

# 鄱阳湖南矶山湿地土壤养分的时空分布规律研究

胡 维, 葛 刚, 熊 勇, 吴 兰\*

(南昌大学生命科学与食品工程学院, 南昌 330031)

**摘 要:**通过研究鄱阳湖南矶山湿地土壤在不同季节、不同植被类型和不同土壤深度下总有机碳、总氮、总磷的含量变化, 分析了鄱阳湖南矶山湿地土壤养分的空间分布特征和季节变化规律。结果表明:南矶山湿地土壤总有机碳、总氮、总磷含量在不同的土壤深度、季节和植被类型中均表现出极显著差异。其中南矶山灰化苔草、南荻、狗牙根植被群落样地 0~15 cm 表层土壤总有机碳、总氮含量显著大于 30~45 cm 底层含量;灰化苔草、南荻群落土壤总有机碳和总氮含量的季节变化明显, 尤其是表层土壤在各个不同的季节差异显著, 但狗牙根植被群落土壤总有机碳和总氮含量季节变化不明显;3 种典型植被类型下土壤总磷含量季节变化明显, 呈现“N”的变化趋势。土壤总有机碳与总氮含量极显著正相关、与总磷含量显著相关, 表明鄱阳湖南矶山湿地土壤氮、磷主要以有机质的结合形态存在。

**关键词:**鄱阳湖;南矶山湿地;土壤养分;总有机碳;总氮;总磷

**中图分类号:**S158.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2012)09-1785-06

## Temporal and Spatial Patterns of Soil Nutrients in the Wetland of Nanjishan(Poyang Lake), China

HU Wei, GE Gang, XIONG Yong, WU Lan\*

(College of Life Science and Food Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

**Abstract:**To investigate the temporal and spatial distribution characteristics of soil nutrients in the Nanjishan wetland, soils from three typical zones, which covered *Carex cinerascens*, *Triarrhena lutarioriparia* and *Cynodon dactylon*, were collected in five seasons from June 2009 to January 2011 and in three depth(0~15 cm, 15~30 cm and 30~45 cm). The contents of total organic carbon(TOC), total nitrogen(TN) and total phosphorus(TP) were analyzed. Results showed that there were distinct differences in TOC, TN and TP contents among soil depths, sampling seasons and vegetation types of Nanjishan wetland. The TOC and TN contents of surface layer(0~15 cm) soil were remarkably greater than the underlying layer's(30~45 cm) in all sites. The TOC and TN contents of the soil in the sites of *Carex cinerascens*, *Triarrhena lutarioriparia*, not including *Cynodon dactylon*, had a close relationship with the variable of season. Especially the difference of TOC and TN content of surface soil in the different seasons was remarkable; the soil TP content from all sites remarkably changed with seasons, with a “N” trend. Additionally, TOC contents of soil had a significantly positive correlation with TN, and a correlation between TOC and TP contents was also detected, but there was no correlation between TN and TP.

**Keywords:**Poyang Lake; Nanjishan wetland; soil nutrients; TOC; TN; TP

湿地是陆地和水生生态系统之间的过渡带,是人类重要的自然资源,它在调节气候、净化水质、保护生物多样性和为人类提供生产、生活资源等方面发挥着

重要作用。湿地土壤养分的含量变化受到湿地生态系统水文过程、植被类型和土壤理化性质等多种因素的影响。土壤、植被、水文、气候等因素在不同时空尺度上相互作用,共同影响着湿地生态系统类型的特征和湿地植被群落的形成过程;湿地植被群落的变化也显著影响着湿地生态系统的各种生态过程;同样,湿地土壤的理化性状不仅能反映湿地土壤结构状况和蓄水能力,而且会影响湿地植被生长,同样关系到湿地环境的形成与植被演替<sup>[1]</sup>。

收稿日期:2011-12-01

基金项目:国家自然科学基金项目(30860062,31060082);江西省自然科学基金项目(2007GZN1927);国家大学生创新性实验项目(L-17)

