

文章编号: 1000-5862(2017)02-0160-08

鄱阳湖湿地泗洲头洲滩浅层土壤氮素的时空特征

谢冬明¹, 周国宏¹, 陈亚云¹, 周杨明², 贾俊松², 熊晓龙¹, 余明泉³

(1. 江西科技师范大学旅游学院, 江西 南昌 330038; 2. 江西师范大学地理与环境学院, 江西 南昌 330022;

3. 江西科技师范大学生命学院, 江西 南昌 330038)

摘要: 湿地是全球氮循环的 N 源、N 汇和 N 转化器, 自然湿地氮的研究对于揭示生态系统氮循环的规律具有重要意义. 以鄱阳湖湿地泗洲头为研究区域, 根据湿地海拔高程梯度(10~17 m) 采取表层土壤 0~20 cm 土层样品, 分析了土壤全氮、铵态氮、硝态氮、碱解氮的空间分布特征. 结果表明: 鄱阳湖湿地泗洲头表层土壤氮含量空间分布较为复杂, 0~10 cm 土层的氮含量和 10~20 cm 土层的氮含量呈现相似的梯度特征, 0~10 cm 土层的土壤氮含量要高于 10~20 cm 土层的土壤氮含量, 其中 0~10 cm 土层和 10~20 cm 土层的全氮、铵态氮、碱解氮含量最高均值出现在高程 13~14 m, 硝态氮最高均值出现在高程 16~17 m. 利用 SPSS 双变量中的 pearson 相关性检验表层土壤全氮、铵态氮、硝态氮、碱解氮与地上生物量、土壤 pH 值、土壤含水量、年均淹水时间、高程之间的相关性, 结果表明: 土壤氮素与地上生物量的相关性在统计学意义上最为显著, 而与其他环境因素的相关性并不明显. 这反映了鄱阳湖泗洲头表层土壤氮含量的空间分布与积累过程受干扰的因素比较复杂.

关键词: 土壤氮素; 空间分异; 洲滩湿地; 鄱阳湖湿地

中图分类号: X 142 文献标志码: A DOI: 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2017.02.10

0 引言

氮(N)是湿地生态系统中重要的组成成分和关键的生态因子,它不仅对湿地生态系统的初级生产力具有重要影响^[1-2],还会导致江河湖泊等永久性湿地发生富营养化^[3],危及区域生态安全.而且,全球氮循环对人类健康的负面影响,甚至超过其食物生产获得的效益^[4].在全球氮循环中,湿地常被看作 N 源、N 汇和 N 转化器^[5].因此,研究湿地生态系统 N 含量的分布特征及其对环境变化的响应规律,对于探索湿地生态系统氮循环机理、研究湿地植被的演变、优化湿地生态系统管理具有重要的科学意义.

湿地生态系统中氮(N)循环包括一系列物理、化学和生物迁移转化过程,这些过程主要发生在湿地水陆过渡带^[6].然而,当前大多数研究区域仍集中于人工湿地,对于天然湿地演替带中氮(N)循环的研究相对较少^[7].现有的自然湿地氮循环的研究

更多集中在氮循环的机理性研究,如氮循环速率的影响因子及矿化率^[8-9],土壤氮循环与地表植物、大气的耦合机理^[10-11]等方面,较少从水位梯度研究氮循环的空间异质性特征及其与环境的关系.但是,土壤氮循环会因为水位梯度下的时空差异性而呈现不同的特征和规律^[12].特别是对于水位波动显著的浅水湖泊,湿地景观时空变化更加复杂,湿地生态系统空间异质性也更加明显^[13].

鄱阳湖是一个过水性、吞吐型的浅水湖泊,也是我国最大的淡水湖泊湿地和国际重要湿地^[14].近年来,有关鄱阳湖土壤氮循环的研究有一些报道,如葛刚等^[15]关于鄱阳湖 3 个典型湿地植物群落带土壤有机质和全氮的空间分布特征的研究,聂发辉等^[16]关于鄱阳湖湿地土壤对氨氮的吸附性能研究,Wang Xiaolong 等^[17]关于鄱阳湖湿地土壤与地上植物群落的响应关系研究,Xiang Sulin 等^[18-19]关于鄱阳湖底泥氮的空间分布及迁移规律研究.现有研究在一定程度上揭示了鄱阳湖湿地土壤氮的空间分布特征与土壤氮的迁移规律,但是对于水位梯度下的土壤

收稿日期: 2016-11-28

基金项目: 国家自然科学基金(31360120, 41561105, 71473113), 江西省自然科学基金(20132BAB203030), 江西省科技支撑计划(20151BBC70014), 江西省教育厅科技项目(GJJ150794), 江西省对外科技合作(20151BDH80022)和江西科技师范大学青年拔尖人才(2015QNBJRC008)联合资助项目.

