

# 不同发育时间的互花米草盐沼对大型底栖动物群落的影响<sup>\*</sup>

谢志发 何文珊 刘文亮 陆健健<sup>\*\*</sup>

(华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062)

**摘 要** 2004—2006 年对长江口崇明东滩湿地芦苇(*Phragmites australis*)盐沼和不同发育时间的互花米草(*Spartina alterniflora*)盐沼的大型底栖动物群落特征进行分析研究。结果表明:互花米草盐沼发育初期,大型底栖动物群落以腹足类为主,物种丰富度( $D = 2.18$ )和多样性( $H' = 2.19$ )均低于芦苇盐沼( $D = 2.61$ ,  $H' = 2.29$ )。随着时间的推移,互花米草与本地生物逐渐形成互动和稳定的格局,大型底栖动物群落组成中多毛类的种类逐渐上升(由 3 种变为 6 种),物种数和物种丰富度也上升,从而逐步形成新的大型底栖动物群落,物种丰富度( $D = 2.70$ )和多样性( $H' = 2.48$ )逐渐上升并高于芦苇盐沼( $D = 2.19$ ,  $H' = 2.09$ );从大型底栖动物群落的重新形成到稳定阶段,需要若干年的时间。

**关键词** 大型底栖动物;互花米草;盐沼;长江口

中图分类号 Q958 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2008)01-0063-05

**Influence of *Spartina alterniflora* salt marsh at its different development stages on macrobenthos.** XIE Zhi-fa, HE Wen-shan, LIU Wen-liang, LU Jian-jian (State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China). *Chinese Journal of Ecology* 2008 27(1) 63-67.

**Abstract:** In 2004–2006, the community characteristics of macrobenthos in *Phragmites australis* salt marsh and in *Spartina alterniflora* salt marsh at its different development stages were investigated in Chongming Dongtan of Yangtze River estuary. At the early development stages of *S. alterniflora* salt marsh, macrobenthos were mainly composed of gastropod, and the species richness ( $D = 2.18$ ) and diversity ( $H' = 2.19$ ) were lower than those in *P. australis* salt marsh ( $D = 2.61$ ,  $H' = 2.29$ ). With the shift of time, *S. alterniflora* gradually interacted with native species and formed stable pattern, and the species numbers of polychaeta increased from 3 to 6. The species number and abundance of macrobenthos increased, and a new pattern of macrobenthos community was formed. The species richness ( $D = 2.70$ ) and diversity ( $H' = 2.48$ ) of macrobenthos were higher in *S. alterniflora* salt marsh than in *P. australis* salt marsh ( $D = 2.19$ ,  $H' = 2.09$ ). It would take several years for the establishment of new and stable macrobenthos community.

**Key words:** macrobenthos; *Spartina alterniflora*; salt marsh; Yangtze Estuary.

互花米草(*Spartina alterniflora*)原产于大西洋和墨西哥湾西海岸的潮间带,在原产地为多种生物提供生境,净化水质,巩固岸线,是盐沼生态系统中价值较高的物种(Adam, 1990)。互花米草被引入到新的生态系统后,由于其抗逆性强、生物量大、繁殖扩散能力强和竞争力强,容易造成入侵,对入侵生态系统造成深刻的影响(Bruno & Kennedy, 2000)。底

栖动物群落是淤泥质河口潮滩湿地生态系统的重要组成部分,决定着许多重要生态过程(陆健健, 2003)。对互花米草与底栖动物关系的研究有助于正确评估互花米草的生态功能和价值,而且对于河口环境及生物多样性保护具有重要的现实意义和应用价值。

2003 年长江口互花米草面积为 4 553.37 hm<sup>2</sup>, 占滩涂植被总面积的 22.1%(李贺鹏等, 2006)。已有学者对互花米草与大型底栖动物群落进行研究,

<sup>\*</sup> 国家重点基础研究发展规划资助项目(2002CB412406)。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者 E-mail: jilu@sklec.ecnu.edu.cn

收稿日期:2007-03-15 接受日期:2007-10-21

但结论不一。朱晓君和陆健健(2003)认为互花米草盐沼与其它盐沼相比,大型底栖动物功能群的物种丰富度和多样性较低,种类组成存在显著差异。陈中义等(2005)认为互花米草显著降低了大型底栖动物的多样性,同时显著改变了营养类群的结构。周晓等(2006)则认为互花米草盐沼大型底栖动物种类数、密度和多样性均处于平均水平,总体群落结构并没有显著差异。这些研究结论的差异除了与采样方法和时空差异因素相关外,可能与研究者所考虑的互花米草盐沼发育时间的不同有关。本研究的目的在于探讨互花米草盐沼与芦苇盐沼内大型底栖动物群落的差异,比较不同发育时间的互花米草盐沼对大型底栖动物的影响。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