作者简介:胡 维(1986—),男,安徽桐城人,在读硕士,主要从事鄱阳湖湿地微生物多样性研究。E-mail:huwei19861214@163.com

\* 通信作者:吴 兰 E-mail:wulan690902@yahoo.com.cn

鄱阳湖是我国最大的淡水湖泊,湖区湿地面积约 2700 km<sup>2</sup>,是我国湿地生态系统中生物资源最丰富的地区,也是我国公布的首批国家重点湿地保护地之一,1992 年被列入世界重要湿地名录,是具有国际性保护意义的淡水湿地<sup>[2]</sup>。目前,对鄱阳湖湿地的研究大多集中在植被方面,对于土壤的研究报道较少,仅见葛刚<sup>[3]</sup>在鄱阳湖湿地土壤氮元素与弓晓峰<sup>[4]</sup>在鄱阳湖湿地重金属的研究工作上,这使得开展鄱阳湖湿地土壤养分的研究十分必要。本文通过分析南矶山湿地的 3 种典型植被下土壤营养元素的垂直分布和季节变化,揭示了不同植被群落下湿地土壤营养物质的空间分布规律和季节变化特点。本研究旨在为进一步深入探讨鄱阳湖湿地元素地球生物循环过程和生态修复研究提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

鄱阳湖南矶山湿地(海拔 13~18 m)位于赣江北支、中支和南支汇入鄱阳湖开放水域冲积形成的赣江三角洲前缘,是赣江三大支流的河口与鄱阳湖水体之间的水陆过渡带。该地主要植被类型呈环带状分布(图 1)。灰化苔草群落(N28°53'59.3",E116°19'26.5")分布高程 14~15 m,年平均出露 153 d,主要植被为灰化苔草,分布于近湖心区沿水一带,纵深离水域 200 m 左右以内,分布范围较广,该地为棕色、粘质土壤,且土壤含水量高、孔隙极小、粘着性和可塑性都较强;南荻群落(N28°53'58.8",E116°19'24.2")分布高程 14.5~15.5 m,年平均出露 255 d,与灰化苔草相邻,主要植被为南荻,分布区域较小,纵深离灰化苔草 20 m 左右以内,土壤性质与苔草样地相似但含水量较低;

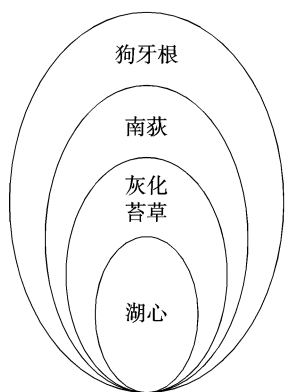


图 1 南矶山湿地环带状植被区结构示意图

Figure 1 Structure outline of circular-zonary vegetation areas in Nanjishan wetland

狗牙根群落(N28°53'51.9",E116°19'21.6")分布高程 18.5~19.5 m,年淹没天数不超过 30 d,主要植被为狗牙根,分布于远湖心区,纵深约 5 m 左右,该地为红色砂质土壤,土壤含水量低,孔隙较多、松散,粘着性和可塑性都较弱。

### 1.2 样品采集与分析

分别于 2009 年 6 月、10 月,2010 年 1 月、10 月以及 2011 年 1 月在南矶山的 3 个典型植被区内以每份多小区、多点混合的方法随机采集土壤样品,土壤剖面每隔 15 cm 为 1 层,分 3 层进行样品采集,共计采集样品 135 个。将采集的土壤分装于标记好的自封袋中带回实验室,样品自然风干后,除去石块、枝叶、根系等,研磨过 100 目筛,进行总有机碳(TOC)、总氮(TN)、总磷(TP)的测定。

