

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

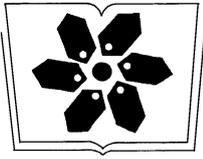
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第24期 Vol.31 No.24 **2011**

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 31 卷 第 24 期 2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

柑橘黄龙病株不同部位内生细菌群落结构的多样性	刘 波, 郑雪芳, 孙大光, 等	(7325)
小兴安岭红松径向生长对未来气候变化的响应	尹 红, 王 靖, 刘洪滨, 等	(7343)
污水地下渗透系统脱氮效果及动力学过程	李海波, 李英华, 孙铁珩, 等	(7351)
基于生态系统服务的海南岛自然保护区体系规划	肖 燧, 陈圣宾, 张 路, 等	(7357)
羌塘地区草食性野生动物的生态服务价值评估——以藏羚羊为例	鲁春霞, 刘 铭, 冯 跃, 等	(7370)
湖北省潜江市生态系统服务功能价值空间特征	许倍慎, 周 勇, 徐 理, 等	(7379)
滇西北纳帕海湿地景观格局变化及其对土壤碳库的影响	李宁云, 袁 华, 田 昆, 等	(7388)
基于连接性考虑的湿地生态系统保护多预案分析——以黄淮海地区为例	宋晓龙, 李晓文, 张明祥, 等	(7397)
青藏高原高寒草甸生态系统碳增汇潜力	韩道瑞, 曹广民, 郭小伟, 等	(7408)
影响黄土高原地物光谱反射率的非均匀因子及反照率参数化研究	张 杰, 张 强	(7418)
基于 GIS 的下辽河平原地下水生态敏感性评价	孙才志, 杨 磊, 胡冬玲	(7428)
厦门市土地利用变化下的生态敏感性	黄 静, 崔胜辉, 李方一, 等	(7441)
我国保护地生态旅游发展现状调查分析	钟林生, 王 婧	(7450)
黄腹山鹧鸪稳定的配偶关系限制雄性欺骗者	褚福印, 唐思贤, 潘虎君, 等	(7458)
食物蛋白含量和限食对雌性东方田鼠生理特性的影响	朱俊霞, 王 勇, 张美文, 等	(7464)
具有捕食正效应的捕食-食饵系统	祁 君, 苏志勇	(7471)
桑科中 4 种桑天牛寄主植物的挥发物成分研究	张 琳, WANG Baode, 许志春	(7479)
栗山天牛成虫羽化与温湿度的关系	杨忠岐, 王小艺, 王 宝, 等	(7486)
人工巢箱条件下杂色山雀的巢位选择及其对繁殖成功率的影响	李 乐, 万冬梅, 刘 鹤, 等	(7492)
鸭绿江口湿地鸕鹚类停歇地的生物生态研究	宋 伦, 杨国军, 李 爱, 等	(7500)
锡林郭勒草原区气温的时空变化特征	王海梅, 李政海, 乌 兰, 等	(7511)
UV-B 辐射胁迫对杨桐幼苗生长及光合生理的影响	兰春剑, 江 洪, 黄梅玲, 等	(7516)
小麦和玉米叶片光合-蒸腾日变化耦合机理	赵风华, 王秋凤, 王建林, 等	(7526)
利用稳定氢氧同位素定量区分白刺水分来源的方法比较	巩国丽, 陈 辉, 段德玉	(7533)
2010 年冬季寒冷天气对闽江口 3 种红树植物幼苗的影响	雍石泉, 仝 川, 庄晨辉, 等	(7542)
人参皂苷与生态因子的相关性	谢彩香, 索风梅, 贾光林, 等	(7551)
苈对黑麦草根系几种低分子量有机分泌物的影响	谢晓梅, 廖 敏, 杨 静	(7564)
盐碱地柠条根围土中黑曲霉的分离鉴定及解磷能力测定	张丽珍, 樊晶晶, 牛 伟, 等	(7571)
不同近地表土壤水文条件下雨滴打击对黑土坡面养分流失的影响	安 娟, 郑粉莉, 李桂芳, 等	(7579)
煤电生产系统的能值分析及新指标体系的构建	楼 波, 徐 毅, 林振冠	(7591)
专论与综述		
西南亚高山森林植被变化对流域产水量的影响	张远东, 刘世荣, 顾峰雪	(7601)
干旱荒漠区斑块状植被空间格局及其防沙效应研究进展	胡广录, 赵文智, 王 岗	(7609)
利用农业生物多样性持续控制有害生物	高 东, 何霞红, 朱书生	(7617)
研究简报		
洪湖湿地生态系统土壤有机碳及养分含量特征	刘 刚, 沈守云, 闫文德, 等	(7625)
氯氟菊酯和溴氟菊酯对萼花臂尾轮虫生殖的影响	黄 林, 刘昌利, 韦传宝, 等	(7632)
学术信息与动态		
SCOPE-ZHONGYU 环境论坛(2011)暨环境科学与可持续发展国际会议成功举办		(7639)
《生态学报》3 篇文章入选 2010 年中国百篇最具影响国内学术论文 等		(I)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2011-12		



封面图说: 泥炭藓大多生长在多水、寒冷和贫营养的生境, 同时有少数的草本、矮小灌木也生长在其中, 但优势植物仍然是泥炭藓属植物。泥炭藓植物植株死后逐渐堆积形成泥炭。经过若干年的生长演变, 形成了大片的泥炭藓沼泽。这种沼泽地有黑黑的泥炭, 绿绿的草甸和亮晶晶的斑块状水面相间相衬, 远远看去就像大地铺上了锦绣地毯一样美丽壮观。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

刘刚,沈守云,闫文德,田大伦,伍倩,梁小翠. 洪湖湿地生态系统土壤有机碳及养分含量特征. 生态学报, 2011, 31(24): 7625-7631.