崇明东滩(121°50'E—122°05'E, 31°25'N—31°38'N)是长江口规模最大、发育最完善的河口潮滩湿地,2001年被正式列入“拉姆萨国际湿地保护公约”的重要湿地保护名录。互花米草在崇明东滩始见于20世纪90年代初期,到1998年底东滩鸟类自然保护区建立时,在北八滬以东的保护区核心区北侧滩涂上已扩展到500 hm<sup>2</sup>。2001年,东旺沙98大堤外的滩涂开始大面积种植互花米草(徐宏发和赵云龙,2005)。截至2006年,北八滬地区的互花米草引种历史已有10年,而东旺沙地区的只有5年。2个地区的水文状况基本相似。崇明东滩成为研究不同发育时间的互花米草盐沼的理想区域。

### 1.2 采样方法

根据互花米草盐沼的不同发育时间,在崇明东滩设置2个样地(图1)。第1个样地位于北八滬(B),第2个样地位于东旺沙(D)。2个样地具有类似高程(距离大堤的垂直距离约为600 m)。在2005年的1、4、8和11月,对上述2个样地进行季节性采样,于2006年6月和10月进行了补充采样。

每次采样,都在互花米草盐沼和芦苇盐沼各设置10个样方(样方均处于盐沼的中心位置,而非边缘的交错带),每个样方面积为25 cm×25 cm,取样深度为20 cm。采用1 mm孔目的网筛淘洗沉积物,所获得的大型底栖动物用10%福尔马林固定,鉴定并计数。由于蟹类活动能力较强,洞穴深度通常超过20 cm,不方便定量采样,在统计时不考虑蟹类。



图1 崇明东滩样地示意图

Fig. 1 Sampling sites at Chongming Dongtan

B 北八滬 D 东旺沙。

### 1.3 数据分析

采用 Margalef 物种丰富度指数( $D$ )、Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )以及 Pielou 均匀度( $J'$ )进行多样性测定(Ludwig & Reynolds, 1988)。

Margalef 物种丰富度指数:

$$D = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

Pielou 均匀度指数:

$$J' = H' / H'_{\max}$$

式中, $S$ 为总的种类数, $N$ 为观察到的个体总数, $P_i$ 为样品中第*i*种的个体数量占个体总数的比例, $H'_{\max} = \ln S$ 为最大的种类多样性。

对不同盐沼内大型底栖动物群落的平均密度和平均生物量(鲜质量)进行单因素方差分析(one-way ANOVA),若各平均值间存在显著性差异,则进行差异显著性检验(LSD法多重比较)。大型底栖动物的密度数据经四次方根转化进行标准化处理后,在Bray-Curtis相似性系数测量的基础上,使用等级聚类分析(Cluster)进行群落分析。上述生态学指标和Cluster的计算采用软件PRIMER 5软件包(Plymouth Marine Laboratory, UK)进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 大型底栖动物种类组成

2个样地共记录到大型底栖动物共19种,隶属3门4纲5目11科(表1),其中多毛类8种,腹足类8种,各占42%,双壳类2种,占11%,甲壳类1种,

占5%。

在北八淤,互花米草盐沼大型底栖动物有16种,以多毛类和腹足类居多(分别占该样地物种数的37.5%和50%);芦苇盐沼内有12种,除了未纳入统计的蟹类之外,没有其他甲壳动物分布。在东旺沙,互花米草盐沼内有12种,腹足类占绝对优势(7种,占该样地物种数的58.3%);芦苇盐沼内有14种,也以多毛类和腹足类为主(分别占该样地物种数的28.6%和50%) (图2)。

表1 崇明东滩互花米草盐沼和芦苇盐沼大型底栖动物种类组成  
Tab.1 Species composition of macrobenthos community at Chongming Dongtan

