level five of the total phosphorus accounted for 92.56%, the phosphorus activation coefficient less than 2% accounted for 83.33%. [Conclusion] pH value and the organic matter content have important effect on the transformation of the total phosphorus.

Key words Phosphorus; Geochemical characteristics; Quanjiao County

磷是植物生长发育的必需元素之一。土壤缺磷, 不仅影响作物正常生长, 还阻碍吸收其他元素, 从而降低作物产量和质量^[1]; 土壤磷盈余, 通过径流、淋失等途径流失, 会加速水体的富营养化。关于土壤中磷的研究较多^[2-5]。研究表明, 水体富营养化与农田土壤中磷流失关系密切^[6]。因此, 揭示土壤中磷的含量和分布特征, 对土地资源合理利用、提高磷肥利用率、避免因盲目过量施磷肥造成的环境污染具有重要作用。

全椒县农业资源丰富, 是国家大型商品粮基地。笔者选取全椒县石沛镇、六镇镇、二郎口镇 3 个乡镇的主要商品粮基地为研究对象, 通过探讨研究区磷的空间分布特征, 以期作为作物种植模式的调整、土壤磷肥力等级评价、合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 研究区位于安徽省全椒县(石沛镇、六镇镇、二郎口镇), 耕地面积约 130 km²; 该区交通便利; 气候温和; 地形较为平坦, 整体地势自西北向东南缓倾, 主要地貌类型为河漫滩和岗坡地, 局部为中丘和高丘; 主要土壤类型为水稻土, 其次为黄棕壤和石灰土; 主要成土母质为晚更新世黄土成土母质和红色碎屑岩类成土母质, 其次为河流冲积物成土母质和碳酸盐类成土母质。

1.2 样品采集 布设样点参考 1:50 000 地形图和 2014 年土地利用图斑图, 利用北斗+GPS 定位, 误差均小于 5 m。农用地浅层土样采集深度 0~20 cm, 采样密度 4~9 点/km², 共采集样品 1 170 件; 垂向剖面样品采集深度 0~200 cm, 共采

集 12 条剖面 60 件样品(图 1)。

1.3 测定项目与方法 土壤样品由安徽省地质实验研究所进行测试。全磷采用电感耦合等离子体光谱法测定; 速效磷采用等离子体光谱法测定; pH 采用 pH 计测定; 有机质采用硫酸亚铁铵容量法测定。

1.4 数据分析 利用 Geochem Studio 软件的三角剖分功能, 绘制全磷地球化学分布图, 累频分级为 15 级: 0.5%、1.5%、4.0%、8.0%、15.0%、25.0%、40.0%、60.0%、75.0%、85.0%、92.0%、96.0%、98.5%、99.5%、100.0%, 采用蓝色—黄色—红色连续色阶反映全磷含量的变化情况。

2 结果与分析

2.1 浅层土壤酸碱性特征

2.1.1 平面分布。研究区土壤 pH 分布见图 2。土壤 pH 为 4.46~8.15。根据规范 DZ/T 0295—2016(表 1)统计, 1 170 组浅层土壤样以酸性为主, 占 66.07%; 中性土壤占 28.38%, 主要分布在石沛镇北部和西部、六镇镇北部。

2.1.2 垂向分布。pH 垂向分布见图 3。由图 3 可知, 埋深 0~65 cm, 土壤偏酸性; 埋深超过 65 cm, 土壤为中性。表明土壤酸化主要集中在浅层, 深层土壤受外界影响较小。

2.2 浅层土壤全磷特征

2.2.1 平面分布。受成土母质和成土条件的影响, 研究区土壤中全磷含量较少。表层土壤中, 全磷含量为 86.7~1 510.0 mg/kg, 平均值为 429.56 mg/kg, 标准差为 118.21 mg/kg, 变异系数为 0.275, 分布较均匀。

根据规范 DZ/T 0295—2016(表 2)统计, 1 170 组浅层土样中全磷等级以四等和五等为主, 占 92.56%; 一等、二等和三等所占比例较少, 仅占 7.44%。说明磷是研究区农田土壤中较缺乏的一种养分, 大部分地区均需补充磷肥。结合全磷含量平面分布(图 4), 可看出全磷较缺乏区和缺乏区主要分布在枣岭村中西部、六镇镇北部、二郎口镇南部一带, 低值区