Liu G, Shen S Y, Yan W D, Tian D L, Wu Q, Liang X C. Characteristics of organic carbon and nutrient content in five soil types in Honghu wetland ecosystems. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(24): 7625-7631.

洪湖湿地生态系统土壤有机碳及养分含量特征

刘 刚¹, 沈守云¹, 闫文德^{1,2,*}, 田大伦^{1,2}, 伍 倩^{1,3}, 梁小翠^{1,3}

(1. 中南林业科技大学, 长沙 410004; 2. 南方林业生态应用技术国家工程实验室, 长沙 410004;

3. 国家野外科学观测研究站, 会同 418307)

摘要:洪湖湿地是长江中游地区重要湿地生态区域,在维持区域生态安全中发挥着重要作用。通过对洪湖湿地 5 种类型土壤进行有机碳及养分含量进行研究,为湿地生态系统地球化学循环及碳储量估算提供重要基础。结果表明,(1)洪湖土壤有机碳含量随土壤容重增加递减。(2)洪湖湿地土壤有机碳平均含量为:湖中淤泥>洪泛平原湿地>草本沼泽>林地>农田,其中湖底淤泥的有机碳平均含量 6.74%,农田的有机碳平均含量为 1.241%。此外,有机碳含量随土层的加深而减少。(3)湖底淤泥 N 的平均含量(4.623±0.535) g/kg, Ca 的平均含量(26.262±4.201) g/kg,与洪泛平原湿地、草本沼泽及林地有显著性差异。农田 P 的平均含量(2.876±1.253) g/kg, K 的平均含量(7.205±0.159) g/kg,与湖底淤泥、洪泛平原湿地、草本沼泽及林地有显著性差异。(4)湖底淤泥中 Cu 的平均含量(40.19±3.04) mg/kg, Fe 的平均含量(8560.90±80.98) mg/kg, Co 的平均含量((29.66±0.67) mg/kg), Cu、Fe 和 Co 的平均含量都显著小于洪泛平原湿地、农田及林地, Pb 的平均含量(35.13±2.40) mg/kg, Mn 的平均含量(749.65±54.07) mg/kg,这两个元素的含量均与农田及林地有显著性的差异。湖底淤泥中重金属元素的平均含量小于其余 4 种湿地类型土壤。

关键词:湿地; 土壤; 有机碳; 养分

Characteristics of organic carbon and nutrient content in five soil types in Honghu wetland ecosystems

LIU Gang¹, SHEN Shouyun¹, YAN Wende^{1,2,*}, TIAN Dalun^{1,2}, WU Qian^{1,3}, LIANG Xiaocui^{1,3}

1 Central South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, China

2 National Engineering Laboratory for Applied Technology of Forestry & Ecology in South China, Changsha 410004, China

3 National Field Station for Scientific Observation and Experiment, Huitong 418307, China

Abstract: Honghu Wetland, located on the northern bank of middle Yangtze River, provides significant valuable ecosystem services including flood control, storm protection, water purification, biodiversity conservation, shoreline stabilization, tourism development and maintaining wetland products in the Yangtze River region. Particularly, the wetland ecosystems play an important functional role in climate change mitigation and adaptation through their ability to sink carbon and regulate water. For better understanding of characteristics of carbon sequestration capacity and nutrient biogeochemical cycle in Honghu wetland ecosystems, organic carbon content and nutrient concentrations were determined from five soil types (a lake bottom silt (LBS), a floodplain wetland soil (FWS), a herbaceous swamp soil (HSS), a farmland soil (FLS), and a forested soil FDS) in this wetland. The results showed that soil organic carbon concentration decreased with increasing soil bulk density in the five soil types. Soil organic carbon content ranged from 1.24% to 6.74% in the five soil types with the highest in LBS and the lowest in FLS, and was in the order LBS > FWS > HSS > FDS > FLS. The soil organic carbon

基金项目:教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-10-0151);科技部公益性研究项目(200904031,201104009);湖南省科技厅项目(2010TP4011-3);湖南省教育厅项目(湘财教学[2010]70号);长沙市科技局创新平台项目(K1003009-61)等项目资助

收稿日期:2011-03-16; 修订日期:2011-11-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: csfuywd@hotmail.com

content declined with the increase of the soil depth in the study region. The concentration of N and Ca was (4.623 ± 0.535) g/kg (mean \pm s. e.) and (26.262 ± 4.201) g/kg in LBS, which was significantly higher than that in other four studied soils ($P < 0.05$), except N concentration in FLS which did not significantly differ in LBS. The concentration of P was 0.533 ± 0.026 , 0.585 ± 0.021 , 0.651 ± 0.016 , 2.876 ± 1.253 , and (0.519 ± 0.011) g/kg in LBS, FWS, HSS, FLS, and FDS, respectively. On average, P content was about 6 times higher in FLD than in other four soil types in the study sites. FLS had the highest concentration of nutrient K (7.205 ± 0.159) g/kg, which was statistically significant higher than that in LBS (3.783 ± 0.160) g/kg, FWS (4.815 ± 0.662) g/kg, HSS (4.639 ± 0.588) g/kg, and FDS (3.426 ± 0.835) g/kg, respectively. All five wetland soils had the similar concentration of Mg (from 2.51 to 2.55) g/kg and no significant difference was found for Mg in the five soil types. For microelements, the concentrations of Cu, Fe and Co was 40.19 ± 3.04 , 8560.90 ± 80.98 , and 29.66 ± 0.67 mg/kg in LBS, which were significantly lower than those in FWS, FLS, and FDS, but no significant difference was found for the three microelements in the study sites. No statistically significant difference was found for Zn and Cd in the five wetland soils ($P > 0.05$). The concentration of Pb was significant higher in LBS (35.13 ± 2.40) mg/kg than in FLS and FDS, but the latter had significant higher concentration of Mn (1049.47 ± 71.07) mg/kg and (1117.91 ± 192.52) mg/kg, respectively than the former (749.65 ± 54.07) mg/kg. Our results suggest that plant types help to control organic carbon and other nutrient elements distributions in the wetland soils.

