

# 不同退耕年限下安庆沿江湿地土壤氮、磷变化研究

孔令柱, 刘爽, 郑真, 崔宏, 彭江, 张平究

(安徽师范大学 国土资源与旅游学院 安徽自然灾害过程与防控研究省级重点实验室, 安徽 芜湖 241000)

**摘 要:**选取退耕 3~21 a 的湿地土壤,以现耕油菜地和原始自然湿地土壤为对照,对安庆沿江湿地土壤氮、磷的变化趋势进行了比较分析。结果表明,不同退耕年限下土壤氮、磷素变化趋势明显。土壤全氮含量变化在退耕 3~7 a 内随退耕年限的增长呈增加趋势,在退耕 7 a 后达到一个相对稳定状态;土壤有效氮含量变化与全氮含量变化趋势基本一致。土壤全磷含量变化随退耕年限的增长呈较缓递减趋势,平均减少速率为 11.6%;土壤有效磷含量的变化在退耕初期随退耕年限的增加呈减少趋势,在退耕 9 a 后随退耕年限增长呈增加趋势。研究结果表明,相对于土壤氮素,退耕后湿地土壤磷素恢复相对滞后,因此评价湿地土壤生态恢复时土壤磷素指标尤为重要。

**关键词:** 安庆湿地; 不同退耕年限; 氮磷

**中图分类号:** S153

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2014)01-0043-04

## Changes of the Soil Nitrogen and Phosphorus in Different Periods of Abandoned Farming Wetlands along the Yangtze River in Anqing, Anhui Province

KONG Ling-Zhu, LIU Shuang, ZHENG Zhen, CUI Hong, PENG Jiang, ZHANG Ping-Jiu

(Anhui Key Laboratory of Natural Disasters Process and Prevention,

College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000, China)

**Abstract:** Soils from wetlands recovered from farmlands with different returning farmland to wetland (RFL) periods were sampled to analyze changes of the soil nitrogen and phosphorus in Anqing along the Yangtze River. The results showed that changes of soil nitrogen and phosphorus were significant after RFL. Soil total nitrogen content and available nitrogen content showed a increasing trend within the RFL period of 3~7 years, and then kept a stable situation during the RFL period of 7~21 years. Soil total phosphorus showed a declining trend with average decreasing rate of 11.62% during RFL period; soil available phosphorus content decreased within 9 years of RFL, and increased after 9 years of RFL. Soil phosphorus recovered slower than soil nitrogen after RFL, which indicated that soil phosphorus was the very important indicator for wetland soil ecological restoration.

**Key words:** Anqing wetland; different RFL periods; nitrogen and phosphorus

湿地是地球上水陆相互作用形成的独特生态系统,在抵御洪水、调节径流、控制污染、调节气候、美化环境等方面具有重要作用,因此被誉为“地球之肾”;湿地生态系统具有的过滤、截留功能尤其重要<sup>[1]</sup>。近年来,人类非理性活动对湿地的结构和功能破坏严重,湿地面积大幅度缩减,湿地的生命支持能力也显著减弱<sup>[2]</sup>。1998 年,我国为协调人水矛盾、恢复自然生态环境,对长江流域实施了“退田还湖”工程;同时开展了诸如开垦湿地及退耕湿地的土壤理化性质和微生物变化研究,这些研究主要集中于退耕土壤理化

性质对不同退耕方式及退耕年限等的响应<sup>[3-5]</sup>,而湿地土壤在不同退耕年限下的理化性质变化研究鲜有报道。对不同退耕年限下湿地土壤的研究有利于在时间尺度上评价湿地生态的恢复情况,从而更好地了解退耕湿地土壤的改善状况。

氮、磷常常是天然湿地或农业湿地土壤中最主要的限制性养分,是植物生长发育的必需营养元素,是生态系统中极其重要的生态因子。湿地土壤中氮磷含量直接影响着湿地生态系统的生产力,是湿地营养水平指示物<sup>[6]</sup>。然而,过去对湿地土壤氮、磷素的

收稿日期:2013-03-16

修回日期:2013-05-17

资助项目:国家自然科学基金项目(41001369,41301249);安徽省自然科学基金(1308085MD22)

作者简介:孔令柱(1989—),男,山东菏泽人,硕士研究生,主要从事湿地土壤环境方面的研究。E-mail:13953055307\_cool@163.com

通信作者:张平究(1975—),男,江西玉山人,教授,主要从事土壤质量与土壤微生物生态研究。E-mail:changpj2006@163.com

研究主要集中于对氮磷分布特征的描述<sup>[6-7]</sup>,但对不同退耕年限下的湿地土壤氮、磷素的恢复状况研究较少,因此,研究不同退耕年限下的湿地土壤氮、磷素的地球化学特征,对于认识湿地生态系统生态恢复过程具有重要的科学意义。