主要分布在大殷村南部、小集村北部和上陶村南部部分 地区。

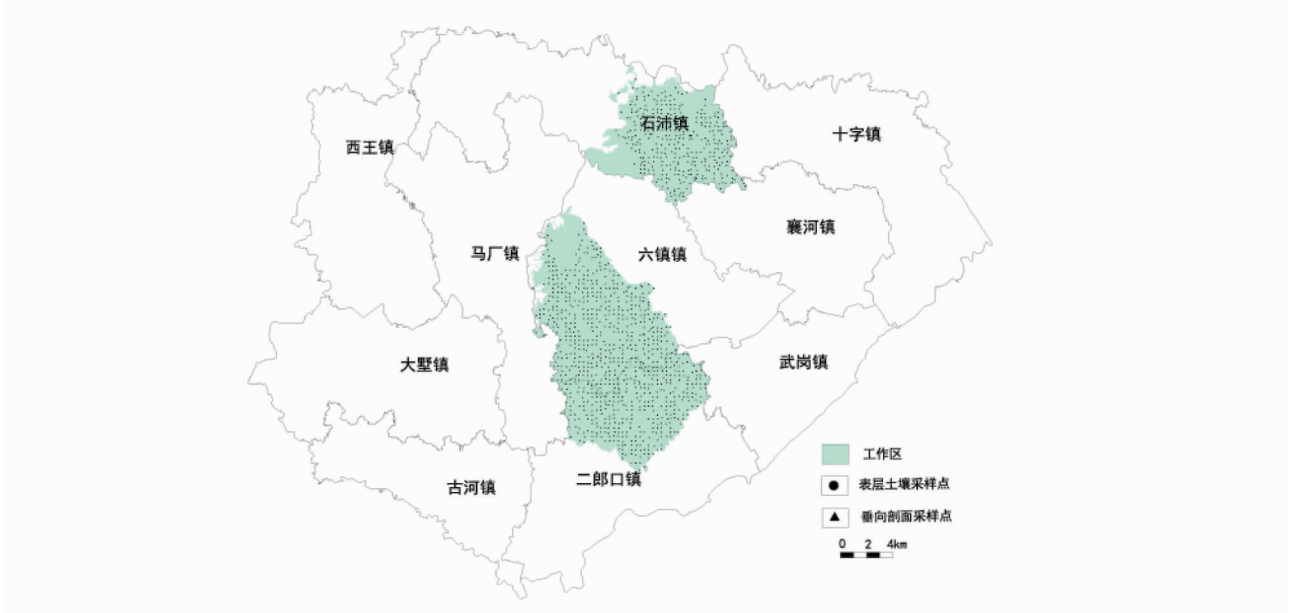


图1 采样点分布
Fig.1 Distribution of sampling sites

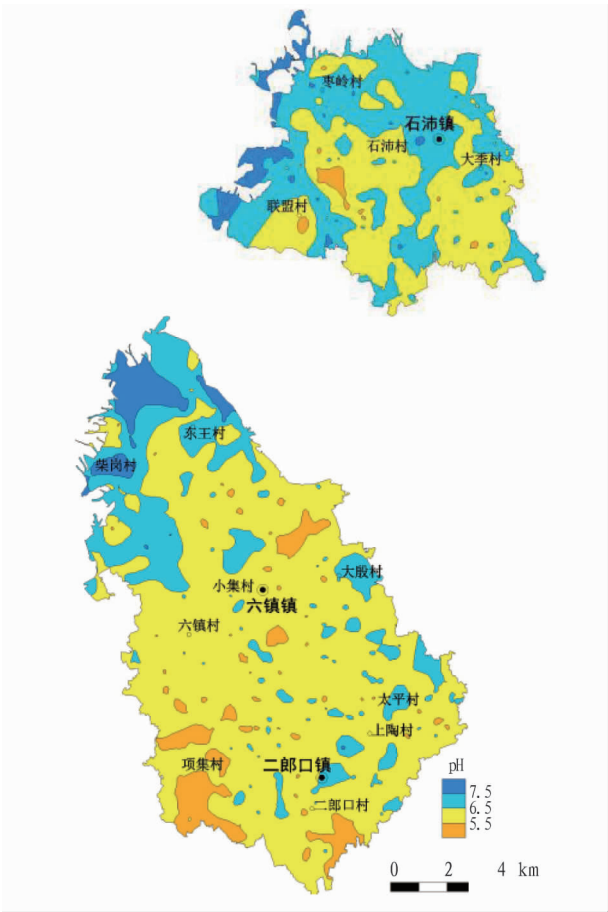


图2 研究区 pH 分布
Fig.2 pH distribution in the study area

2.2.2 垂向分布。土壤垂向剖面中全磷含量分布见图 5。由图 5 可知,表土层(埋深 0~20 cm)全磷含量高于下层,可能与长期施肥有关;土层 0~65 cm,随深度增加,土壤中全磷

表 1 浅层土壤酸碱度分级标准
Table 1 Grade standard of pH of shallow soil

pH	含义 Meaning	比例 Proportion//%
<5.0	强酸性	0.94
5.0~<6.5	酸性	66.07
6.5~<7.5	中性	28.38
7.5~<8.5	碱性	4.62
≥8.5	强碱性	0

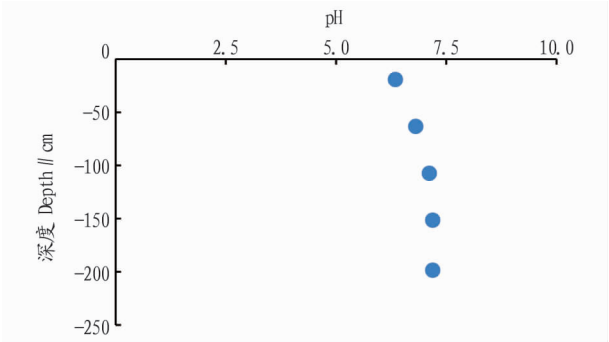


图3 垂向剖面中 pH 变化规律
