

退耕还湖后不同植被群落下湿地土壤 有机质及磷素含量差异分析

崔宏^{1,2}, 张平究^{1,2}, 孔令柱^{1,2}, 郑真^{1,2}, 刘爽^{1,2}

(1. 安徽自然灾害过程与防控研究省级重点实验室, 安徽 芜湖 241003;

2. 安徽师范大学 国土资源与旅游学院, 安徽 芜湖 241003)

摘要:以菜子湖地区退耕还湖后苔草、芦苇和酸模植被群落下的湿地土壤为研究对象,分析了 3 种植被群落类型对湿地土壤有机质、全磷、速效磷含量及其在土壤剖面分布特征的影响。结果表明:(1) 0—6 cm 土层土壤有机质含量表现为:酸模>苔草>芦苇,而 6—13 cm, 13—25 cm, 25—40 cm, 40—55 cm 土层均表现为:芦苇>苔草>酸模,总体表现为随着土壤剖面深度增加而下降;(2) 土壤全磷含量均为 0—6 cm 土层全磷含量较高,6—13 cm 土层含量最低,全磷含量总体表现为随着剖面深度的增加而递增,递增趋势的强弱表现为:酸模>苔草>芦苇;(3) 土壤速效磷含量除酸模在 0—6 cm 土层显著大于苔草和芦苇外,其它各个层次间土壤有效磷含量无显著性差异,总体上均表现为随土层加深而下降的趋势;(4) 除酸模在 0—6 cm 和 6—13 cm 土层的土壤磷素有效率显著高于苔草和芦苇外,其它不同土壤层次间无显著差异。(5) 不同植被群落凋落物和根系分布特征差异是引起退耕后湿地土壤剖面有机质和磷素分布差异的主要原因,而水产养殖农家肥投放也促进了湿地表层土壤养分积累。

关键词:退耕还湖; 植被群落; 湿地土壤; 有机质; 磷素

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)06-0094-05

中图分类号: S151.93, S158.3

Variations of Soil Organic Matter and Phosphorus Contents in Wetlands with Different Vegetation Types After Returning Farmland to Lake

CUI Hong^{1,2}, ZHANG Ping-jiu^{1,2}, KONG Ling-zhu^{1,2}, ZHENG Zhen^{1,2}, LIU Shuang^{1,2}

(1. Anhui Key Laboratory of Natural Disasters Process and Prevention, Wuhu, Anhui 241003, China;

2. College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241003, China)

Abstract: Soils in wetlands under returning farmland to lake with different vegetation types (*Carex maximowiczii*, *Rumex acetosa* Linn. and *Phragmites australis*) were sampled to analyze the effects of the three vegetation types on soil organic matter, total P and available P and their distributions in soil profiles in the Caizi Lake. Results showed that soil organic matter content in 0—6 cm layer were the highest under *Rumex acetosa* Linn. and the lowest under *Phragmites australis*. Moreover, soil organic matter contents in 6—13 cm, 13—25 cm, 25—40 cm, and 40—55 cm layers were in the order of *Phragmites australis* > *Carex maximowiczii* > *Rumex acetosa* Linn. and decreased with soil depth under all the three vegetation types. The contents of total P under all the three vegetation types were high in 0—6 cm layers and the lowest in 6—13 cm layers, and then increased with soil depth. Available P contents decreased with soil depth in all the soil profiles, and there was no significant difference in the same soil layers under different vegetation types except that *Rumex acetosa* Linn. was higher than *Phragmites australis* and *Carex maximowiczii* in 0—6 cm layer. There was no significant difference of soil phosphorus efficiency in all the same soil layers under different vegetation types except that *Rumex acetosa* Linn. was higher than *Phragmites australis* and *Carex maximowiczii* in 0—6 cm and 6—13 cm layers. Litters and root distribution under different vegetation types were the cause of distribution variation of organic matter and phosphorus in soil profiles, and farmyard manure for the aquacul-

收稿日期: 2012-11-21

修回日期: 2013-02-05

资助项目: 国家自然科学基金项目“水耕和旱耕农田退耕还湿土壤微生物生态演变研究”(41001369); 安徽省自然科学基金项目(1308085MT22)

作者简介: 崔宏(1983—), 女(汉族), 安徽省灵璧县人, 硕士研究生, 研究方向为湿地土壤环境。E-mail: cuihon060811@sohu.com.cn。

通信作者: 张平究(1975—), 男(汉族), 江西省玉山县人, 博士, 教授, 研究方向为土壤质量与环境。E-mail: changpj2006@163.com。

ture also caused soil nutrient accumulation in surface soils.

