

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

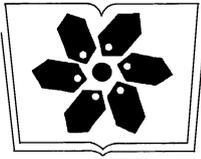
## Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 12 期 Vol.32 No.12 **2012**

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 12 期      2012 年 6 月 (半月刊)

## 目 次

河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例.....	孙永光,赵冬至,吴涛,等 (3645)
鄱阳湖南矶湿地优势植物群落及土壤有机质和营养元素分布特征.....	张全军,于秀波,钱建鑫,等 (3656)
青岛市湿地生态网络评价与构建.....	傅强,宋军,毛锋,等 (3670)
大堤型湖滨带生态系统健康状态驱动因子——以太湖为例.....	叶春,李春华,王秋光,等 (3681)
绿色屋顶径流氮磷浓度分布及赋存形态.....	王书敏,何强,张峻华,等 (3691)
坡度对农田土壤动物群落结构及多样性的影响.....	何先进,吴鹏飞,崔丽巍,等 (3701)
枣园桃蛀果蛾寄生蜂种类及其与寄主的关系.....	姚艳霞,赵文霞,常聚普,等 (3714)
基于逻辑斯蒂回归模型的鹭科水鸟栖息地适宜性评价.....	邹丽丽,陈晓翔,何莹,等 (3722)
温度、盐度和 pH 对马氏珠母贝稚贝清滤率的联合效应.....	朱晓闻,王辉,刘进,等 (3729)
鸡桑药共生模式库区土壤养分变化及流失风险.....	赵丽平,杨贵明,赵同科,等 (3737)
黑河中游典型土地利用方式下土壤粒径分布及与有机碳的关系.....	张俊华,李国栋,南忠仁 (3745)
DEM 栅格分辨率和子流域划分对杏子河流域水文模拟的影响.....	邱临静,郑粉莉, Yin Runsheng (3754)
粒度变化对城市热岛空间格局分析的影响.....	郭冠华,陈颖彪,魏建兵,等 (3764)
基于景观连接度的森林景观恢复研究——以巩义市为例.....	陈杰,梁国付,丁圣彦 (3773)
城市能源利用碳足迹分析——以厦门市为例.....	林剑艺,孟凡鑫,崔胜辉,等 (3782)
高寒牧区村域生态足迹——以甘南州合作市为例.....	王录仓,高静 (3795)
太湖湖滨带生态系统健康评价.....	李春华,叶春,赵晓峰,等 (3806)
秦岭大熊猫栖息地巴山木竹生物量.....	党坤良,陈俊娴,孙飞翔,等 (3816)
盐胁迫对盐生植物黄花补血草种子萌发和幼苗生长的影响.....	尤佳,王文瑞,卢金,等 (3825)
海南霸王岭山地原始林与伐后林中木质藤本对支持木的选择.....	刘晋仙,陶建平,何泽,等 (3834)
闽楠幼树光合特性及生物量分配对光环境的响应.....	王振兴,朱锦懋,王健,等 (3841)
基于形态及分子标记的濒危植物夏蜡梅自然居群的遗传变异研究.....	金则新,顾婧婧,李钧敏 (3849)
不同径级油松径向生长对气候的响应.....	姜庆彪,赵秀海,高露双,等 (3859)
珍稀濒危植物长蕊木兰种群的年龄结构与空间分布.....	袁春明,孟广涛,方向京,等 (3866)
巨桉与 5 种木本植物幼树的耗水特性及水分利用效率的比较.....	胡红玲,张健,万雪琴,等 (3873)
银木凋落叶腐解过程对小白菜生长和抗性生理的影响.....	黄激激,胡庭兴,张念念,等 (3883)
基于氡示踪剂和热扩散技术的栓皮栎水分运输速率与效率研究.....	孙守家,孟平,张劲松,等 (3892)
石漠化干旱环境中石生藓类水分吸收特征及其结构适应性.....	张显强,曾建军,湛金吾,等 (3902)
含铜有机肥对土壤酶活性和微生物群落代谢的影响.....	陈琳,谷洁,高华,等 (3912)
钝叶桉不同性别花的花部形态与传粉特征比较.....	王茜,邓洪平,丁博,等 (3921)
我国春玉米潜在种植分布区的气候适宜性.....	何奇瑾,周广胜 (3931)
烯效唑干拌种对小麦氮素积累和运转及籽粒蛋白质品质的影响.....	樊高琼,杨恩年,郑亭,等 (3940)

### 专论与综述

中国产业共生发展模式的国际比较及对策..... 石磊,刘果果,郭思平 (3950)

### 研究简报

吉林省镇赉县近 10 年景观格局变化..... 张国坤,卢京花,宋开山,等 (3958)

杨树人工林生态系统通量贡献区分析..... 金莹,张志强,方显瑞,等 (3966)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 330 \* zh \* P \* ¥ 70.00 \* 1510 \* 35 \* 2012-06



**封面图说:** 鸳鸯——在分类上属雁形目,鸭科。英文名为 Mandarin Duck(即“中国官鸭”)。鸳指雄鸟,鸯指雌鸟,故鸳鸯属合成词。常常栖息于山地河谷、溪流、湖泊、水田等处,雌雄偶居,以植物性食物为主,也食昆虫等小动物。繁殖期 4—9 月间,雌雄配对后迁至营巢区。巢往往置于树洞中,用干草和绒羽铺垫,每窝产卵 7—12 枚。江西省婺源鸳鸯湖是亚洲最大的野生鸳鸯越冬栖息地。鸳鸯是一种美丽的禽鸟,中国传统文化又赋予它很多美好的寓意,因此,在许多文学艺术作品中经常用以表达爱情。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201111201768

张全军, 于秀波, 钱建鑫, 熊挺. 鄱阳湖南矶湿地优势植物群落及土壤有机质和营养元素分布特征. 生态学报, 2012, 32(12): 3656-3669.

Zhang Q J, Yu X B, Qian J X, Xiong T. Distribution characteristics of plant communities and soil organic matter and main nutrients in the Poyang Lake Nanji Wetland. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(12): 3656-3669.

## 鄱阳湖南矶湿地优势植物群落及 土壤有机质和营养元素分布特征

张全军<sup>1,3</sup>, 于秀波<sup>1,\*</sup>, 钱建鑫<sup>2</sup>, 熊挺<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 生态系统网络观测与模拟重点实验室, 北京 100101;

2. 江西鄱阳湖南矶湿地国家级自然保护区管理局, 南昌 330038; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 湿地植物和土壤是承担湿地诸多生态功能的主要基质和载体, 相互之间有着强烈的影响。湿地土壤影响植物的种类、数量、生长发育、形态和分布, 湿地植物又影响土壤中元素的分布与变化。鄱阳湖湿地的植物和土壤的特征及由他们带来的候鸟栖息地价值都受到他们之间的相互作用以及湖泊水位不同频率和幅度波动的影响。研究鄱阳湖湿地植物和土壤的特征及其形成原因和相互关系。为此, 从 2010 年 10 月到 2011 年 10 月, 对鄱阳湖湿地不同水位梯度下分布的芦苇、南荻、苔草、藨草和刚毛茛菪 5 个优势植物群落中 57 个定点样方展开了月度植被调查并且对 5 个不同植物群落下的 135 个土壤样品进行了实验室分析, 研究了鄱阳湖优势植物群落及湿地土壤中有机质、全氮、全磷、全钾含量的分布特征及其相互关系。研究表明, 鄱阳湖湿地优势植物群落分布特征受湿地土壤元素分布特征、湖面水位波动及植物生长特性和土壤沉积及土壤养分的综合影响, 呈现了沿水位和海拔梯度明显的条带状或弧状分布、从湖岸到湖心依次分布为: 狗牙根群落、芦苇群落、南荻群落、苔草群落、藨草群落、刚毛茛菪群落, 最后是水生植物。同时植物群落的组成和分布特征也随季节性水位涨落的变化而变化; 土壤有机质及其他各元素含量特征受植物群落分布、水位波动规律及湿地土壤特性等各种因素的影响, 呈现出相对一致的分布规律, 在 0—20cm 土壤层含量较高, 20cm 层后随土壤深度的增加含量逐渐减小, 减小的速度先快后慢直至 40cm 层后趋于稳定; 不同植物群落对土壤有机质、全氮、全磷、全钾的含量及变化具有很大的影响, 不同植物群落下同种元素含量差异显著, 并且各自随土壤深度和植物群落的变化呈现出层状、带状或弧状富集特征。不同植物群落对土壤养分元素含量影响程度不同, 苔草群落对各元素吸收和滞留能力最强、影响最大, 刚毛茛菪群落对土壤营养元素影响最弱。湿地植物群落和土壤之间彼此有着强烈的影响, 其中植株的重量和土壤的 SOC、TN 及 TP 含量有非常显著的负相关关系, 与土壤 TK 含量则有较强的正相关关系, 同时, 植株的重量和高度与土壤地下水埋深也有微弱的负相关关系。

**关键词:** 鄱阳湖; 植物群落; 湿地土壤; 有机碳; 全氮; 全磷; 全钾; 空间分布

### Distribution characteristics of plant communities and soil organic matter and main nutrients in the Poyang Lake Nanji Wetland

ZHANG Quanjun<sup>1,3</sup>, YU Xiubo<sup>1,\*</sup>, QIAN Jianxin<sup>2</sup>, XIONG Ting<sup>2</sup>

1 Key Lab of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 Nanji Wetland National Nature Reserve Agency, Nanchang 330038, China

3 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract:** Wetland plants and soils are essential for ecological functions of wetlands and have strong interactions, e. g. wetland soils affect the distribution and abundance of plants species, especially the quantity, growth, development and

