

文章编号:1004-8227(2011)06-0685-05

# 长江口南支岛屿沙洲湿地陆向发育过程中 表层沉积物有机碳变化

梅雪英<sup>1,2</sup>, 张修峰<sup>2\*</sup>

(1. 安徽农业大学资源与环境学院, 安徽 合肥 230036; 2. 暨南大学水生生物研究所, 广东 广州 510632)

**摘要:**通过对白茆沙、扁担沙、中央沙、九段沙和崇明岛等长江口南支湿地表层沉积物有机碳含量的测定,研究河口岛屿沙洲湿地陆向发育过程中表层沉积物有机碳变化。结果得出:长江口南支岛屿沙洲湿地陆向发育过程中,表层沉积物有机碳含量逐步增加。处在发育前期的岛屿沙洲湿地,表层沉积物有机碳含量低,如白茆沙仅1.057%,随着岛屿沙洲的发育,表层沉积物有机碳含量逐渐升高,如发育较为成熟的崇明东滩湿地达3.176%;另外,从高程较低的光滩到发育较为成熟的芦苇带,表层沉积物有机碳含量也逐渐增加,其中芦苇带的含量最高(3.004%),海三棱藨草带次之(1.812%),光滩较低(1.436%);再者,随着岛屿沙洲湿地的陆向发育,其表层沉积物有机碳分布越来越不均匀,也说明了岛屿沙洲陆向发育过程中表层沉积物有机碳含量的变化趋势。这表明河口岛屿沙洲湿地陆向演变过程中,表层沉积物发挥着积极的有机碳汇聚功能。

**关键词:**长江口;湿地;沉积物;有机碳;含量

**文献标识码:** A

碳平衡问题已成为全球环境变化的关键问题<sup>[1,2]</sup>。湿地生态系统碳循环是全球碳循环的重要组成部分,湿地具有“碳汇”的功能,单位面积湿地碳储量是热带森林的3倍,在陆地上各种生态系统中单位面积碳储量是最高的。湿地土壤碳储量占全球土壤碳储量的20%~25%<sup>[3]</sup>,湿地生态系统90%以上的碳储量储存在土壤中<sup>[4]</sup>。

河口湿地处于海陆生态交错区,常处于演变之中。长江口岛屿沙洲湿地淤涨速率明显高于其他地区的海岸盐沼<sup>[5]</sup>,致使长江口现代发育过程中不同时期形成了不同的河口岛屿沙洲湿地且陆向发育快<sup>[6]</sup>。河口湿地除具备一般湿地的性质以外,还受到潮汐的影响,促进了河口湿地与海洋间的有机质交换,使其成为高初级生产力的生态系统和高效的碳汇集区域。目前,对长江口湿地储碳、固碳能力<sup>[7]</sup>、沉积物有机质更新特征<sup>[8]</sup>、滩面演化的有机碳累积效应<sup>[9]</sup>、滩面发育对有机碳深度分布的制约<sup>[10]</sup>、崇明东滩湿地土壤有机碳汇聚能力、九段沙湿地土壤有机碳陆向分布<sup>[11,12]</sup>以及湿地植被演替

过程中储碳、固碳功能变化<sup>[13]</sup>等,均做了研究。而从岛屿湿地陆向发育角度,研究岛屿沙洲湿地表层沉积物有机碳含量的变化尚未见报道。为此,研究了长江口南支岛屿沙洲湿地陆向发育过程中表层沉积物有机碳含量的变化趋势,为河口湿地碳循环研究以及河口岛屿沙洲湿地的保护提供参考。

## 1 研究方法

### 1.1 区域概况

长江每年从其上游带来大量泥沙,其中50%左右在长江口沉积并形成一系列岛屿沙洲湿地(图1)。长江口岛屿沙洲湿地中崇明岛成陆时间最长,迄今已有1300多年历史。崇明东滩湿地面积广阔,潮滩最宽处13 km,研究期间吴淞零点以上的面积301.6 km<sup>2</sup>,其中芦苇滩面积26 km<sup>2</sup>,草滩面积106 km<sup>2</sup>,是具有国际意义的保护湿地<sup>[6]</sup>;九段沙是长江口南支的又一新生重要沙洲岛屿湿地,20世纪50年代基本是上一个水下沙洲,20世纪60~70年代