Keywords: returning farmland to lake; vegetation community; wetland soil; soil organic matter; soil phosphorus

土壤有机质和磷素是湿地生态系统重要的营养要素,其中土壤有机质是气候变化的敏感指示物之一;磷是植物生长必需的营养元素之一,是决定湿地生产力、结构和功能的关键要素^[1],也是湿地主要限制性因子之一^[2-3]。湿地土壤有机质随着土壤深度增加而降低,且与湿地地下水水位有密切关系^[4]。宋晓琳等^[5]对不同覆被条件下双台子河口湿地土壤主要营养元素含量研究表明,土壤全磷含量在0—30 cm土层深度内变化不大,30 cm以下土壤全磷含量升高;刘长娥等^[6]报道了9段沙中沙湿地植物磷元素的分布积累与动态研究,不同植物吸收磷素的最佳时期存在差异;尹逊霄等^[7]和向万胜等^[8]对土壤磷素分布,形态,有效性及其循环转化进行了研究。当前对退耕还湖后不同植被群落下湿地土壤剖面有机质、磷素分布及磷素有效性的研究报道还不多见。本研究通过分析比较安庆沿江湖泊菜子湖区苔草、芦苇和酸模下湿地土壤剖面土壤有机质和磷素含量差异,探讨不同植被群落对退耕还湖后湿地土壤有机质和磷素的分布特征影响,为退耕还湖后湿地生态恢复及其科学管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

安庆市菜子湖湿地是安徽省沿江湿地自然保护

区的重要组成部分,位于117°01′—117°09′E,30°43′—30°58′N,总面积17 300 hm²。菜子湖流域属亚热带季风气候,气候温和,雨量丰沛,多年平均气温16.5℃,多年平均降雨量1 389.1 mm,多年平均蒸发量1 611.4 mm。20世纪50年代开始大规模的围湖造田,20世纪80年代开始退田还湖,许多退耕还湖区因地制宜地选择了恢复为自然湿地或进行水产养殖,旨在寻求湿地生态调蓄功能与经济收益间的平衡。

2011年4月,依据典型性和代表性原则,在菜子湖金神镇幸福圩(30°51′—30°51′N,116°01′—117°01′E)选取退耕还湖后3种不同植被群落湿地(表1)。

菜子湖金神镇幸福圩建于1958年,于1986年破坏,后进行水产养殖。土壤样品采集时,湖边多处堆放用于养鱼的鸭粪、鸡粪等厩肥。每种类型植被下湿地采集3个土壤剖面样品,湿地土壤按发生层分层采样能更好地分析土壤有机碳剖面分布规律所蕴含的意义^[9],因此本研究依据发生层分层采样。

本研究根据采样点土壤剖面颜色、紧实度和根系多少的变化确定土壤采样层次(表1),分0—6 cm,6—13 cm,13—25 cm,25—40 cm和40—55 cm共5个深度层次,采集45个土样。土壤样品经自然风干后,挑去根、虫体、石砾后研细,过20目塑料筛,分取部分再磨过100目塑料筛,装袋备用。

表1 研究区3种不同植被群落下湿地土壤基本状况

群落类型	植被状况	土层厚度/cm	土壤颜色	根系状况	容重/(g·cm ⁻³)	黏粒含量/%	pH值
苔草	高度为80~100 cm,有倒伏,盖度约100%	0—6	棕灰色	很多,发达且交织	0.84	19.62	4.53
		6—13	灰色	很少,主要是根鞘	1.69	13.71	5.22
		13—25	浅灰色	极少,少量根鞘	1.73	12.94	5.44
		25—40	黄褐色	极少,少量根毛	1.81	13.47	6.02
		40—55	淡黄色	无	1.65	13.78	6.13
芦苇	新株高度200 cm,立枯死株高度330 cm,盖度约100%	0—6	棕灰色	较多,根冠为主	0.41	20.18	4.76
		6—13	青灰色	很多,粗壮的匍匐根	1.55	13.74	5.42
		13—25	灰色	多,主要是根鞘	1.61	13.42	5.78
		25—40	浅黄色	很少,根的伸长区	1.70	13.31	6.03
酸模	高度约100 cm,盖度约90%	40—55	黄色	极少,少量的根毛	1.68	11.76	5.95
		0—6	棕灰色	很多,以主根为主	0.43	20.83	6.43
		6—13	灰色	较多,以主根为主	1.54	12.28	5.37
		13—25	青灰色	少,主要是根鞘	1.65	9.93	5.88
		25—40	灰色	很少,主要是根鞘	1.68	8.57	5.98
		40—55	黄色	极少,少量根毛	1.73	8.61	6.05