作者简介: 谢冬明(1977-),男,江西萍乡人,副教授,博士,主要从事土地资源环境研究. E-mail: xdm0791@126.com

氮的空间分布及迁移规律缺乏深入探讨. 鄱阳湖是一个浅水湖泊, 年内水位变化超过 10 m, 年际间最大变幅超过 16 m. 剧烈的水位变化对鄱阳湖湿地生态系统的结构和功能产生了重要影响^[20]. 因此, 开展鄱阳湖湿地水位梯度下的土壤氮素分布规律的研究更具有科学性, 有助于揭示水位变化下的湖泊湿地土壤营养物质的响应规律, 为湿地生态系统的养分管理和生态恢复提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

研究区域选择鄱阳湖的泗洲头(见图1), 其位于鄱阳湖的湖心部, 是受鄱阳湖水水位变化影响最为敏感的区域. 地理坐标为北纬 29°14′17.828″至 29°15′6.038″, 东经 116°0′31.535″至 116°0′43.664″^[21]. 该区域属亚热带湿润季风型气候, 受西伯利亚寒流和副热带高压影响, 具有冬春寒、夏多雨、秋旱特征, 年降水量超过 1 640 mm, 主要集中在 4~6 月^[22]. 该区域所处的鄱阳湖是鄱阳湖流域的聚水区, 流域面积为 16.22 万 km², 占江西省面积的 97%, 流域内的赣江、抚河、信江、饶河(上游由昌江和乐安河组成, 在鄱阳县姚公渡处汇入饶河)、修河 5 大河流经鄱阳湖, 然后进入长江. 鄱阳湖历史上最大水域面积超过 5 000 km²^[23]. 鄱阳湖是一个季节性湖泊, 鄱阳湖水水位变化非常显著, 年内变幅超过 10 m, 年际间最大变幅达 16.69 m^[24].

1.2 实验设计

本研究试验样地选在鄱阳湖国家自然保护区的

泗洲头. 设 3 条采样带, 每条样带各设 7 个采样点, 共 21 个采样点. 根据鄱阳湖多年水位变化规律, 按照湿地水位梯度, 从 10 m(星子水文站, 吴淞高程, 下同) 水位至 17 m 水位区间, 以 1 m 落差分别设置 7 个采用点(即 < 11 m, 11~12 m, 12~13 m, 13~14 m, 14~15 m, 15~16 m, > 16 m). 样带和采样点设置的条件包括: 1) 采样点到等高线的距离比较均匀, 一般位于等高线的中间部位; 2) 可达性, 地势平坦, 即方便取样; 3) 每条样带间隔距离在 150 m 以上; 4) 没有人类活动干扰的痕迹. 由于湿地草本植物根系较浅, 因此本实验的土壤分析只是采取了表层土壤 0~20 cm 土层土样. 在取样点处, 用不锈钢取土器分别获得 0~10 cm 和 10~20 cm 的 2 个土层的各 5 个土样, 将 5 个土样充分混合后装入密封袋, 带回实验室进行处理.

1.3 数据来源及说明

本文水文数据为星子水文站 1954—2013 年的历年逐日平均水位数据(见表 1), 吴淞高程. 遥感数据为 Landsat ETM 成品, 精度 30 m. DEM 数据为 1:10 000.

鄱阳湖是季节性湖泊, 年内和年际水位变化极为显著. 根据近 60 年的逐日水位数据, 对不同海拔高程的淹水时间进行统计, 结果见表 1. 从表 1 可以看出, 鄱阳湖不同高程的水淹时间呈现明显的梯度特征. 同一高程淹水天数的年最大值和年最小值相差较大, 特别是海拔较高的区域, 年际淹水时间相差更大. 不同高程淹水天数的年最大值和年最小值相差较大. 因此可以表明, 鄱阳湖洲滩水位梯度非常明显, 年际淹水时间变化较为显著.

表 1 鄱阳湖水水位年极值

	天数/d							
	≥10 m	≥11 m	≥12 m	≥13 m	≥14 m	≥15 m	≥16 m	≥17 m
年最大值	351	318	312	287	225	215	195	180
年最小值	185	125	101	86	54	37	0	0
多年均值	283	254	226	193	160	128	93	58

1.4 样品分析方法

将获取的土壤样品带回实验室, 根据《土壤农业化学方法》^[25] 土壤容重和含水量检测方法计算土壤容重和含水率. 分析指标包括全氮(Total nitrogen, TN), 采用半微量凯氏法^[26]; 铵态氮(Ammonium nitrogen, NH₄⁺-N), 采用氯化钾提取-流动分析仪法; 硝态氮(Nitrate nitrogen, NO₃⁻-N), 采用氯化钾提取-流动分析仪法(类似传统的靛酚蓝比色法); 碱解氮(Alkali-hydrolyzable nitrogen, AHN), 采用《土壤理

化分析》^[27] 中的扩散吸收法. 将获取的生物量带回实验室用清水冲洗, 除去泥沙, 然后进行烘干称, 80 °C 恒温烘干至少 48 h 至恒质量^[19].