收稿日期:2010-11-17;修回日期:2011-02-09

基金项目:暨南大学青年基金(51208026)

作者简介:梅雪英(1974~),女,安徽省涡阳人,博士,助研,主要从事生态环境方面的研究。E-mail:qxmxmy@163.com

\* 通讯作者 E-mail: wetlandxfz@163.com

已是一片光滩,80 年代后期,局部较高滩面已有蘆草 (*Scirpus triqueter*) 生长,90 年代已有芦苇 (*Phragmites australis*) 生长,研究期间沙体相对稳定,趋向成陆<sup>[14]</sup>;扁担沙是南支水道中一条长约 37 km 的沙体(—5 m),是涨潮槽与落潮槽之间缓流区的泥沙堆积而成的沙体,其平面面积随南北港分汊口位置的上提下挫而不断地变化,而且在滩顶上多次出现串沟,时而淤高时而被冲失,长有芦苇、海三棱蘆草 (*Scirpus mariqueter*) 等<sup>[15]</sup>;白茆沙在 1965 年出现雏形,随后逐步发展,到 1993 年已经发育成比较完整的江心洲,研究期间沙体上无高等植物定居<sup>[15]</sup>。本区地貌分带明显,根据高程,小潮高潮位附近出现海三棱蘆草,向上逐渐连成片状;小潮高潮位以下是光滩;大潮高潮位以上分布有以芦苇为主的植被。可以简单地按芦苇带、海三棱蘆草带和光滩带分为高、中、低 3 个地貌单元,且不同的地貌单元处于发育的不同阶段<sup>[16]</sup>。

1.2 样品的采集与处理

2003 年 9 月 15 日~21 日、10 月 2 日~5 日和 2004 年 7 月 13 日分别对崇明东滩、九段沙、中央沙(青草沙)、扁担沙、白茆沙等地进行表层沉积物样品的采集(如图 1 所示)。选择有代表性的采样点并用 GPS 定位,记录采样点植被状况。采集 0~5 cm 深度的表层沉积物,每点 3 个平行样品,放入可密封的聚乙烯塑料袋中,采用四分法将各个样点的 3 份相同类型的样品等量缩分至 1 份,混匀。所有样品剔除杂物后在室温下风干研磨至粉末状,过 100 目筛后进行测定。各采样区域采样点及其植被情况见表 1。

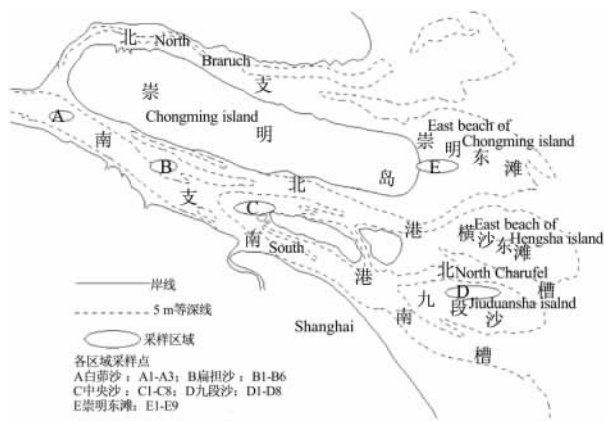


图 1 长江口岛屿沙洲湿地表层沉积物采样区域  
Fig.1 Sample Zone Location of Islands Surface Sediment in Yangtze River Estuary Wetlands

表 1 各采样点及其概况

Tab. 1 Samples Location and the General Situation

| 采样区域   | 样点         | 概况    |
|--------|------------|-------|
| 白茆沙 A  | A1, A2, A3 | 光滩    |
|        | B1, B2     | 光滩    |
| 扁担沙 B  | B3, B4     | 海三棱蘆草 |
|        | B5, B6     | 芦苇    |
|        | C1, C2     | 光滩    |
| 中央沙 C  | C3, C4, C5 | 海三棱蘆草 |
|        | C6, C7, C8 | 芦苇    |
|        | D1, D2     | 光滩    |
| 九段沙 D  | D3, D4, D5 | 海三棱蘆草 |
|        | D6, D7, D8 | 芦苇    |
|        | E1, E2, E3 | 光滩    |
| 崇明东滩 E | E4, E5, E6 | 海三棱蘆草 |
|        | E7, E8, E9 | 芦苇    |