本文选取退耕 3~21 a 的湿地土壤,以现耕油菜地和原始自然湿地为参照,对退耕湿地土壤氮素和磷素进行分析,旨在阐明不同退耕年限下湿地土壤氮、磷素的变化趋势,揭示退耕湿地土壤在不同年限下的生态恢复状况,为“退田还湖”工程实施后湿地资源的科学管理及有效利用提供科学依据。

# 1 研究区概况及研究方法

## 1.1 研究区概况

安庆沿江湿地是长江中下游湿地重点分布区之一,位于 116°07′—117°44′E,29°50′—30°58′N,地处北亚热带季风湿润气候带,年平均温度 14.5~16.6℃,年平均降水量为 1 291.3~1 322.4 mm;植

物群落主要为芦苇、水烛等,莲、菰、苦草、菹草、黑藻等。20 世纪 50 年代湖区开始大规模围垦,到 20 世纪 80 年代开始退耕还湖,1998 年特大洪灾后,退耕还湖进程加快。不同退耕还湖区因地制宜地选择了恢复为自然湿地或恢复为自然水域进行水产养殖。2012 年 4 月,根据前次采样定位及走访当地居民获得的信息,本研究选取 6 个采样区,其湿地恢复方式均为自然水域进行围网水产养殖,地表植被以苔草分布为主,分别采集了退耕 3 a、退耕 5 a、退耕 7 a、退耕 9 a、退耕 11 a 和退耕 21 a 的湿地土壤,同时采集邻近一直利用的油菜地和原始自然湿地土壤为对照。以多点混合的方法进行随机采样,即每个采样区分 3 个采样小区(5 m×5 m)按表层(0—5 cm)、亚层(5—15 cm)采集;每个采样小区样品由相同生境下 3 个取样点按不同层次混合而成。所有土壤样品经自然风干后,捡取石子、枯枝根系等杂物,磨碎,分别过 2 mm 和 0.149 mm 筛,保存备测。其土壤基本理化性质如表 1 所示。

表 1 退耕湿地土壤基本理化性质

样地类型	土层 深度/cm	容重/ (g·cm <sup>-3</sup> )	黏粒/%	粉砂/%	砂粒/%	pH 值	有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )
现耕油菜地	0—5	0.79	21.67±2.23	69.39±1.68	8.94±0.56	4.79±0.04	21.94±1.43
	5—15	1.08	21.33±0.41	69.47±0.45	9.20±0.49	4.74±0.06	15.50±5.14
退耕 3 a	0—5	1.51	19.02±0.11	73.96±0.39	7.02±0.33	4.63±0.07	21.24±3.23
	5—15	1.38	18.74±0.37	74.23±0.69	7.03±0.48	4.60±0.07	13.23±0.69
退耕 5 a	0—5	1.23	23.34±0.40	70.84±0.30	5.82±0.17	4.61±0.04	22.88±0.47
	5—15	1.54	23.80±0.45	72.15±0.74	4.04±0.31	4.73±0.05	12.52±0.41
退耕 7 a	0—5	1.21	24.08±0.25	64.57±0.74	11.35±0.98	4.77±0.02	56.62±5.91
	5—15	1.60	23.53±0.50	67.19±0.70	9.28±0.39	4.99±0.05	12.16±1.07
退耕 9 a	0—5	1.05	26.47±0.42	61.87±0.68	11.66±0.85	4.63±0.08	47.26±5.59
	5—15	1.46	27.44±1.16	62.13±0.53	10.43±0.70	4.99±0.03	13.14±2.39
退耕 11 a	0—5	0.86	32.78±1.83	58.66±2.60	8.56±0.79	4.54±0.06	50.69±3.31
	5—15	1.51	32.64±2.02	59.78±1.44	7.59±0.58	4.84±0.02	17.75±0.28
退耕 21 a	0—5	0.79	27.27±2.55	65.60±2.17	7.13±0.39	4.62±0.05	52.66±1.06
	5—15	1.50	28.96±1.93	65.02±0.71	6.02±1.24	4.91±0.01	16.18±1.07
原始自然湿地	0—5	0.75	35.36±2.28	58.25±2.51	6.40±0.52	4.52±0.07	60.62±7.35
	5—15	1.01	32.89±1.22	62.75±0.84	4.36±0.42	4.71±0.05	23.44±0.72

