

1987—2008 年南四湖湿地植被碳储量时空变化特征

于泉洲^{1,2,3}, 张祖陆^{2*}, 吕建树⁴, 孙京姐²

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. 山东师范大学 人口·资源与环境学院, 山东 济南 250014; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
4. 南京大学 海岸与海岛开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210093

摘要: 利用研究区 1987、1997 和 2008 年的 Landsat TM/ETM⁺ 卫星遥感数据, 结合实地采样调查和收集的资料, 计算 3 个时期山东省南四湖湿地各植被类型的面积和碳储量; 同时依照不同覆被类型(植被类型)的平均碳储量将各覆被类型的斑块划分为不同储碳等级, 绘制 3 个时期的南四湖湿地植被碳格局图, 分析植被碳储量的时空变化特征、变化产生的原因和变化对湿地的潜在影响。研究表明: 研究前期(1987 年)植被碳格局存在着明显的植被碳储量以湖北中心线向两岸增大的带状特征, 研究中后期(1997—2008 年)带状储碳格局不断破碎化并最终消失。整个研究期高储碳等级的斑块面积不断减小, 低储碳等级的斑块面积增加。湿地植被碳储量呈现前期基本稳定后期显著减少的特征, 1987、1997 和 2008 年湿地植被碳储量均值分别为 1.07、1.08 和 0.64 Tg C, 1987—1997 年湿地植被碳储量平均年增加 0.001 Tg C, 变化幅度不大; 1997—2008 年年减少 0.04 Tg C, 下降较明显。其中自然植被碳储量在整个研究期内持续减少, 人工植被碳储量呈现先增加后减少的波动变化特征, 分析认为这一变化特征产生的主要原因是南四湖地区多因子驱动的土地覆被变化活动。通过区域湿地植被的碳平衡动态分析认为, 植被碳储量(碳库)的减少可能会导致整个湿地碳储量的入不敷出, 使整个湿地碳汇能力下降甚至可能变为碳源。

关键词: 湿地植被; 碳储量; 储碳格局; 碳密度; 南四湖

中图分类号: X173

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906(2012)09-1527-06

引用格式: 于泉洲, 张祖陆, 吕建树, 孙京姐. 1987—2008 年南四湖湿地植被碳储量时空变化特征[J]. 生态环境学报, 2012, 21(9): 1527-1532.

YU Quanzhou, ZHANG Zulu, LÜ Jianshu, SUN Jingjie. Spatial and temporal variation of vegetation carbon storage in Nansihu lake wetland from 1987 to 2008 [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(9): 1527-1532.

陆地生态系统碳储量的研究是全球气候变化研究的关键科学问题。湿地作为生产力最高的生态系统之一, 是重要的陆地碳库^[1-5]。湿地植被通过光合作用固定大气中的 CO₂, 自然状态下凋落物的形式储存到湿地泥炭层中而分解缓慢, 具有很强的储碳固碳能力^[4,6]。近年来对于湿地植被储碳固碳的研究已开展许多^[7-11], 多数是对沼泽湿地、滨海河口湿地的研究。虽然也有少量研究湖泊湿地碳储量的文章^[10-11], 但对湖泊湿地植被碳储量时空变化特征的研究还较少, 尤其对山东省南四湖湿地的研究鲜有报道。本文旨在以南四湖湿地为典型区, 研究 1987—2008 年间, 该湿地植被碳储量的时空变化特征, 揭示在强烈的土地利用背景下湿地植被在储碳方面的响应及对湿地碳循环的影响, 以期为湿地生态系统的碳循环研究提供基础数据, 并为权衡湿地