**基金项目:** 国家重点基础研究发展计划(973 计划项目)(2009CB421106); 国家自然科学基金项目(41171030)

**收稿日期:** 2011-11-20; **修订日期:** 2012-04-06

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yuxb@igsnr.ac.cn

morphology, as well as the distribution of plant communities. On the other hand, wetland vegetation also affects the distribution, dynamics and variation of chemical elements within the soil. The diversity of wetland plant communities and wetland soil in the Poyang Lake wetland and the resultant habitat for migratory birds are dependent on plant-soil interactions and Lake water-level fluctuations of varying frequency and amplitude. Much qualitative research had described the response of vegetation to alternating high and low lake levels in Poyang lake wetland, but few quantitative studies have documented the changes that occur. In response to recent concerns over the relationship among the lake water level, wetland vegetation and the habitat for migratory birds, we collected a quantitative data set from Poyang lake wetland and do some analyzes. Aimed to (1) study the characteristics of plant communities and (2) study the characteristics of wetland soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus and total potassium, and (3) infer some hypotheses about the relationships between all of these variables in Poyang Lake wetland, we did monthly continued vegetation survey from October 2010 to October 2011 in 57 fixed quadrats in the *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steub.), *Triarrhena lutarioriparia* L. Liu, *C. cinerascens* Kükenth., *Phalaris arundinacea* Linn and *E. valleculosa* Ohwi communities along different water level gradients, and did laboratory analysis of 135 soil samples under the 5 dominant plant communities in Poyang Lake wetland. The results showed that, the distribution of plant communities present cluster distribution in population, present banded or arc-shaped distribution along the water level and elevation gradient in communities, and some species present mosaic distributions; plant community composition and characteristics also changed with the seasons and hydrological fluctuations. These characteristics may be due to the combined effects of the distribution of soil elements, Lake Water Level Fluctuations and the plant growth characteristics. There were relatively similar distribution patterns of organic matter and total nitrogen, the concentrations of soil organic matter and total nitrogen in the 0—20cm layer were significantly higher than those in the 30—90cm layers, and the content of nutrients in the soil decreased slowly with the soil depth and kept stable below 30 cm. Obviously, there are strong correlations between plant communities and soil characteristics, e. g. the content and change of soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus and total potassium, for there are large significant differences with the chemical elements content and diversification between different plant communities. There was a significant negative correlation between Plant weight and soil SOC, TN and TP content, however, a strong positive correlation with TK content. Meanwhile, the plant's weight and height have a weak negative correlation with depth of groundwater. This study provided quantitative evidence that lake-level fluctuations drive vegetative change and soils' changes in Poyang Lake wetlands and it may assist in making decisions regarding Poyang lake management for government.

**Key Words:** Poyang Lake; wetland plant communities; organic carbon; total nitrogen; total phosphorus; total potassium; distributions

湿地是具有独特水文、土壤、植被与生物特征的生态系统,是多种运动形态物质体系的交汇场所,承担着碳、氮、磷的源、汇或转化器等多项重要生态功能<sup>[1-2]</sup>。承载这些生态功能的主要基质和载体是湿地植物和土壤,它们之间进行着频繁的物质和能量交换,彼此有着强烈的影响<sup>[3-4]</sup>。湿地土壤为植物的生存繁殖提供必需的物质环境基础,影响植物的种类、数量、生长发育、形态和分布,不同类型湿地植物对土壤营养元素的选择性吸收和归还又会影响土壤中元素的分布与变化<sup>[5-6]</sup>。已有研究表明,湿地土壤养分的分布和变化受湿地生态系统的植物群落类型、土壤理化性质、水文过程等多种因素的影响<sup>[7-8]</sup>。不同的水文条件过程会影响湿地土壤中营养元素迁移转化过程和湿地植物群落的生长、分布和演替,会使湿地土壤有机质及营养元素呈现层状或带状富集特征,地表的湿地植物群落也会相应的呈现带状、弧状或环带状的分布特征<sup>[9]</sup>。

湿地土壤有机质是湿地植物的最主要营养源,其含量直接影响着湿地生态系统的生产能力<sup>[10]</sup>,同时它也是气候变化的敏感指示物,能够指示湿地对气候变化的响应<sup>[11]</sup>。湿地土壤氮、磷、钾是天然湿地土壤中主要的限制性养分,也是植物生长发育所必需的大量元素,其含量直接影响植物的生长状况,从而影响生态系统的

稳定性和物质循环的平衡<sup>[12-13]</sup>。此外氮、磷等是引发湖泊湿地富营养化的重要因素,也是湿地营养水平的重要指示物<sup>[14]</sup>。因此,研究湿地植物群落及土壤有机质和营养元素分布特征具有重要的理论价值和实际意义。

鄱阳湖是过水性、吞吐型的浅水湖泊,受长江顶托和五河(赣江、抚河、信江、饶河和修水五大水系)来水的影响,呈现丰水期(5—9月)和枯水期(12—2月)周期性交替的独特水文节律,年内周期性干湿交替的洲滩面积约占全湖正常水位面积的82%左右<sup>[15]</sup>。每年9—10月湖水水位逐渐下降,广阔洲滩依次露出水面,丰富的湿地植物和茂密的草丛开始生长,其多样性极其丰富。受湖泊水位变化、洲滩高程及其出露时间的影响,各种不同的湿地植物群落沿水位梯度呈环状、弧状或斑块状分布<sup>[16-17]</sup>。近年来鄱阳湖区水文出现异常,冬季枯水期时间提前,持续时间延长,水位连续下降<sup>[18]</sup>,湿地植物群落变化特征也可能会受到这些影响。目前针对像鄱阳湖这种季节性干湿交替、类型结构复杂、植物多样性丰富的湿地已有较多的研究报道<sup>[2,9,15-19]</sup>,但是对于鄱阳湖南矶湿地植物群落与土壤之间相互作用的研究尚少。本文研究了鄱阳湖南矶湿地不同水位梯度下优势植物群落及土壤有机质和营养元素分布变化特征,探讨了他们之间的相互关系,以为鄱阳湖湿地生态系统的管理、保护及可持续开发与利用提供一定的数据支撑。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区域概况

本文研究区域选在江西南矶山自然保护区内。保护区及采样区在鄱阳湖中的位置见图1。该保护区位于鄱阳湖主湖区南部,总面积为33300hm<sup>2</sup>,地处赣江北支、中支和南支汇入鄱阳湖开放水域冲积形成的三角洲前缘,地理范围在北纬28°52′21″—29°06′46″和东经116°10′24″—116°23′50″之间,海拔在12—16m(吴淞)之间<sup>[20]</sup>。受鄱阳湖季节性周期性水文变化的影响,整个保护区在丰水季节(4—9月)除总面积不足4km<sup>2</sup>的南山岛和矶山岛以外,其他湖泊和草洲全被洪水淹没。进入10月份,湖水逐渐消退归入河道和一些碟形洼地,保护区内不同高程洲滩相继出露,整个三角洲地区成为河、湖、洲交错状态。这种特殊的状态使得保护区内出现了大量土壤肥沃、水热条件充裕的洲滩和浅滩,发育了丰富的湿生植物和水生植物,其区系成分十分复杂、多样性极其丰富,为多种珍禽和水鸟提供了良好的栖息地和食物来源,成为亚洲最重要的珍禽越冬场所。本区域内湿地植物群落沿河道,湖滩、碟形洼地和三角洲前缘沿水分和高程梯度呈现出明显环带状或弧状分布。本研究的调查样方即分布在几个碟形湖泊的洲滩之上。

### 1.2 植物群落调查

植物群落数据使用固定样方定期调查法获得。植物群落调查时间为2010年10月—2011年10月,调查频率为每月1次。调查样方分布在碟形湖泊凤尾湖、白沙湖和三泥湾3个湖盆内。由湖岸到湖心选取3条3m宽的样带,样带与湖岸基本垂直,样带之间至少相距100m。同时再根据湖岸到湖心的距离和样带上植物群落分布状况在每条样带上布设5到8个1m×1m的固定样方,一共布设57个样方,其中凤尾湖24个、白沙湖18个和三泥湾15个,3个子湖在鄱阳湖中的大概位置见图1中的采样区位置。每次调查的内容包括,植物群落的高度、样方内的积水深度或地下水深度、样方出露时间、样方内植物的种类和数量、各种植物的生育期(如发芽、成熟、开花、结果和枯死等状态)及高度。图2为三泥湾样方布设示意图。

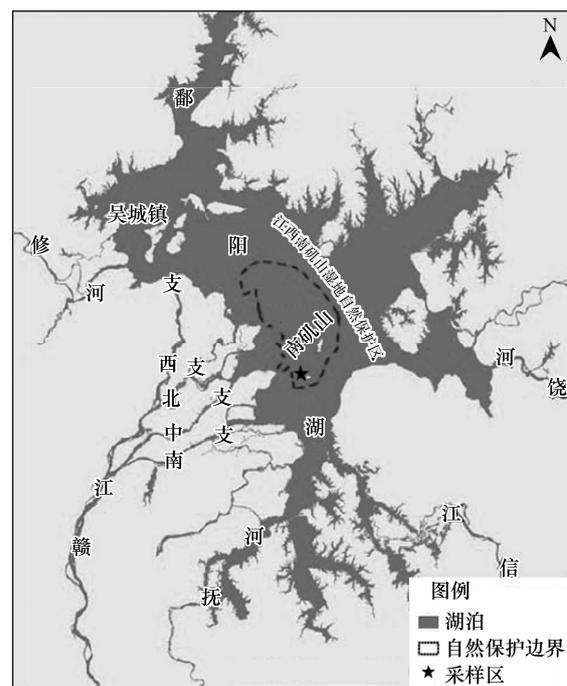


图1 样区子湖在鄱阳湖湿地中的位置

Fig. 1 The Position of Sampling Area in Poyang Lake Wetland

### 1.3 土壤样品采集与分析

土壤样品取样时间为 2011 年 5 月 30—31 日。在全面考察江西南矶湿地的基础上,于 2011 年 5 月末在研究区域内沿水位和高程梯度在蝶形湖泊(凤尾湖和白沙湖)洲滩上选取 5 个优势植物群落带,由湖岸到湖心依次为:芦苇群落(Ass. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steub.)带、南荻群落(Ass. *Triarrhena lutarioriparia* L. Liu)带、灰化苔草群落(Ass. *C. cinerascens* Kükenth.)带、藨草群落(Ass. *Phalaris arundinacea* Linn)带和刚毛荸荠群落(Ass. *E. vallecucosa* Ohwi)带。在每个植物群落带中选取 3 个取样点,共计 15 个,取样点基本信息见表 1。同群落带内 3 个重复取样点间隔均大于 20m。调查记录每个取样点方圆 1m 内植物优势种和伴生种后,再用土钻在取样点以 10 cm 为间隔分层取土,取样深度为 90cm,取 9 层土壤,共采集 135 个土壤样品,分别装入有编号的样品袋中。带回实验室后将鲜土样弄碎摊成薄层(厚约 2cm)平铺于干净的纸上,再盖上一层用蒸馏水清洗过的纱布,放在室内阴凉通风处自行干燥。土样风干后,手工挑选去除砾、虫体以及草根、枝叶等植物碎屑后用球磨仪器将样品碾成粒径为 0.06 $\mu$ m 的粉末,然后分别密封于有编号的聚乙烯样品袋中保存待测。