2 结果与分析

2.1 洲滩生物及生物量特征

鄱阳湖泗洲头维管束植物的分布特征由湖岸至湖底依次为假俭草(狗牙根)群落、南荻群落、灰化

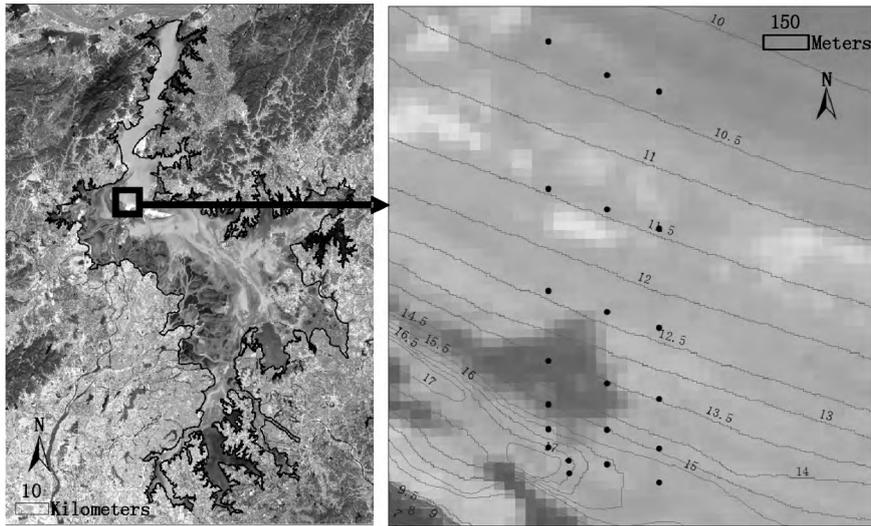


图1 采样点位置

藎草群落、水田碎米茅群落. 根据样品测算结果, 单位面积生物量干质量随洲滩高程变化而发生不规则的变化. 其中, 泗洲头生物量干质量最高的点是高程在 13 ~ 14 m, 生物量干质量最低的点是高程 < 11 m, 当高程大于 16 m 时, 生物量干质量也较低(见图 2).

2.2 土壤 pH 值

通过土壤 pH 值分析表明, 泗洲头土壤 pH 值从湖岸至湖底呈现上升的趋势, 表明湖岸土壤酸性更强, 土壤呈微酸性, 而湖底土壤碱性更强, 土壤呈微

碱性(见图 3).

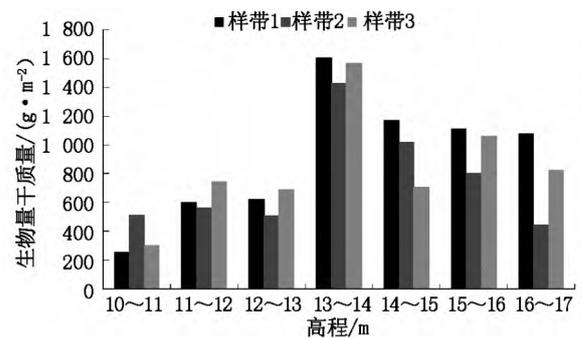


图2 泗洲头生物量干质量

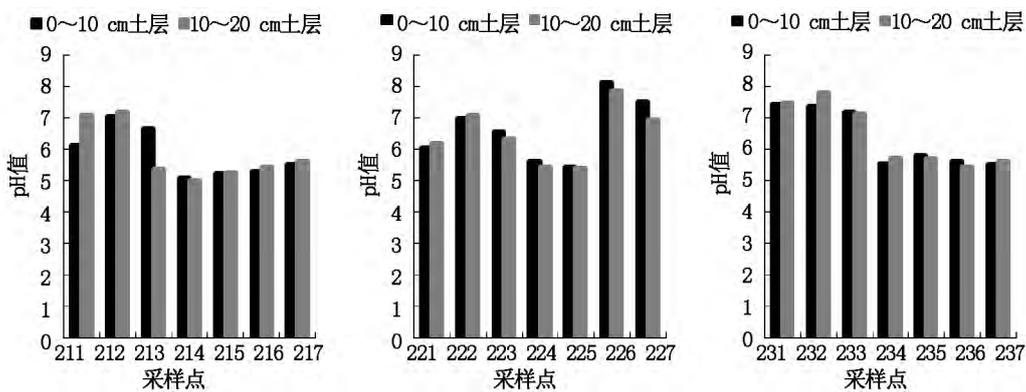


图3 泗洲头土壤 pH 值

2.3 土壤含水量

鄱阳湖泗洲头的表层(特别是 0 ~ 10 cm 土层)土壤含水量的梯度特征非常明显, 从低海拔高程向高海拔高程呈现递增到递减的变化过程(0 ~ 10 cm 土层的土壤含水量变化值为 7.93% ~ 44.63%, 10 ~ 20 cm 土层的土壤含水量变化值为 7.08% ~ 38.70%)(见图 4). 0 ~ 10 cm 土层的土壤含水量最高值出现在高程 12 ~ 13 m, 10 ~ 20 cm 土层的土壤

含水量变化不及 0 ~ 10 cm 土层变化显著, 但其土壤含水量最高值仍然出现在高程 13 ~ 14 m, 0 ~ 10 cm 土层的土壤含水量明显高于 10 ~ 20 cm 土层的土壤含水量.