Key Words: wetland; soil type; organic carbon content; nutrients

湿地土壤中有机碳和养分是湿地生态系统中极其重要的生态因子,显著影响着湿地生态系统的生产力,因而一直倍受湿地生态学、土壤学等多个学科的关注^[1]。近年来,水体污染与富营养化以及全球气候变化等环境问题日益尖锐,湿地土壤作为碳、氮、磷的储集库,其在大气调节以及对附近水域中污染物的净化(包括营养盐的吸收与汇聚)方面的功能开始引起环境学家的高度关注^[2],研究湿地土壤中元素含量,是湿地生态系统地球化学循环研究的重要基础。此外,土壤有机碳是陆地生态系统中最大的碳库,对温室效应和全球气候变化具有重要的控制作用^[3-5],研究湿地土壤有机碳储量、变化过程及其关键控制因子,科学评价湿地土壤碳汇功能,不仅有助于正确评估湿地土壤有机碳的变化方向和速率,而且有助于正确评估全球碳循环,提高对地下碳循环机制的认识,对准确地预测气候变化以及制订应对气候变化的策略和措施具有重要的意义^[6]。近年来国内外学者对长江口湿地沉积物中重金属、有机碳、氮、磷等元素含量特征已有不少研究,陈华等^[7]对崇明东滩海三棱藨草生长期沉积物有机碳含量变化做了详细研究,王东启等^[8]研究了长江口崇明东滩沉积物中氮素变化。

洪湖湿地作为长江中游地区重要湿地生态区域,是众多湿地迁徙水禽重要栖息地、越冬地,是湿地生物多样性和遗传多样性重要区域,是长江中游华中地区湿地物种“基因库”。近年来,研究者对洪湖湿地的历史成因、地理分布和气候水文条件等方面开展了部分研究^[9-11],但是对洪湖湿地生态系统中土壤的有机碳及养分含量还缺乏深入了解。本文通过对洪湖湿地生态系统中几种典型的湿地土壤中有机碳及养分含量进行研究,以期较精确地估算该地区湿地有机碳储量状况,分析洪湖土壤各养分含量的与有机碳含量的相关性,并为合理开发、利用、恢复和保护洪湖湿地土壤和该区域的生态环境建设奠定一定的理论基础。

1 研究材料与方法

1.1 研究地概况

洪湖湿地位于湖北省东南部,长江中游北岸,处于江汉平原四湖流域的下游,是长江和汉水支流间的洼地区域,汇水面积广阔,其中心位置为东经 $113^{\circ}17'$,北纬 $29^{\circ}49'$,东西长 23.4 km,南北宽 20.8 km,岸线长度 104.5 km。洪湖地区的基本气候特征属北亚热带湿润季风气候,具有四季分明、光能充足、降水充沛、热量丰富、雨热同季的特点。年平均气温 $15.9-16.6$ $^{\circ}\text{C}$,年降水量平均在 1000—1300 mm 之间,年均蒸发量为 1354mm ^[9],独特的地理和气候条件,孕育了洪湖湿地极其丰富的野生动植物资源。

本文所研究 5 种典型洪湖湿地生态系统不同利用方式的土地类型,分别为:淡水湖、洪泛平原湿地、草本沼泽、农田及林地。由于季节性的洪水作用,洪泛平原湿地植物种类主要为艾蒿(*Artemisia argyi*)、稗草(*Echinochloa crusgallii* (L.) Beauv.)、菵草(*Humulus scandens* (Lour.) Merr)等。草本沼泽中沼泽植被中芦苇占绝对优势地位,在所调查的样地中,芦苇覆盖率均达到 100%,其它植物偶见其中。农田类型可分为水田和旱地两大类,旱地面积略大于水田。水田作物主要为一季稻和双季稻,旱地作物则有小麦、玉米、豆类、棉花、蔬菜等,洪湖地区一直以来被誉为“鱼米之乡”,历来是我国著名的商品粮基地。林地多呈带状或块状分布,林地面积不大,零散分布于整个湖区阔叶树种面积为 8595.82 hm²,主要树种有杨树、樟树和柳树等,其中以杨树最多;针叶树种面积为 72.04 hm²,主要树种为水杉、池杉和落羽松等;灌木林主要为水麻(*Distylium chinense*)灌丛。

1.2 研究方法

1.2.1 样品收集

借助遥感卫星图,确定洪湖湿地生态系统 5 种不同地类,在淡水湖中,随机选取了 13 个点进行湖底淤泥采样,其余几种地类在每一个地类中分别选取 3 个典型样地,每样地分 3 个点进行土壤样品采集,样品采集地基本情况见表 1。在每个采样点,以 15 cm 为间隔在 0—60 cm 深度的土壤剖面分层取样,每层从中部水平取环刀土,进行土壤含水量和容重分析。并用四分法取部分样品自然风干,经研磨后,过 100 目筛,装袋备用。