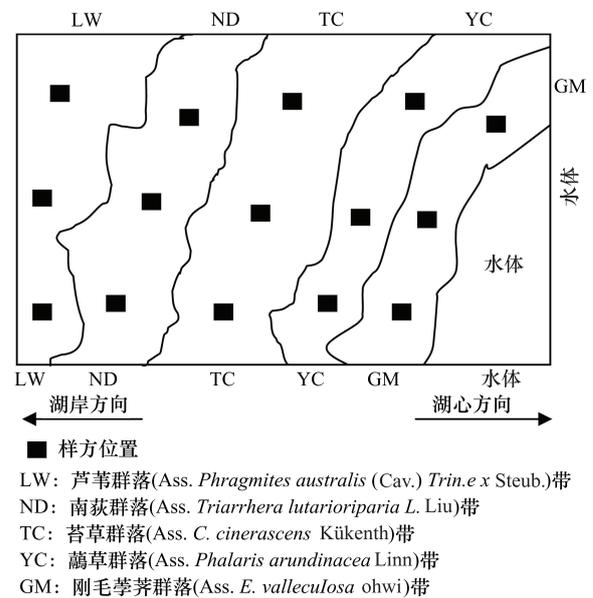


图 2 鄱阳湖南矶湿地植物调查样方分布示意图

Fig. 2 Distribution map of plant survey quadrats in Poyang Lake Nanji Wetland

表 1 土壤取样点基本信息<sup>[19]</sup>

Table 1 General information of soil sampling sites

群落名称 Community Name	取样点分布范围 Sampling sites Range	样方内优势种 Dominant species	伴生种 Companion species	年均出露天数/d Days of out of the water
芦苇群落 Ass. <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steub.	N 28°53'52.7"—53.0" S 116°19'31.9"—32.3"	芦苇( <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steub.)	苔草( <i>Carex.</i> )、菱蒿 ( <i>A. selengensis</i> )、艾蒿 ( <i>A. argyi</i> Levl. et Van)等	305
南荻群落 Ass. <i>Triarrhena</i> <i>lutarioriparia</i> L. Liu	N 28°53'53.7"—53.8" S 116°19'32.0"—32.5"	南荻( <i>Triarrhena</i> <i>lutarioriparia</i> L. Liu)	苔草( <i>Carex.</i> )、下江委陵 菜( <i>P. imprichtii</i> J. <i>Krause</i> )、丛枝蓼( <i>P.</i> <i>posumbu</i> Buch. - Ham. ex <i>D. Don</i> )等	255
苔草群落 Ass. <i>C. cinerascens</i> <i>Kükenth</i>	N 28°53'57.9"—58.3" S 116°19'30.8"—31.7"	灰化苔草( <i>Carex.</i> <i>cinerascens</i> Kükenth.)	水蓼( <i>P. hydropiper</i> L)、 下江委陵菜( <i>P. imprichtii</i> <i>J. Krause</i> )等	153
藨草群落 Ass. <i>Phalaris</i> <i>arundinacea</i> Linn	N 28°53'07.9"—08.6" S 116°19'19.2"—20.9"	藨草( <i>Phalaris</i> <i>arundinacea</i> Linn)	水田碎米茅( <i>C. lyrata</i> <i>Bunge</i> )、灰化苔草( <i>C.</i> <i>cinerascens</i> Kükenth.)等	138
刚毛荸荠群落 Ass. <i>E. vallecucosa</i> <i>Ohwi</i>	N 28°53'0.1"—0.9" S 116°19'30.0"—31.0"	刚毛荸荠( <i>Eleocharis.</i> <i>vallecucosa</i> Ohwi)	水田碎米茅( <i>C. lyrata</i> <i>Bunge</i> )、眼子菜( <i>P.</i> <i>distinctus</i> A. Benn.)等	89

土壤有机质含量使用重铬酸钾-外加热容量法测定;土壤全氮(TN)使用元素分析仪(Vario Max CN Analyzer, Elementar Analysensysteme GmbH, Germany)测定;土壤全磷(TP)和全钾(TK)使用电感耦合等离子体发射光谱仪(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES), Optima 5300DV, Perkin-

Elmer, America)测定。元素测定工作分别在中国科学院地理科学与资源研究所理化分析中心和中国科学院生态网络观测与模拟重点实验室理化分析室完成。数据使用 Excel2007 统计,origin7.5 制图,SPSS17.0 软件方差分析(ANOVA)模块在  $\alpha=0.05$  的水平上进行差异显著性和相关显著性检验。

#### 1.4 地下水位埋深监测

地下水位测量时间为2011年10月和11月,除下雨天以外每天测量1次。测量方法为:取内径为3.5cm的PVC管250cm,绕管壁等距打4个内径约为3.5mm的小孔,两个相邻小孔夹角度约90°,管壁上每隔10cm打孔一圈,再堵死PVC管一端。管壁打小孔是保证地下水与管内水面的连通性,堵死下端是防止埋入地下时淤泥涌进管内造成堵塞。然后视地下水的情况将PVC管埋入地下120—200cm,堵死的一段向下,用铅垂线保证管壁与水平面垂直,PVC管的出露端用开口向下的弯头盖住,防止雨水或固体杂物等掉入管内。待PVC管内水位稳后,用皮尺测量PVC管中水面与地表间的距离<sup>[21]</sup>。每个优势植物群落中个埋设3条PVC管,一共在五个群落中埋设15条,同群落中数据每次取3条PVC管测量的平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 鄱阳湖南矶湿地植物群落分布特征

通过在3个蝶形湖泊57个定点样方内一年时间的观测调查表明,总体上,鄱阳湖南矶湿地植物群落不同种群沿高程和水位梯度呈条带状或弧状分布,相同种群则呈现聚集分布特征,也有部分植物出现镶嵌分布特征;同时,植物群落组成特征也随季节的变化而变化。

洲滩植物群落空间分布表现为:湖岸区域淹水时间最短的地带多分布狗牙根群落(Ass. *Cynodon*),伴以牛鞭草(*Hemarthria altissima* (Poir.) Stapf et C. E. Hubb.)、天胡荽(*Hydrocotyle sibthorpioides* Lam)、鼠曲草(*Gnaphalium affine* D. Don)、野胡萝卜(*Daucus carota* L.)等;海拔较高的台状突起地或圩堤水淹时间较短,多分布为芦苇群落和南荻群落,伴以萎蒿(*Artemisia selengensis* Turcz. ex Bess.)、红足蒿(*Artemisia rubripes* Nakai)、丛枝蓼(*Polygonum posumbu* Buch. - Ham. ex D. Don)和苔草(*Carex tristachya*)等。中等海拔滩地淹水时间稍长,淹没与出露交替频率较高,土壤肥沃、光热充裕,湿生草本植物繁茂,其上多以苔草群落为主,伴以水蓼(*P. hydropiper* L)、下江萎陵菜(*P. imprichtii* J. Krause)、水田碎米荠(*C. lyrata* Bunge)等;海拔稍低的湖滩露出水面时间更短,多为泥滩和沼泽,偶尔分布有较少的苔草群落、藨草群落和刚毛荸荠群落。淹水区域多分布沉水植物或浮叶浮根植物及挺水植物,多为眼子菜(*P. distinctus* A. Benn.)、苦草(*V. natans* (Lour.) Hara)、黑藻(*Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle)、茨藻(*N. marina* L.)、水蓼、菱(*Trapa bispinosa* Roxb.)、莲(*Nelumbo nucifera* Gaertn.)、菰(*Zizania latifolia* (Griseb.) Turcz. ex Stapf)等。图3为枯水期植物群落随水分和高程梯度的空间分布变化示意图。

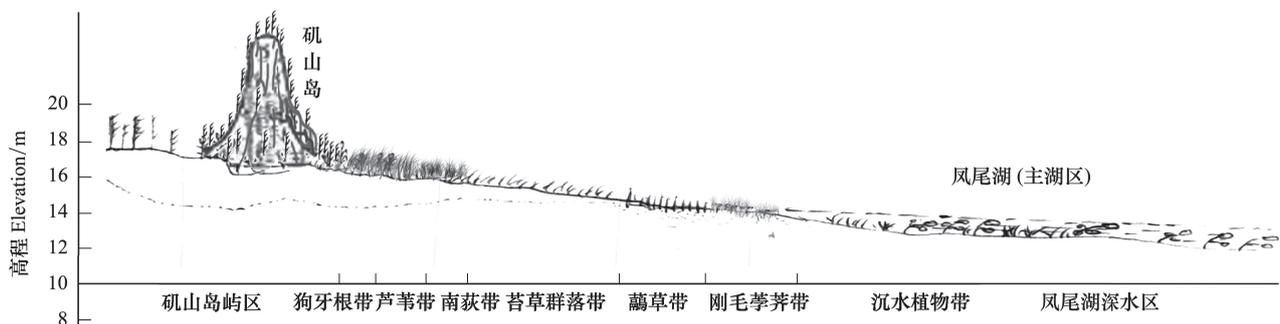


图3 鄱阳湖南矶湿地植物群落空间分布断面示意图

Fig. 3 Structure Profile of vegetation spatial distribution in the Poyang Lake Nanji Wetland

GYG: Ass. *Cynodon*; LW: 芦苇群落(Ass. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steub.); ND: 南荻群落(Ass. *Triarrhena lutarioriparia* L. Liu); TC: 苔草群落(Ass. *C. cinerascens* Kükenth); YC: 藨草群落(Ass. *Phalaris arundinacea* Linn); GM: 刚毛荸荠群落(Ass. *E. valliculosa* Ohwi)

洲滩植物群落季节性变化表现为:丰水期被淹没,湿生草本植物进入休眠期,以沉水植物和部分挺水植

物,如马来眼子菜、苦草及黑藻、菰等为优势种的水生植物群落为主;枯水期,洲滩逐渐显露,大部分水生植物枯死,洲滩多以苔草群落为优势种群的湿生草本植物茂盛,芦苇、南荻、藨草、鼠曲草和看麦娘 (*Alopecurus aequalis* Sobol.) 等也在退水后一个月左右开始生长。其中值得一提的是,研究区域的苔草群落,它主要分布在中间高程的洲滩上,株高在 40—90cm,覆盖度一般在 60%—90%,最高达 100%。苔草是根状茎多年生草本植物,根系非常强大,再生能力很强,对水位波动有较大的适应能力,能够经受丰水期较长时间洪水淹没,是鄱阳湖草洲植被的优势种类。每年秋季水退后,苔草萌生,称为“秋草”,在冬季(次年 1—2 月)地上枯黄,立春后至汛前再次萌生,称为“春草”。表 2 是在凤尾湖、白沙湖和三泥湾 3 个断面 57 个固定样方上连续一年的观测结果。

表 2 鄱阳湖南矶山碟形湖泊洲滩植物群落季节动态

Table 2 Seasonal dynamics of Vegetations on the Shallow Lake in the Poyang Lake Nanji Wetland