2.4 氮量梯度特征

2.4.1 全氮梯度特征 鄱阳湖泗洲头的表层(特别是 0 ~ 10 cm 土层)土壤全氮的梯度特征非常明显, 从低海拔高程向高海拔高程呈现递增到递减的

变化过程. 0 ~ 10 cm 土层的土壤全氮变化值为 1.12 ~ 2.16 g · kg⁻¹, 10 ~ 20 cm 土层的土壤全氮变化值为 0.78 ~ 1.13 g · kg⁻¹ (见图 2). 0 ~ 10 cm 土层的土壤全氮最高值出现在高程 13 ~ 14 m, 10 ~ 20 cm 土层的土壤全氮含量变化不及 0 ~ 10 cm 土层变化显著, 但其土壤全氮的含量最高值仍然出现在 13 ~ 14 m. 0 ~ 10 cm 土层的土壤全氮含量明显高于 10 ~ 20 cm 土层的土壤全氮含量.

2.4.2 铵态氮梯度特征 鄱阳湖泗洲头的表层土壤铵态氮的梯度特征非常明显, 从低海拔高程向高海拔高程呈现递减到递增的变化过程. 0 ~ 10 cm 土层的土壤铵态氮变化值为 8.33 ~ 22.41 mg · kg⁻¹, 10 ~ 20 cm 土层的土壤铵态氮变化值为 6.80 ~ 25.65 mg · kg⁻¹ (见图 2). 0 ~ 10 cm 土层的土壤铵态氮最高值出现在高程 13 ~ 14 m, 10 ~ 20 cm 土层的土壤铵态氮含量变化与 10 ~ 20 cm 土层的土壤铵态氮含量变化呈现相似的规律, 其土壤铵态氮的含量最高值同样出现在高程 13 ~ 14 m; 0 ~ 10 cm 土层的土壤铵态氮含量略高于 10 ~ 20 cm 土层的土壤铵态氮含量.

2.4.3 硝态氮梯度特征 鄱阳湖泗洲头的表层 (特别是 0 ~ 10 cm 土层) 土壤硝态氮的梯度特征非常明显, 从低海拔高程向高海拔高程呈现递增至递减的变化过程. 0 ~ 10 cm 土层的土壤硝态氮变化值为 0.82 ~ 2.81 mg · kg⁻¹, 10 ~ 20 cm 土层的土壤硝态氮变化值为 0.84 ~ 1.70 mg · kg⁻¹ (见图 2). 0 ~ 10 cm 土层的土壤硝态氮最高值出现在高程 16 ~ 17 m, 10 ~ 20 cm 土层的土壤硝态氮含量变化与 10 ~ 20 cm 土层的土壤硝态氮含量变化呈现相似的规律, 其土壤硝态氮的含量最高值同样出现在高程 16 ~ 17 m; 0 ~ 10 cm 土层的土壤硝态氮含量高于 10 ~ 20 cm 土层的土壤硝态氮含量.

2.4.4 碱解氮梯度特征 鄱阳湖泗洲头的表层

(特别是 0 ~ 10 cm 土层) 土壤碱解氮的梯度特征非常明显, 从低海拔高程向高海拔高程呈现递增至递减的变化过程. 0 ~ 10 cm 土层的土壤碱解氮变化值为 84.53 ~ 165.38 mg · kg⁻¹, 10 ~ 20 cm 土层的土壤碱解氮变化值为 56.35 ~ 93.1 mg · kg⁻¹ (图 2). 0 ~ 10 cm 土层的土壤碱解氮最高值出现在高程 13 ~ 14 m, 10 ~ 20 cm 土层的土壤碱解氮含量变化与 10 ~ 20 cm 土层的土壤碱解氮含量变化呈现相似的规律, 其土壤碱解氮的含量最高值同样出现在高程 13 ~ 14 m; 0 ~ 10 cm 土层的土壤碱解氮含量高于 10 ~ 20 cm 土层的土壤碱解氮含量.

2.5 土壤氮素与环境要素的关系

根据调查试验分析结果, 利用 SPSS 双变量中的 pearson 相关性检验, 结果表明: 表层土壤 0 ~ 10 cm 土壤全氮、铵态氮、硝态氮和碱解氮与高程、土壤 pH 值和淹水时间在统计学意义上不存在显著相关性, 全氮和碱解氮与地上生物量在 0.01 水平上在统计学意义上存在显著正相关性. 铵态氮与土壤含水量在 0.05 水平上在统计学意义上存在显著正相关性 (见表 3). 表层土壤 10 ~ 20 cm 土层全氮、硝态氮和碱解氮与高程、土壤 pH 值、土壤含水量、地上生物量和年均淹水天数在统计学意义上都不存在显著相关性. 铵态氮与土壤含水量在 0.01 水平上在统计学意义上存在显著正相关性, 与年均淹水天数在 0.05 水平上在统计学意义上存在显著正相关性, 与高程在 0.05 水平上在统计学意义上存在显著负相关性 (见表 4).