1.3 样品测定

沉积物有机质含量的测定方法采用灼烧失重法,在 700℃下灼烧 4 h,以样品的重量损失来计算有机质含量,即:有机质%=(样品重的减少量/样品重)×100。采用国际上通用的 0.58 作为土壤有机质和有机碳之间的转换系数<sup>[3]</sup>,求得沉积物的有机碳含量。

1.4 统计分析方法

数据处理采用 STATISTICA6.0 进行。

2 结果与分析

2.1 有机碳水平分布特征

白茆沙、扁担沙、中央沙、九段沙和崇明东滩等岛屿沙洲湿地经历了不同的发育阶段。目前均处于由小变大、高程由低到高的陆向发育阶段,其中白茆沙是新近淤积成的岛屿沙洲,崇明东滩陆向发育较为成熟。在陆向发育过程中,其表层沉积物有机碳含量也在发生变化(图 2),处在发育前期的岛屿沙洲湿地,其表层沉积物有机碳含量低,如白茆沙仅为 1.057%;而随着岛屿沙洲的发育,表层沉积物有机碳含量逐渐升高,如发育较为成熟的崇明东滩湿地有机碳含量达 3.176%,为白茆沙的 3 倍;处在陆向发育过程中的中央沙和九段沙湿地表层沉积物有机碳含量较崇明东滩低,但较白茆沙有大幅度增加,这说明长江口南支岛屿沙洲湿地陆向发育过程中,其表层沉积物环境也在不断变化,有机碳含量逐步增加。

同时也可以看出,随着岛屿沙洲湿地的陆向发育,其表层沉积物有机碳分布越来越不均匀,如处在

发育前期的白茆沙的表层沉积物有机碳含量分布最为均匀,而发育较为成熟的崇明东滩的最不均匀,也说明了岛屿沙洲陆向发育过程中表层沉积物有机碳含量的变化特征。

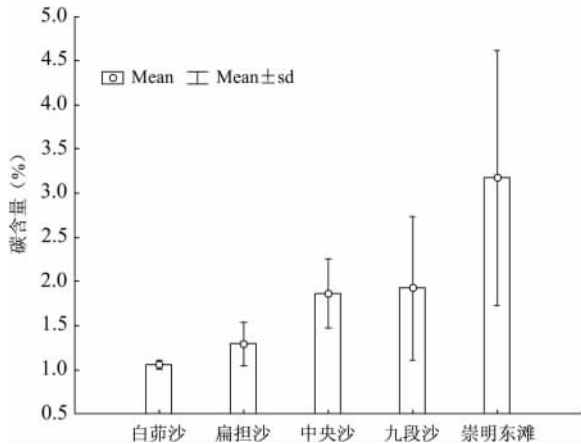


图 2 长江口南支不同岛屿沙洲表层沉积物有机碳含量的变化

Fig. 2 Change of Carbon Content in Surface Sediment of Different Islands in South Branch of Changjiang Estuary

## 2.2 有机碳高程梯度分布特征

长江口潮滩湿地微地貌景观特征明显,按照高程可以简单地按芦苇带、蘆草带和光滩带分为高、中、低潮滩 3 个地貌单元。海三棱蘆草带的生长高程高于 2.0 m,芦苇带的高程一般高于 2.8 m,而芦苇群落的出现往往标志着潮滩湿地植物群落达到了成熟阶段。一般高程越高,成陆时间越久<sup>[16]</sup>,因此,高程的高低反映了成陆时间的早晚。