季节 Seasons	湖岸偶尔淹水带 Lakeshore regions	圩堤或突起带 Dykes regions	中等海拔洲滩带 Med-altitude regions	低海拔洲滩带 Low-altitude regions	湖心常年淹水带 Lake center regions
春季 Spring (2011-03—2011-05)	狗牙根、艾蒿、菱蒿、 鼠曲草、野胡萝卜等	芦苇、南荻、菱蒿、野 胡萝卜、红足蒿、丛 枝蓼等	苔草、下江萎陵菜、 水田碎米荠等	藨草、刚毛荸荠、苔 草等	苦草、眼子菜等
夏季 Summer (2011-06—2011-08)	狗牙根、艾蒿、菱 蒿等	芦苇、南荻、菱蒿、苔 草等	黑藻、茨藻、水蓼、 菱等	眼子菜、苦草、菰、 菱等	苦草、眼子菜、 菱等
秋季 Autumn (2011-09—2011-11)	狗牙根、艾蒿、菱 蒿等	芦苇、南荻、苔草 等	苔草等	藨草、刚毛荸荠等	—
冬季 Winter (2010-12—2011-02)	狗牙根等	芦苇、南荻等	苔草等	水田碎米荠、水蓼等	—

从图 4 的曲线图可以明显看出,不同湿地植物群落生长状况随时间的变化趋势。从不同的植物群落来看,芦苇株高和株重一直最大,生长速度也最快,其次是南荻,其次是藨草,株高和株重最小的,且生长速度最慢的是苔草。从时间变化来看,各种湿地植物从 2 月中下旬开始萌发生长,4 月初到 5 月下旬生长速率最大。南荻群落、苔草群落和藨草群落在 5 月下旬涨势达到顶峰,株高和株重都达到最大值。6—9 月份洪水淹没休眠,9 月初洪水退去,藨草群落已经基本死亡,芦苇群落涨势达到顶峰,南荻群落和苔草又开生长一段时间,不过其生长速率和涨势都不会超过 6 月份,并且渐衰退,直至 12 月下旬各植株地上部分全部死亡。从表 3 的相关性分析结果来看,5 月植物群落土壤中的 SOC、TN、TP 与植株重量呈显著的负相关关系,TK 则与植株重量呈较强的正相关关系。

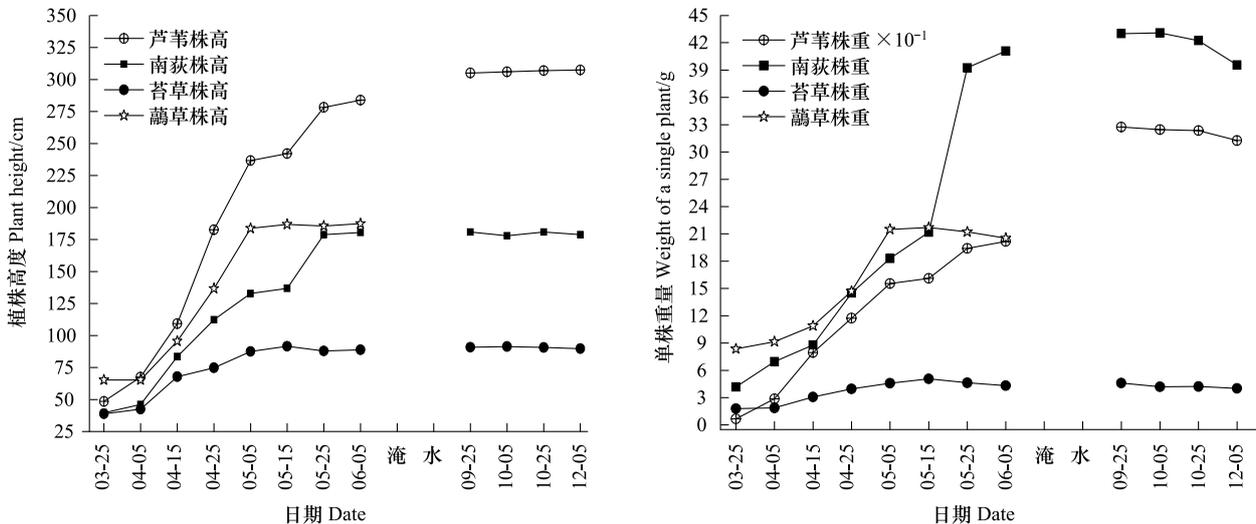


图 4 鄱阳湖南矶湿地植物群落植株高度和植株重量变化图

Fig. 4 Curves of plants height and weight in the Poyang Lake Nanji Wetland

表 3 植物与其群落土壤各元素之间的相关性

Table 3 Correlation matrix of soil elements and plants measured in 15 sampling sites

	植株高度 Plant height	植株重量 Plant weight	土壤 SOC Soil SOC	土壤 TN Soil TN	土壤 TP Soil TP	土壤 TK Soil TK	地下水深 Groundwater depth
植株高度 Plant height	1.000						
植株重量 Plant weight	0.400	1.000					
土壤 SOC Soil SOC	-0.314	-0.984 *	1.000				
土壤 TN Soil TN	-0.282	-0.974 *	0.940 *	1.000			
土壤 TP Soil TP	-0.423	-0.999 **	0.935 *	0.931 *	1.000		
土壤 TK Soil TK	0.379	0.763	-0.639	-0.852	-0.732	1.000	
地下水深 Groundwater depth	-0.611	-0.467	0.106	0.349	0.407	-0.707	1.000

\* 表示双尾检验  $P < 0.05$ , \*\* 表示双尾检验  $P < 0.01$

## 2.2 鄱阳湖南矶湿地有机质和营养元素分布特征

### 2.2.1 湿地土壤有机质分布特征

由图 5 可以看出鄱阳湖湿地不同深度及不同湿地植物群落下的土壤有机质含量分布特征。5 个优势植物群落下土壤有机质的垂直分布特征基本一致,其含量最大值出现在土壤表层,然后由表层向下逐渐减少,最小值出现在最下层,上高下低的分布格局较为显著 ( $F = 24.178, P < 0.05$ )。另外,在 0—10、10—20 以及 20—30cm 层垂直变化尤为显著 ( $F = 21.275, P < 0.05$ ),30cm 以下土壤有机质含量则基本趋于稳定 ( $F = 0.271, P > 0.05$ )。以芦苇群落土壤为例,有机质含量最大值出现在 0—10cm 层,为 24.89g/kg,然后随着土壤深度增加而减少,直至 80—90cm 层才出现最小值,为 5.07 g/kg,表面 3 层变化非常明显,从 24.89 g/kg 减少到 11.29 g/kg,而中下层含量较低且变化则相对较小。

5 个不同的优势植物群落下相同深度的土壤有机质含量存在比较明显的差异,中下层土壤的差异尤其显著 ( $F = 13.825, P < 0.05$ )。例如,在 0—10cm 层(草根层)土壤有机质含量表现为:藨草群落(21.90 g/kg) < 南荻群落(22.20 g/kg) < 芦苇群落(24.89 g/kg) < 苔草群落(25.83 g/kg) < 刚毛荸荠群落(29.21 g/kg),最大值和最小值相差 1.333 倍。在 30—40 cm 层则表现为:南荻群落(4.90 g/kg) < 藨草群落(6.02 g/kg) < 刚毛荸荠群落(6.62 g/kg) < 苔草群落(8.53 g/kg) < 芦苇群落(9.995 g/kg),最大值和最小值相差 2.04 倍。其他各层也有比较相似的分布规律。从 9 层土壤有机质含量的平均值来看,也表现出较为显著的差异 ( $F = 5.423, P < 0.05$ ),由图 6 可以看出其具体表现为:南荻群落( $7.07 \pm 5.85$ ) g/kg < 藨草群落( $9.13 \pm 4.92$ ) g/kg < 刚毛荸荠群落( $9.20 \pm 7.62$ ) g/kg < 苔草群落( $10.79 \pm 5.95$ ) g/kg < 芦苇群落( $11.77 \pm 7.24$ ) g/kg)。相关性分析结果显示,SOC 含量与植株重量呈非常显著的负相关关系,相关系数达负的 0.984(双尾检验  $P < 0.05$ )。由图 4 可以看出不同群落之间植株重量差异也很显著,很显然,不同植物群落下土壤有机质含量存在显著差异。相关性分析结果还显示,土壤 SOC 含量与土壤地下水埋深相关性并不显著。土壤 SOC 含量与 TP 有较强烈的正相关关系,相关系数为正的 0.935,双尾检验  $P < 0.05$ ,相关性很显著。

### 2.2.2 湿地土壤 TN 的分布特征

由图 7 可以看出,鄱阳湖湿地土壤 TN 空间分布规律与有机质分布基本一致,总体呈现显著的上高下低分布格局 ( $F = 29.698, P < 0.05$ ),最大值出现在表层,最小值出现在底层。表面 3 层变化非常显著 ( $F =$

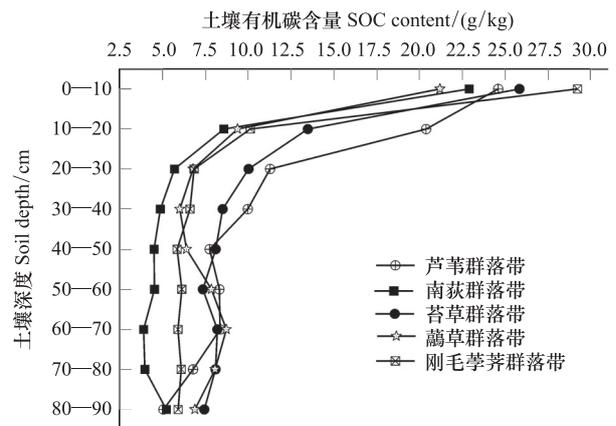


图 5 鄱阳湖南矶湿地土壤有机质含量分布图

Fig. 5 Distribution of SOC in Soil of the Poyang Lake Nanji Wetland

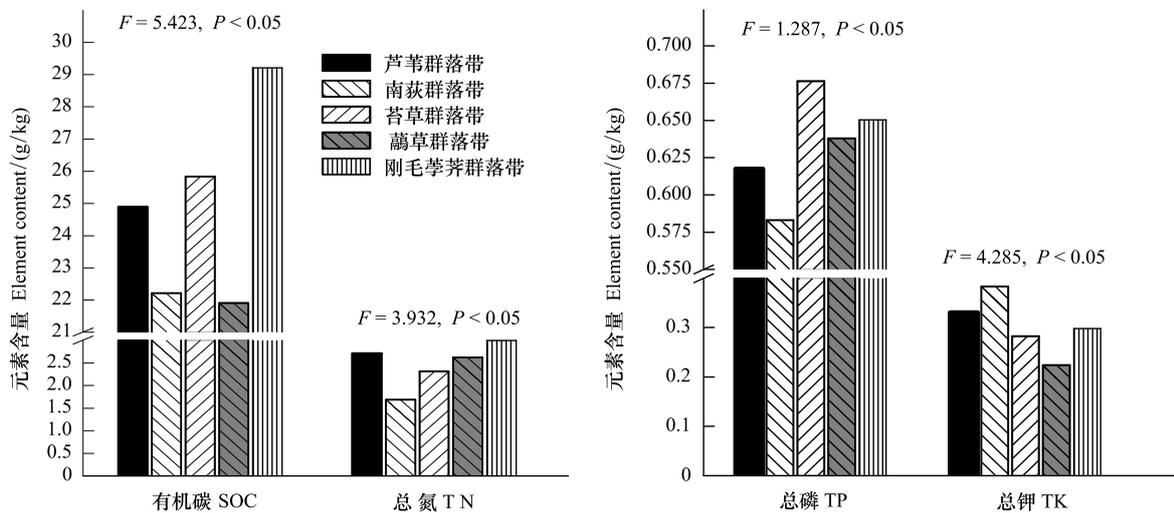


图 6 鄱阳湖南矶湿地不同植物群落下土壤 SOC、TN、TP 和 TK 含量分布

Fig. 6 Distribution of SOC、TN、TP and TK in the Soil with different plants cover of the Poyang Lake Nanji Wetland