开发和碳汇价值保护之间的关系提供科学依据。

1 研究区与数据方法

1.1 研究区概况

南四湖(116°34'~117°21'E, 34°27'~35°20'N)位于山东省西南部, 属济宁市微山县管辖。南四湖属淮河流域, 区域河网密布, 自北向南由南阳、独山、昭阳和微山 4 个相连的湖泊组成, 南北长 120 km, 东西宽 5~25 km, 周长 306 km, 呈哑铃状, 最大水域面积约 1 266 km², 为中国十大淡水湖之一^[12]和南水北调东线工程主要的调蓄枢纽, 也是山东省重要的生物宝库和水禽栖息地, 在维护区域经济发展和生态平衡方面具有重大战略意义。南四湖属河迹洼地型湖泊^[13], 湖区平均水深 1.5 m, 大量芦苇、荷、芡、眼子菜、金鱼藻等湿生水生自然植被分布其中, 也有部分林地、农田等人工植被。近年来, 受人为

基金项目: 国家重大水专项课题子专题“南四湖流域水环境调查、问题诊断及输水水质安全保障综合控制方案研究”(2009ZX07210-007); 临沂大学水土保持与环境保育重点实验室开放基金项目(STKF201002)

作者简介: 于泉洲(1983年生), 男, 博士研究生, 主要从事生态系统生态学、生态系统碳氮耦合循环方面的研究。E-mail: yuqz.11b@igsrr.ac.cn; yuquanzhou2008@126.com

*通信作者: 张祖陆, 教授, 博士生导师。E-mail: zulzhang@126.com

收稿日期: 2012-07-06

表1 植被碳密度数据
Table 1 Vegetation carbon density data

植被类型	样本数	(以C计) kg·m ⁻²			
		最大值	最小值	均值	标准差
芦苇群落	10	3.63	1.06	2.35	0.75
荷花群落	8	0.46	0.12	0.26	0.13
沉水植物群落	10	0.33	0.09	0.23	0.09
林地	10	11.4	3.7	6.47	2.81
农田	3	0.77	0.29	0.54	0.24

计算方法见 1.3.2 内容

活动影响强烈,湖区生态环境变化显著^[12],渐成为研究热点。

1.2 数据

收集覆盖南四湖区域的 1:50 000 地形图,1987、1997 和 2008 年夏季相的 LandSat 卫星影像。植被碳密度数据的计算,采用 2010 年 9 月实地采样数据以及前人相关研究数据(见表 1)。

1.3 方法

1.3.1 遥感影像解译

将湿地土地覆被类型分为八类(见表 2)。利用 ENVI4.7 软件采用人机交互式解译方法,解译精度和 kappa 系数满足要求,得到 3 个时期各类型面积及其百分比(见表 2)。

1.3.2 植被碳密度计算

由于湖泊湿地植被多样的生活型,采样难度较大,故不同的植被类型碳密度的获取方法有所区别。

芦苇群落,收获了 1 m×1 m 样方内的水面上生物量,测量了植株含水量、样方内株数、水面上株高、水深数据,通过单位高度的茎质量计算了水下部分茎质量,从而得到湖底以上部分生物量,再通过前人研究的相近区域的芦苇根冠比的平均值(1.94)^[14-15]计算出整个样方的生物量干质量。荷花群落,由于其生长聚集程度较低,故设置 2 m×2 m 样方,获取湖底以上部分生物量。利用文献资料记载的南四湖地区莲藕亩产量^[16]、莲藕含水量^[17]和实地调查询问的莲藕收获时的损失比(5%)折算其地

下样方生物量。对于沉水植物群落利用水草夹获取 1 m×1 m 样方内全部生物量。

将以上样品带回实验室,洗净并在烤箱内 65 °C 恒温烘 48 h 至恒质量测其干质量。采用通用的植物碳含量系数(50%)^[8]计算碳密度。

对于林地和农田植被类型,统计了前人研究的森林和农田植被碳密度数据用于南四湖湿地林地和农田碳储量的计算。通过文献[18-29]中对森林植被碳密度和农田植被碳密度研究结果的平均值进行统计平均,并计算标准差用于计算研究区的碳储量。

1.3.3 储碳等级划分与湿地植被碳储量计算

依照各土地覆被类型对应的植被碳密度,绘制植被碳格局图。按照各土地覆被类型对应的植被碳密度(建筑用地视为 0),将其分为 6 个储碳等级。林地最大为 6 级,芦苇群落为 5 级,农田 3 级;资料显示湿地主要沉水植物遍及全湖且在湖泊的不同位置盖度有所差异^[12],故自然水面、河流水渠和养殖水面为 2 级,建筑用地为 1 级。