TOC 采用 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 容量法-外加加热法测定<sup>[5]</sup>;TN 测定:浓硫酸-混合催化法消煮后凯氏定氮法测定<sup>[5]</sup>;TP 采用钒钼黄吸光度法<sup>[5]</sup>测定。所有数据分析借助 SPSS 16.0 for Windows 统计软件完成( $P<0.05$  下显著)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 湿地土壤有机碳含量的空间及季节变化特征

方差分析表明:鄱阳湖湿地土壤总有机碳含量在不同的植被类型、土壤深度、季节中均表现为极显著不同(表 1),且季节、土壤深度以及植被类型之间的相互作用也存在显著差异。

图 2 为鄱阳湖湿地土壤总有机碳的不同深度层次分布图。来自 3 种不同植被类型的土壤在不同季节的总有机碳含量均自上而下逐渐降低,且表层(0~15 cm)总有机碳含量明显高于其他两层( $P<0.001$ );15~30 cm 与 30~45 cm 层总有机碳含量无显著差异( $P>0.05$ )。这与辽河口湿地<sup>[6]</sup>、杭州湾湿地<sup>[7]</sup>等大多数湿地土壤总有机碳分布规律相似,这是由于土壤有机质主要来源于动植物的残体,湿地表层土壤内分布有大量植物根系,丰富的动植物残体被微生物分解后有有机质的形式进入表层土壤,并随着土壤剖面深度的增加,形成由上往下逐渐降低的梯度分布<sup>[8]</sup>。

南矶山 3 种植被群落下的湿地土壤总有机碳含量均存在明显的季节变化(图 2),表层总有机碳含量在不同季节的变化程度明显强于下层土壤,相比之下底层土壤的总有机碳含量季节动态更趋稳定,但不同类型湿地土壤总有机碳含量的季节变化状况不尽相同。图 2 显示:湿地土壤总有机碳在 2009 年 6 月含量较高,尤其是该季节的灰化苔草湿地土壤总有机碳各

层含量均显著高于其他季节;2010 年 1 月鄱阳湖湿地土壤总有机碳含量较低,该结果可能与鄱阳湖的年水位变化以及相应的湿地淹没时间长短及周期有关<sup>[9]</sup>。每年的 6 月是鄱阳湖湿地一年当中植被地上生物量最高的时候,也是鄱阳湖丰水期开始季节,由于水位上涨,灰化苔草和南荻湿地被水淹没,该地土壤含水量增加,经过一个枯水季节,上一年的植物凋落物和腐烂的植物根系经分解以有机质形式补充进入土壤,使土壤中的总有机碳含量较高。而到次年的 1 月,湿地完全裸露,好氧微生物活动逐渐增强,土壤中大量的有机质在微生物的作用下被分解为无机质以供植物的生长<sup>[9]</sup>,因此该季节土壤总有机碳含量较低。从图 2 还可以看出,狗牙根湿地土壤总有机碳含量季节变化与灰化苔草、南荻群落明显不同,可能的原因是狗牙根群落常年不被水淹,人为放牧活动频繁所致。图 2 结果进一步提示:年际间土壤总有机碳含量变化明显。

2.2 湿地土壤全氮含量的空间及季节变化特征

表 1 结果显示:鄱阳湖湿地土壤 TN 含量在季节、植被类型和土壤深度剖面上均存在极显著差异,

同时,季节、植被与土壤深度之间的相互作用也对其具有显著影响。

图 3 为典型植被群落样地(苔草,南荻,狗牙根)各季节不同深度层次土壤 TN 含量的分布情况。3 种典型植被群落样地土壤 TN 含量整体自上而下渐渐降低,其中表层土壤 TN 含量最高,明显高于其他剖面层( $P<0.001$ );15~30 cm 层与 30~45 cm 层 TN 含量无显著差异( $P>0.05$ ),这与土壤总有机碳的分布规律相似。从湿地土壤 TN 含量的季节变化(图 3)看,灰化苔草群落和南荻群落土壤 TN 含量从丰水期的夏季到枯水期的冬季逐渐降低,而狗牙根群落土壤 TN 含量无明显的季节差异,这可能与鄱阳湖的水文过程和植被发育过程有关。湖泊水位的变化使得鄱阳湖灰化苔草和南荻群落湿地在 2009 年 6 月被完全淹没,该地植物大量枯萎死亡使得氮素回归土壤,同时湖泊水体也可能带来大量的氮素;10 月湖泊退水、湿地逐渐露出水面,土壤通气性及矿化作用增强<sup>[10]</sup>,有机氮转变成无机氮,供此时大量植物生长的需求,同时反硝化作用也开始增强,导致土壤氮素含量开始减少;到次年的 1 月湿地完全裸露,有机质的分解程度加大使