## 1.2 研究方法

土壤容重采用环刀法测定;pH 值采用电位计法测定(水土比为 2.5:1);有机质采用重铬酸钾—外加热法测定;全氮用半微量—开氏法测定;有效氮采用碱解—扩散法测定;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<sup>[8]</sup>。土壤粒径分析参照 Murray 的方法<sup>[9]</sup>。

## 1.3 数据处理分析

利用 SPSS 17.0 及 Excel 2003 进行数据处理、制图及分析。

# 2 结果与分析

## 2.1 不同退耕年限下的土壤氮素变化

一般认为,土壤氮素的变化可以反映土壤质量的恢复状况。如图 1 所示,土壤表层全氮、有效氮含量均高于亚层。这与植株残体氮归还土壤主要发生于表层、亚层植物根系吸收作用有关。不同退耕年限下湿地土壤全氮含量随退耕年限的增长呈增加趋势。与现耕油菜地相比较,退耕 3 a 表层土壤全氮降低了 11.34%;退耕 5 a 增长了 18.24%;退耕 7 a 增长了

90.17%;退耕 7~21 a 土壤全氮增长速率开始变缓,平均增长率为 97.98%;与 Meyer<sup>[10]</sup>对湿地恢复过程中氮的变化趋势一致,而与不同种植年限开垦湿地土壤全氮变化相反<sup>[4,11]</sup>。湿地土壤全氮含量的变化主要取决于氮素输入与输出的相对大小<sup>[7]</sup>,退耕初期,地表植被和水产养殖在无外源氮肥施入的情况下消耗氮,致使氮素在退耕 3 a 略有下降,之后随地表植被大量增加,植株残体归还,土壤氮量也显著增加,加上土壤动物、微生物的增多加强了对土壤的矿化作用,使退耕 5~7 a 内全氮含量迅速增长;而退耕一定时期后,地表植被摄氮量与归还土壤的氮量持平,表现为退耕 7~21 a 内湿地土壤氮素在生态系统循环过程中的稳定状态。同时,土壤黏粒含量对氮素的固定起重要作用<sup>[12]</sup>,退耕湿地土壤黏粒含量较原始自然湿地低(表 1),加上水产养殖过程中鱼类对湖草的采食及人类活动的干扰致使退耕湿地土壤与原始自然湿地土壤氮素含量仍有差距。土壤全氮含量变化与有效氮含量变化呈极显著正相关,因此土壤有效氮含量变化(图 2)与全氮含量变化基本一致,即随退耕年限增长呈增加趋势,在退耕 7 a 后达到一个稳定状态,与宋娟丽等<sup>[5]</sup>在弃耕一定年限后土壤有效氮变化呈平稳状态的研究结果一致。