结合植被面积和对应的植被碳密度,利用公式(1)计算 1987、1997 和 2008 年南四湖湿地植被的碳储量:

$$V = \sum_{i=1}^5 S_i \cdot B_i \quad (1)$$

公式(1)中, V 为湿地植被总碳储量; i 为湿地植被群落类型,取值从 1~5, S_i 为由遥感获取的第 i 种植被类型面积、 B_i 为第 i 种植被类型的碳密度。

2 结果

2.1 植被储碳空间格局特征

碳密度越大对应的储碳等级越高,反映到图 1 上的颜色也就越深。1987—2008 年间植被的碳格局变化明显,尤以研究期的后 11 年变化剧烈。高储碳等级的斑块不断减少和破碎,是碳储量下降的表现;1987 年,湿地植被的碳格局基本是以湖心为中

表2 解译的不同时期不同土地覆被类型面积

Table 2 Area data of various land cover of different periods from remote sensing interpretation

覆被类型	1987 年		1997 年		2008 年	
	面积/km ²	面积百分比/%	面积/km ²	面积百分比/%	面积/km ²	面积百分比/%
自然水面	580.10	47.07	528.74	43.06	404.89	32.90
河流水渠	37.75	3.06	35.50	2.89	61.93	5.03
养殖水面	8.78	0.71	113.78	9.27	418.01	33.96
芦苇群落	305.19	24.76	265.30	21.61	81.61	6.63
荷花群落	208.75	16.94	129.85	10.58	62.69	5.09
农田	33.27	2.70	81.46	6.63	131.88	10.72
林地	20.56	1.67	34.19	2.78	24.66	2.00
建筑用地	38.12	3.09	39.05	3.18	45.04	3.66
总面积	1 232.52	100.00	1 227.86	100.00	1 230.71	100.00

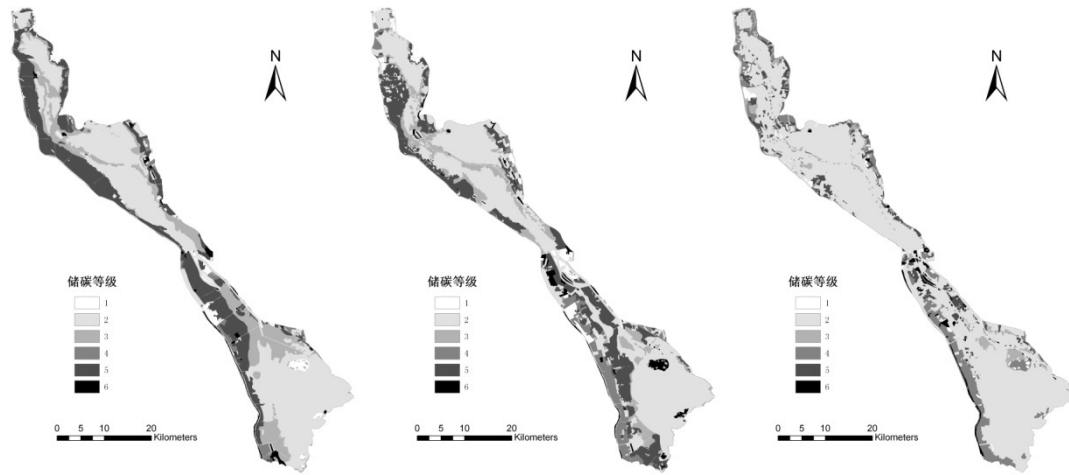


图 1 不同时期南四湖湿地植被碳格局 (从左至右为 1987、1997 和 2008)
 Fig.1 Carbon pattern of NanSiHu wetland vegetation in 1987, 1997 and 2008 form left to right