表 1 鄱阳湖土壤总有机碳、总氮、总磷含量的方差分析  
Table 1 Analysis of variance about the soil TOC, TN and TP in Poyang Lake

|                | TOC                   | TN                   | TP                   |
|----------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 季节             | $F=18.8, P<0.000\ 1$  | $F=6.8, P<0.000\ 1$  | $F=72.2, P<0.000\ 1$ |
| 植被类型           | $F=115.3, P<0.000\ 1$ | $F=53.6, P<0.000\ 1$ | $F=23.2, P<0.000\ 1$ |
| 深度             | $F=56.2, P<0.000\ 1$  | $F=15.5, P<0.000\ 1$ | $F=16.6, P<0.000\ 1$ |
| 季节 * 植被类型      | $F=10.9, P<0.000\ 1$  | $F=5.2, P<0.000\ 1$  | $F=3.9, P=0.000\ 6$  |
| 季节 * 深度        | $F=2.8, P=0.008$      | $F=2.1, P=0.04$      | $F=1.8, P=0.09$      |
| 植被类型 * 深度      | $F=7.9, P<0.000\ 1$   | $F=3.3, P=0.02$      | $F=0.42, P=0.79$     |
| 季节 * 植被类型 * 深度 | $F=2.6, P=0.002$      | $F=1.2, P=0.29$      | $F=1.6, P=0.09$      |

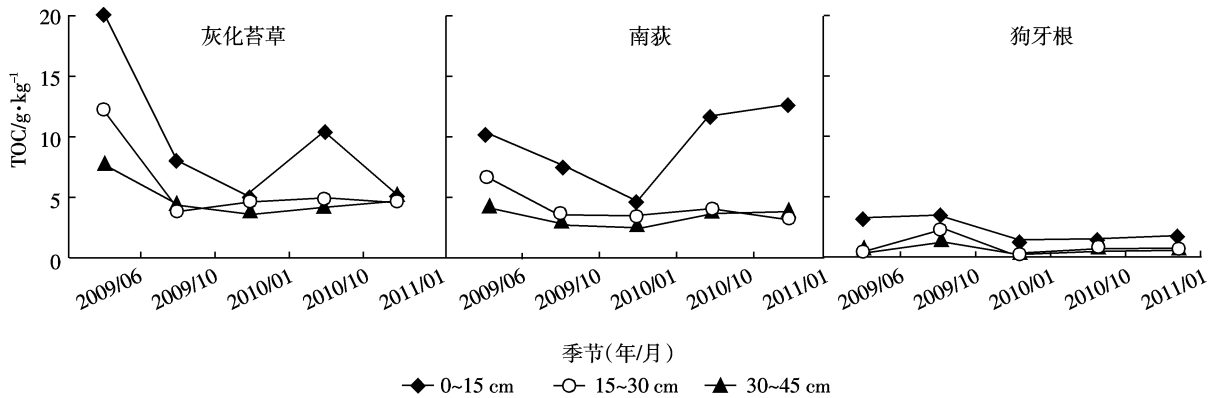


图 2 南矶山湿地土壤总有机碳分布  
Figure 2 The distribution of soil TOC contents in Nanjishan wetland