Fig.3 pH variation rule in vertical profile

表 2 浅层土壤全磷等级划分
Table 2 Grade division of total phosphorus in shallow soil

等级 Grade	全磷 Total phosphorus g/kg	比例 Proportion %
一等(丰富)First grade (abundant)	>1.0	0.17
二等(较丰富)Second grade(relative abundant)	>0.8~1.0	0.94
三等(中等)Third grade(medium)	>0.6~0.8	6.32
四等(较缺乏)Fourth grade(relative deficiency)	>0.4~0.6	45.38
五等(缺乏)Fifth grade(deficiency)	≤0.4	47.18

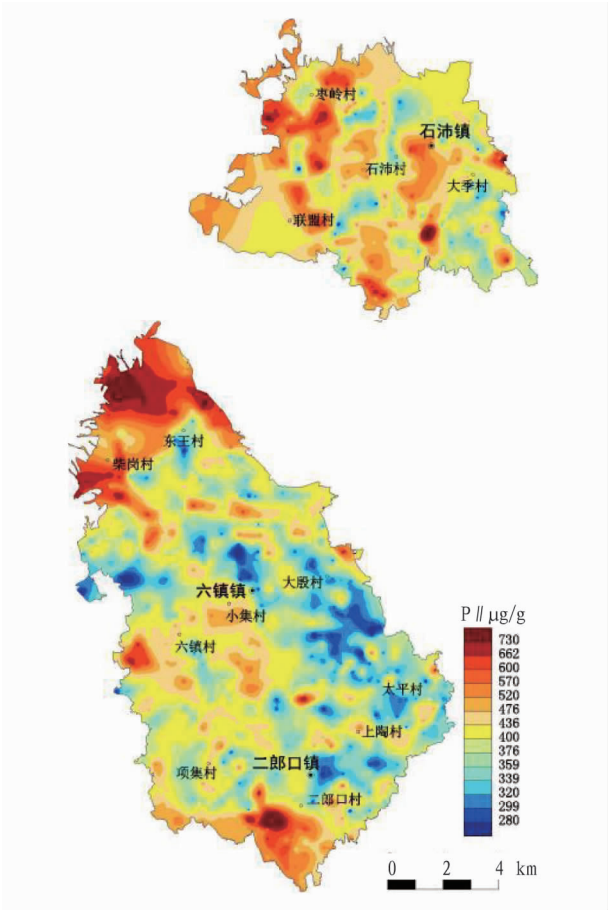


图4 全磷含量地球化学分布

Fig.4 Geochemical distribution of total phosphorus content
含量不断减少;土层 65~200 cm,随深度增加,土壤中全磷含量不断增大。关于磷在土壤剖面下层中的积累现象有较多报道^[7-8]。