表 1 洪湖湿地样点基本情况

Table 1 Description of the sampling sites at Honghu wetland

湿地类型 Wetland types	地理坐标 Geographic coordinate	水文状况 Hydrological condition	植被 Vegetations	土壤 pH 值 Soil pH	土壤名称 Soil properties
洪泛平原湿地 Floodplain wetland soil	29°56'N 113°40'E	季节性积水	湖草	7.2	潮土
	30°00'N 113°54'E	季节性积水	湖草	7.5	潮土
	30°07'N 114°07'E	常年积水	湖草	7.3	草甸土
草本沼泽 Herbaceous swamp soil	29°46'N 113°27'E	季节性积水	芦苇	7.2	潮土
	29°49'N 113°22'E	常年积水	芦苇+荻群系	7.4	潮土
	29°49'N 113°23'E	季节性积水	莎草	6.8	潮土
农田 Farmland soil	29°48'N 113°24'E	间歇性积水	一季水稻	7.3	水稻土
	29°49'N 113°14'E	间歇性积水	双季水稻	7.4	水稻土
	29°49'N 113°25'E	无积水	玉米	6.7	水稻土
林地 Forested soil	29°47'N 113°26'E	无积水	阔叶林	6.8	黄棕壤
	29°46'N 113°26'E	无积水	针叶林	6.5	黄棕壤
	29°47'N 113°26'E	无积水	灌木林	6.7	黄棕壤

1.2.2 实验方法及数据处理

采用土壤环刀法测定土壤容重^[12],重铬酸钾外加热法测定土壤有机碳含量。pH 值用电位法测定;N 用半微量开式法测定;P 用 NaOH 熔融-钼抵抗比色法测定;K 用 FP6410 火焰光度计测定;Mg、Ca、Cu、Zn、Fe、Ni、Pb、Cd、Co、Mn 用火焰光度法测定。

数据处理与分析使用 SPSS13.0 及运用 EXCEL2007。

2 结果与分析

2.1 洪湖湿地土壤有机碳含量

2.1.1 洪湖湖底淤泥有机碳含量

洪湖湖岸平直,湖底平坦,湖底淤泥平均厚度为 50 cm,由于湖面积较大,其湖底淤泥是一个巨大的碳库。根据对 13 处研究地的淤泥进行有机碳含量分析,结果如图 1 所示,湖底淤泥的有机碳含量在 5.54%—7.48% 之间,平均值为 6.74%,略高于王学雷等^[10]对洪湖湖底淤泥有机碳含量的研究结果(6.32%)。湖底淤泥的

有机碳含量度偏大,其原因可能是由于洪湖为湖北所有湖泊有机物含量最丰富的淡水湖,湖底沉积的有机质较多。

2.1.2 洪泛平原湿地土壤有机碳含量

泛平原湿地指在丰水季节由洪水泛滥的河滩、河心洲、河谷、季节性泛滥的草地以及保持了常年或季节性被水浸润内陆三角洲。本研究分别选取了河滩、季节性泛滥的草地及季节性被水浸润的内陆三角洲的样地,并对3处的土壤分4个土层进行有机碳含量分析。研究表明(图2):在所选取的3个典型洪泛平原湿地中,草地>三角洲>河滩,其中草地的土壤有机碳含量是由于草地常年积水,有机碳不容易挥发。从4个土层上看,3处均为:0—15 cm 土层>15—30 cm 土层>30—45 cm 土层>45—60 cm 土层,有机碳密度随土层的加深而减低,其中0—15cm的有机碳含量显著高于其它几个土层,这是由于洪湖地区气温较高,有机质分解较容易,难以形成泥炭,而多以腐殖质的形态累计在土壤表层。

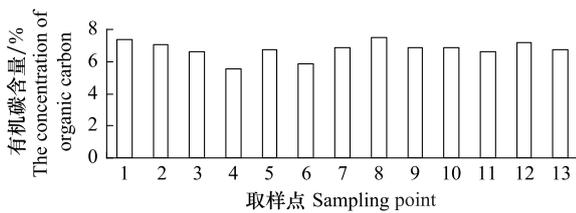


图1 洪湖湖底淤泥有机碳含量

Fig. 1 The concentraion of soil organic carbon in silt of Honghu

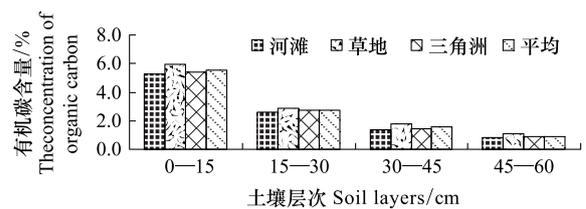


图2 洪泛平原湿地土壤有机碳含量

Fig. 2 The concentraion of soil organic carbon in floodplain wetland

2.1.3 洪湖湿地草本沼泽土壤有机碳含量

洪湖湿地草本沼泽主要是由水生和沼生的草本植物组成优势群落的淡水沼泽。本研究主要在典型的草本沼泽取剖面土壤进行研究,研究表明(图3):草本沼泽的有机碳平均含量在1.793%—3.799%之间,有机碳含量最大在0—15 cm 土层,最小在45—60 cm 土层,有机碳密度在0—15 cm 土层比较高的原因是由于草本沼泽的植物根系在该层比较集中,根系越集中,生物量越大,形成的有机质越多,此外,还存在一些为粒状或鱼卵状结构的粗腐殖质层,这其中也含有大量的有机质。