央向东西两岸储碳等级不断加大，呈现带状格局，且湖西区域碳储量大于湖东；到 1997 年带状格局开始破碎化，原先连片的高碳密度的斑块中出现了大量的低碳密度的斑块；2008 年，带状格局不复存在，低储碳等级的斑块占据湿地的大部分地区。

从景观生态学理论可知，面积较小的斑块抗干扰能力通常较差，较高储碳等级斑块的破碎化意味着其斑块消失的可能性加大。因此，高储碳等级的斑块的破碎化意味着湿地植被进一步减少（植被碳库减少）的可能性加大。

2.2 植被碳储量变化特征

1987、1997 和 2008 年南四湖湿地植被碳储量的平均值分别为 1.07、1.08 和 0.64 Tg C (1 Tg C=10¹² g C)。各类型植被碳储量及其变化特征详见表 3 和图 2。

由表 3 看出，芦苇群落和荷花群落碳储量在整个湿地植被碳储量中所占比例不断下降，沉水植物群落、林地和农田碳储量所占比例有所上升。湿地植被总碳储量呈略有上升后大幅下降特征，其中自然植被碳储量比重持续下降，人工植被碳储量比重

则持续上升，说明湿地的人为影响更趋明显，且人工植被对湿地碳储量的贡献更不容忽视。

由图 2 看出，芦苇群落的碳储量最大，减少也最为剧烈。荷花群落，虽然群落面积较大，但由于其含水量大使得其碳储量量级较小，大致与农田的碳储量量级相当，且变化趋势相反。沉水植物群落和林地的碳储量量级相当，但原因不同——沉水植物群落是由于面积大，而林地是由于其碳密度大。

自然植被碳储量持续减少，1987—1997 年平均每年减少 0.01 Tg C；1997—2008 年减少速率变大，平均每年减少 0.037 Tg C。人工植被碳储量先增加后又有所减少，变化幅度不大，这一方面是由于人工种植的林地定期砍伐再植，使人工植被碳储量波动变化，另一方面农田植被碳储量虽然一直增加，但由于总量较小，所以对人工植被碳储量的影响不大。

就整个湿地植被碳储量而言，1987—1997 年碳储量变化不大且略有上升，平均每年增加 0.001 Tg C。这一时期虽然自然植被碳储量减少，但由于人工植被林地和农田碳储量的增加，两者相抵使得总

表 3 不同时期各植被类型碳储量数据统计
 Table 3 Carbon storage data statistics of various vegetation types in different periods

Tg C

植被类型	1987 年			1997 年			2008 年		
	均值	标准差	占总碳储量百分比/%	均值	标准差	占总碳储量百分比/%	均值	标准差	占总碳储量百分比/%
芦苇群落	0.72	0.23	67.24	0.62	0.20	57.82	0.19	0.06	29.86
荷花群落	0.05	0.03	5.09	0.03	0.02	3.13	0.02	0.01	2.54
沉水植物群落	0.14	0.06	13.51	0.16	0.06	14.46	0.20	0.08	31.68
林地	0.13	0.06	12.47	0.22	0.10	20.51	0.16	0.07	24.83
农田	0.02	0.01	1.68	0.04	0.02	4.08	0.07	0.03	11.09
自然植被总计	0.92	0.31	85.85	0.81	0.28	75.41	0.41	0.15	64.08
人工植被总计	0.15	0.07	14.15	0.27	0.12	24.59	0.23	0.10	35.92
湿地总计	1.07	0.38	100.00	1.08	0.39	100.00	0.64	0.25	100.00

