

潮间带盐沼植物黏附悬浮颗粒物的差异性研究

李华¹, 杨世伦¹

(1. 华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062)

摘要: 为了研究潮间带盐沼植物黏附悬浮颗粒物的差异性, 在长江口选择了三种盐沼植物群落对它们黏附的颗粒物质量进行测定, 结果表明: (1) 植物群落距潮沟或光滩越近, 生长位置的滩面高程越低, 则黏附颗粒物越多, 而在盐沼前缘单位滩地面积上植物黏附颗粒物的质量以 1%~3%/m(单位水平距离)的速率从水体悬浮颗粒物含量相对较高的盐沼外缘光滩或潮沟向盐沼内部减小; (2) 植物黏附的颗粒物量在垂向上从上到下急剧增大, 通常在靠近滩面 5~10 cm 的部分植物的黏附量占植物黏附总量的三分之一以上; (3) 相邻群落单位滩地面积的互花米草[(220.6±172.7)g/m²]的总黏附量明显多于芦苇[(64.9±38.1)g/m²]和海三棱藨草[(45.2±31.7)g/m²], 而按单位生物量来说单位滩地面积上三种盐沼植物黏附的颗粒物以海三棱藨草最多[(150.5±134.8)g/kg], 芦苇最少[(28.8±22.8)g/kg], 互花米草介于两者之间[(57.5±32.9)g/kg]; (4) 海三棱藨草的黏附量在季节上差异性明显, 秋初(9月)是春末(5月)的 6 倍, 在冬季该植物消失, 其黏附颗粒物的功能也消失。造成盐沼植物黏附悬浮颗粒物差异的根本原因是生物量、悬浮颗粒物含量和淹没条件(淹没的深度、时间、频率)的不同。

关键词: 盐沼; 植物; 悬浮颗粒物; 潮间带; 长江口

中图分类号: P76; P9

文献标志码: A

文章编号: 0253-4193(2010)01-0114-06

1 引言

淤泥质潮间带在世界上(特别在我国)有着广泛的分布。沉积动力过程是淤泥质潮间带物理过程研究的核心内容, 因而受到国内外研究者的高度重视^[1-4]。在自然条件下在淤泥质潮间带上部通常生长着茂密的盐沼植物^[5], 它对泥沙的沉积动力过程产生特殊的影响, 是潮间带沉积动力学研究的重要组成部分。关于盐沼植物通过削弱波浪、潮流水动力而促进悬浮颗粒物落淤的研究已取得了不少进展^[6-10], 相比之下对植物黏附颗粒物的研究较少^[11]。盐沼植物对悬浮颗粒物的过滤作用具有两方面的意义: 一是对水体的净化作用, 特别是因为细

颗粒泥沙是营养盐和污染物的载体; 二是在全球海平面加速上升的背景下, 悬浮颗粒物的淤积有助于维持潮间带湿地的继续存在^[12]。长江口潮间带盐沼在世界盐沼中独具特色, 具有重要的学术价值。本研究旨在通过长江口盐沼不同植物群落黏附悬浮颗粒物的时空差异, 加深对潮间带植物环境效应的认识。

2 研究区概况

长江入海的丰富颗粒物沉积^[13]和长江口显著的潮差^[14]导致宽阔的淤泥质潮间带形成。崇明东滩和九段沙是长江口两处最典型的潮间带湿地, 它

收稿日期: 2009-04-13; 修订日期: 2009-06-29。

基金项目: 国家自然科学基金项目(40671017); 上海市科学技术委员会重点基金项目(07DJ14003-01); 国家自然科学基金委员会创新群体项目(40721004); 中华人民共和国科学技术部中荷合作项目(2008DFB90240)。

作者简介: 李华(1977-), 女, 黑龙江省哈尔滨市人, 自然地理学博士研究生, 从事海岸环境研究。E-mail: pillarhual@126.com

们的面积分别为 132^①和 150 km²[¹⁵] (图 1)。在两处潮间带上部都生长着耐盐的茂密喜水草本植物,在最宽处有数千米。海三棱藨草 (*Scirpus mariqueter*)、芦苇 (*Phragmites australis*) 和引种的互花米草 (*Spartina alterniflora*) 是研究区的三种优势植物群落。海三棱藨草是本土先锋植物,生长