相关性检验结果表明, 表层土壤氮素的空间异质性与现有环境因素 (高程、淹水时间、土壤 pH 值) 的关系不是十分明显, 与地上生物量存在一定的正相关性, 这反映了鄱阳湖泗洲头表层土壤氮素的空间分布与积累过程受干扰的因素比较复杂.

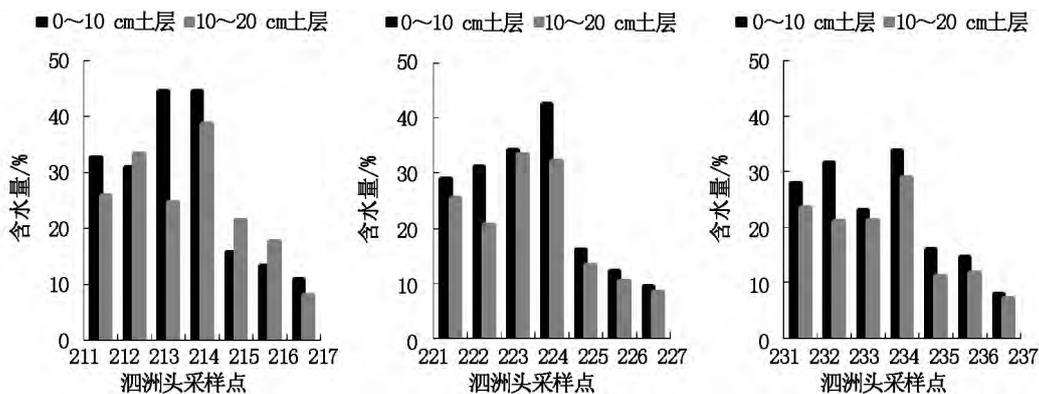


图 4 土壤含水量

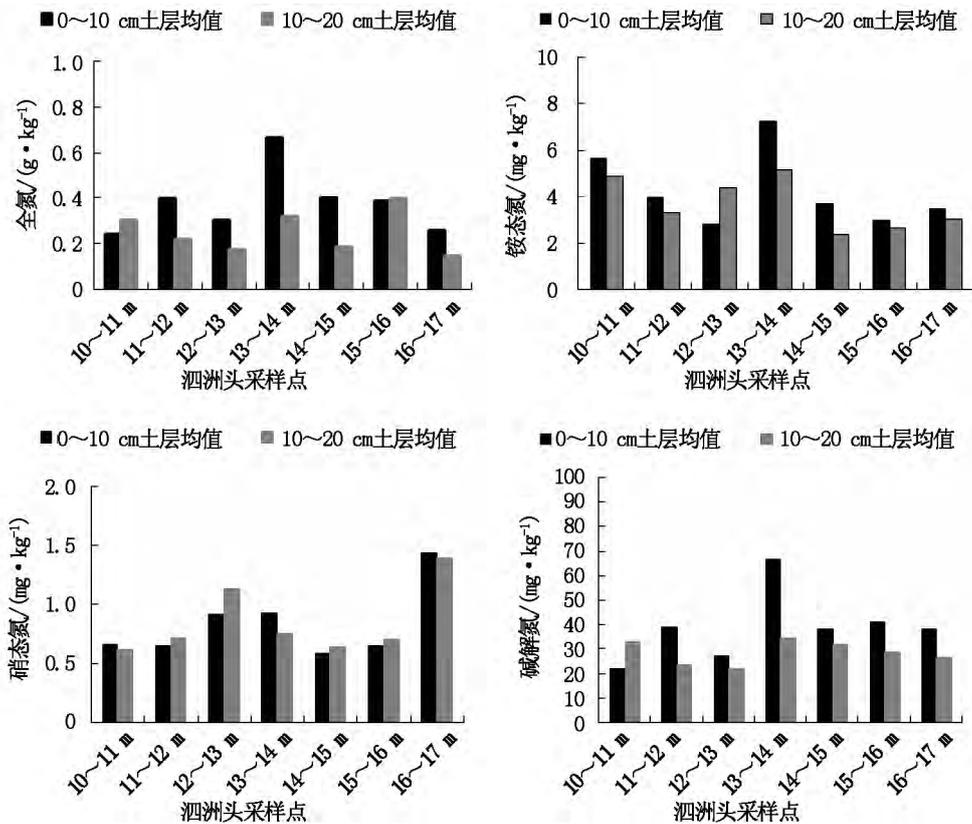


图5 鄱阳湖泗洲头土壤表层氮素分布特征

表2 0~10 cm 土层相关性检验结果

变量	硝态氮	铵态氮	碱解氮	高程	土壤 pH 值	土壤含水量	地上生物量	年均淹水天数
全氮	-0.245	0.428	0.814**	0.051	-0.326	0.353	0.644**	-0.038
硝态氮		-0.004	0.060	0.418	0.209	-0.164	-0.039	-0.426
铵态氮			0.470*	-0.311	-0.094	0.447*	0.287	0.308
碱解氮				0.319	-0.313	0.201	0.802**	-0.308
高程					-0.315	-0.709**	0.443*	-1.000**
土壤 pH 值						0.018	-0.659**	0.312
土壤含水量							0.087	0.717**
地上生物量								-0.431

注: ** 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关,* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关.