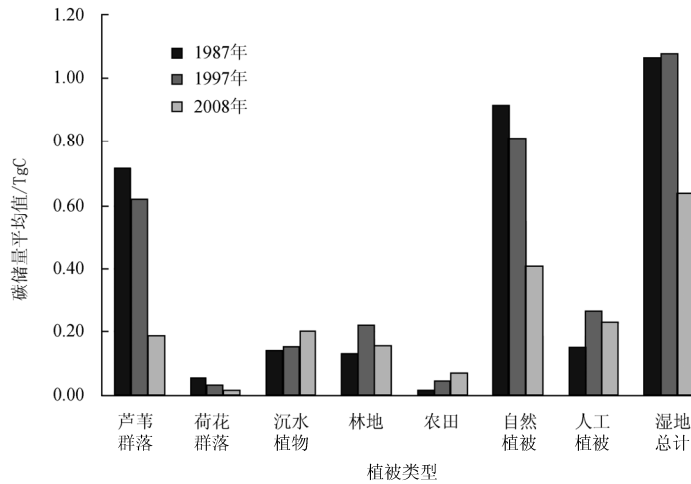


图2 不同时期各植被类型碳储量

Fig.2 Carbon storages of various vegetation types in different periods

碳储量比较稳定。1997—2008年由于自然植被碳储量剧烈减少而人工植被碳储量变化不大,致使湿地植被总碳储量减少迅速,平均每年减少0.04 Tg C。总的来说,湿地植被总碳储量呈现先稳定持平后快速下降的趋势,2008年的总碳储量只有1987年的60%。

3 讨论

3.1 植被碳储量变化的原因

1980年以来南四湖地区经济迅速发展,且发展相当程度上依赖于湿地的开发,尤其是以破坏湖区内原有植被资源的开发方式为主^[30]。土地利用方式变化是影响植被碳储量变化的主要因素之一^[31-34]。对于南四湖湿地也不例外,土地利用方式变化对湿地植被碳储量的影响主要体现在以下三方面:

(1) 1990年以来,上游排污导致南四湖水质下降,造成自然湖区渔业产量下降^[35]。当地渔民为发展经济毁苇毁荷开挖鱼塘进行人工养殖,破坏了原有的植被景观,致使较高碳密度的植被面积减少,较高碳密度的景观类型被较低碳密度的景观类型所取代,很大程度上改变了湿地植被的储碳格局,致使条带状格局破碎化。

(2) 由于京杭大运河南北贯穿整个湿地,且南四湖又是南水北调东线工程的必经之地,所以南四湖还兼顾着区域通航、防洪、灌溉等任务,航道疏浚、开挖新渠、水利枢纽调蓄水位的事件经常发生,致使原有的部分植被区遭到了破坏,一时间难以恢复,造成植被碳储量和碳格局的变化。

(3) 2001—2002年南四湖的大旱^[36],造成除运河河道外的整湖干涸。在湖泊干涸造成大量湿地植被死亡的同时,当地居民大肆毁苇毁荷,在干涸的湖床上进行农耕活动,使得湿地植被更大程度地被破坏,扰动了南四湖湿地植被的碳储量

和碳格局。

3.2 植被碳储量变化对区域碳平衡的影响

从图2看出人工植被碳量在整个湿地植被碳储量中的比重不断增加,因此整个湿地植被碳储量将更多地受到人为影响。尤其湿地内经济用材林的植伐、农田的播收必然使湿地植被碳储量更显波动变化特征,导致整个湿地植被碳库的稳定性被打破。

植被通过光合作用固定大气中CO₂是湿地碳库增加的主要途径。由图3看出植被碳库的变化对整个湿地碳循环动态有重要影响,主要包括对湖泊底泥碳库变化和区域社会碳库变化产生影响。底泥碳库指植被凋落腐烂进入湖底积累的碳库;区域社会碳库则是人为收获湿地植被并加工供人们使用的碳库。除了气候变化影响植被光合和呼吸改变NPP继而导致植被碳储量变化外,人类活动(LUCC)对植被碳库的影响更大^[32,34]。植被面积的大量减少可以短时间内导致植被碳储量下降。如果人为采收植被的速率和植物自然凋腐速率稳定不变,进入区域社会碳库和湖泊底泥碳库的碳量必然明显减少。尤其在湖泊底泥碳库中的泥炭分解速率稳定条件下,植被碳库的减小造成湖泊底泥碳库的碳量入不敷出,整个湿地系统将有更多的碳排放到大气中去,致使整个湿地碳汇能力下降甚至成为碳源。