2.1.4 洪湖农田土壤有机碳含量

农业生产对土壤有机碳的效应各异。就水稻生产来说,世界上大多数雨养稻作系统中,普遍存在土壤有机碳下降的趋势^[13]。不过,据阿尔巴尼亚38a的研究资料显示,其农业灌溉湿地土壤有机碳含量显著提高,因而对大气CO₂的固存有积极贡献^[14]。洪湖地区作为我国重要的农产品生产基地,雨热同期,气候适宜,素有“鱼米之乡”的美誉。围湖造田和“退田还湖”等措施和政策对本区土地利用和农业环境产生深远的影响。本研究分别在玉米地、一季稻水田及双季稻水田进行取样。研究表明(图4):洪湖湿地农田的土壤有机碳含量在0.153%—2.854%之间,其中,86%的土壤有机碳集中在0—30 cm 土层,耕作层土壤含量显著高于非耕作层土壤。而双季稻水田>一季稻水田>玉米,这说明作物残体的还田量是影响本区土壤有机碳含量的主要因素,以及土壤水分中的有机质对土壤有机碳含量也有影响。而相比较我国的平均水平及我国同

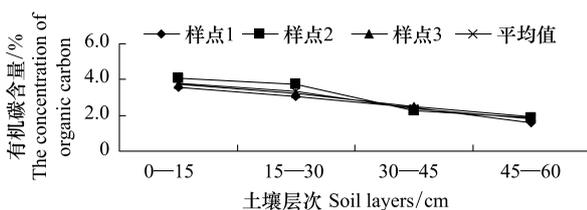


图3 草本沼泽土壤有机碳含量

Fig. 3 The concentraion of soil organic carbon in herb swamp

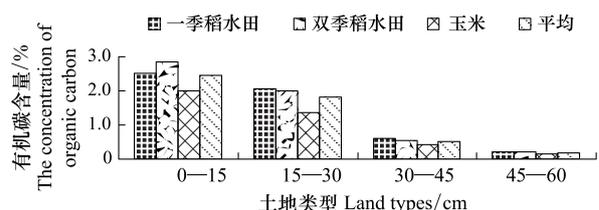


图4 农田土壤有机碳含量

Fig. 4 The concentraion of soil organic carbon in farmland

纬度地区, 该区域内的农田有机碳密度较高, 这主要可能与土壤生产力、土壤母质(土壤类型、质地粘重)、水文状态(径流量和渗流量)有关。在干旱的条件下, 土壤有机碳矿化速率都较低, 而干湿交替能促进土壤有机碳的分解^[15]。

2.1.5 洪湖湿地林地土壤有机碳含量

将洪湖湿地林地分为阔叶林、针叶林及灌木林 3 种类型, 阔叶林选择了杨树林, 针叶林选择的是杉木林、池杉林及落羽松林。研究表明(图 5): 3 种地类的土壤有机碳含量在 0.427%—2.548% 期间, 灌木林>阔叶林>针叶林, 这是由于灌木林及阔叶林的凋落物比较多, 一方面, 凋落物的分解增加了土壤表层的有机碳含量, 另一方面, 由于凋落物的覆盖, 土壤的蒸发较小, 土壤有机质含量与土壤的水热条件有关。洪湖湿地林地土壤有机碳含量较小, 其原因主要是林地几乎都是在路边、湖边等地, 人为干扰多, 生物循环旺盛, 有机物质代谢快, 不利于土壤有机碳的积累。

2.1.6 土壤有机碳含量和土壤容重关系

根据对洪湖湿地土壤分析结果, 建立土壤有机碳含量和土壤容重关系的散点图, 经线性拟合, 发现二者具有良好直线关系(图 6)。表明洪湖土壤有机碳含量与土壤容重密切相关, 土壤有机碳含量随土壤容重增加递减。这是因为土壤表层紧靠枯落物层, 腐烂的枯枝落叶使土壤表层变得疏松, 且涉入土壤表层高浓度的有机碳, 因此表层土壤容重比较小, 而土壤有机碳比较高; 另外, 一般而言, 容重高的土壤含有高密度砂粒、石砾等物质的可能性大, 而容重小的土壤中含有低密度腐殖质等有机质的可能性大, 因此, 土壤容重指标从侧面反映了土壤中所含有机碳的多少。

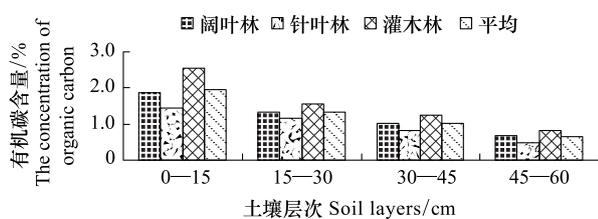


图 5 林地土壤有机碳含量

Fig. 5 The concentraion of soil organic carbon in forest soil

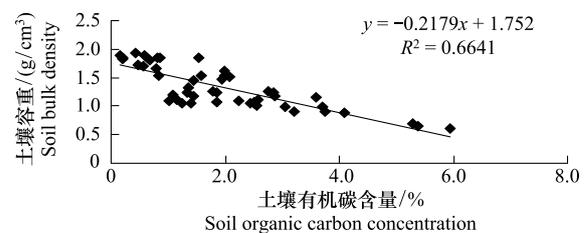


图 6 洪湖湿地土壤容重与有机碳含量间关系

Fig. 6 Relationship between soil organic carbon concentration and soil bulk density in Honghu wetland

2.2 洪湖湿地土壤养分含量

2.2.1 洪湖湿地土壤大量元素含量

从表 2 中可知, 洪湖湖底淤泥 Ca 含量为 26.262 g/kg, 显著高于其余几种类型土壤, 这可能是由于洪湖

表 2 洪湖湿地土壤大量元素含量(g/kg)