1.2 土壤样品测定方法

土壤 pH 值采用电位计法;土壤容重采用环刀法测定;有机质采用重铬酸钾—外加加热法容量法测定;全磷用硫酸—高氯酸—钼锑抗比色法测定;有效磷用碳酸氢钠—钼锑抗比色法测定^[10];土壤粒径分析参照 Murray^[11]的方法,称取过 2 mm 的样品 0.2 g,加 30% H₂O₂ 10 ml,静置 12 h 去除有机质,放到电热板上加热煮沸 40 min,冷却后加 10% HCl 10 ml,静置 12 h 去除碳酸盐,然后加入 0.05 mol/L 的 (NaPO₃)₆ 10 ml,超声震荡 10 min 后使用 Beckman Coulter LS13320 激光衍射粒度仪测量湿地土壤粒径的体积百分比,并用仪器自带软件对所得数据进行处理。

1.3 数据处理分析

利用 SPSS 18.0 及 Excel 软件进行数据处理及分析,并利用 LSD(最小显著差数)法检验处理间差异的显著性。

2 结果与讨论

2.1 不同植被群落湿地土壤剖面有机质含量差异

由于植被群落不同,地表枯落物和根系分泌物及其脱落物的质量存在差异,影响着土壤有机质的分解和积累进而导致土壤有机质含量差异^[12-13]。研究区内 0—6 cm 土层土壤有机质的含量较高,表现为:酸模(139.94 g/kg) > 苔草(98.53 g/kg) > 芦苇(58.02 g/kg),不同群植被落间差异显著 ($p < 0.05$)。酸模表层土壤有机质含量最高,这与酸模干物质中含有较高的多种维生素及氨基酸,但粗纤维含量较少有关^[14],这有利用微生物对枯落物的分解和转化,促进了土壤有机质积累,而苔草和芦苇干物质中所含粗纤维较高^[15],导致枯落物分解速率较慢^[16],土壤有机质积累相对较慢。同时剖面挖掘中发现,酸模和苔草根在 0—6 cm 分布多于芦苇,这也是导致酸模和苔草该层土壤有机质含量高于芦苇的原因。

研究区 3 种植被群落下土壤有机质的垂直分异总体趋势表现出随着土壤剖面深度增加有机质含量下降(图 1)。该结果与白军红^[12]等对洪泛区天然湿地土壤有机质空间分布特征研究结果相似,有机质含量在土壤中垂直分布变化呈现出由上到下逐渐减少趋势。植物生长发育过程中根部分泌的代谢产物以及脱落物分解转化为土壤有机质^[17],因此土壤剖面有机质分布受植物根系分布的影响较大。研究区 3 种植被类型的根系都集中分布于 0—13 cm 表层土壤中(表 1),加上植物枯落残体腐解归还转化为土壤有

机质,使表层土壤有机质含量比下层高^[18]。同时本研究区表层高的土壤有机质可能与湖边堆放用于水产养殖的鸡粪、鸭粪等厩肥有关,厩肥可促进土壤有机质积累并主要发生在表层^[19]。6—13 cm, 13—25 cm, 25—40 cm, 40—55 cm 这 4 层土壤有机质含量差异总体表现为:芦苇 > 苔草 > 酸模,这与芦苇地下有粗壮匍匐的根,并且向下延伸较深有关(表 1)。芦苇根系腐烂时的残留物部分留在死根孔中,土壤的动物在其中活动会留下分泌物和废物等,根系分泌物导致死根孔内部填充物有机质含量较高^[20]。