在盐沼的下部(向海一侧),高度一般为 40~50 cm,盖度为 60%~70%;芦苇一般生长在海三棱藨草的向陆一侧,高度一般为 2~2.5 m,盖度为 80%~90%;互花米草生存竞争能力较强,可同时替代海三棱藨草和芦苇,一般高 1.5~2 m,盖度为 90~95%。两地都位于长江口的最大浑浊带区,涨潮水体悬沙含量通常为 1~2 g/L [¹⁶]。长江口潮汐为半日潮,口门地区平均潮差为 2.5~2.7 m [¹⁴]。

3 研究方法

在崇明东滩和九段沙两处盐沼进行多点植物取样(图 1)。采样详细情况见表 1。为确保数据的有效性,在每个点取三个平行样。样方均为 40 cm×40 cm。植物的地上部分被割下,割下后立即从下到上进行分段。海三棱藨草分段间距为 5 cm,互花米草和芦苇分段间距均为 10 cm。把各段植物分别放入标本袋中。标本在实验室 72 °C 下烘干,称重。把烘干后的样品再转至烧杯中,加蒸馏水后放于超声波中振荡,洗掉植株黏附的颗粒物。含颗粒物水用 0.45 μm 滤纸过滤,过滤后在 108 °C 下烘干,称重。对草样采样点的滩面高程采用 RTK-GPS(美国 Trimble 公司生产)测量,该仪器高程精度为 1 cm 量级。以吴淞高程(国家水准点)为高程测量基准面。

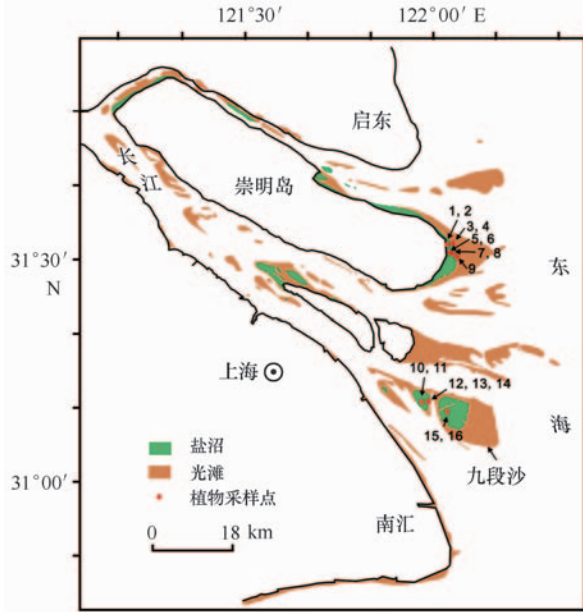


图 1 研究区示意图

表 1 各采样点位置、植被种类和采样时间

样点号	滩面高程 ^① /m	纬度/(°)	经度/(°)	植物种类	相对位置	采样时间
1	4.06	31.53701	121.95818	互花米草	盐沼内缘	2005-09-13
2	4.05	31.53704	121.95816	芦苇	盐沼内缘	2005-09-13
3	2.90	31.53916	121.96910	海三棱藨草	盐沼外缘	2005-09-09
4	2.85	31.53913	121.96908	互花米草	盐沼外缘	2005-09-13
5	3.38	31.52896	121.97123	互花米草	潮沟边	2006-09-28
6	3.41	31.52916	121.97123	互花米草	距潮沟边 20 m	2006-09-28
7	2.86	31.52895	121.97378	海三棱藨草	盐沼外缘	2006-09-28
8	2.87	31.52875	121.97378	海三棱藨草	距潮沟边 20 m	2006-09-28
9 ^②	2.85	31.50855	121.98301	海三棱藨草	盐沼外缘	2007-05-10
10	4.01	31.21414	121.90022	芦苇	潮沟边	2006-06-24
11	4.03	31.21420	121.90022	芦苇	距潮沟边 60 m	2006-06-24
12	2.90	31.21456	121.90001	互花米草	小潮沟内	2006-06-26
13	3.35	31.21458	121.90001	互花米草	潮沟边	2006-06-26
14	3.42	31.21456	121.90001	互花米草	距潮沟边 15 m	2006-06-26
15	3.31	31.16667	121.97122	海三棱藨草	潮沟边	2006-06-28
16	3.33	31.16669	121.97122	海三棱藨草	距潮沟边 20 m	2006-06-28