微地貌特征对植被、水动力条件、沉降泥沙的质地,决定有机质分解的环境因子等均产生重要影响,

从而影响到表层沉积物有机碳含量。从光滩到芦苇带表层沉积物有机碳含量逐渐增加(图 3),其中芦苇带的含量最高,3.004%;海三棱蘆草带次之,1.812%;光滩较低,1.436%;即芦苇带>海三棱蘆草带>光滩,表明随着高程增高表层沉积物有机碳含量增加。另外,表层沉积物有机碳随高程梯度分布不均。高程较低的光滩表层沉积物有机碳含量分布最为均匀,而高程较高的区域即芦苇带的表层沉积物有机碳含量最不均匀。但最大值出现在芦苇带,最小值在光滩中出现。据 LSD 检验结果(表 2),芦苇带潮滩表层沉积物有机碳含量同海三棱蘆草以及光滩带的含量差异显著( $p < 0.05$ ),表明微地貌特征是影响表层沉积物有机碳含量最为重要的因子。

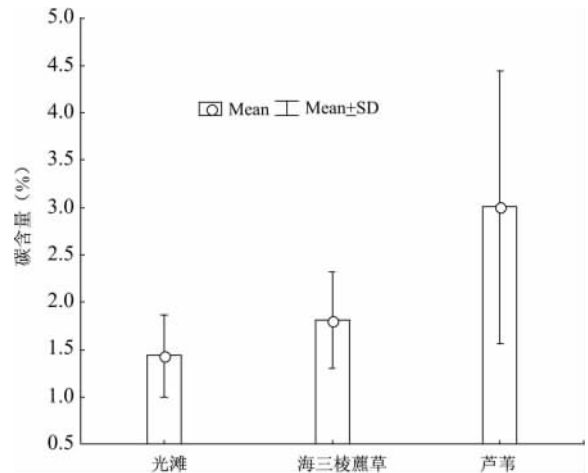


图 3 长江口湿地表层沉积物有机碳含量随高程的分布图  
Fig. 3 Organic Carbon Content of Different Altitudes in Surface Sediment of Changjiang Estuary Wetland

表 2 不同高程表层沉积物有机碳含量方差分析结果

Tab. 2 Result of ANOVA of Organic Carbon Storage in Surface Sediment of Different Altitude

| (I) 地点 | (J) 地点 | 均数差        | 标准误      | 显著水平  | 95% 可信区间  |           |
|--------|--------|------------|----------|-------|-----------|-----------|
|        |        |            |          |       | 下限        | 上限        |
| 光滩     | 海三棱蘆草带 | -0.376 04  | 0.360 82 | 0.306 | -1.112 94 | 0.360 86  |
|        | 芦苇带    | -1.727 88  | 0.370 12 | 0.000 | -2.483 76 | -0.972 00 |
| 海三棱蘆草带 | 光滩     | 0.376 04   | 0.360 82 | 0.306 | -0.360 86 | 1.112 94  |
|        | 芦苇带    | -1.351 85* | 0.377 69 | 0.001 | -2.123 19 | -0.580 51 |
| 芦苇带    | 光滩     | 1.727 88*  | 0.370 12 | 0.000 | 0.972 00  | 2.483 76  |
|        | 海三棱蘆草带 | 1.351 85*  | 0.377 69 | 0.001 | 0.580 51  | 2.123 19  |

注: \* 差异显著  $\alpha=0.05$

### 3 讨论

长江口岛屿沙洲湿地为软相沉积物,主要有细砂、粉砂质砂、砂质粉砂、粘土砂质粉砂等多种类型。低潮滩沉积物最粗,多为粉砂和细砂质粉砂,局部为细砂。此处表层沉积物有机碳基本反映沉积母质特征,更新程度低,其来源主要受水流里固体颗粒物中有机碳以及藻类生物残体的影响,且没有植物覆盖,致使该区域对有机碳的滞留能力较差,从而导致光滩有机碳含量低。中潮滩沉积物由青灰色的粘土质粉砂和粉砂组成;高潮滩沉积物最细,以黑色-青灰色粉砂质粘土和粘土质粉砂为主;滩地高程愈高,物质愈细,粘粒增加,而粘粒越多有机质含量增高<sup>[17]</sup>。可见,岛屿发育时间长短直接影响表层沉积物有机质的分布,处在发育前期的岛屿沙洲,高程较低,其表层沉积物有机碳含量低;随着岛屿沙洲的陆向发育,高程愈来愈高,其表层沉积物有机碳含量逐渐升高。