得总氮含量相对最低。结果进一步显示:南矶山不同植被类型土壤 TN 含量的季节变化状况不同,但各植被类型土壤的 TN 含量季节变化规律与该地土壤有机碳季节变化规律基本相似,且湿地土壤 TN 含量变化受干湿交替影响并与湖泊水位波动趋势一致。在此需要提及的是:由于 2010 年鄱阳湖水位创历史高位,2010 年 3 月、6 月土壤样品无法获取,因此难以准确地得到关于湿地土壤总氮含量季节与水位变化的相关规律。

### 2.3 湿地土壤 TP 含量的空间分布及季节变化特征

从表 1 的数据可以看出,鄱阳湖湿地土壤 TP 含量在季节、植被类型和土壤深度上均存在极显著差异,但季节、植被类型、土壤深度之间的相互作用差异不显著。

图 4 为南矶山灰化苔草、南荻、狗牙根植被样地不同深度层次土壤 TP 含量的分布情况。TP 含量总体呈现  $0\sim15\text{ cm} > 15\sim30\text{ cm} > 30\sim45\text{ cm}$ , 表层土壤 TP 含量显著高于其他剖面层土壤 ( $P < 0.001$ ),  $15\sim30\text{ cm}$  层

与  $30\sim45\text{ cm}$  层土壤 TP 含量无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 3 种典型植被类型土壤 TP 含量总体表现出相同的变化规律。湿地土壤磷的主要来源有成土母质、水体带入、动植物残体的归还等<sup>[1]</sup>, 磷的去除主要通过植物生长吸收来完成, 而更多的磷以稳定态沉积在湿地深层土壤中, 鄱阳湖湿地土壤 TP 含量的剖面分布特点可能与磷稳定的化学性质有关。从图 4 还可以看出, 南矶山不同植被类型的土壤 TP 含量的季节波动显著, 表现为灰化苔草、南荻以及狗牙根群落在 2009 年 6 月土壤各层 TP 含量最低, 2011 年 1 月含量最高, 呈现“N”的变化趋势。这可能是鄱阳湖特殊的水文环境和其他因子共同作用的结果, 一方面, 2009 年 6 月鄱阳湖被水淹没有利于湿地土壤磷的流失和淋失, 使得该地 TP 含量较低; 2011 年 1 月土壤微生物活跃, 大量有机物被分解, 湿地土壤磷含量增加。结果进一步提示: 鄱阳湖湿地土壤 TP 含量受水分条件影响较大。