注:① 理论最低潮位(在崇明东滩,它位于吴淞基面以下 40 cm)以上;②是一个生长季度观测的平均值(2007年 5—10月,每个月采样一次,采样时间均选在农历月初大潮)。

4 结果

4.1 植物特征

在崇明东滩海三棱藨草生长在盐沼的外缘,而互花米草和芦苇通常在其向陆一侧与之毗连。由于

在九段沙潮沟纵横交错,植物分布也较复杂,三种盐沼植物沿着潮沟生长在不同的高程上。海三棱藨草在4月初发芽,在7—9月份高度最大,在10月开始衰败,在冬季消失(表2)。

表2 海三棱藨草生物量及黏附颗粒物量的月变化

月份	单位面积植物黏附 颗粒物量/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$	生物量/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$	单位生物量黏附 颗粒物量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	平均高度/cm	密度/ m^{-2}
5	42.2	67.8	620.8	25	1 100
6	32.6	204.4	159.0	40	1 731
7	73.8	375.3	196.5	50	2 568
8	111.8	395.0	283.1	50	2 387
9	241.3	343.1	703.3	50	1 637
10	176.7	253.7	696.6	40	1 506
平均	113.0 ± 81.9	273.2 ± 167.6	443.2 ± 257.2	42.5 ± 9.9	$1 822 \pm 554.9$

注:表中数据为2007年5—10月采集的海三棱藨草,采样位置为图1中的位置9,每个月采样一次,采样均选在月初大潮期间。

4.1.1 植物高度

海三棱藨草的高度为40~55 cm,平均高度为(49 ± 5.7)cm;芦苇的高度为100~215 cm,平均高度为(155 ± 47)cm;互花米草的高度为110~240 cm,平均高度为(156 ± 41)cm。

4.1.2 生物量

海三棱藨草的生物量为220~866 g/m^2 ,平均值为(379 ± 222) g/m^2 ;芦苇的生物量为1 943~3 223 g/m^2 ,平均值为($2 664 \pm 540$) g/m^2 ;互花米草的生物量为2 086~5 408 g/m^2 ,平均值为($3 707 \pm 1 094$) g/m^2 。植物高度与生物量成正相关(图2)。植物的生物量还受植物密度的影响,如在崇明东滩定点观测的海三棱藨草,它的生物量在7—8月达到最大值,与此相似,植物的密度在7—8月份也达到了最大值(表2)。生物量的空间分布差异受植物种类制约,在崇明东滩分布在盐沼外缘的海三棱藨草的单位滩地面积上的生物量最低,在盐沼主体生长的互花米草的单位滩地面积生物量大于芦苇的生物量。在垂向上这三种植物的分段生物量都随着距滩面高度的增加而减小(见图3)。

4.2 植物黏附的颗粒物量

植物黏附颗粒物量为18.0~559.0 g/m^2 ,平均值为(126.5 ± 148) g/m^2 。黏附在互花米草、芦苇和海三棱藨草上的颗粒物质量平均值分别为($220.6 \pm$