表3 10~20 cm 土层相关性检验结果

	硝态氮	铵态氮	碱解氮	高程	土壤 pH 值	土壤含水量	地上生物量	年均淹水天数
全氮	-0.321	0.330	0.528*	-0.035	0.220	0.107	0.016	0.033
硝态氮		-0.181	-0.325	0.323	-0.022	-0.119	0.044	-0.327
铵态氮			0.256	-0.548*	0.185	0.703**	-0.036	0.543*
碱解氮				0.006	-0.422	0.086	0.242	-0.009
高程					-0.315	-0.709**	0.443*	-1.000**
土壤 pH 值						0.018	-0.659**	0.312
土壤含水量							0.087	0.717**
地上生物量								-0.431

注: ** 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关,* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关.

3 讨论与结论

3.1 讨论

本文研究结果表明鄱阳湖湿地泗洲头表层土壤氮素的环境要素的影响比较复杂,根据相关性检验结果,地上生物量是影响土壤氮素的主要因素,而其他环境因素的影响明显要低得多。其他因素的影响没有直接表现出来,但是其作用的效果应该也是存在的。现有的研究结果也表明,影响土壤氮素的因素较多,物理、化学和生物作用过程在不同的界面中共同存在,包括不同形式的混合、淋滤、吸附和微生物作用等,所有这些都影响着 N 循环进行的方向和速度。现有研究成果表明,湿地土壤氮含量与水位梯度存在一定的相关性^[28]。谭波对三峡消落带的研究表明淹水时间同样对土壤氮素含量有影响,不过较长的地带并不是氮含量最高的地带,而淹水和落干时间相当更有利于氮的积累,但淹水时间过短也会导致土壤养分的积累减少^[29]。王维奇等研究则表明土壤 C/N、C/P 与 N/P 比,在近潮沟区域表现为随着淹水频率的增加而减小,远近潮沟同种植物类型的湿地土壤 C/N、C/P 与 N/P 比则表现为随着淹水频率的增加而增大^[30]。然而土壤氮量变化特征与水位梯度变化并不是完全同步,付珊等研究认为,不同水位梯度下,土壤碳氮比与有机碳储量变化不完全同步,表明土壤碳储量是由碳含量和容重共同决定的^[31]。王维奇等的研究也表明土壤 C/N、C/P 与 N/P 比对淹水频率响应模式的差异与湿地上覆植被密切相关。Sleutel 等研究认为,土壤容重会影响土壤氮的矿化过程,从而影响土壤的氮循环^[32]。

湿地土壤、植被和其他环境要素是一个复合生态系统,系统的物质循环与能量流动是相互作用、相互影响的结果。土壤含水量与高程存在明显的梯度变化特征,从正常情况来看,土壤含水量最大值应该出现在接近水体的低海拔区域,但是表层土壤的最大含水量主要集中在高程 13~14 m 区域,也是地上生物量最大值出现的区域,表明地上植物对土壤具有一定的保湿作用。

本文的研究结果揭示了鄱阳湖泗洲头表层土壤氮素的空间异质性与环境要素的关系。鄱阳湖湿地是一个季节性湖泊,年内和年际水位变化显著,同时鄱阳湖湿地洲滩多年处于交替淹水过程,低海拔高

程洲滩淹水时间过长,洲滩光照时间较短,不利于洲滩植物的正常生长,过低的生物氮沉淀,减少了土壤氮的积累^[33]。高海拔高程洲滩退水时间过长,地下水位较低,而洲滩植物根系较浅,造成洲滩植物水分不足,也不利于洲滩植物的正常生长,从而降低了生物氮沉淀,减少了土壤氮的积累^[34]。当然,洲滩土壤氮素的空间分布特征与流域氮的输入特征的相关性也是值得深入探讨的方向之一^[35]。

3.2 结论

鄱阳湖泗洲头的表层(特别是 0~10 cm 土层)土壤全氮、铵态氮、碱解氮的梯度特征非常明显,从低海拔高程向高海拔高程呈现递增到递减的变化过程,0~10 cm 土层的土壤全氮含量明显高于 10~20 cm 土层的土壤全氮含量。土壤全氮、铵态氮、碱解氮最高值出现在高程 13~14 m,土壤硝态氮最高值出现在高程 16~17 m。