### 2.4 湿地土壤养分之间相关性

对南矶山湿地土壤 TOC、TN 和 TP 含量进行相

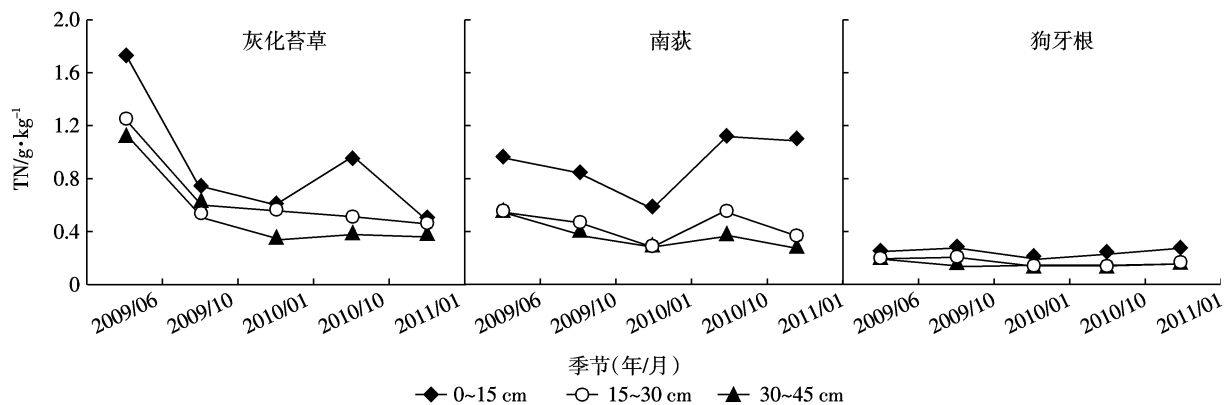


图 3 南矶山湿地土壤总氮分布

Figure 3 The distribution of soil TN contents in Nanjishan wetland

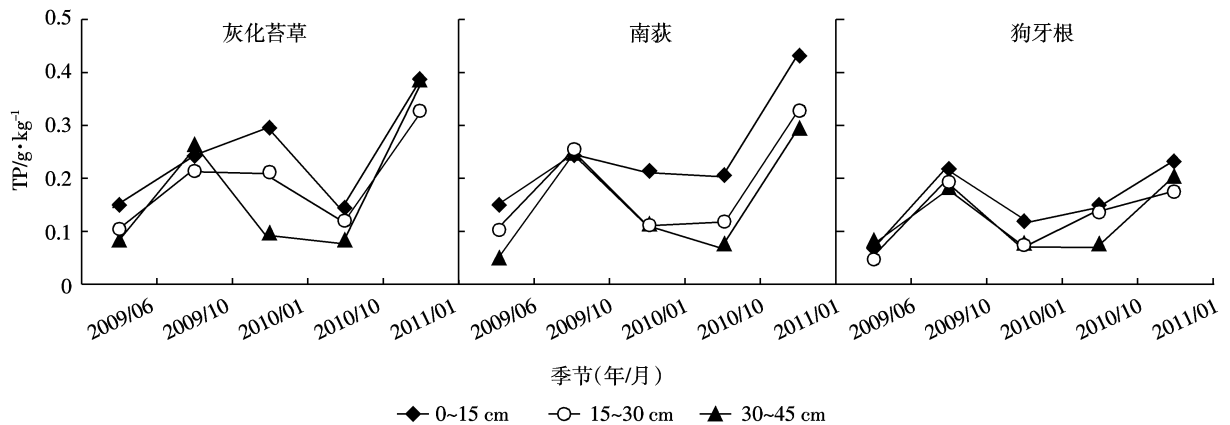


图 4 南矶山湿地土壤总磷分布

Figure 4 The distribution of soil TP contents in Nanjishan wetland

相关性分析(图5),结果表明:湿地土壤 TOC 和 TN 含量之间存在极显著正相关性( $n=135, P<0.01$ ),TOC 与 TP 含量之间也存在显著相关性 ( $n=135, P<0.05$ ),而 TN 与 TP 含量之间无相关性( $n=135, P>0.05$ ),这表明鄱阳湖南矶山湿地土壤氮、磷主要以有机质的结合形态存在。丁秋祎等<sup>[1]</sup>的研究也显示黄河三角洲湿地土壤氮、磷元素主要以有机氮、有机磷的形式存在于有机质中。进一步线性拟合(图5)结果显示,湿地土壤 TOC 和 TN 的线性拟合较好,标准化后的斜率为 1.043,二者几乎同步变化,显示鄱阳湖南矶山湿地土

壤全氮含量与有机质消长变化趋势一致。而 TOC 和 TP、TN 和 TP 之间的线性拟合程度较低(标准化后的斜率分别为 0.242 和 0.105),该结果与湿地总磷的空间分布和季节变化特点相吻合。

### 3 结论

(1)南矶山灰化苔草、南荻、狗牙根植被群落样地土壤总有机碳、总氮含量 0~15 cm 表层含量显著大于 30~45 cm 底层含量。

(2)灰化苔草、南荻群落土壤总有机碳和总氮含量的季节变化明显,尤其是表层土壤在各个不同的季节差异显著,但狗牙根植被群落土壤总有机碳和总氮含量季节变化不明显。

(3)3 种典型植被类型土壤总磷含量总体表现出相同的剖面变化规律,且不同植被类型下土壤总磷含量季节变化明显,呈现“N”的变化趋势。

(4)鄱阳湖湿地土壤总有机碳、总氮含量极显著正相关,总有机碳和总磷含量显著正相关,总氮与总磷含量则无相关性。结果显示,鄱阳湖南矶山湿地土壤氮、磷主要以有机质的结合形态存在,但该湿地土壤中磷的化学性质稳定。