Table 2 The concentrations of large number of elements in Honghu wetland soil

采样点 Sampling point	N	P	K	Ca	Mg
湖底 Lake bottom silt	4.623 (0.535) A	0.533 (0.026) A	3.783 (0.160) A	26.262 (4.201) A	2.510 (0.015)
洪泛平原湿地 Floodplain wetland soil	2.130 (0.244) B	0.585 (0.021) A	4.815 (0.662) A	5.012 (0.632) B	2.535 (0.009)
草本沼泽 Herbaceous swamp soil	1.807 (0.204) B	0.651 (0.016) A	4.639 (0.588) A	6.207 (0.942) B	2.534 (0.017)
农田 Farmland soil	3.036 (1.221)	2.876 (1.253) B	7.205 (0.159) B	8.371 (0.303) B	2.550 (0.013)
林地 Forested soil	1.216 (0.284) B	0.519 (0.011) A	3.426 (0.835) A	3.639 (0.092) B	2.525 (0.026)

表中括号内数据为标准误; 不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

中的鱼、虾、蟹等水生动物死亡后,其尸骨沉入洪湖湖底,因此增加了湖底淤泥的 Ca 的含量。湖底淤泥 N 含量为 4.623 g/kg,显著高于洪泛平原湿地、农田及林地,农田的 P 含量为 2.876 g/kg,K 含量为 7.205 g/kg,这两个元素含量都显著高于其它几个类型土壤,这可能是由于农田施肥造成的差异。Mg 的含量几个类型土壤没有显著性差别。

2.2.2 洪湖湿地土壤微量元素含量

从表 3 中可知,湖底淤泥的微量元素含量与其它类型土壤微量元素含量的差异性很显著,其中,Cu 的平均含量为 40.19 mg/kg, Fe 的平均含量为 8560.90 mg/kg,Co 的平均含量为 29.66 mg/kg,Cu、Fe 和 Co 的平均含量都显著小于洪泛平原湿地、农田及林地,Pb 的平均含量为 35.13 mg/kg,Mn 的平均含量为 749.65 mg/kg,这两个元素的含量均与农田及林地有显著性的差异。Zn 和 Cd 的平均含量在各样点没有显著性的差异。几个重金属元素的平均含量,湖底淤泥比其余四种类型土壤要小,这说明洪湖的水质较好,影响了湖底淤泥的元素含量。

表 3 洪湖湿地土壤微量元素含量/(mg/kg)

Table 3 The concentrations of microelements in Honghu wetland soil

采样点 Site	Cu	Zn	Fe	Ni	Pb	Cd	Co	Mn
湖底	40.19	58.09	8560.90	50.73	35.13	12.29	29.66	749.65
Lake bottom silt	(3.04) A	(1.49)	(80.98) A	(1.28) A	(2.40) A	(1.56)	(0.67) A	(54.07) A
洪泛平原湿地	52.69	60.79	9053.49	61.62	32.80	15.52	33.47	657.80
Floodplain wetland soil	(8.41) B	(1.18)	(32.78) B	(4.12) B	(1.64)	(2.88)	(1.49) B	(48.15)
草本沼泽	52.07	58.37	8812.47	62.25	29.33	11.12	31.14	678.01
Herbaceous swamp soil	(2.80)	(3.14)	(169.63)	(4.59) B	(2.81)	(0.41)	(1.88)	(44.06)
农田	53.53	55.25	8901.51	58.11	19.71	9.60	33.85	1049.47
Farmland soil	(2.79) B	(1.36)	(56.83) B	(1.34) B	(0.94) B	(0.56)	(0.73) B	(71.07) B
林地	63.34	55.17	9076.13	60.83	21.26	14.24	33.98	1117.91
Forested soil	(2.47) B	(0.60)	(28.05) B	(2.48) B	(0.70) B	(4.18)	(0.76) B	(192.52) B

表中括号内数据为标准误;不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

3 结论

(1) 洪湖湖底淤泥的有机碳含量在 5.54%—7.48% 之间,平均值为 6.74%,高于其它类型土壤。其余几种类型土壤有机碳含量(图 7)随土层的加深而降低。几种类型土壤有机碳含量为湖中淤泥>洪泛平原湿地>草本沼泽>林地>农田。湖底淤泥有机碳密度最大,原因是由于淤泥主要为湖中生物死亡残体沉积形成,有机质含量高;农田最低,可能是当地的耕作方式中秸秆还田,相比其他地类,其凋落物输入很小,土壤有机质分解速度提高,以及耕种措施对土壤有机质物理保护的破坏。作物残茬易于降解,而其所含的不溶性物质较低;另外,耕作使土壤充分混合,打破了团聚体结构,并且使土壤有机质暴露,加快了其氧化降解速度。这些因素均导致土壤团聚体结构中轻分子量有机碳和一些有机矿物碳含量降低。此外洪湖湿地土壤有机碳含量与土壤容重密切相关,土壤有机碳含量随土壤容重增加递减。

(2) 洪湖湖底淤泥与其余几种类型的土壤元素含量差异性较为明显,其中,N,P,K,Ca,Cu,Fe,Ni,Pb,Co 及 Mn 的平均含量均与其它类型土壤有显著性差异。但是,湖底淤泥中重金属含量却比其它几个类型土壤的偏低。土壤重金属含量偏高的原因有很多,如大气降水中带入或由化肥等带入。而土壤中重金属化学行为表现为不移动性、累积性,具有不可逆的特点。因此,对受重金属污染土壤的治理要根据污染程度的轻重进行改良。从降低重金属的活性,减小它的生物有效性入手,加强土、水管理。