SPSS 双变量中的 pearson 相关性检验结果表明,表层土壤 0~10 cm 土层,全氮、铵态氮、硝态氮和碱解氮与高程、土壤 pH 值和淹水时间不存在显著相关性,全氮和碱解氮与地上生物量在 0.01 水平上在统计学意义上存在显著正相关性。铵态氮与土壤含水量在 0.05 水平上在统计学意义上存在显著正相关性。表层土壤 10~20 cm 土层,全氮、硝态氮和碱解氮与高程、土壤 pH 值、土壤含水量、地上生物量和年均淹水天数在统计学意义上都不存在显著相关性。铵态氮与土壤含水量在 0.01 水平上在统计学意义上存在显著正相关性,与年均淹水天数在 0.05 水平上在统计学意义上存在显著正相关性,与高程在 0.05 水平上在统计学意义上存在显著负相关性。

相关性检验结果表明,表层土壤氮素的空间异质性与地上生物量的相关性最为明显,而与其他环境要素(高程、淹水时间、土壤含水量、土壤 pH 值)的关系不是十分明显,这反映了鄱阳湖泗洲头表层土壤氮量的空间分布与积累过程受干扰的因素比较复杂。

4 参考文献

- [1] Deegan L A, Johnson D S, Warren R S, et al. Coastal eutrophication as a driver of salt marsh loss [J]. *Nature*, 2012, 490(7420): 388-392.

- [2] Hankin S L ,Weilhoefer C L ,Kaldy J E ,et al. Sediment diatom species and community response to nitrogen addition in Oregon(USA) estuarine tidal wetlands [J]. *Wetland* , 2012 ,32(6) : 1023-1031.
- [3] Tilman D ,Fargione J ,Wolff B ,et al. Forecasting agriculturally driven global environmental change [J]. *Science* , 2001 ,292(5515) : 281-284.
- [4] Townsend A R ,Howarth R W ,Bazzaz F A ,et al. Human health effects of a changing global nitrogen cycle [J]. *Front Ecol Environ* 2003 ,1(5) : 240-246.
- [5] Canfield D E ,Glazer A N ,Falkowski P G. The evolution and future of Earth's nitrogen cycle [J]. *Science* ,2010 , 330(6001) : 192-196.
- [6] Martina J P ,von Ende C N. Increased spatial dominance in high nitrogen ,saturated soil due to clonal architecture plasticity of the invasive wetland plant *Phalaris arundinacea* [J]. *Plant Ecol* 2013 ,214(12) : 1443-1453.
- [7] 周念清 ,赵珊 ,沈新平. 天然湿地演替带氮循环研究进展 [J]. *科学通报* 2014 ,59: 1688-1699.
- [8] Fellman J B ,D'Amore D V. Nitrogen and phosphorus mineralization in three wetland types in southeast Alaska ,USA [J]. *Wetlands* 2007 ,27(1) : 44-53.
- [9] Nakagawa Y ,Nakamura T ,Yamada H ,et al. Changes in nitrogen and base cation concentrations in soil water due to the tree cutting in a wetland alder forest in the Kushiro Wetland ,northern Japan [J]. *Limnology* ,2012 ,13(1) : 27-36.
- [10] Martina J P ,von Ende C N. Increased spatial dominance in high nitrogen ,saturated soil due to clonal architecture plasticity of the invasive wetland plant ,*Phalaris arundinacea* [J]. *Plant Ecol* 2013 ,214: 1443-1453.
- [11] Matamala R ,Drake B G. The influence of atmospheric CO₂ enrichment on plant-soil nitrogen interactions in a wetland plant community on the Chesapeake Bay [J]. *Plant and Soil* ,1999 ,210(5) : 93-101.
- [12] Dick D A ,Gilliam F S. Spatial heterogeneity and dependence of soils and herbaceous plant communities in adjacent seasonal wetland and pasture sites [J]. *Wetlands* , 2007 ,27(4) : 951-963.
- [13] Marotta H ,Bento L ,Esteves F de A ,et al. Whole ecosystem evidence of eutrophication enhancement by wetland dredging in a shallow tropical lake [J]. *Estuaries and Coasts* 2009 ,32(4) : 654-660.
- [14] Xie Dongming ,Jin Guohua ,Zhou Yangming ,et al. Ecological function zoning for Poyang Lake wetland: a RAMSAR site in China [J]. *Water Policy* 2013 ,15: 922-935.
- [15] 葛刚 ,徐燕花 ,赵磊 ,等. 鄱阳湖典型湿地土壤有机质及氮素空间分布特征 [J]. *长江流域资源与环境* ,2010 , 19(6) : 619-622.
- [16] 聂发辉 ,李娟花 ,刘占孟. 鄱阳湖湿地土壤对氮氮的吸附性能研究 [J]. *华东交通大学学报* ,2015 ,32(2) : 136-142.
- [17] Wang Xiaolong ,Han Jinyi ,Xu Ligang ,et al. Soil characteristics in relation to vegetation communities in the wetlands of Poyang Lake ,China [J]. *Wetlands* 2014 ,34(4) : 829-839.
- [18] Xiang Sulin ,Nie Fahui ,Wu Daishe ,et al. Nitrogen distribution and diffusive fluxes in sediment interstitial water of Poyang Lake [J]. *Environ Earth Sci* ,2015 ,74(3) : 2609-2615.
- [19] Yang Zhiping ,Wang Linqing ,Liang Tao ,et al. Nitrogen distribution and ammonia release from the overlying water and sediments of Poyang Lake ,China [J]. *Environ Earth Sci* 2015 ,74(1) : 771-778.
- [20] 谢冬明 ,郑鹏 ,王丹寅 ,等. 鄱阳湖湿地水位变化的景观响应 [J]. *生态学报* 2011 ,3(5) : 1269-1276.
- [21] 鄱阳湖研究编委会. 鄱阳湖研究 [M]. 上海: 上海科学技术出版社 ,1988.
- [22] 刘兴中 ,叶居新. 江西湿地 [M]. 北京: 中国林业出版社 2000.
- [23] 江西省水文局. 江西水文 [M]. 武汉: 长江出版社 , 2007.
- [24] 王晓鸿 ,鄢帮有 ,吴国琛. 山江湖工程 [M]. 北京: 科学出版社 2006.
- [25] 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.
- [26] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述(中国生态系统研究网路观测与分析标准方法) [M]. 北京: 中国标准出版社 ,1996.
- [27] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海: 上海科技出版社 ,1978.
- [28] 白军红 ,邓伟 ,朱颜明 ,等. 水陆交错带土壤氮素空间分异规律研究: 以月亮泡水陆交错带为例 [J]. *环境科学学报* 2002 ,22(3) : 343-348.
- [29] 谭波. 三峡库区消落带湿地土壤碳氮的分布研究 [D]. 重庆: 西南大学 2011.
- [30] 王维奇 ,仝川 ,贾瑞霞 ,等. 不同淹水频率下湿地土壤碳氮磷生态化学计量学特征 [J]. *水土保持学报* ,2010 , 24(3) : 238-242.
- [31] 付姗 ,吴琴 ,尧波 ,等. 南矶湿地土壤碳、氮、磷化学计量比沿水位梯度的分布 [J]. *湿地科学* ,2015 ,13(3) : 374-380.