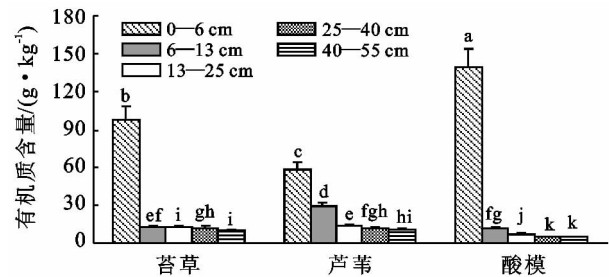


图 1 研究区不同植被群落下土壤剖面有机质含量

注:同一指标有相同字母表示不同植被群落不同层次无显著差异 ($p < 0.05$)。下同。

2.2 不同植被群落下土壤剖面磷素含量变化

研究区 3 种植被群落下土壤全磷含量总的表现为:0—6 cm 土层较高,6—13 cm 土层最低,后随着剖面深度的增加而递增,递增趋势酸模最为明显,苔草次之,再次为芦苇(图 2)。研究区表层土壤全磷含量较高,表层土壤微生物可将植物残体中的磷素转变为无机态归还土壤表层,导致表层土壤总磷含量较高^[21],而与堆放在湖边用于水产养殖的鸡粪、鸭粪等厩肥也有关系,农家肥中磷素容易被表层土壤吸附而积累^[22]。研究区 3 种植被群落中酸模群落下表层土壤全磷含量最高,这与酸模表层土壤有机质含量最高有关,同时黏粒含量增加,也促进了土壤对磷的固定^[23-24]。不同植物群落根系分布的差异,可导致土壤养分的垂直分布差异^[25];在植物残体的分解过程中部分磷转变为可溶态并在水平和垂直方向上进行迁移^[25]。植物根系从土壤中吸收养分,所以土壤全磷降低,一般根系强壮、侧根发达根毛健全的品种对磷的吸收能力快^[26],从表 1 可知,0—13 cm 土壤根系分布最多,且随着深度增加而减少,与土壤全磷含量在剖面上分布相反,表明根系分布差异可对土壤剖面磷素分布产生影响。

土壤速效磷是土壤中可被植物吸收的组分,是土壤磷素养分供应水平高低的指标^[10]。由图 3 可见,

酸模 0—6 cm 土层土壤速效磷含量显著大于苔草和芦苇,其它不同植被群落下相同土壤层次含量差异不显著。这与酸模表层土壤全磷含量最高相关,同时酸模表层土壤较高 pH 值和有机质含量有关,丰富的有机质含量和适宜的 pH 值促进了土壤微生物活性,加速了磷素活化;同时适宜 pH 值也促进湿地土壤磷素活化。用于水产养殖堆放的大量农家肥(鸡粪、鸭粪)也导致了 3 种植被群落下表层土壤速效磷含量升高^[27]。