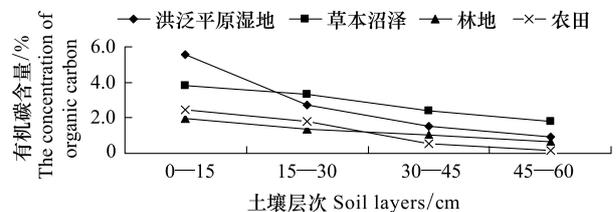


图 7 洪湖土壤有机碳含量

Fig. 7 The concentraion of soil organic carbon in Honghu wetland

References:

- [1] Bai J H, DENG W, Zhu Y M, Zhai J L, zhang Y X. Comparactive study on the distribution characteristics of soil organic matter and total nitrogen in wetlands — a case study of Xianghai and Horqin nature reserve. *Sciatica Geographical Since*, 2002, 22(2) : 232-237.
- [2] Wang H L, Li Y L, Zhang W Q, Wang L. Role of wetland soil in wetland environmental functions. *Environmental Science and Technology*, 2008, 31(9) : 62-66.
- [3] Chhabra A, Palria S, Dadhwal V K. Soil organic carbon pool in Indian forests. *Forest Ecology and Management*, 2003, 173(1/3) : 187-199.
- [4] Yang Y H, Fang J Y, Tang Y H, Ji C J, Zheng C Y, He J S, Zhu B. Storage, patterns and controls of soil organic carbon in the Tibetan grasslands. *Global Change Biology*, 2008, 14(7) : 1592-1599.
- [5] Wang S Q, Zhou C H, Li K R, Zhu S L, Huang F H. Analysis on spatial distribution characteristics of soil organic carbon reservoir in China. *Acta Geographical Sinica*, 2000, 55(5) : 533-544.
- [6] Zhou L, Li B G, Zhou G C. Advances in controllng factors of soil organic carbon. *Advance in Earth Sciences*, 2005, 20(1) : 99-105.
- [7] Chen H, Wang D Q, Chen Z L, Yang H X, Wang J, Xu S Y. The variation of organic carbon content in Chongming east tidal flat sediments during *Scirpus mariqueter* growing stage. *Act Sciatica Circumstantiate*, 2007, 27(1) : 135-142.
- [8] Wang D Q, Chen Z L, Xu S Y, Hu L Z, Wang J. Yangtze River estuary denton gentrification in sediment. *Science in China Series D(Earth Sciences)*, 2006, 36(6) : 544-551.
- [9] Xiao F. Evaluation of Ecological Functions, Structure and System Stability of Honghu Wetland [D]. Beijing: Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, 2003.
- [10] Wang X L, Du Y. The assessment of wetland value and protection of biodiversity in Honghu Lake. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2002, 17(3) : 177-180.
- [11] Hu X Y, Chen D L, Ai T C. Changes of water environment of Honghu Lake from 1990 to 2003. *Wetland Science*, 2006, 4(2) : 115-120.
- [12] Li Y K. Analysis of Conventional Agricultural Soil. Beijing: Science Press, 1983.
- [13] Naklang K, Whitebread A, Lefroy R, Blair G, Wonprasaid S, Konboon Y, Suriya-arunroj D. The management of rice straw, fertilisers and leaf litters in rice cropping systems in Northeast Thailand. *Plant and Soil*, 1999, 209(1) : 21-28.
- [14] Zdruli P, Eswaran H, Kimble J. Organic carbon content and rates of sequestration in soils of Albania. *Soil Science Society of American Journal*, 1995, 59(6) : 1684-1687.
- [15] Wu J, Brookes P C. The proportional mineralization of microbial biomass and organic matter caused by air-drying and rewetting of a grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 2005, 37 : 506-515.

参考文献:

- [1] 白军红, 邓伟, 朱颜明, 翟金良, 张玉霞. 湿地土壤有机质和全氮含量分布特征对比研究——以向海与科尔沁自然保护区为例. *地理科学*, 2002, 22(2) : 232-237.
- [2] 王红丽, 李艳丽, 张文俊, 王磊. 湿地土壤在湿地环境功能中的角色与作用. *环境科学与技术*, 2008, 31(9) : 62-66
- [5] 王绍强, 周成虎, 李克让, 朱松丽, 黄方红. 中国土壤有机碳库及空间分布特征分析. *地理学报*, 2000, 55(5) : 533-544.
- [6] 周莉, 李保国, 周广胜. 土壤有机碳的主导影响因子及其研究进展. *地球科学进展*, 2005, 20(1) : 99-105.
- [7] 陈华, 王东启, 陈振楼, 杨红霞, 王军, 许世远. 崇明东滩海三棱藨草生长期沉积物有机碳含量变化. *环境科学学报*, 2007, 27(1) : 135-142.
- [8] 王东启, 陈振楼, 许世远, 胡玲珍, 王军. 长江口崇明东滩沉积物反硝化作用研究. *中国科学 D 辑(地球科学)*, 2006, 36(6) : 544-551.
- [9] 肖飞. 洪湖湿地结构与生态功能评价及系统稳定性研究 [D]. 北京: 中国科学院研究生院. 2003.
- [10] 王学雷, 杜耘. 洪湖湿地价值评价与生物多样性保护. *中国科学院院刊*, 2002, 17(3) : 177-180.
- [11] 胡学玉, 陈德林, 艾天成. 1990—2003 年洪湖水体环境质量演变分析. *湿地科学* 2006, 4(2) : 115-120.
- [12] 李西开. 土壤农业化常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983.