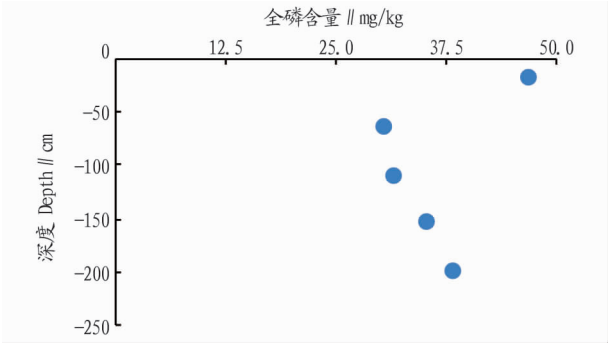


图5 土壤垂向剖面中全磷含量变化

Fig.5 Changes of total phosphorus content in vertical soil profile

2.3 浅层土壤中速效磷特征 土壤中速效磷含量是衡量土壤供磷能力的重要指标。研究区表层土壤中,速效磷含量为 0.080~138.920 mg/kg,平均值为 6.339 mg/kg,标准差为 8.793 mg/kg,变异系数为 1.387,空间上呈分异分布。

根据规范 DZ/T 0295—2016(表 3)统计,1 170 组浅层土样中速效磷等级以四等和五等为主,占 84.79%;一等、二等和三等所占比例较少,占 15.21%。速效磷的等级分布与全

磷等级分布类似。

表 3 土壤中速效磷等级划分标准

Table 3 The classification criteria of available phosphorus in soil		
等级 Grade	速效磷 Available phosphorus mg/kg	比例 Proportion %
一等(丰富)First grade (abundant)	>40	0.77
二等(较丰富)Second grade (relative abundant)	>20~40	4.02
三等(中等)Second grade (relative abundant)	>10~20	10.43
四等(较缺乏)Fourth grade (relative deficiency)	>5~10	24.53
五等(缺乏)Fifth grade (deficiency)	≤5	60.25

2.4 土壤磷有效性分析 土壤磷的活化系数为速效磷与全磷之比,可反映土壤磷转化为速效磷的潜在能力或水平,常用来表征土壤磷的有效性。研究认为,活化系数低于 2% 的土壤,全磷不易转化为速效磷^[9-10]。研究区土壤磷活化系数小于 2% 的样品占 83.33%,说明全磷不易转化为速效磷。

2.5 磷转化影响因素 影响土壤中磷转化的因素包括:土壤理化性质(pH、黏土含量、有机碳含量等)、环境因子(水分、温度等)、种植方式等^[11]。研究发现,土壤水分、有机质、pH 是影响白浆土磷有效性的主要因素^[12]。各因素之间相关性分析结果表明,在样品数为 1 170,显著因子为 0.01 的条件下,相关系数临界值为 0.05。

有机质是土壤中各种营养元素的重要来源,其含量影响土壤供给氮磷钾的能力。相关分析结果发现,有机质与全磷的相关系数为 0.508,有机质与速效磷的相关系数为 0.177,表明有机质与全磷和速效磷均相关,且对全磷的影响更显著。pH 是土壤盐基状况的综合反映,影响有机质、氮磷钾等营养元素的转化和释放。相关分析结果发现,pH 与全磷的相关系数为 0.105,pH 与速效磷的相关系数为 0.150,表明 pH 与全磷和速效磷均相关。相关分析结果发现,全磷与速效磷的相关系数为 0.695,表明两者之间显著相关。二者之间虽不是直线相关,但当土壤中全磷含量低于 0.3 g/kg 时,土壤表现为缺少速效磷。