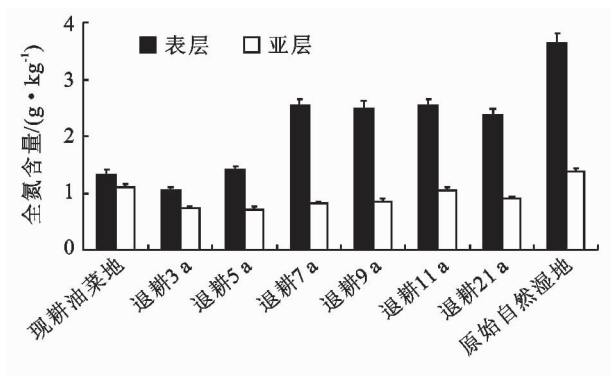


图 1 不同退耕年限下土壤全氮含量变化

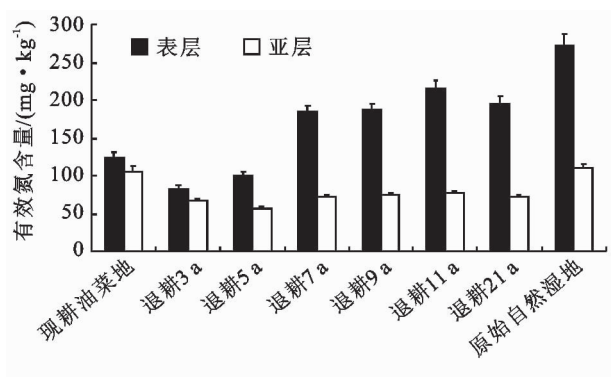


图 2 不同退耕年限下土壤有效氮含量变化

## 2.2 不同退耕年限下的土壤磷素变化

研究区湿地土壤磷素全量变化情况如图 3 所示。退耕 3~5 a 表层全磷含量与亚层没有明显差异,之

后表层全磷明显高于亚层;可能是由人类活动的翻耕作用在退耕初期对土壤结构及性能的影响引起的,退耕一定时期后,随着枯枝落叶在表层土壤的集聚及大量植物根系对亚层土壤磷素的吸收作用,加之磷迁移率低的特性,使表层全磷要高于亚层。土壤全磷含量随退耕年限的增加呈递减趋势,但变化较为平缓,平均减少速率为 11.62%,与宋娟丽等<sup>[5]</sup>研究不同弃耕年限下草地土壤全磷变化相似。其原因可能是湿地退耕之前曾对土壤人为施入磷肥,退耕后,无外源磷施入情况下地表植被大量生长消耗了部分磷;且在退耕后的水产养殖过程中,鱼类采食植物致使磷素归还土壤的量减少;同时,湿地处于淹水期时,还原条件下土壤磷酸铁释放磷,并随水的消退过程发生迁移。土壤有效磷含量变化如图 4 所示,在退耕 3~5 a 表层有效磷含量低于亚层,自 7 a 开始逐渐高于亚层土壤,可能是地表植被随退耕年限的增长而增加,植被根际耗磷量也随之增加<sup>[14]</sup>,表现为亚层有效磷含量逐渐低于表层。在退耕初期土壤有效磷含量的变化随退耕年限呈下降趋势,由 55.61 mg/kg 降至 15.13 mg/kg,其原因可能是退耕初期大量植被在无外源磷施入情况下的消耗以及土壤在淹水条件下矿化释放有效磷随流水发生迁移造成有土壤效磷含量的降低;在退耕 9 a 开始随退耕年限呈增长趋势,由 15.13 mg/kg 增至 30.73 mg/kg,因为退耕一定时期后,随着土壤性能的逐渐恢复,加上大量植株残体归还土壤,微生物数量增加,酶活性升高,尤其酸性磷酸酶可将有机磷化物水解成无机磷酸盐,使土壤有效磷的含量逐渐升高;而且,有机质随退耕年限的增长呈增加趋势,尤其是在退耕 7 a 后,有机质有一个明显递增的过程(表 1),有机物质矿化分解释放有效磷<sup>[12]</sup>。土壤有效磷含量在退耕 9 a 开始逐渐增加,说明有效磷在退耕湿地土壤中的恢复过程历时较长,而土壤全磷恢复过程则较有效磷更长,因此土壤磷素在评价退耕湿地土壤恢复状况中起着重要的指示作用。

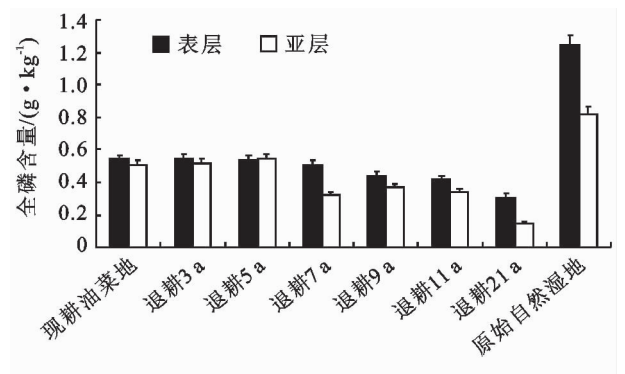


图 3 不同退耕年限下土壤全磷含量变化

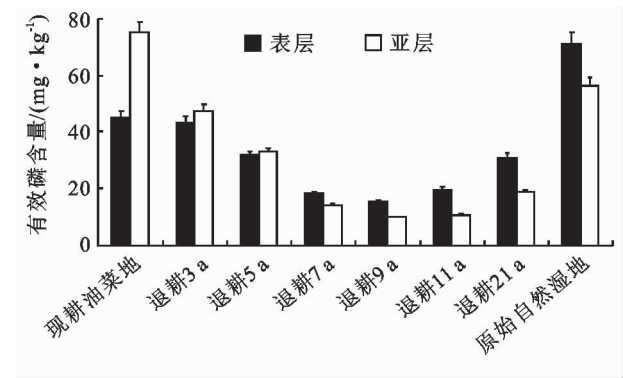


图 4 不同退耕年限下土壤有效磷含量变化

2.3 退耕湿地土壤特性间相关性分析

土壤全氮、有效氮、全磷、有效磷、有机质、黏粒含

表 2 退耕湿地土壤特性间相关性

	全氮	有效氮	全磷	有效磷	有机质	粘粒含量	pH 值	容重
全氮	1							
有效氮	0.990**	1						
全磷	0.568*	0.520*	1					
有效磷	0.152	0.160	0.703**	1				
有机质	0.961**	0.960**	0.403	0.020	1			
粘粒含量	0.520*	0.504*	0.338	-0.135	0.403	1		
pH 值	-0.617*	-0.582*	-0.557*	-0.446	-0.580*	-0.073	1	
容重	-0.745**	-0.779**	-0.482	-0.484	-0.701**	-0.296	0.589*	1