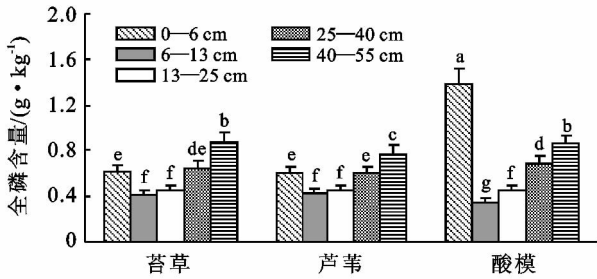


图 2 研究区不同植被群落下土壤剖面全磷含量的差异

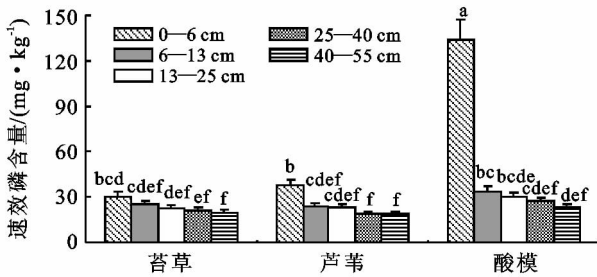


图 3 不同植被群落下土壤速效磷含量变化

2.3 不同植被群落下土壤剖面磷素有效性差异

用土壤磷素活化系数(速效磷与全磷之比)来表示土壤磷素的有效性,土壤磷素活化系数愈高土壤磷素有效性愈高^[28]。研究区酸模群落 0—6 cm 和 6—13 cm 土壤磷素有效率显著高于苔草和芦苇,而其它相同土壤层次不同植被群落差异不显著,但总体有着随着土壤剖面深度增加而降低趋势(图 4)。土壤有机质含量和根系分布影响土壤磷素有效性的重要因素^[29-30]。土壤有机质可通过降低土壤对磷的吸附强度促进磷的解析,提高磷素的有效性^[31-32],研究区 3 种植被群落下土壤剖面磷素有效性特征与土壤有机质分布特征基本一致。植物也可通过提高根际微生物和菌根活性,加强根系分泌物等方式提高土壤磷酸酶活性,加速了土壤有机磷的脱磷速度,从而提高了土壤磷的有效性^[30,33-34]。本研究不同植被群落磷素的有效性分布规律与植被根系分布较为一致,根系分布密集层次土壤磷素有效性相对较高。

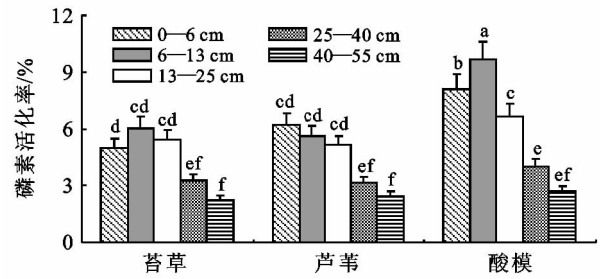


图 4 不同植被群落下土壤磷素有效性差异

3 结论

(1) 退耕还湖后 3 种植被群落下湿地土壤剖面有机质分布特征受植被枯落物质量和根系分布特征影响,而人类活动如水产养殖农家肥施用也是影响退耕后湿地土壤表层有机质含量的原因。总体上 3 种植被群落下土壤剖面有机质含量随着深度增加而降低,0—6 cm 表层土壤有机质的含量表现为:酸模 > 苔草 > 芦苇,而其它 4 层均表现为:芦苇 > 苔草 > 酸模。

(2) 退耕还湖后 3 种植被群落对湿地土壤剖面全磷和有效磷分布特征的影响体现在 0—6 cm 表层土壤,而不同植被群落下 0—6 cm 层次以下土壤全磷和有效磷差异不显著,但全磷垂直剖面均存在先减后增的趋势,土壤有效磷在垂直方向上随剖面深度增加而降低。

(3) 退耕还湖后湿地植被根系和土壤有机质是影响土壤剖面磷素有效性的重要原因。退耕还湖后酸模群落下 0—6 cm 和 6—13 cm 层次土壤磷素有效率显著高于苔草和芦苇外,其它土层 3 种植被群落无显著差异,均表现出随着土层深度的增加而降低的趋势。

[参 考 文 献]

[1] Grunwald S, Corstanje R, Weinrich B E, et al. Spatial patterns of labile forms of phosphorus in a subtropical wetland[J]. Journal of Environmental Quality, 2006, 35 (1):378-389.

[2] McCormick P V, Rawlik P S, Larding K, et al. Periphery-ton-Water quality relationships along a nutrient gradient in the Northern Florida Everglades[J]. Journal of the North American Ben-theological Society, 1996, 15 (4):433-449.

[3] Noe G B, Childers D L, Jones R D. Phosphorus biogeochemistry and the impacts of phosphorus enrichment: Why is the Everglades so Unique? [J]. Ecosystems, 2001, 4(7):603-624.