3 结论

(1)浅层土壤以酸性为主,针对酸性土壤,提出了施用石灰、增加有机肥等改良措施:①施用石灰。石灰既可中和土壤的酸性,又能提供钙营养元素,还能杀菌除草。②增施有机肥。增施有机肥不仅能增加土壤有机质含量,还可减缓土壤酸化速度,还能促进微生物生长。③建议使用氮、磷、钾配比合理的专用肥。施用专用肥,可提高肥料利用率,同时也能避免因过量施肥造成环境污染。

(2)表层土壤的全磷等级以四等和五等为主,表明磷是研究区土壤中较缺乏的一种养分。土层 0~65 cm,全磷含量呈下降趋势,但在土层 0~20 cm 全磷含量最高。土层 65~200 cm,磷在土壤剖面上有积累现象。

(3)研究区土壤的磷活化系数小于 2% 的样品占 83.33%,说明全磷不易转化为速效磷。

(下转第 108 页)

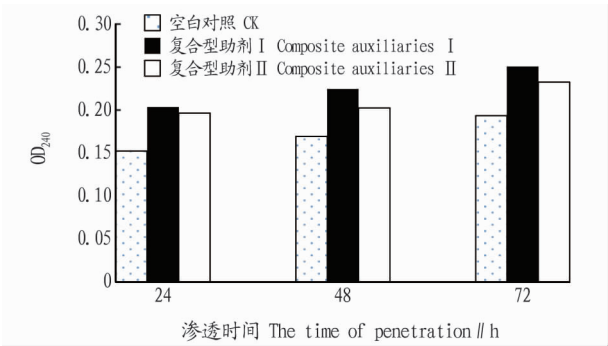


图2 15 °C草甘膦在苹果角质膜上的渗透量

Fig. 2 The osmotic quantity of glyphosate though the cuticle of apple at 15 °C

表2 不同温度草甘膦的检测值

Table 2 The value of OD₂₄₀ of glyphosate in different temperatures

农药助剂 Pesticide adjuvant	温度 Temperature °C	OD ₂₄₀		
		24 h	48 h	72 h
CK	15	0.152±0.010	0.168±0.007	0.193±0.054
	20	0.196±0.015	0.202±0.016	0.232±0.028
	25	0.240±0.032	0.276±0.028	0.329±0.027
	30	0.292±0.007	0.315±0.024	0.333±0.031
复合型助剂 I Composite auxiliaries I	15	0.200±0.013	0.224±0.035	0.249±0.063
	20	0.248±0.021	0.259±0.051	0.275±0.006
	25	0.272±0.018	0.348±0.028	0.363±0.025
	30	0.317±0.042	0.359±0.064	0.387±0.028
复合型助剂II Composite auxiliaries II	15	0.196±0.017	0.202±0.016	0.232±0.028
	20	0.218±0.051	0.242±0.033	0.269±0.057
	25	0.259±0.048	0.317±0.013	0.348±0.048
	30	0.304±0.024	0.334±0.050	0.363±0.048

(2)在相同温度、相同湿度条件下,使用相同农药助剂,随着时间的延长,草甘膦在苹果角质膜上的渗透量随之增加,在72 h时,OD₂₄₀达到最大,草甘膦的渗透量达到最大。

(3)在相同湿度、相同时间条件下,使用同种农药助剂,草甘膦在苹果角质膜上的渗透量随着温度的升高而逐渐加

大,在4个温度梯度(15、20、25、30 °C)下,30 °C时草甘膦的渗透量达到最大。

(4)在相同温度、相同时间、相同浓度的草甘膦条件下,使用不同配比的复合型助剂,与空白对照(CK)比较,添加复合型助剂I、II溶液的样品,草甘膦在苹果角质膜上的渗透量均大于空白对照(CK),其中使用复合型助剂I的促进效果最好,促进草甘膦渗透的作用更强。

参考文献

[1] 陈晓明,王程龙,薄瑞. 中国农药使用现状及对策建议[J]. 农药科学与管理,2016,37(2):4-8.

[2] 苏少泉. 草甘膦述评[J]. 农药,2005,44(4):145-149.

[3] 卢信,赵炳梓,张佳宝,等. 除草剂草甘膦的性质及环境行为综述[J]. 土壤通报,2005,36(5):785-790.