3.3 碳储量估算的不确定性

当前对于区域碳储量计算还很难做到十分精确^[21,26],所以有必要对碳储量研究进行不确定性分析。

3.3.1 面积的不确定性

受遥感影像空间分辨率及解译精度的影响,各植被类型面积存在一定不确定性。采用的30 m分辨率的数据,很难解决植被与非植被混合像元的问题;解译精度虽然达到了80%以上,但仍存在一定

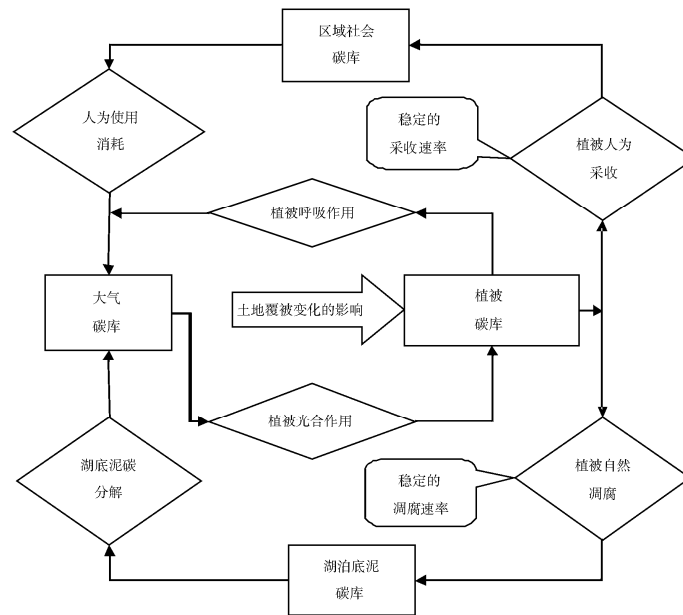


图3 南四湖湿地碳循环动态

Fig.3 Carbon Cycle dynamic process in NanSiHu wetland

的解译误差。另外,沉水植物群落面积难以利用遥感得到,利用3种水域面积算作沉水植被面积也存在误差。虽然理论上可以通过南四湖区域的水下DEM结合水生植物一般的生活水深进行估算,但南四湖人为活动强烈,沉水植被分布变异性也很强^[12],这样计算也不理想。

3.3.2 碳密度的不确定性

采样和统计过程中发现,同种植物在不同区域碳密度也不尽相同,例如芦苇群落碳密度的标准差为 $C\ 0.75\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$,变异达其平均值的32%;同时地下碳量和植被含碳率值都依赖于前人资料加以计算;另外,林地和农田植被碳密度是参考前人相关资料统计处理后得到的。这些对估算南四湖湿地植被碳储量可能会带来一定误差。

4 结论

1987—2008年湿地植被总碳储量呈现先略有上升后明显下降的特征,1987年湿地植被总碳储量均值为 $1.07\ \text{Tg}\ \text{C}$,1997年为 $1.08\ \text{Tg}\ \text{C}$,2008年为 $0.64\ \text{Tg}\ \text{C}$ 。1987—1997年湿地植被碳储量平均年增加 $0.001\ \text{Tg}\ \text{C}$,1997—2008年年减少 $0.037\ \text{Tg}\ \text{C}$ 。其中自然植被碳储量呈现持续下降趋势,1987年为 $0.92\ \text{Tg}\ \text{C}$,到2008年减少为 $0.41\ \text{Tg}\ \text{C}$ 只有1987年的45%,平均年减少约 $0.024\ \text{Tg}\ \text{C}$;而人工植被碳储量由于受人为影响较大,呈现波动上升趋势。

从植被碳储量的空间分布来看,研究初期以湖心线为中心向湖两侧碳储量不断增大呈现带状分布特征;研究后期带状格局消失,较高碳储量的植被类型呈现明显的破碎化趋势。植被碳储量这一变化特征与湿地的人为扰动关系密切,主要受当地渔