### 参考文献:

- [1] 丁秋祎,白军红,高海峰,等. 黄河三角洲湿地不同植被群落下土壤养分含量特征[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(10):2092-2097.  
DING Qiu-wei, BAI Jun-hong, GAO Hai-feng, et al. Soil nutrient contents in Yellow River delta wetlands with different plant communities[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2009, 28(10):2092-2097.
- [2] 王晓龙,徐立刚,姚鑫,等. 鄱阳湖典型湿地植物群落土壤微生物量特征[J]. 生态学报, 2010, 30(18):5033-5042.  
WANG Xiao-long, XU Li-gang, YAO Xin, et al. Analysis on the soil microbial biomass in typical hygrophilous vegetation of Poyang Lake[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(18):5033-5042.
- [3] 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.  
GE Gang, XU Yan-hua, ZHAO Lei, et al. Spatial distribution characteristics of soil organic matter and nitrogen in the Poyang Lake wetland[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2010, 19(6):619-622.
- [4] 弓晓峰,黄志中,张静,等. 鄱阳湖湿地土壤中 Cu Zn Pb Cd 的形态研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(2):388-392.  
GONG Xiao-feng, HUANG Zhi-zhong, ZHANG Jing, et al. Speciation of Cu, Zn, Pb, Cd in the wetland of Poyang Lake[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25(2):388-392.
- [5] 陈伏生,胡小飞,葛刚. 城市地被植物麦冬叶片氮磷化学计量比和养分再吸收效率[J]. 草业学报, 2007, 16(4):47-54.  
CHEN Fu-sheng, HU Xiao-fei, GE Gang. Leaf N:P stoichiometry and