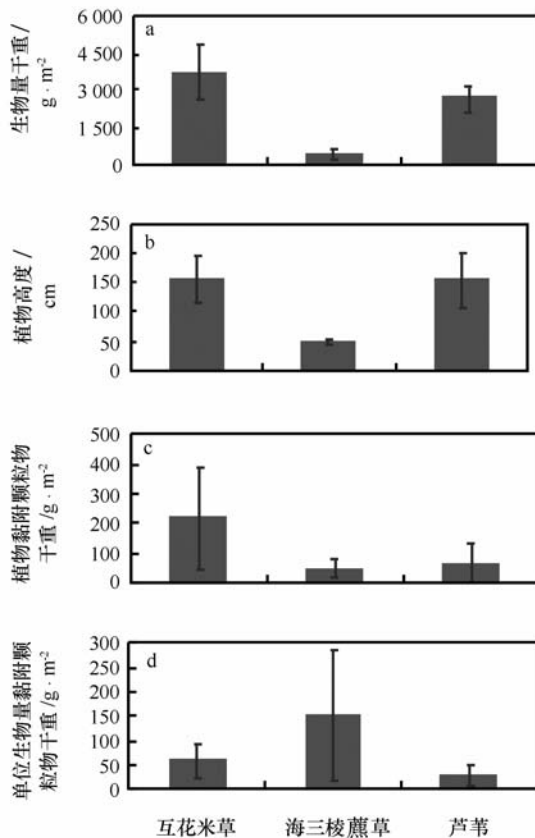


图2 三种植物的平均生物量、高度、黏附颗粒物量

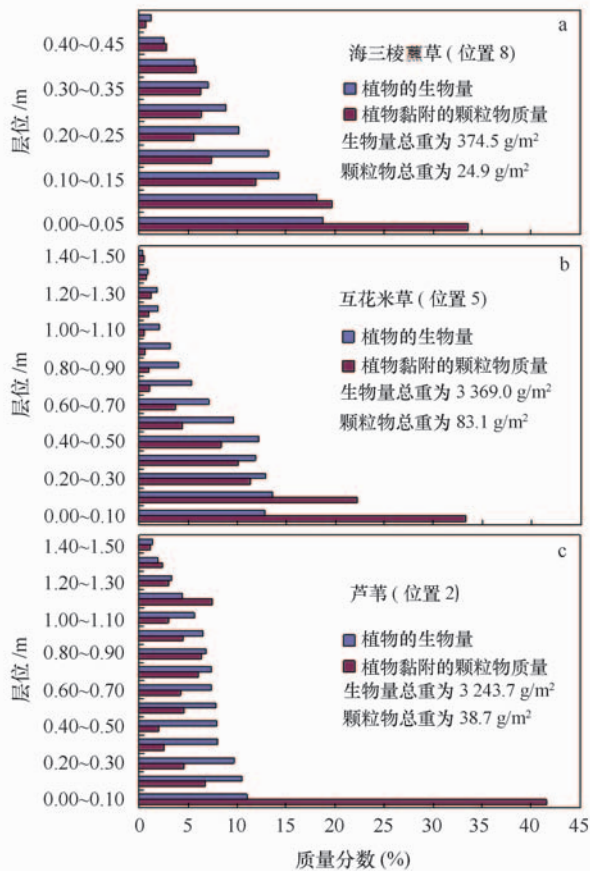


图3 各层植物生物量及黏附颗粒物的质量分数

172.7)、 (64.9 ± 38.1) 和 (45.2 ± 31.7) g/m²。位置1和位置2的两种植物群落的滩面高程均为4.2 m,但是黏附在互花米草上的颗粒质量(77.3 g/m^2)为黏附在芦苇上的(38.7 g/m^2)2倍多。在位置3和位置4,黏附在互花米草上的颗粒质量(369 g/m^2)是黏附在海三棱藨草上的(44.8 g/m^2)8.2倍。按单位生物量黏附的颗粒质量而论,海三棱藨草的最高 $[(150.5 \pm 134.8) \text{ g/kg}]$,芦苇的最低 $[(28.8 \pm 22.8) \text{ g/kg}]$,互花米草的 $[(57.5 \pm 32.9) \text{ g/kg}]$ 介于两者之间(见图2)。在盐沼前缘单位滩地面积上植物黏附颗粒质量以1%~3%/m(单位水平距离)的速率从水体悬浮颗粒物含量相对较高的盐沼外缘光滩或潮沟向盐沼内部减小。从基部到顶端植物黏附的颗粒质量从10~15 g/m²减小到小于2 g/m²,在靠近滩面部分植物黏附的颗粒质量通常占植物黏附总量的30%以上(图3)。在不同生长季节海三棱藨草黏附的颗粒质量差异明显,在秋初(9月)黏附的颗粒质量是春末(5月)的6倍(见表2)。

5 讨论

5.1 植物黏附量的位置差异

盐沼植物采样点距光滩或潮沟距离不同,黏附颗粒物的量也不同,这归因于在不同位置悬浮颗粒物含量和滩面高程有差异。随着向盐沼内距离的增加,悬浮颗粒物含量减小^[17],悬浮颗粒物含量控制着植物与颗粒物接触的机会多少,从而影响植物对颗粒物黏附的多少。滩面高程控制着潮流淹没植物的频率、每次淹没的持续时间及植物被淹没的高度。例如,从位置12(滩面高程为2.9 m)到13(滩面高程为3.35 m),虽然两者到潮沟边缘的距离相近,但是互花米草上黏附颗粒物的质量减少一半多。