- [32] Sleutel S, Moeskops P, Huybrechts W, et al. Modeling soil moisture effects on net nitrogen mineralization in loamy wetland soils [J]. *Wetlands* 2008, 28(3): 724-734.
- [33] 张萌, 倪乐意, 徐军, 等. 鄱阳湖草滩湿地植物群落响应水位变化的周年动态特征分析 [J]. *环境科学研究*, 2013, 26(10): 1057-1063.
- [34] 胡振鹏, 葛刚, 刘成林, 等. 鄱阳湖湿地植物生态系统结构及湖水位对其影响研究 [J]. *长江流域资源与环境*, 2010, 19(6): 597-605.
- [35] Xie Dongming, Zhou Yangming, Jin Guohua, et al. The water quality and its pollution sources in Poyang Lake wetlands: A Ramsar site in China [J]. *Material Science and Environmental Engineering-Chen(Ed)* 2015: 649-654.

The Temporal-Spatial Characteristics for N in Surface Soil in Sizhoutou Marshland of Poyang Lake Wetlands

XIE Dongming¹, ZHOU Guohong¹, CHEN Yayun¹, ZHOU Yangming², JIA Junsong³, XIONG Xiaolong¹, YU Mingquan¹

(1. School of Tourism, Jiangxi Science & Technology Normal University, Nanchang Jiangxi 330038, China;

2. School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China;

3. School of Life, Jiangxi Science & Technology Normal University, Nanchang Jiangxi 330038, China)

Abstract: Wetland was a N source, N pool, N convertor in global N cycle, and it help probe the rhythm of N cycle of ecosystem as an important significant. The marshland of Poyang Lake was an example to analyze the soil nitrogen (including total nitrogen (TN), ammonium nitrogen (NH_4^+ -N), nitrate nitrogen (NO_3^- -N), alkali-hydrolyzable nitrogen (AHN)) in surface soil with a depth 0-20 cm to be sampled from the elevation 10 m to 17 m. The result explained spatial characteristic of soil nitrogen was similar in 0-10 cm and 10-20 cm. The average highest value of TN, NH_4^+ -N, AHN was in elevation 13-14 m, and The average highest value of NO_3^- -N was in elevation 16-17 m. The correlation of N, overground biomass, inundation period, PH, moisture content and elevation was analyzed according to Pearson correlation, the correlation between TN, NH_4^+ -N, NO_3^- -N, AHN and environmental condition was no significant, however, overground biomass is significant correlation with N. The correlation between N and environmental condition explained the complex of spatial distribution and circulation mechanism in N in Poyang Lake wetlands.

Key words: soil nitrogen; spatial characteristic; marshland; Poyang Lake wetlands

(责任编辑: 刘显亮)