40.628,  $P < 0.05$ ), 30cm 以下各层土壤 TN 含量变化不太显著 ( $F = 0.113, P > 0.05$ ) 且趋于稳定。

同样,地表植物群落分布状况不同,相同层次土壤的 TN 含量存在显著的差异,这种差异在土壤中下层表现尤为显著 ( $F = 88.139, P < 0.05$ )。全氮的最大值为 2.98 g/kg,出现在刚毛荸荠群落土壤的表层,最小值为 0.47 g/kg,出现在南荻群落土壤的底层,二者相差 63.4 倍。从五个优势群落的 9 层土壤 TN 平均含量来看,也有比较明显的差异 ( $F = 3.932, P < 0.05$ ),由图 6 可以看出其具体表现为:南荻群落 ( $0.66 \pm 0.39$  g/kg) < 芦苇群落 ( $0.93 \pm 0.75$  g/kg) < 刚毛荸荠群落 ( $0.96 \pm 0.76$  g/kg) < 苔草群落 ( $1.08 \pm 0.56$  g/kg) < 藨草群落带 ( $1.12 \pm 0.53$  g/kg),顺序和土壤 SOC 含量相比稍有不同。相关性分析结果显示,土壤 TN 含量也与植株重量呈现明显的负相关关系,相关系数为负的 0.974 (双尾检验  $P < 0.05$ )。同有机质一样,5 个不同植物群落下土壤氮素含量也存在着显著差异。另外,土壤 TN 含量与土壤地下水埋深相关系数为 0.349,比土壤 SOC 稍微显著。土壤 TN 与土壤 SOC 有很强的正相关关系、相关系数为正的 0.940,TP 和 TN 也有较强的正相关关系,相关系数为 0.931,双尾检验  $P < 0.05$ ,相关性非常强显著。

### 2.2.3 湿地土壤 TP、TK 的空间分布特征

由图 8 可以看出,鄱阳湖湿地土壤全磷和全钾含量分布规律与有机质含量分布明显不同。除表面两层外,TP、TK 含量随土壤深度变而变化的趋势非常不明显 ( $F = 1.388, P > 0.05$ ;  $F = 0.851, P > 0.05$ ),也未呈现上高下低的分布规律。但是,从图 6 可以看出,不同植物群落下土壤 TP、TK 平均含量还是有一定的差异,尤其是 TK 差异较为显著 ( $F = 4.258, P < 0.05$ )。TP 平均含量表现为:南荻群落 < 芦苇群落 < 藨草群落 < 刚毛荸荠群落 < 苔草群落;TK 平均含量表现为:藨草群落 < 苔草群落 < 刚毛荸荠群落 < 芦苇群落 < 南荻群落。说明植物群落分布对湿地土壤 TP、TK 含量也具有十分明显的影响。相关性分析结果显示,土壤 TP 含量也与植株重量呈现十分显著的负相关关系,相关系数为负的 0.999 (双尾检验  $P < 0.01$ ),与土壤地下水埋深呈现弱正相关关系,相关系数为正的 0.407;而土壤 TK 含量则与植株重量呈正相关关系,相关系数为正的 0.763,土壤 TK 含量与地下水埋深呈较显著的负相关关系,相关系数为负的 0.707,比较显著。同时还发现植株高度于地下水埋深也成负相关关系,即地下水埋深越浅植株高度越大,此相关显著性不是很强。

## 3 讨论

### 3.1 鄱阳湖南矶湿地植物群落分布特征探讨

湿地植物群落的时空分布特征是其对生长环境长期适应的结果,也是多种因素长时间共同影响的结果,这些因素主要包括气候、土壤、水分、地形及植物本身的生物学特性等<sup>[16]</sup>。对于鄱阳湖湿地来说,湿地植物群落的分布特征受湖面水位波动、洲滩地形及湿地植物特性影响较大。如上文所述,本研究发现鄱阳湖湿地植

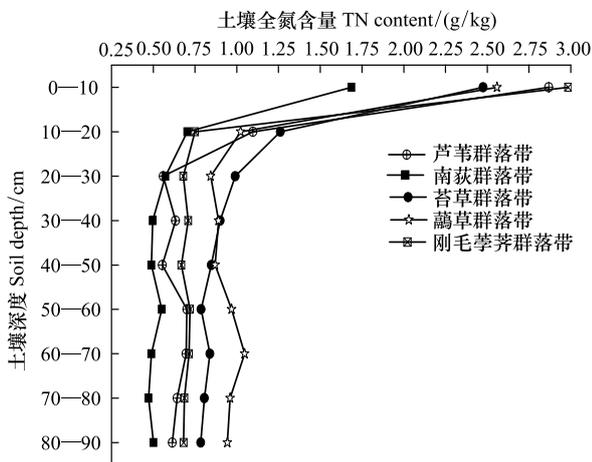


图7 鄱阳湖南矶湿地土壤全氮含量分布图

Fig. 7 Distribution of TN in Soil of the Poyang Lake Nanji Wetland

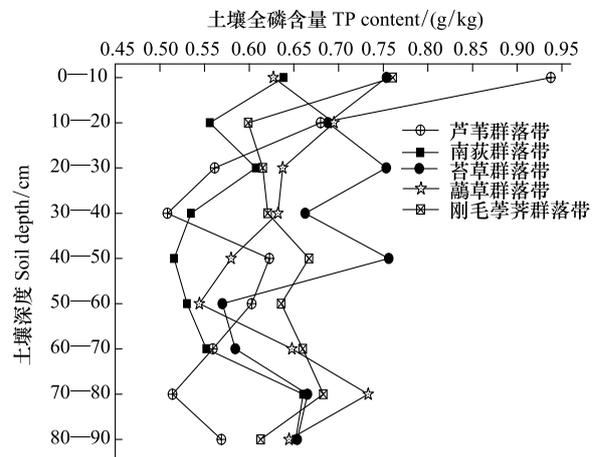


图8 鄱阳湖南矶湿地土壤TP含量分布图

Fig. 8 Distribution of TP in Soil of the Poyang Lake Nanji Wetland

物不同种群沿水位梯度呈条带状或弧状分布,相同种群聚集分布或镶嵌分布;植物群落组成特征随季节的变化而改变。与其他研究结果相比较<sup>[9,16-17,19]</sup>,南矶湿地植物群落分布格局具有两个突出的特点:(1) 湿地优势植物种类较少(表2),大范围的以苔草群落为主,芦苇和南荻群落分布范围较小,藨草和刚毛荸荠群落只在靠近水边的地方有少量分布;(2) 植物群落条带状或弧状分布特征十分明显(图3),从湖岸到湖心依次分布为:狗牙根群落、芦苇群落、南荻群落、苔草群落、藨草群落、刚毛荸荠群落,一直到水生植物。分析形成这种分布和特点的主要原因如下:

(1) 水文规律的影响 鄱阳湖在丰水季节所有的湖盆和草洲全被淹没;在枯水季节湖水消退,不同地形的洲滩相继出露,地形不同,洲滩淹水时间和出露的迟早就不同,从高海拔到低海拔形成一定的梯度。洲滩年均出露天数和不同植物群落地下水深梯度见表1和表4。南矶湿地的植物群落分布当然也受此规律的影响。对水分和水淹时间需求不同的植物会分布在相应的梯度空间内,因而形成了不同的植物种群沿水位和海拔梯度成条带状或弧状分布群落分布的特征。比如对水分需求量最少狗牙根群落就分布在海拔较高出露时间较长的湖岸一带附近,而对水分需求量较大的藨草群落和刚毛荸荠群落则分布在海拔较低出露时间较短的湖心一带;

(2) 植物生物学特性的影响 湿地植物出现聚集分布主要与其繁殖特性有关,南矶湿地以多年生湿地植物为主,它们的地下根状茎或根往往很发达,多以分蘖等方式繁殖,常常形成聚集分布的特点,以芦苇、南荻、苔草等代表。也有少数湿地植物靠种子传播繁殖,如稗子草、野胡萝卜等,常形成镶嵌分布;鄱阳湖湿地植物群落随湖面水位的季节性波动而变化,是因为不同的植物对水淹和水分条件具有不同的适应性;

(3) 水热条件的影响 水热条件组合不同植物群落的组成就不一样,比如枯水季节洲滩外露,以苔草等湿生植物为主,水生植物死亡,丰水季节全湖淹没,则以挺水植物、浮叶植物和浮根植物等水生植物为主,湿生植物则暂时休眠;

(4) 鄱阳湖湿地植物群落特征也会受湿地土壤沉积和土壤养分等因素的影响 由于南矶湿地是赣江通往鄱阳湖的入口,而赣江河道分汊多,泥沙淤积量大,是典型的扇形河口三角洲,湖底平原草洲是以河道为中心发育而成的淤积平原或洲滩<sup>[20]</sup>,泥沙的逐年梯度性淤积,使得很多湿地植物埋在淤泥之下,翌年很难萌发,只有生命力较强的5种才能存活。这种淤积也在不断的改变土壤的营养含量,进而影响植物群落的分布格局。