[4] JENKS M A, JOLY R J, PETERS P J, et al. Chemically induced cuticle mutation affecting epidermal conductance to water vapor and disease susceptibility in *Sorghum bicolor* (L.) Moench[J]. Plant physiology, 1994, 105(4):1239-1245.

[5] 任海静,李正,王艳平,等. 一种环境友好型多功能助剂在农药增效中的应用[J]. 农药,2010,49(4):255-256.

[6] 刘明西. 农药助剂与除草剂减量防治大豆田杂草效果研究[J]. 乡村科技,2018(3):87-89.

[7] 李建群,杨强,潘秋波,等. 农药助剂与农药减量防治稻麦病虫害效果探析[J]. 中国农技推广,2017,33(7):54-56.

[8] TSUBAKI S, SAKUMOTO S, UEMURA N, et al. Compositional analysis of leaf cuticular membranes isolated from tea plants (*Camellia sinensis* L.) [J]. Food chemistry, 2013, 138(1):286-290.

[9] SHI T, SIMANOVA E, SCHÖNHERR J, et al. Effects of accelerators on mobility of ¹⁴C-2,4-dichlorophenoxy butyric acid in plant cuticles depends on type and concentration of accelerator[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2005, 53(6):2207-2212.

[10] 吴志凤,刘贤进. 我国农药助剂工业发展与管理概况[J]. 农药科学与管理,2014,35(12):23-26.

[11] 朱墨. 表面活性剂对赤霉素和铁元素在植物表面吸收作用的研究[D]. 郑州:郑州大学,2014.

[12] SCHREIBER L. A mechanistic approach towards surfactant/wax interaction: Effects of octaethyleneglycolmonododecylether on sorption and diffusion of organic chemicals in reconstituted cuticular wax of barley leaves [J]. Pest management science, 1995, 45(1):1-11.

[13] 汪海萍,邵燕,王志良,等. 分光光度法测定废水中草甘膦的探讨[J]. 环境监测管理与技术,2012,24(3):56-59.

[14] 李国鹏,周彩荣,石晓华,等. 分光光度法测定草甘膦生产废水中草甘膦和甘氨酸的含量[J]. 郑州大学学报(理学版),2012,44(2):81-84.

(上接第92页)

(4)相关性分析表明,pH和有机质是影响磷转化的重要因素。

参考文献

[1] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2004:199-203.

[2] 王静怡. 小流域土壤磷素空间分布特征及流失风险评价[D]. 首都师范大学,2007.

[3] 李斯凡. 巢湖流域土壤与河、湖沉积物磷的空间分布及其影响因素[D]. 南京:南京大学,2012.

[4] 周慧平,高超,孙波,等. 巢湖流域土壤全磷含量的空间变异特征和影响因素[J]. 农业环境科学学报,2007,26(6):2112-2117.

[5] 周慧平,高超,王登峰,等. 巢湖流域农田土壤磷吸附指数及吸附饱和度特征[J]. 农业环境科学学报,2007,26(S2):386-389.

[6] SHARPLY A N, WITHERS P J A. The environmentally-sound management of agricultural phosphorus [J]. Fert Rea, 1994, 39(2):133-146.

[7] 吕家珑. 农田土壤磷素淋溶及其预测[J]. 生态学报,2003,23(12):2689-2704.

[8] 杨学云, BROOKES P C, 李生秀. 土壤磷损失机理初步研究[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(5):479-482.

[9] 张铁钢,李占斌,李鹏,等. 土石山区小流域土壤磷素的空间分布特征与有效性[J]. 环境科学学报,2016,36(5):1810-1815.

[10] 于丹,张克强,王凤,等. 天津黄潮土剖面磷素分布特征及其影响因素研究[J]. 农业环境科学学报,2009,28(3):518-521.

[11] 陈刚才,甘露,王仕禄,等. 土壤中元素磷的地球化学[J]. 地质地球化学,2001,29(2):78-81.

[12] 高丽丽. 西藏土壤有机质和氮磷钾状况及其影响因素分析[D]. 雅安:四川农业大学,2004.

本刊提示 文稿题名下写清作者及其工作单位名称、邮政编码;第一页地脚注明第一作者简介,格式如下:“作者简介:姓名(出生年-),性别,籍贯,学历,职称或职务,研究方向”。