其次,长江口南支岛屿沙洲由小到大,高程由低到高的自然演变过程中,湿地植被也发生着演替。从无植被生长高程较低的光滩,包括低潮带和中潮带下部逐步演替到中潮带中、上部和高潮带下部的长江口湿地先锋物种海三棱藨草,最后演替到高潮带中、上部的芦苇群落。湿地上生长的植被会对表层沉积物有机碳含量产生很大影响。这是因为大量根系的腐解归还,为土壤提供了丰富的碳源<sup>[18]</sup>,如芦苇、海三棱藨草等高等植物的根状茎在土体内纵横伸展,枯死后这些积累的有机质就残留在土体内从而大大增加了土壤的有机质含量<sup>[19]</sup>;另外,大量的地表枯落物也是表层沉积物有机碳的重要来源。因此,岛屿沙洲陆向发育过程中,表层沉积物有机碳含量逐步升高。表明长江口南支岛屿沙洲湿地陆向发育过程中表层沉积物的有机碳汇聚功能不断增加。

再者,长江口南支岛屿沙洲湿地表层沉积物有机碳随高程梯度分布不均,如光滩表层沉积物有机碳含量分布最为均匀,而芦苇带的表层沉积物有机碳含量最不均匀,说明影响该区域沉积物有机碳含量的因素很多,除受湿地植物的影响外,还受外源输入以及有机质分解速率等的影响<sup>[20]</sup>。由于长江口湿地受到陆海相互作用的影响,决定了湿地沉积物中有机质来源的复杂性,不仅有河流携带的陆源有机质以及来自原地植被的有机质,还有涨潮水带来

的海相有机质。长江口岛屿沙洲湿地沉积速率明显高于世界其他地区的海岸盐沼湿地,导致有机质的快速埋藏,从而降低有机质的分解速率,提高有机质的保存率。但同内陆沼泽湿地相比<sup>[21]</sup>长江口岛屿沙洲湿地表层有机碳含量较低,特别是发育早期的光滩。这主要是因为研究区内大多为新生湿地,成土年龄短,土壤的潜育化程度低,初级生产力低,动植物残体分解快,且过水频繁,将动植物分解残体冲入大海而致使沉积物中有机碳含量偏低。

总之,微地貌特征是影响长江口南支岛屿沙洲湿地表层沉积物有机碳含量的主要因素。微地貌特征通过影响外源输入、植被、水动力条件、有机质分解速率等,而影响着表层沉积物有机碳含量。因此,促进河口岛屿沙洲湿地的陆向发育,有利于增强湿地的有机碳汇聚功能,减缓全球气候变暖进程。

### 4 结论

长江口南支岛屿沙洲湿地陆向发育过程中,表层沉积物有机碳含量逐步增加;处在发育前期的岛屿沙洲湿地表层沉积物有机碳含量低,随着岛屿沙洲的发育,表层沉积物有机碳含量逐渐升高;从高程较低的光滩到发育较为成熟的芦苇带表层沉积物有机碳含量也逐渐增加。再者,随着岛屿沙洲湿地的陆向发育,其表层沉积物有机碳分布越来越不均匀,也说明了岛屿沙洲陆向发育过程中表层沉积物有机碳含量的变化趋势。本研究表明河口岛屿沙洲湿地陆向演变过程中,表层沉积物发挥着积极的有机碳汇聚功能。

### 参考文献:

- [1] SCHOLLES R J, NOBLE I R. Storing carbon on land[J]. Science, 2001, 294:1 012~1 013.
- [2] JAMES J M, CANZIANI O F, LEARY N A. Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001:31~36.
- [3] POST W M, EMANUEL W R, ZINKE P J, et al. Soil carbon pools and world life zones[J]. Nature, 1982, 298:156~159.
- [4] IPCC. Land-use change and forestry[M]. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2000.
- [5] 范代读, 李从先, 陈美发, 等. 长江三角洲泥质潮坪沉积间断的定量分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(4):1~6.
- [6] 袁兴中, 陆健健. 长江口岛屿湿地的底栖动物资源研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(1):37~41.
- [7] 梅雪英, 张修峰. 长江口典型湿地植被储碳、固碳功能研