民毁苇毁荷开挖鱼塘、相关水利工程建设和围湖造田等活动的影响。

湿地植被碳储量的减少对湿地碳循环动态平衡可能有影响。植被碳库的减少可能造成底泥碳库中的碳入不敷出,从而使得整个湿地系统碳汇能力减弱甚至有可能使整个湿地变为碳源。

致谢:在野外采样过程中得到了张伦和程刚的大力帮助,在此表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R]. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2007.
- [2] SCHIMMEL D S. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle[J]. Global Change Biology, 1995, 1: 77-91.
- [3] ADAMS J M, PIOVESAN G. Uncertainties in the role of land vegetation in the carbon cycle[J]. Chemosphere, 2002, 49: 805-819.
- [4] 段晓男, 王效科, 尹弢, 等. 湿地生态系统固碳潜力研究进展[J]. 生态环境, 2006, 15(5): 1091-1095.
- [5] 胡启武, 吴琴, 刘影, 等. 湿地碳循环研究综述[J]. 生态环境学报, 2009, 18(6): 2381-2386.
- [6] 刘子刚. 湿地生态系统碳储存和温室气体排放研究[J]. 地理科学, 2004, 24(5): 634-639.
- [7] 马雪慧, 吕宪国, 杨青, 等. 三江平原沼泽地碳循环初探[J]. 地理科学, 1996, 16(4): 323-330.
- [8] 王绍强, 许珺, 周成虎. 土地覆被变化对陆地碳循环的影响: 以黄河三角洲河口地区为例[J]. 遥感学报, 2001, 5(2): 142-148.
- [9] 梅雪英, 张修峰. 长江口典型湿地植被储碳、固碳功能研究: 以崇明东滩芦苇为例[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(2): 269-272.
- [10] 康文星, 田徽, 何介南, 等. 洞庭湖湿地植被系统的碳贮量及其分配[J]. 水土保持学报, 2009, 23(6): 129-133.
- [11] 李博, 刘存岐, 王军霞, 等. 白洋淀湿地典型植被芦苇储碳固碳功能研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(12): 2603-2607.

- [12] 沈吉,张祖陆,杨丽原,等.南四湖:环境与资源研究[M].北京:地震出版社,2008.
- [13] 张祖陆,沈吉,孙庆义,等.南四湖的形成及水环境演变[J].海洋与湖泊,2002,33(3):314-321.
- [14] 贾庆宇,周莉,谢艳兵,等.盘锦湿地芦苇群落生物量动态特征研究[J].气象与环境学报,2006,22(4):25-30.
- [15] 王丹,张银龙,庞博,等.苏州太湖湿地芦苇生物量与水深的动态特征研究[J].环境污染与防治,2010,32(7):49-55.
- [16] 中国莲藕网 [EB/OL]. <http://www.cnlianou.com/h/tech/ouzhong/2010/2049.html>.
- [17] 中华素食网.莲藕的营养价值及食疗作用[EB/OL]. http://www.chinavegan.com/2009/welcome_to_china_vegan@20090731195616.htm.
- [18] 邓蕾,上官周平.秦岭-陕县森林植被碳储量与碳密度特征[J].西北植物学报,2011,31(11):2310-2320.
- [19] 赵敏,周广胜.中国森林生态系统的植物碳储量及其影响因素分析[J].地理科学,2004,24(1):50-54.
- [20] 张林,王礼茂.三北防护林体系森林碳密度及碳储量动态[J].干旱区资源与环境,2010,24(8):136-140.
- [21] DIXON R K, BROWN S, HOUGHTON R A, et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystem[J]. Science, 1994, 264(14):185-190.
- [22] 王绍强,周成虎,罗成文.中国陆地自然植被碳量空间分布特征探讨[J].地理科学进展,1999,18(3):238-244.
- [23] 王让会,衣林峰,宁虎森,等.基于 NDVI 的人工植被碳储量估算[J].遥感技术与应用,2011,26(4):399-404.
- [24] 路秋玲,郑阿宝,阮宏华.瓦屋山林场森林碳密度与碳储量研究[J].南京林业大学学报:自然科学版,2010,34(5):115-119.
- [25] 张全智,王传宽.6种温带森林碳密度与碳分配[J].中国科学:C 辑,2010,40(7):621-631.
- [26] 方精云,刘国华,朱彪,等.北京东灵山三种温带森林生态系统的碳循环[J].中国科学:D辑,2006,36(6):533-543.
- [27] 赵荣钦,刘英,丁明磊,等.河南省农田生态系统碳源/汇研究[J].河南农业科学,2010,7:40-44.
- [28] 李克让,王绍强,曹明奎.中国植被和土壤碳储量[J].中国科学:D辑,2003,33(1):72-80.
- [29] SAUGIER B, ROY J, MOONEY H A. Estimation of terrestrial global productivity: onverging toward a single number?[C]//ROY J, SAUGIER B, MOONEY H A. Terrestrial Global Productivity. San Diego: Academic Press, 2001: 543-577.
- [30] 侯效敏,石晓艳.山东南四湖流域生态经济与可持续发展研究[J].生态经济,2009(3):151-155.
- [31] GUO L B, GIFFORD R M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis[J]. Global Change Biology, 2002, 8: 345-360.
- [32] 高志强,刘纪远,曹明奎,等.土地利用和气候变化对农牧过渡区生态系统生产力和碳循环的影响[J].中国科学:D辑,2004,34(10):946-957.
- [33] 王宗明,国志兴,宋开山,等.2000—2005年三江平原土地利用/覆被变化对植被净初级生产力的影响研究[J].自然资源学报,2009,24(1):136-146.
- [34] 陈广生,田汉勤.土地利用/覆盖变化对陆地生态系统碳循环的影响[J].植物生态学报,2007,31(2):189-204.
- [35] 刘恩峰,侯伟,崔莉,等.南四湖湿地景观格局变化及原因分析[J].湿地科学,2009,9:262-267.
- [36] 山东省水文水资源勘测局.2001与2002年山东省水资源公报[R].济南:山东省水文水资源勘测局,2004.