注：\* 代表在  $P<0.05$  水平上显著；\*\* 代表在  $P<0.01$  水平上显著。

3 结论

(1) 退耕湿地在恢复过程中，土壤全氮和有效氮含量变化均在退耕初期呈显著上升趋势，在退耕 7 a 后达到相对平稳状态。总之，随着退耕年限的增长，退耕湿地土壤的氮素含量随之增长并在循环过程中达到稳定状态。

(2) 土壤全磷含量变化随退耕年限不断增长而呈较缓减少趋势；而有效磷含量变化在退耕初期随退耕年限增长而减少，在退耕 9 a 开始逐渐接近于原始自然湿地，说明了相对于土壤氮，土壤有效磷的恢复需要一个较长期的过程，而土壤全磷的恢复时间较有效磷更长，因此土壤磷素在评价退耕湿地土壤恢复状况中起到重要的指示作用。

(3) 土壤氮素和磷素与黏粒含量、有机质、pH 值、容重等土壤性质变化联系密切，因此，土壤氮素、磷素可以作为反映退耕湿地土壤性能和结构恢复情况的重要指标。

参考文献：

[1] 陈宜喻,吕宪国. 湿地功能与湿地科学的研究方向[J]. 湿地科学,2003,1(1):7-10.  
[2] 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.

量、pH 值和容重 8 个土壤特性间的相关系数见表 2。如表 2 所示,土壤全氮与有机质呈极显著正相关、与容重呈极显著负相关( $P<0.01$ ),与黏粒含量呈显著正相关、与 pH 值呈显著负相关( $P<0.05$ );土壤有效氮与有机质呈极显著正相关、与容重呈极显著负相关( $P<0.01$ ),与黏粒含量呈显著正相关、与 pH 值呈显著负相关( $P<0.05$ )。土壤全磷与有效磷呈极显著正相关( $P<0.01$ )、与全氮、有效氮呈显著正相关、与 pH 值呈显著负相关( $P<0.05$ );说明土壤氮、磷素的变化与土壤其它养分及土壤结构的变化紧密相连,因此,土壤氮、磷素的变化可以作为反映退耕湿地土壤结构和性能恢复情况的重要指标。

[3] 杨刚,谢永宏,陈心胜,等. 退田还湖湖区土壤颗粒组成和化学特性的变化[J]. 生态学报,2009,29(12):6392-6400.  
[4] 栾兆擎,宋长春,邓伟. 三江平原挠力河流域湿地不同开垦年限肥力的变化[J]. 吉林农业大学学报,2003,25(5):544-547,556.  
[5] 宋娟丽,吴发启,姚军,等. 弃耕地植被恢复过程中土壤理化性质演变趋势研究[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(3):168-173.  
[6] 白军红,邓伟,张玉霞. 莫莫格湿地土壤氮磷空间分布规律研究[J]. 水土保持学报,2001,15(4):79-81.  
[7] 王玲玲,孙志高,牟晓杰,等. 黄河口滨岸潮滩不同类型湿地土壤氮素分布特征[J]. 土壤通报,2011,42(6):1439-1445.  
[8] 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,2000.  
[9] Murray M R. Is laser particle size determination possible for carbonate-rich lake sediments [J]. J. Paleolimnol. 2002,27(2):173-183.  
[10] Meyer C K, Baer S G, Whiles M R. Ecosystem recovery across a chronosequence of restored wetlands in the Platte River Valley[J]. Ecosystems,2008,11(2):193-208.  
[11] 曾希柏,黄雪夏,刘子刚,等. 种植年限对三江平原农田土壤剖面性质及碳—氮含量的影响[J]. 中国农学科学,2006,39(6):1186-1195.  
[12] 张平究,赵永强,孟向东. 安庆沿江退耕还湖 18 年的湿地土壤生物化学性质研究[J]. 湿地科学,2012,10(3):299-305.