5.2 植物黏附量的垂向差异

盐沼植物黏附颗粒物从植物顶端向基部增加的趋势是生物量、悬沙含量和淹没状况共同影响的结果。植物的生物量通常从顶端向基部迅速增加(图3)。悬浮颗粒物含量的垂向剖面是典型的上凹形态,也就是说,越近底层悬浮颗粒物含量增长越快^[17]。潮汐为典型的正弦波^[18],越近植物基部,被淹没的频率越高,每次淹没的时间也越长。

5.3 不同植物种类黏附颗粒物的差异

三种植物黏附颗粒物差异归因于生物的形态和生境的不同。在通常情况下植物的生物量越大,其表面积也越大,则黏附的颗粒物也越多。从图2可以看出,三种植物的生物量与黏附颗粒质量具有相同的变化趋势。就单位生物量来说植物黏附颗粒质量的差异主要与三种植物的生境有关,海三棱藨草生长在盐沼外缘,这里的悬沙含量较高,滩面高程较低,剔除生物量因素的影响,其黏附能力自然较强。互花米草从低盐沼(相对滩面高程较低,悬沙含量较高)到高盐沼(相对滩面高程较高,悬沙含量较低)都有分布,而芦苇通常生长在高盐沼,因此互花米草黏附颗粒物的能力显著高于芦苇黏附颗粒物的能力。

5.4 海三棱藨草黏附颗粒物的季节差异

植物黏附颗粒物的季节差异是植物群落生长状况差异和黏附的累积效应共同作用的结果。从表2我们还可以看出,从5月到8月随着植物群落的生物量增加,其黏附的颗粒质量也增加。从8月到9月虽然植物生物量减小(因部分植株枯死),但是植物上黏附的颗粒质量反而增多,这可以归因于颗粒物黏附的累积效应和悬浮颗粒物含量的增大。在

9 月植物黏附颗粒物可能已达饱和状态,所以在 9 月份到 10 月份随着植物生物量的进一步减少,黏附颗粒物量也减少。

在冬季海三棱藨草枯萎并被波浪和潮流冲倒,其黏附颗粒物的功能也消失。互花米草和芦苇的地上生物量比海三棱藨草的大,在冬季两者的植株(即使枯萎)大部分被保存下来,这些被保留下来的植株仍能继续黏附悬浮颗粒物。这种季节性差异显示海三棱藨草黏附悬浮颗粒物的功能没有其他两种植物的强。

6 结语

在不同的潮间带盐沼植物及其在不同的生长季节、不同的生长位置和不同的高度上黏附悬浮颗粒物的量有明显差异,造成这些差异的根本原因是植物的生物量、悬浮颗粒物含量以及淹没条件的不同。了解这些差异及其机理对评估盐沼的环境功能具有启示作用。就本文研究区而言,引进的互花米草过滤悬浮颗粒物的能力总体上比本土的海三棱藨草和芦苇的强。

参考文献:

- [1] BASSOULLET P, HIR P L, GOULEAU D, et al. Sediment transport over an intertidal mudflat: field investigations and estimation of fluxes within the “Baie de Marennes-Oleron” (France)[J]. *Continental Shelf Research*, 2000, 20:1635—1653.
- [2] LEONARD L A, REED D J. Hydrodynamics and sediment transport through tidal marsh canopies[J]. *Journal of Coastal Research*, 2002, 36:459—469.
- [3] FAN D, GUO Y, WANG P, et al. Cross-shore variations in morphodynamic processes of an open-coast mudflat in the Changjiang Delta, China: with an emphasis on storm impacts[J]. *Continental Shelf Research*, 2006, 26: 517—538.
- [4] WANG Y P, GAO S, JIA J J. High-resolution data collection for analysis of sediment dynamic processes associated with combined current-wave action over intertidal flats[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(7): 866—877.
- [5] CHAPMAN V J. *Salt Marshes and Deserts of the World* [M]. London: Leonard Hill, 1960: 392.
- [6] 宋连清. 互花米草及其对海岸的防护作用[J]. *东海海洋*, 1997, 15: 11—19.
- [7] YANG S L. The role of *Scirpus* marsh in attenuation of hydro-dynamics and retention of fine-grained sediment in the Yangtze Estuary [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1998, 47: 227—233.
- [8] BOUMA T J, DE VRIES M B, LOW E, et al. Flow hydrodynamics on a mudflat and in tidal marsh vegetation: identifying general relationships for habitat characterizations[J]. *Hydrobiologia*, 2005, 540: 259—274.
- [9] SHI Z, HAMILTON L J, WOLANSKI E. Near-bed currents and suspended sediment transport in salt-marsh canopies[J]. *Journal of Coastal Research*, 2000, 16: 909—914.
- [10] 杨世伦, 时钟, 赵庆英. 长江口潮沼植物对动力沉积过程的影响[J]. *海洋学报*, 2001, 23(4): 75—81.
- [11] 李华, 杨世伦. 潮间带盐沼植物对海岸沉积动力过程影响的研究进展[J]. *地球科学进展*, 2007, 22(6): 583—591.
- [12] MORRIS J T, SUNDARESHWAR P V, NIETCH C T, et al. Responses of coastal wetlands to rising sea level[J]. *Ecology*, 2002, 83: 2869—2877.
- [13] YANG S L, DING P X, CHEN S L. Changes in progradation rate of the tidal flats at the mouth of the Changjiang River, China[J]. *Geomorphology*, 2001, 38: 167—180.
- [14] 上海市海岛资源综合调查报告编写组. 上海市海岛资源综合调查报告[R]. 上海: 上海科学技术出版社, 1996:252.
- [15] 杨世伦, 杜景龙, 郗昂, 等. 近半个世纪长江口九段沙湿地的冲淤演变[J]. *地理科学*, 2006, 26(3): 335—339.
- [16] YANG S L, FRIEDRICH S C T, DING P X. Morphological response of tidal marshes, flats and channels of the outer Yangtze River mouth to a major storm[J]. *Estuaries*, 2003, 26: 1416—1425.
- [17] LI H, YANG S L. Trapping effect of tidal marsh vegetation on suspended sediment, Yangtze Delta[J]. *Journal of Coastal Research*, 2009, DOI:10.2112/08—1010.1.
- [18] WOODROFFE C D. *Coasts: Form, Processes and Evolution*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003: 623.

Changes of suspended particulates adhering to salt marsh plants

LI Hua¹, YANG Shi-lun¹

(1. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: To understand the difference of suspended particulates adhering to tidal marsh plants, the mass of particulates adhering to three species of marsh plants was measured in the Changjiang Delta. The results are as follows: (1) The mass of suspended particulates adhering to plants growing on unit land area decreases at a rate of 1%~3%/m with distance from outer marsh edge or tidal creek where a suspended sediment content is higher; (2) the mass of suspended particulates adhering to plants decreases from the lowest stem section upward to the end of plants, and the mass of suspended particulates adhering to the lowest 5~10 cm stem of distance from marsh surface is more than one third of the total; (3) the mass of suspended particulates adhering to *Spartina alterniflora* [(220.6±172.7) g/m²] is greater than the mass of suspended particulates adhering to *Phragmites australis* [(64.9±38.1) g/m²] and *Scirpus mariqueter* [(31.6±10.0) g/m²], because the biomass of *S. alterniflora* is greater than the biomass of *P. australis* and *S. mariqueter*, however, the mass of suspended particulates adhering plants for unit plant biomass is the highest for *S. mariqueter* [(150.5±134.8) g/kg] and the lowest for *P. australis* [(28.8±22.8) g/kg], and between the above-mentioned two for *S. alterniflora* [(57.5±32.9) g/kg]; (4) the seasonal change in mass of suspended particulates adhering to marsh plants can be significant. The mass of suspended particulates adhering to *S. mariqueter* in September was six times more than that in May. In winter, this pioneer plant withered and was washed away by tidal water, and thereby lost its ability to trap suspended particulates. It was concluded that the mass of suspended particulates adhering to marsh plants is determined by the plant biomass, the suspended particulate content and submerged conditions (the relative importance of elevation and tidal range).

Key words: salt marsh; vegetation; suspended particulate; intertidal zone; Changjiang Estuary