### 3.2 鄱阳湖南矶湿地土壤有机质及营养元素分布特征探讨

自然条件下,湿地土壤碳、氮等营养元素含量不仅受成土母质、气候及水文条件等影响,而且也受地表植

物群落的影响<sup>[19]</sup>。较大区域尺度内土壤碳、氮等营养元素含量的变异受气候、成土母质和水文条件等影响较大,而在较小区域范围内则主要受地表植物群落类型的影响<sup>[22]</sup>。本研究区域处在鄱阳湖南端,气候条件和母质条件基本相同,湿地土壤有机质及氮磷等营养元素含量特征主要受水文条件和植物群落分布的影响。

### 3.2.1 鄱阳湖南矶湿地土壤有机质分布特征探讨

前文所述,鄱阳湖湿地土壤有机质含量分布特征:同一土壤深度 5 种不同植物群落下土壤有机质含量差异十分显著;垂直分布呈现上高下低的特征,30cm 以上变化剧烈,30cm 以下含量变化不大。这种分布规律受鄱阳湖湿地特殊的水文过程和植物群落分布的双重影响。

鄱阳湖水位周期性波动使湿地水文条件形成了特定的规律<sup>[20]</sup>,湖区内丰枯期水位差异很大,洲滩干湿交替面积大且频率很高。研究区域内由湖岸边缘到湖心,海拔由高到低,湿地淹水时间逐渐变长,频次逐渐增多,处于低温水泽条件下的时间逐渐加长,通气条件也逐渐减弱,土壤由氧化环境逐渐过度到还原环境。土壤水分长期处于饱和状态,在厌氧还原环境下有机质不易被分解,土壤有机质易于累积,就会形成一个高峰(由表 1 和表 4 可见南矶湿地不同植物群落被湖水淹没的程度)。本研究中有机的最大值出现在淹水时间最长的刚毛荸荠群落带,南荻群落带出露时间较长,土壤通透性较好,所以有机质含量较低(图 6)。

同时,鄱阳湖南矶湿地植物群落分布对湿地土壤有机质的分布特征也有强烈的影响。因为鄱阳湖湿地有机质输入量主要受有机残体归还量及腐殖化难易程度的影响,输出量则主要受各种生物(如地表植物群落等)和非生物条件(如水文条件、土壤环境等)的影响。

表 4 鄱阳湖南矶湿地不同植物群落地下水埋藏深度

Table 4 Buried depth of groundwater under different plant communities in the Poyang Lake Nanji Wetland

群落名称 Community Name	芦苇群落 LW	南荻群落 ND	苔草群落 TC	藨草群落 YC	刚毛荸荠 GM
地下水深(9月)	-172.5cm	-146.5cm	-36cm	+16.5cm	+22.5cm
地下水深(10月)	-164.9cm	-138.1cm	-29.8cm	+17.6cm	+23.8cm

- 表示地下水水面离地面距离,+ 表示观测点积水深度;数据为 2011 年 9 月到 2011 年 10 月观测平均值. LW 等含义见图 2

鄱阳湖湿地植物群落沿水位梯度的环带状或弧状分布的特征明显影响了土壤有机质的分布和变化,使之沿着不同的植物群落呈现带状或弧状富集特征。例如本研究中由于苔草群落密度大有利于养分保留,涨势旺盛有利于有机质积累,所以土壤有机质含量较高。藨草群落密度较小,生物量较少,根系也不如苔草发达,又处在水鸟和鱼类取食频繁地带,所以土壤有机质含量偏低(图 6)。邵学新等<sup>[23]</sup>研究杭州湾湿地表明,植物地上茎叶和地下根系有机碳含量分布特征明显影响到群落下土壤有机质含量特征。毛志刚等<sup>[24]</sup>对盐城滨海湿地、赵同谦等<sup>[25]</sup>对黄河湿地、葛刚等<sup>[19]</sup>对鄱阳湖湿地的研究也都发现不同植物群落带下土壤有机质的分布具有统一的规律,即为:自土壤表层向下含量逐渐降低,中下层基本保持稳定,不同植物群落之间有机质含量差异很大。

### 3.2.2 鄱阳南矶湖湿地土壤有全氮分布特征探讨

与有机质相似,湿地土壤全氮含量特征受不同植物群落分布的影响显著;垂直分布上高下低,一定深度之后就趋于稳定。鄱阳湖湿地土壤中,氮素的输入量主要依赖于动植物残体的归还量和生物固氮量,同时也受水体氮素沉积量和大气氮沉降量地轻微影响。输出量则主要取决于土壤微生物及地表植物对有效态氮的吸收利用量、随水输移流失量以及氮素重返回大气中量<sup>[26]</sup>。很显然,鄱阳湖湿地总氮的输入量和输出量变化特征主要受其特殊的水文过程和植物群落分布的影响。

鄱阳湖水位涨落频繁,湿地土壤干湿交替过程明显。湿地土壤周期性干湿交替有利于脱氮过程的进行,交替频率越高、周期越短脱氮作用就越强,土壤的氮素含量就相应越低。所以本研究中全氮最小值出现在南荻群落带,这也与南荻本生对氮素需求量少,滞留氮素能力较弱有关。白军红等<sup>[22]</sup>在研究内蒙古乌兰泡湿地时也发现,干湿交替频繁地带的表层土壤全氮含量比其他地带低。这也可能是由于氮素随水输移而流失造

成的。

同时,湿地地表植物群落种类、群落生物量大小、对氮素的滞留能力、植物从土壤中吸收氮素的量以及植物能向土壤返还氮素的量等都直接影响到湿地土壤中全氮的含量与变化<sup>[22-23]</sup>。本研究中刚毛茛菪带的常年积水频率高,土壤湿度大,微生物活动较弱,有机质分解程度低,且刚毛茛菪对氮素的吸收和滞留能力较差,所以土壤表层全氮含量较其他群落高。苔草群落具有强大的根系,对氮有强大的滞留能力和吸收能力,所以土壤 TN 含量处于较高水平(图 6)。通过本研究的结果还可以看出,受土壤本身特性以及植物群落的影响,土壤中全氮含量具有明显的垂直分异现象,当地表植物群落不同时,这种垂直分异现象有具有不同的特点。但是共同点是氮素都主要集中分布在生物活动范围区内,在植物根系分布密集区形成一个的富集层<sup>[22,27-28]</sup>。本研究的芦苇群落和南荻群落根系分布较深,所以在较深的土层中他们二者的养分含量明显高于其他群落。

### 3.2.3 鄱阳湖南矶湿地土壤有全磷全钾分布特征探讨

本研究结果显示,鄱阳湖湿地土壤 TP、TK 含量分布并不像有机质和全氮含量分布那么规律。除表面两层外,TP、TK 含量没有随着土壤深度的增加而呈现规律性的变化,更未出现上高下低的分布趋势。但是不同植物群落下土壤 TP、TK 平均含量及垂直分布还是较大的差异,TK 差异尤为明显。

天然湿地生态系统中,土壤中磷的主要来源是成土母质及动植物残体归还,其含量主要受成土母质、土壤类型和气候条件的影响,受植物群落结构变化影响不大<sup>[29]</sup>,因而其活动性较小,在土壤含量较为稳定。孙万龙等<sup>[29]</sup>在研究黄河口滨岸潮滩不同类型湿地土壤磷、硫的分布特征时,也发现不同植物群落下土壤全磷含量差异不显著,变异系数较小,垂直分布方面的差异程度不大,认为土壤中磷含量主要取决于成土母质。丁秋祎等<sup>[27]</sup>对黄河三角洲湿地的研究也表明植物群落分布对磷含量变化影响不是很大,变异系数很小,认为土壤类型和气候条件对其影响较大。这说明湿地土壤全磷的含量变化基本不受地表植物群落影响。

土壤中钾元素的分布主要受土壤粘粒和水文条件的影响,因为土壤中的钾大部分都是以离子状态存在,活性很强,很容易向下层淋溶,在向下迁移的过程中,又会受到植物密集根系的吸收作用。鄱阳湖水位涨落频繁,土壤干湿交替较快,所以钾元素淋溶转移速度较快,随土壤深度变化而变化的趋势不明显,其变化规律难以把握。另外,植物对钾的吸收主要靠根系,归还主要靠残体分解腐烂,不同植物群落根系分布格局不同,对钾的吸收量不同,植物残体量及分解难易程度也不同。这些不同可能就是鄱阳湖不同植物群落下土壤 TK 平均含量及垂直分布差异明显的原因。由图 6 可以看出,不同植物群落下 TK 含量差异十分显著。

### 3.3 鄱阳湖南矶湿地植物群落与土壤有机质和营养元素的关系探讨

据上文所述,鄱阳湖湿地植物群落和有机质等都受其特殊的水文波动规律等因素的综合影响,植物群落沿水位梯度呈条带状或弧状分布,土壤有机质等也各自随土壤深度和植物群落的变化呈现出层状、带状或弧状富集特征,二者之间有着明显的对应关系。所以,笔者认为湿地植物和土壤彼此之间有着强烈的影响。

首先,湿地土壤中的水分状况和养分的含量特征影响植物群落种类、生长发育和空间分布特征<sup>[3]</sup>。从本文的研究结果中明显可以看到,土壤含水量(地下水位)不同,植物群落的类型分布就不同,地下埋深最大的地方分布这芦苇及南荻群落,有积水的土壤则分布刚毛茛菪群落。同时,土壤养分含量也会影响到植物群落特征,比如养分含量高的地方植物群落密度就大,生长也比较旺盛。本研究中南荻和苔草群落下土壤有机质含量较高,所以这两个群落植物生长特别茂密。

其次,湿地植物群落对土壤营养元素的选择性吸收、归还和滞留会强烈影响土壤中元素的分布与变化<sup>[13,23]</sup>。白军红等<sup>[30]</sup>研究在芦苇沼泽湿地时认为,不同种类的湿地植物对元素的选择性吸收以及滞留作用会使土壤元素含量形成较大差异。植物群落的生物量、残体腐殖质化难易程度等都会影响有土壤元素的含量。这些影响也表现在垂直方向上,与植物的根系的分布格局及深度密切相关。一般植物根系都分布在土壤表层,所以表层土壤有机质含量较高且变化较快,中下层植物根系分布逐渐减少,因而有机质含量逐渐缓慢降低<sup>[31]</sup>且趋于稳定。本研究中芦苇群落生物量较大且根系较粗分布纵向较深,故其下土壤养分含量明显高于其他植物群落带,并且分布聚集在土壤中上层而不是表层,垂直变化幅度也很大。另外,不同的植物改变其周

围的环境(如土壤水分、pH 值以及土壤机械组成等)的能力不同,也会造成不同群落下土壤养分含量的差异。本研究中南荻群落根系较粗且横向分布,深度不大,改善了土壤得通透性,使得土壤为微生物活动强烈,有机质快速被分解吸收或流失,所以南荻群落带土壤养分含量较低。