Spatial and temporal variation of vegetation carbon storage in Nansihu lake wetland from 1987 to 2008

YU Quanzhou^{1,2,3}, ZHANG Zulu^{2*}, LÜ Jianshu⁴, SUN Jingjie²

1. The Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
2. School of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;
3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
4. The Key Laboratory of Coast and Island Development of Ministry of Education, Nanjing University, Nanjing 210093, China

Abstract: Using vegetation carbon density data of Nansihu lake wetland coming from field survey and previous literatures, and combining with Landsat TM/ETM⁺ remote sensing data of the three periods in 1987, 1997 and 2008, this paper analyzed the spatial and temporal changing characteristics of wetland vegetation carbon storage in Nansihu lake wetland, mapped the vegetation carbon pattern figure, and calculated the area of various vegetation types and vegetation carbon storage in the three periods. The results of the study show that: in the early period of the study (1987), vegetation carbon storage pattern has obviously banded characters and its carbon storage increased from the center line of the lake to the tow edges of the lake, while in the later period (1997—2008), the carbon storage pattern is of fragmentation and eventually disappear. Throughout the whole study period, the patch area with high carbon storage levels constantly decreases, and the patch area with high carbon storage levels increased. The vegetation carbon storage kept stability in early phase and significantly reduces later; the mean wetland vegetation carbon storage in 1987, 1997 and 2008 are 1.07 Tg C, 1.08 Tg C and 0.64 Tg C, respectively. The wetland vegetation carbon storage increased 0.001 Tg C each year in early study period and reduced 0.04 TgC each year in later study period. The natural vegetation carbon storage continued to decline throughout the whole study period, while planted vegetation carbon storage increased firstly and then decreased, with presenting fluctuation. The paper argues that the changing characteristics of the carbon storage in Nansihu wetland are driven by the land use change principally. By analysing carbon dynamic balance of the study area, the decrease of vegetation carbon storage may lead to decline of wetland carbon sequestration capability, even may make wetland become a carbon source.

Key words: wetland vegetation; carbon storage; carbon pattern; carbon density; Nansihu lake