CONTENTS

The community structure of endophytic bacteria in different parts of huanglongbing-affected citrus plants LIU Bo, ZHENG Xuefang, SUN Daguang, et al (7325)

A research on the response of the radial growth of *Pinus koraiensis* to future climate change in the XiaoXing'AnLing YIN Hong, WANG Jing, LIU Hongbin, et al (7343)

Efficiency and kinetic process of nitrogen removal in a subsurface wastewater infiltration system (SWIS) LI Haibo, LI Yinghua, SUN Tieheng, et al (7351)

Designing nature reserve systems based on ecosystem services in Hainan Island XIAO Yi, CHEN Shengbin, ZHANG Lu, et al (7357)

Assessing ecological services value of herbivorous wild animals in Changtang grassland: a case study of Tibetan antelope LU Chunxia, LIU Ming, FENG Yue, et al (7370)

Spatial characteristics analysis of ecological system service value in QianJiang City of Hubei Province XU Beishen, ZHOU Yong, XU Li, et al (7379)

Landscape pattern change and its influence on soil carbon pool in Napahai wetland of Northwestern Yunnan LI Ningyun, YUAN Hua, TIAN Kun, et al (7388)

Multi-scenarios analysis for wetlands ecosystem conservation based on connectivity: a case study on HuangHuaiHai Region, China SONG Xiaolong, LI Xiaowen, ZHANG Mingxiang, et al (7397)

The potential of carbon sink in alpine meadow ecosystem on the Qinghai-Tibetan Plateau HAN Daorui, CAO Guangmin, GUO Xiaowei, et al (7408)

The relations of spectrum reflectance with inhomogeneous factors and albedo parameterization ZHANG Jie, ZHANG Qiang (7418)

Groundwater ecological sensitivity assessment in the lower Liaohe River Plain based on GIS technique SUN Caizhi, YANG Lei, HU Dongling (7428)

Ecological sensitivity of Xiamen City to land use changes HUANG Jing, CUI Shenghui, LI Fangyi, et al (7441)

Investigation and analysis on situation of ecotourism development in protected areas of China ZHONG Linsheng, WANG Jing (7450)

Handicapping male-cheaters by stable mate relationship in yellow-bellied prinia, *Prinia flaviventris* CHU Fuyin, TANG Sixian, PAN Hujun, et al (7458)

Effects of dietary protein content and food restriction on the physiological characteristics of female *Microtus fortis* ZHU Junxia, WANG Yong, ZHANG Meiwen, et al (7464)

Predator-prey system with positive effect for prey QI Jun, SU Zhiyong (7471)

Volatile constituents of four moraceous host plants of *Apriona germari* ZHANG Lin, WANG Baode, XU Zhichun (7479)

Relationship between adult emergence of *Massicus raddei* (Coleoptera: Cerambycidae) and temperature and relative humidity YANG Zhongqi, WANG Xiaoyi, WANG Bao, et al (7486)

Nest site selection and reproductive success of *Parus varius* in man-made nest boxes LI Le, WAN Dongmei, LIU He, et al (7492)

A study on bio-ecology of the stopover site of waders within China's Yalu River estuary wetlands SONG Lun, YANG Guojun, LI Ai, et al (7500)

The spatial-temporal change variations of temperature in Xilinguole steppe zone WANG Haimei, LI Zhenghai, WU Lan, et al (7511)

The growth and photosynthetic responses of *Cleyera japonica* Thunb. seedlings to UV-B radiation stress LAN Chunjian, JIANG Hong, HUANG Meiling, et al (7516)

Photosynthesis-transpiration coupling mechanism of wheat and maize during daily variation ZHAO Fenghua, WANG Qiufeng, WANG Jianlin, et al (7526)

Comparison of the methods using stable hydrogen and oxygen isotope to distinguish the water source of *Nitratia Tangutorum* GONG Guoli, CHEN Hui, DUAN Deyu (7533)

Effects of cold weather on seedlings of three mangrove species planted in the Min River estuary during the 2010 winter YONG Shiquan, TONG Chuan, ZHUANG Chenhui, et al (7542)

Correlation between ecological factors and ginsenosides XIE Caixiang, SUO Fengmei, JIA Guanglin, et al (7551)

Effects of pyrene on low molecule weight organic compounds in the root exudates of ryegrass (*Lolium perenne* L.) XIE Xiaomei, LIAO Min, YANG Jing (7564)

Isolation of phosphate solubilizing fungus (*Aspergillus niger*) from *Caragana* rhizosphere and its potential for phosphate solubilization ZHANG Lizhen, FAN Jingjing, NIU Wei, et al (7571)

Effect of raindrop impact on nutrient losses under different near-surface soil hydraulic conditions on black soil slope AN Juan, ZHENG Fenli, LI Guifang, et al (7579)

Emergy analysis of coal-fired power generation system and construction of new emergy indices LOU Bo, XU Yi, LIN Zhengan (7591)

Review and Monograph

The impact of forest vegetation change on water yield in the subalpine region of southwestern China ZHANG Yuandong, LIU Shirong, et al (7601)

Reviews on spatial pattern and sand-binding effect of patch vegetation in arid desert area HU Guanglu, ZHAO Wenzhi, WANG Gang (7609)

Sustainable management on pests by agro-biodiversity GAO Dong, HE Xiahong, ZHU Shusheng (7617)

Scientific Note

Characteristics of organic carbon and nutrient content in five soil types in Honghu wetland ecosystems LIU Gang, SHEN Shouyun, YAN Wende, et al (7625)

Effects of cypermethrin and deltamethrin on reproduction of *Brachionus calyciflorus* HUANG Lin, LIU Changli, WEI Chuanbao, et al (7632)

《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)

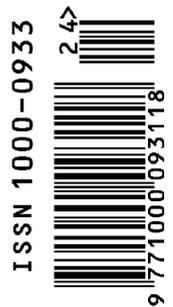
第 31 卷 第 24 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 24 2011

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	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
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@espg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@espg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



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