- 究——以崇明东滩芦苇带为例[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(2): 269~272.
- [8] 陈庆强, 周菊珍, 孟 翊, 等. 长江口盐沼土壤有机质更新特征的滩面趋势[J]. 地理学报, 2007, 62(1): 72~80.
- [9] 陈庆强, 周菊珍, 孟 翊, 等. 长江口盐沼滩面演化的有机碳累积效应[J]. 自然科学进展, 2007, 17(5): 614~623.
- [10] 陈庆强, 孟 翊, 周菊珍, 等. 长江口盐沼滩面发育对有机碳深度分布的制约[J]. 地球科学进展, 2007, 22(1): 26~32.
- [11] 李艳丽, 肖春玲, 王 磊, 等. 上海崇明东滩两种典型湿地土壤有机碳汇聚能力差异及成因[J]. 应用生态学报, 2009, 20(6): 1310~1316.
- [12] 席雪飞, 贾建伟, 王 磊, 等. 长江口九段沙湿地土壤有机碳及微生物陆向分布[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(12): 2574~2579.
- [13] 梅雪英, 张修峰. 崇明东滩湿地自然植被演替过程中储碳及固碳功能变化[J]. 应用生态学报, 2007, 18(4): 1~4.
- [14] 唐承佳, 陆健健. 长江口九段沙植物群落研究[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 399~403.
- [15] 李九发, 万新宁, 陈小华, 等. 上海滩涂后备土地资源及其可持续开发途径[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(1): 17~22.
- [16] 陈吉余. 海岸带和海涂资源综合调查报告[M]. 上海: 上海科技出版社, 1998: 7~36.
- [17] 张修峰, 梅雪英, 童春富, 等. 长江口岛屿沙洲湿地陆向发育过程中表层沉积物氮营养盐的变化[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1116~1121.
- [18] JOBBAGY E G, JACKSON R B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation[J]. Ecological Application, 2002, 10(2): 423~436.
- [19] 孙平跃, 陆健健. 长江口湿地资源生物的可持续利用[J]. 长江流域资源与环境, 1998, 7(4): 330~336.
- [20] 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[J]. 地球科学进展, 2005, 20(1): 99~105.
- [21] 张文菊, 吴金水, 肖和艾. 三江平原典型湿地剖面有机碳分布特征与积累现状[J]. 地球科学进展, 2004, 19(4): 558~563.

## ORGANIC CARBON IN SURFACE SEDIMENTS OF ISLAND WETLANDS DEVELOPING TO LAND IN SOUTH BRANCH OF CHANGJING RIVER ESTUARY

MEI Xue-ying<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiu-feng<sup>2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

**Abstract:** The Yangtze River estuary is one of the largest estuaries in the world. Baimaoshan, Biandansha, Zhongyangsha, Jiuduansha and Chongming island have been formed by rapid sedimentation in different stages of the estuary development. As sedimentation has progressed, there are associated changes in organic carbon content in the surface sediments. Few previous research has been completed on organic carbon concentrations in surface sediments of the estuary islands in relation to the growth of the island wetlands. This research investigated the concentrations of organic carbon within surface sediments of the wetland island progressing to land. Results showed that the carbon content in the surface sediments increased when the island wetlands progressed to land. The most recent formed wetland island had a low organic carbon content, such as Baimaoshan, 1.057%; with the development of the island wetlands to land, the organic carbon content increased gradually, such as the sediments in east beach of Chongming island, had a concentration of 3.176%. In addition, the organic carbon content increased gradually with the increase in altitude. The highest concentrations were in the reed zone, 3.004%; the lowest were in bare beach region, 1.436%; the concentrations of *Scirpus mariqueter* zone were between them, 1.812%. However, the organic carbon content became uneven when the island wetlands was developing to land, which also explained the changing law of the organic carbon content in the surface layer of the island wetlands development. The study indicates that the island wetlands in estuary play an important role in storing organic carbon when processing to land.

**Key words:** Changjiang estuary; wetland; sediment; organic carbon; content