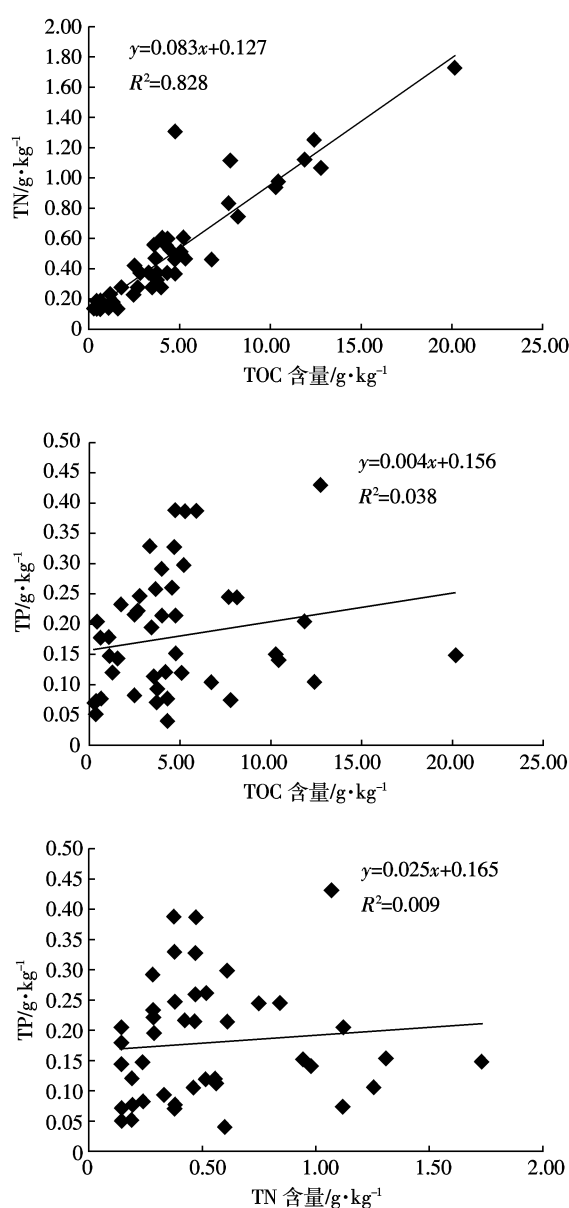


图5 南矶山湿地土壤 TOC、TN 和 TP 之间相关性

Figure 5 Correlation between soil TOC, TN and TP in Nanjishan wetland

- nutrient resorption efficiency of *Ophiopogon japonicus* in Nanchang City [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2007, 16(4):47-54.
- [6] 罗先香,张珊珊,敦 萌. 辽河口湿地碳、氮、磷空间分布及季节动态特征[J]. 中国海洋大学学报, 2010, 40(12):97-104.
- LUO Xian-xiang, ZHANG Shan-shan, DUN Meng. Spatial distribution and seasonal dynamics characteristics of carbon[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2010, 40(12):97-104.
- [7] 邵学新,杨文英,吴 明,等. 杭州湾滨海湿地土壤有机碳含量及其分布格局[J]. 应用生态学报, 2011, 22(3):658-664.
- SHAO Xue-xin, YANG Wen-ying, WU Ming, et al. Soil organic carbon content and its distribution pattern in Hangzhou Bay coastal wetlands[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(3):658-664.
- [8] Jobbagy E G, Jackson R B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation[J]. *Ecological Applications*, 2000, 10(2):423-436.
- [9] 岳保静,张军强,辛 一. 滨海湿地碳的生物地球化学循环过程[J]. 海洋地质前沿, 2011, 27(2):72-78.
- YUE Bao-jing, ZHANG Jun-qiang, XIN Yi. Carbon biogeochemical cycle in the wetland ecosystem[J]. *Marine Geology Frontiers*, 2011, 27(2):72-78.
- [10] Venterink H O, Davidsson T E, Kiehl K, et al. Impact of drying and re-wetting on N, P and K dynamics in a wetland soil[J]. *Plant and Soil*, 2002, 243:119-130.
- [11] 王红丽,李艳丽,张 文,等. 崇明东滩湿地土壤养分的分布特征及其环境效应[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(1):1-5.
- WANG Hong-li, LI Yan-li, ZHANG Wen, et al. Distribution characteristics and environmental effect of wetland soil nutrients in Chongming Dongtan[J]. *Environmental Science & Technology*, 2010, 33(1):1-5.

## 欢迎订阅 2013 年《农业环境与发展》

《农业环境与发展》创刊于 1984 年,农业部主管、农业部环境保护科研监测所与中国农业生态环境保护协会联合主办的国家级综合指导类科技期刊,为中国科技核心期刊。传播农业可持续发展新思想、新观点、新方略,倡导农业生产、农民生活、农村生态协调发展理念,多视角、多层次、多学科地反映食品安全与健康、资源开发与利用、环境污染与防治、农业清洁生产与农村循环经济等热点问题,直接面向农业、环保、食品、能源、卫生等领域的科研、教学、生产、管理、技术推广人员与大众读者。同时,《农业环境与发展》将在重要版面上宣传各地农业环境保护成就。欢迎大家踊跃投稿,欢迎刊登广告。

《农业环境与发展》为双月刊,大 16 开,96 页,逢双月 25 日出版,刊号 ISSN 1005-4944, CN 12-1233/S, 全国发行,各地邮电局(所)均可订阅,邮发代号 6-40,2013 年每册定价 12.00 元,全年 72.00 元。有漏订者可直接与编辑部联系订。本刊现有过刊合订本,需订购者请与本刊编辑部联系。

编辑部地址:天津市南开区复康路 31 号

邮政编码:300191

电话:022-23611149

传真:022-23674336

电子信箱:caed@vip.163.com

网址:www.aed.org.cn