从表 3 的相关性系数矩阵可以看出,鄱阳湖南矶湿地植株的重量和土壤的 SOC、TN 及 TP 含量有非常显著的负相关关系,与土壤 TK 含量有较强的正相关关系,同时,植株的重量和和高度与土壤地下水埋深也有微弱的负相关关系。这个主要是因为五月下旬南矶湿地各种植物生长到了旺盛的顶峰时期,土壤中的营养元素都被地表植物吸收利用程度较强。从相关性分析结果来看,植株的涨势严重的影响了土壤养分含量。反之,土壤养分含量也限制了植物的生长状况和分布格局。同时此研究也表明,土壤水分状况也严重的影响了植物的分布格局及其对土壤养分的吸收利用。

#### 4 结论

通过对鄱阳湖南矶湿地植物群落定点定期调查和土壤样品分析研究,得出如下结论:

(1) 鄱阳湖南矶湿地植物群落分布特征受鄱阳湖特殊水位涨落节律、洲滩海拔地形、植物植物生物学特性及土壤沉积特性和土壤养分等影响,表现出一定的空间分布特征和季节分布特征。空间上由湖岸到湖心呈明显的条带状或弧状分布特征,相同种群出现聚集分布或镶嵌分布。季节特征表现为一年四季丰枯水时期洲滩植物群落组成和生长状态的变化。

(2) 受鄱阳湖受水文条件和植物群落分布的双重影响,湿地土壤有机质及氮磷等分布特征表现为:土壤表层有机质含量在 21.90—29.21 g/kg 之间,全氮含量在 1.69—2.98 g/kg 之间。土壤 SOC 和 TN 含量都呈现表层高下层低的分布格局,变化速率呈现上快下慢后稳定的趋势。全磷、全钾含量不随土壤深度变化而变化,也未为出现上高下低的趋势。不同的植物群落下土壤各元素含量具有显著的差异,苔草群落对各元素吸收和滞留能力最强、影响最大,刚毛茛菪群落对土壤营养元素影响最弱。

(3) 鄱阳湖南矶湿地植物群落与土壤有机质和营养元素之间进行着频繁的物质和能量交换,彼此有着强烈的影响,植株的重量和土壤的 SOC、TN 及 TP 含量有非常显著的负相关关系,与土壤 TK 含量有较强的正相关关系,同时,植株的重量和和高度与土壤地下水埋深也有微弱的负相关关系。所以土壤中的水分状况和养分含量影响植物群落种类、生长发育和空间分布,植物群落对土壤营养元素的选择性吸收、归还和滞留影响土壤中元素的分布与变化。

#### References:

- [ 1 ] Collins B S, Sharitz R R, Coughlin D P. Elemental composition of native wetland plants in constructed mesocosm treatment wetlands. *Bioresource Technology*,2005,96(8): 937-948.
- [ 2 ] Cui L. Evaluation on functions of Poyang Lake ecosystem. *Chinese Journal of Ecology*,2004,23 (4):47-51.
- [ 3 ] QU Guohui, GUO Jixun. The relationship between different plant communities and soil characteristics in Songnen grassland, *Acta Pratacultural Science*,2003,12(1):18-22.
- [ 4 ] Qu G H, Guo J X. Roles of plant in nutrient cycling in wetland. *Chinese Journal of Ecology*,2007,26(10):1628-1633.
- [ 5 ] Ling M, Liu R H, Wang Y, Luo X X, Zhou F Q. Spatial heterogeneity of soil nutrients and the relationship between soil nutrients and plant community in tamarix chinensis forest farm wetland of Yellow River delta wetland. *Wetland Science*,2010,8(1):92-97.
- [ 6 ] Yang Q, Liu J P, Lü X G, LI Z F, Wang Y Y. Structure and function of soil-vegetation-animal system of annular wetland in the Sanjiang Plain. *Chinese Journal of Ecology*,2004,23 (4):72-77.
- [ 7 ] Lost S, Landgraf D, Makeschin F. Chemical soil properties of reclaimed marsh soil from Zhejiang Province P. R. China. *Geoderma*,2007,142(3/4):245-250.
- [ 8 ] Tanner C C, D'Eugenio J, McBride G B, Sukias J P S, Thompson K. Effect of water level fluctuation on nitrogen removal from constructed wetland mesocosms. *Ecological Engineering*,1999,12(1):67-92.
- [ 9 ] Ge G, Wu L. Analysis on the flora of seed Plants in Nanjishan Nature Reserve, Jiangxi. *Journal of Nanchang University: Natural Science*, 2006, 30(1):52-55.
- [ 10 ] Wang L, Hu J M, Song C C, Yang T. Influences of water gradients on the aboveground biomass of a typical wetland plant ( *Calamagrostis*

- angustifolia) in the Sanjiang Plain. *Acta Prataculturae Sinica*,2008,17(4):19-25.
- [ 11 ] Xiao H L. Climate change in relation to soil organic matter. *Soil and Environmental Sciences*. 1999,8(4):300-304.
- [ 12 ] Peng P Q, Zhang W J, Tong C L, Qiu S J, Zhang W C. Soil C,N and P contents and their relationships with soil physical properties in wetlands of Dongting Lake floodplain. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2005,16(10):1872-1878.
- [ 13 ] Grunwald S, Reddy K R, Prenger J P, Fisher M M. Modeling of the spatial variability of biogeochemical soil properties in a freshwater ecosystem. *Ecological Modelling*, 2007, 201(3/4):521-535.
- [ 14 ] Stribling J M, JM, Cornwell JC. Nitrogen, phosphorus, and sulfur dynamics in a low salinity marsh system dominated by *Spartina alterniflora*. *Wetlands*. 2001,21(4):629-638.
- [ 15 ] The Editorial Committee of Studies on Poyang Lake. *Studies on Poyang Lake*. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers,1988. 18-33.
- [ 16 ] Hu Z P, Ge G, Liu C L, Chen F S, Li S. Structure of Poyang lake wetland plants ecosystem and influence of lake water level for the structure. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2010, 19(6):597-605.
- [ 17 ] Ge G, Zhao A N, Zhong Y Y, Wu Z Q. Patterns of dominant populations of plants in Islets of Poyang Lake. *Wetland Science*,2011,9(1):19-25.
- [ 18 ] Hu Q, Feng S, Guo H, Chen G Y, Jiang T. Interactions of the Yangtze river flow and hydrologic processes of the Poyang Lake, China. *Journal of Hydrology*,2007,347(1/2):90-100.
- [ 19 ] Ge G, Xu Y H, Zhao L, Wu Z Q, Wu L. Spatial distribution characteristics of soil organic matter and nitrogen in the Poyang Lake wetland. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2010, 19(6):619-622.
- [ 20 ] Liu X Z, Fan S B, Hu B H. *Comprehensive and Scientific Survey of Jiangxi NanJi shanWetland Nature Reserve*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 2006:1-6.
- [ 21 ] Li L, Lei G C, Gao J Q, Lu C, Zhou Y, Jia Y F, Yang M, Suolangduerji. Effect of water table and soil water content on methane emission flux at *Carex muliensis* Marshes in Zoigê Plateau. *WETLAND SCIENCE*,2011,9(2):173-178.
- [ 22 ] Bai J H, Deng W, Zhang, Y X. Spatial distribution of soil organic matter and nitrogen in soil of circular-zonary vegetation areas in Wulanpao Wetland, Inner Mongolia. *Journal of Lake Science*,2002,14(2):145-151.
- [ 23 ] Shao X X, Yang W Y, Wu M, Jiang K Y. Soil organic carbon content and its distribution pattern in Hangzhou Bay coastal wetlands. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2011,22(3):658-664.
- [ 24 ] Mao Z G, Wang G X, Liu J E, Ren L J. Influence of salt marsh vegetation on spatial distribution of soil carbon and nitrogen in Yancheng coastal wetland. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2009,20(2):293-297.
- [ 25 ] Zhao T Q, Zhang H, Xu H S, He Y X. Research on variation characteristics of soil organic matter contents in different vegetation community types in Mengjin Part of Yellow River wetland. *Advances in Earth Science*,2008,23(6):638-642.
- [ 26 ] Zhang J T. Effects of global climate change on c and n circulation in natural soils. *Scientia Geographica Sinica*,1998,18(5):463-471.
- [ 27 ] Ding Q Y, Bai J H, Gao H F, Xiao R, Cui B S. Soil nutrient contents in Yellow River delta wetlands with different plant communities. *Journal of Agro-Environment Science*,2009,28(10):2092-2097.
- [ 28 ] Bai J H, Ding Q Y, Gao H F, Wang Q G, Xiao R. Spatial distribution of nitrogen in marsh soils with different plant communities in Xianghai wetland. *Scientia Geographica Sinica*,2009,29(3):381-384.
- [ 29 ] Sun W L, Sun Z G, Mou X J, Wang L L. Distribution characteristics of phosphor and sulfur in different wetland soils of the Yellow River delta. *Bulletin of Soil and Water Conservation*,2010,30(4):104-109.
- [ 30 ] Bai J H, Wang Q G, Ding Q Y, Gao H F. Nitrogen stocks and seasonal variations of total nitrogen in *Phragmites communis* soils from different wetlands. *Acta Prataculturae Sinica*,2008,17(2):162-165.
- [ 31 ] Liu J S, Yang J S, Yu J B, Wang J D. Study on vertical distribution of soil organic carbon in wetlands Sanjiang Plain. *Journal of Soil Water Conservation*,2003,17(3):5-8.

#### 参考文献:

- [ 2 ] 崔丽娟. 鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究. *生态学杂志*,2004,23(4):47-51.
- [ 3 ] 曲国辉,郭继勋. 松嫩平原不同演替阶段植物群落和土壤特性的关系. *草业学报*.2003,12(1):18-22.
- [ 4 ] 郭雪莲,吕宪国. 植物在湿地养分循环中的作用. *生态学杂志*. 2007,26(10):1628-1633.
- [ 5 ] 凌敏,刘汝海,王艳,罗先香,周凤琴. 黄河三角洲怪柳林场地土壤养分的空间异质性及其与植物群落分布的耦合关系. *湿地科学*, 2010,8(1):92-97.
- [ 6 ] 杨青,刘吉平,吕宪国,李兆富,王毅勇. 三江平原优势环型湿地土壤-植被-动物系统的结构及功能研究. *生态学杂志*,2004,23(4):72-77.