[4] 熊汉峰,廖勤周,吴庆丰,等.湖北梁子湿地土壤养分的

- 分布特征和相关分析[J]. 湖泊科学, 2005, 17(1): 93-96.
- [5] 宋晓琳, 吕宪国, 陈志科. 不同覆被条件下双台子河口湿地土壤主要营养元素含量[J]. 生态学杂志, 2010, 29(11): 2117-2121.
- [6] 刘长娥, 杨永兴, 杨杨. 九段沙中沙湿地植物磷元素的分布积累与动态[J]. 同济大学学报, 2008, 36(11): 1537-1541.
- [7] 尹逊霄, 华珞, 张振贤. 土壤中磷素的有效性及其循环转化机制研究[J]. 首都师范大学学报: 自然科学版, 2005, 26(3): 95-101.
- [8] 向万胜, 童成立, 吴金水, 等. 湿地农田土壤磷素的分布、形态与有效性及磷素循环[J]. 生态学报, 2001, 21(12): 2067-2073.
- [9] 刘景双, 杨继松, 于君宝, 等. 2003. 三江平原沼泽湿地土壤有机碳的垂直分布特征研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 5-8.
- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 107-147.
- [11] Murray M R. Is laser particle size determination possible for carbonate-rich lake sediments? [J]. J. Paleolimnol., 2002, 27(2): 173-183.
- [12] 白军红, 邓伟, 张玉霞, 等. 洪泛区天然湿地土壤有机质及氮素空间分布特征[J]. 环境科学, 2002, 23(2): 77-81.
- [13] 杨万勤, 邓仁菊, 张建. 森林凋落物分解及其对全球气候变化的响应[J]. 应用生态学报, 2007, 28(12): 2889-2895.
- [14] 郭建新, 高钦正, 李明春. 利用酸模植物(SLAM)开发我国盐渍地资源的前景[J]. 土壤, 1998(2): 97-99.
- [15] 郑萱凤, 李崇喆. 三江平原地区毛果苔草群落的研究[J]. 资源科学, 1994, 16(1): 53-58.
- [16] 刘新伟. 大汶河湿地香蒲和芦苇分解动态研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(24): 464-467.
- [17] 吴鹏飞, 朱波. 川中丘陵区川中丘陵区桉柏混交林土壤有机质的时空动态[J]. 西南农业学报, 2008, 21(4): 1024-1028.
- [18] Jobbagy E G, Jackson R B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation[J]. Ecological Applications, 2002, 10(2): 423-436.
- [19] 王改兰, 段建南, 李旭霖. 长期施肥条件下土壤有机质变化特征研究[J]. 土壤通报, 2003, 34(6): 589-591.
- [20] 李静, 尹澄清, 王为东, 等. 芦苇湿地根孔系统特征及其磷去除机理研究[J]. 湿地科学, 2009, 7(3): 273-279.
- [21] 朱鹤健. 土壤学与地理学交叉研究[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 315.
- [22] 戎郁萍, 韩建国, 王培, 等. 放牧强度对草地土壤理化性质的影响[J]. 中国草地, 2001, 23(4): 41-47.
- [23] 潘继花, 何岩, 邓伟, 等. 湿地对水中磷素净化作用的研究进展[J]. 生态环境, 2004, 13(1): 102-104, 108.
- [24] 张平究, 赵永强, 孟向东, 等. 退耕还湖后安庆沿江湿地土壤理化性质变化[J]. 土壤通报, 2011, 42(6): 1319-1323.
- [25] 陈海霞, 付为国, 王守才. 镇江内江湿地植物群落演替过程中土壤养分的动态研究[J]. 生态环境, 2007, 16(5): 1475-1480.
- [26] 徐惠凤, 刘兴土, 白军红. 长白山沟谷湿地乌拉苔草沼泽湿地土壤微生物动态及环境效应研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 115-122.
- [27] 倪吾钟, 孙羲, 杨肖娥, 等. 有机无机配施对土壤中磷的有效性和水稻生长及产量的影响[J]. 土壤通报, 1990, 21(4): 167-169.
- [28] 贾永兴, 李菊梅. 土壤磷有效性及其与土壤性质关系的研究[J]. 中国土壤与肥料, 2011(6): 76-82.
- [29] 张国秀, 赵允格, 徐明祥, 等. 黄土丘陵区生物结皮对土壤磷素有效性及碱性磷酸酶的影响[J]. 植物影响与肥料学报, 2012, 18(3): 621-628.
- [30] Dinkelaker B, Romheld V, Marshner H. Citric acid excretion and precipitation of calcium citrate in the rhizosphere of white lupin[J]. Plant Cell and Environment, 1989, 12(3): 285-292.
- [31] 张海涛, 刘建玲, 廖文华, 等. 磷肥和有机肥对不同磷水平土壤磷吸附-解吸的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(2): 284-290.
- [32] 夏海勇, 王凯荣. 有机质含量对石灰性黄潮土和砂姜黑土磷吸附-解吸特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(6): 1303-1310.
- [33] 赵琼, 曾德慧. 陆地生态系统磷素循环及其影响因素[J]. 植物生态学报, 2005, 29(1): 153-163.
- [34] 梁启鹏, 余新晓, 庞卓, 等. 不同林分土壤有机碳密度研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(4): 889-893.