- [9] 葛刚,吴兰. 南矶山自然保护区种子植物区系. 南昌大学学报理科版, 2006, 30(1):52-55.
- [10] 王丽,胡金明,宋长春,杨涛. 水分梯度对三江平原优势湿地植物小叶章地上生物量的影响. 草业学报,2008,17(4):19-25.
- [12] 彭佩钦,张文菊,童成立,仇少君,张文超. 洞庭湖湿地土壤碳、氮、磷及其与土壤物理性状的关系. 应用生态学报,2005,16(10):1872-1878.
- [15] “鄱阳湖研究”编委会. 鄱阳湖研究. 上海:上海科学技术出版社,1988:18-33.
- [16] 胡振鹏,葛刚,刘成林,陈伏生,李述. 鄱阳湖湿地植物生态系统结构及湖水位对其影响研究. 长江流域资源与环境,2010,19(6):597-605.
- [17] 葛刚,赵安娜,钟义勇,吴志强. 鄱阳湖洲滩优势植物种群的分布格局. 湿地科学,2011,9(1):19-25.
- [19] 葛刚,徐燕花,赵磊,吴志强,吴兰. 鄱阳湖优势湿地土壤有机质及氮素空间分布特征. 长江流域资源与环境,2010,19(6):619-622.
- [20] 刘信中,樊三宝,胡斌华. 江西南矶湿地自然保护区综合科学考察. 北京:中国林业出版社,2006.1-6.
- [21] 李丽,雷光春,高俊琴,吕偲,周延,贾亦飞,杨萌,索郎夺尔基. 地下水位和土壤含水量对若尔盖木里苔草沼泽甲烷排放通量的影响. 湿地科学,2011,9(2):173-178.
- [22] 白军红,邓伟,张玉霞. 内蒙古乌兰泡湿地环带状植被区土壤有机质及全氮空间分异规律. 湖泊科学,2002,14(2):145-151.
- [23] 邵学新,杨文英,吴明,蒋科毅. 杭州湾滨海湿地土壤有机碳含量及其分布格局. 应用生态学报,2011,22(3):658-664.
- [24] 毛志刚,王国祥,刘金娥,任丽娟. 盐城海滨湿地盐沼植被对土壤碳氮分布特征的影响. 应用生态学报,2009,20(2):293-297.
- [25] 赵同谦,张华,徐华山,贺玉晓. 黄河湿地孟津段不同植物群落类型土壤有机质含量变化特征研究. 地球科学进展,2008,23(6):638-642.
- [26] 张金屯. 全球气候变化对自然土壤碳、氮循环的影响. 地理科学,1998,18(5):463-471.
- [27] 丁秋祎,白军红,高海峰,肖蓉,崔保山. 黄河三角洲湿地不同植被群落下土壤养分含量特征. 农业环境科学学报,2009,28(10):2092-2097.
- [28] 白军红,丁秋祎,高海峰,王庆改,肖蓉. 向海湿地不同植被群落下土壤氮素的分布特征. 地理科学,2009,29(3):381-384.
- [29] 孙万龙,孙志高,牟晓杰,王玲玲. 黄河口滨岸潮滩不同类型湿地土壤磷、硫的分布特征. 水土保持通报,2010,30(4):104-109.
- [30] 白军红,王庆改,丁秋祎,高海峰. 不同芦苇沼泽湿地土壤全氮季节动态变化和氮储量研究. 草业学报,2008,17(2):162-165.
- [31] 刘景双,杨继松,于君宝,王金达. 三江平原沼泽湿地土壤有机碳的垂直分布特征研究. 水土保持学报,2003,17(3):5-8.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 12 June, 2012 (Semimonthly)

## CONTENTS

Temporal and spatial dynamic changes and landscape pattern response of Hemeroby in Dayang estuary of Liaoning Province, China .....	SUN Yongguang, ZHAO Dongzhi, WU Tao, et al (3645)
Distribution characteristics of plant communities and soil organic matter and main nutrients in the Poyang Lake Nanji Wetland .....	ZHANG Quanjun, YU Xiubo, QIAN Jianxin, et al (3656)
Evaluation and construction of wetland ecological network in Qingdao City .....	FU Qiang, SONG Jun, MAO Feng, et al (3670)
Driving forces analysis for ecosystem health status of littoral zone with dikes; a case study of Lake Taihu .....	YE Chun, LI Chunhua, WANG Qiuguang, et al (3681)
The concentrations distribution and composition of nitrogen and phosphorus in stormwater runoff from green roofs .....	WANG Shumin, HE Qiang, ZHANG Junhua, et al (3691)
Effects of slope gradient on the community structures and diversities of soil fauna .....	HE Xianjin, WU Pengfei, CUI Liwei, et al (3701)
Investigation of populations of parasitic wasps parasitizing <i>Carposina sasakii</i> Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae) in jujube orchards in China, with respect to the wasp-host relationship .....	YAO Yanxia, ZHAO Wenxia, CHANG Jupu, et al (3714)
Assessment of ardeidae waterfowl habitat suitability based on a binary logistic regression model .....	ZOU Lili, CHEN Xiaoxiang, HE Ying, et al (3722)
Combined effects of temperature, salinity and pH on the clearance rate of juveniles of <i>Pinctada martensii</i> (Dunker) .....	ZHU Xiaowen, WANG Hui, LIU Jin, et al (3729)
Soil nutrient dynamics and loss risks in a chicken-forage mulberry-medicinal plant intercropping system .....	ZHAO Liping, YANG Guiming, ZHAO Tongke, et al (3737)
Soil particle size distribution and its relationship with soil organic carbons under different land uses in the middle of Heihe river .....	ZHANG Junhua, LI Guodong, NAN Zhongren (3745)
Effects of DEM resolution and watershed subdivision on hydrological simulation in the Xingzihe watershed .....	QIU Linjing, ZHENG Fenli, YIN Runsheng (3754)
Impacts of grid sizes on urban heat island pattern analysis .....	GUO Guanhua, CHEN Yingbiao, WEI Jianbing, et al (3764)
Landscape connectivity analysis for the forest landscape restoration; a case study of Gongyi City .....	CHEN Jie, LIANG Guofu, DING Shengyan (3773)
Carbon footprint analysis on urban energy use; a case study of Xiamen, China .....	LIN Jianyi, MENG Fanxin, CUI Shenghui, et al (3782)
The ecological footprint of alpine pastures at the village-level; a case study of Hezuo in Gannan Autonomous Prefecture, China .....	WANG Lucang, GAO Jing (3795)
The ecosystem health assessment of the littoral zone of Lake Taihu .....	LI Chunhua, YE Chun, ZHAO Xiaofeng, et al (3806)
The biomass of <i>Bashania fargesii</i> in giant pandas habitat in Qinling Mountains .....	DANG Kunliang, CHEN Junxian, SUN Feixiang, et al (3816)
Effects of salinity on seed germination and seedling growth in halophyte <i>Limonium aureum</i> (L.) Hill .....	YOU Jia, WANG Wenrui, LU Jin, et al (3825)
Liana-host tree associations in the tropical montane primary forest and post-harvest forest of Bawangling, Hainan Island, China .....	LIU Jinxian, TAO Jianping, HE Zeet al (3834)
The response of photosynthetic characters and biomass allocation of <i>P. bournei</i> young trees to different light regimes .....	WANG Zhenxing, ZHU Jinmao, WANG Jian, et al (3841)
Genetic variation among populations of the endangered <i>Sinocalycanthus chinensis</i> based on morphological traits and ISSR profiles .....	JIN Zexin, GU Jingjing, LI Junmin (3849)
Growth response to climate in Chinese pine as a function of tree diameter .....	JIANG Qingbiao, ZHAO Xiuhai, GAO Lushuang, et al (3859)
Age structure and spatial distribution of the rare and endangered plant <i>Alcimandra cathcartii</i> .....	YUAN Chunming, MENG Guangtao, FANG Xiangjing, et al (3866)
The water consumption and water use efficiency of the seedlings of <i>Eucalyptus grandis</i> and other five tree species in Sichuan Province .....	HU Hongling, ZHANG Jian, WAN Xueqin, et al (3873)
Effects of leaf litter of <i>Cinnamomum septentrionale</i> on growth and resistance physiology of <i>Brassica rapa</i> in the decomposition process of litter .....	HUANG Weiwei, HU Tingxing, ZHANG Niannian, et al (3883)
Water transport velocity and efficiency in <i>Quercus variabilis</i> detected with deuterium tracer and thermal dissipation technique .....	SUN Shoujia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3892)
The saxicolous moss's features of absorbing water and its structural adaptability in the heterogeneous environment with rock desertification .....	ZHANG Xianqiang, ZENG Jianjun, CHEN Jinwu, et al (3902)
Effects of organic materials containing copper on soil enzyme activity and microbial community .....	CHEN Lin, GU Jie, GAO Hua, et al (3912)
Comparison of floral morphology and pollination characteristics between the sexes in <i>Eurya obtusifolia</i> .....	WANG Qian, DENG Hongping, DING Bo, et al (3921)
Climatic suitability of potential spring maize cultivation distribution in China .....	HE Qijin, ZHOU Guangsheng (3931)
Effects of uniconazole dry seed dressing on nitrogen accumulation and translocation and kernel protein quality in wheat .....	FAN Gaoqiong, YANG Ennian, ZHENG Ting, et al (3940)
<b>Review and Monograph</b>	
International comparison and policy recommendation on the development model of industrial symbiosis in China .....	SHI Lei, LIU Guoguo, GUO Siping (3950)
<b>Scientific Note</b>	
The Change of landscape pattern in Zhenlai Xian, Jilin Province in recent ten years .....	ZHANG Guokun, LU Jinghua, SONG Kaishan, et al (3958)
Footprint analysis of turbulent flux over a poplar plantation in Northern China .....	JIN Ying, ZHANG Zhiqiang, FANG Xianrui, et al (3966)

# 《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 12 期 (2012 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 12 (June, 2012)

编 辑 《生态学报》编辑部  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085  
电话:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜  
主 管 中国科学技术协会  
主 办 中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:1000717

印 刷 北京北林印刷厂  
发 行 科 学 出 版 社  
地址:东黄城根北街 16 号  
邮政编码:1000717  
电话:(010)64034563  
E-mail: journal@espg.net

订 购 全国各地邮局  
国外发行 中国国际图书贸易总公司  
地址:北京 399 信箱  
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号  
许 可 证

Edited by Editorial board of  
ACTA ECOLOGICA SINICA  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China  
Tel: (010)62941099  
www.ecologica.cn  
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief FENG Zong-Wei  
Supervised by China Association for Science and Technology  
Sponsored by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010)64034563  
E-mail: journal@espg.net

Domestic All Local Post Offices in China  
Foreign China International Book Trading  
Corporation  
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元