种类	北八淤		东旺沙	
	互花米草带	芦苇带	互花米草带	芦苇带
双齿围沙蚕 <i>Perinereis aibuhitensis</i>	+			++
多齿围沙蚕 <i>P. nuntia</i>	+			
多鳃齿吻沙蚕 <i>Nephtys polybranchia</i>		++		
疣吻沙蚕 <i>Tylorrhynchus heterochaetus</i>	+++			
圆锯齿吻沙蚕 <i>Dentinephtys galbra</i>	++	+++	+++	+++
小头虫 <i>Capitella capitata</i>			+++	+++
丝异蚓虫 <i>Heteromastus filiformis</i>	+++		++	++
背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i>	+	++		
光滑狭口螺 <i>Stenothyra glabra</i>	++	+++	++	++
微小螺 <i>Elachisina</i> sp.	++	++		
拟沼螺 <i>Assimineae</i> sp.	+++	+++	+++	+++
绯拟沼螺 <i>A. latericea</i>	++	++	++	++
董拟沼螺 <i>A. violacea</i>	++	++	++	++
中华拟蟹守螺 <i>Cerithidea sinensis</i>	++	++	++	++
尖锐拟蟹守螺 <i>C. largillierti</i>	++	++	++	++
泥螺 <i>Bullacta exarata</i>	+	+	+	+
缢蛏 <i>Sinonovacula constricta</i>			+	+
中国绿螂 <i>Glauconome chinensis</i>	+	++		+
板跳钩虾 <i>Orchestia platensis</i>	+++		++	++
总计	16	12	12	14

+表示个体数<总个体数的1%;++表示个体数占总个体数的1%~10%;+++表示个体数>总个体数的10%。

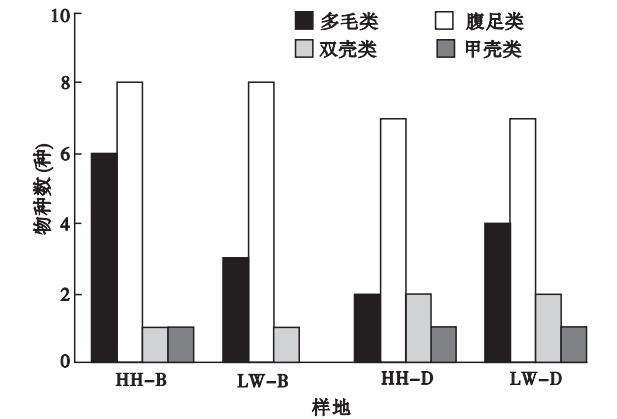


图2 崇明东滩互花米草盐沼和芦苇盐沼大型底栖动物种类组成  
Fig.2 Species composition of macrobenthos community at Chongming Dongtan  
HH为互花米草带,LW为芦苇带,B为北八淤,D为东旺沙。

2.2 大型底栖动物密度和生物量

大型底栖动物群落的平均密度和平均生物量存在极显著的样地和盐沼类型间的差异( $P<0.01$ )。平均密度表现为北八淤互花米草盐沼>东旺沙互花米草盐沼>北八淤芦苇盐沼>东旺沙芦苇盐沼,平均生物量则北八淤互花米草盐沼>东旺沙芦苇盐沼>东旺沙互花米草盐沼>北八淤芦苇盐沼(表2)。

互花米草盐沼与芦苇盐沼的大型底栖动物群落平均密度存在极显著差异,而平均生物量仅在北八淤样地表现出极显著差异。

2.3 大型底栖动物物种多样性

由表3可知,在北八淤,大型底栖动物群落的Margalef物种丰富度指数、Shannon-Wiener多样性指数都是互花米草盐沼>芦苇盐沼,而在东旺沙则相反。北八淤互花米草盐沼的物种数目最多,疣吻沙蚕、丝异蚓虫、拟沼螺、板跳钩虾为优势种,但其优势度不是非常显著,其多样性最高;北八淤的芦苇盐沼内,物种数目最低,圆锯齿吻沙蚕、光滑狭口螺、拟沼螺为优势种,占绝对优势(个体数占总个体数的62%),其多样性最低;东旺沙的多毛类物种数目减少到4种,多样性水平居中。

2.4 大型底栖动物群落聚类

从图3可知,各样地的大型底栖动物群落可以区分开来,其中东旺沙互花米草盐沼和芦苇盐沼之间相似性相对较高。北八淤芦苇盐沼多毛类较少(2种),且没有缢蛏和板跳钩虾分布,与其他3个样地区别较大。有8种底栖动物在4个样地均有分布,各样地间最小相似度在60%以上。

表2 大型底栖动物的密度和生物量  
Tab.2 Density and biomass of macrobenthos

样地	密度 (ind·m <sup>-2</sup> )	生物量 (g·m <sup>-2</sup> )	样本容量 (n)
HH-B	257.94±9.79 <sup>c</sup>	45.63±1.72 <sup>c</sup>	10
LW-B	150.94±5.70 <sup>ab</sup>	26.73±1.06 <sup>a</sup>	10
HH-D	156.86±6.46 <sup>b</sup>	28.76±1.65 <sup>b</sup>	10
LW-D	145.16±5.98 <sup>a</sup>	29.18±2.04 <sup>b</sup>	10

平均值后字母不同表示二者差异显著( $P<0.01$ )(LSD多重比较检验)。

表3 崇明东滩大型底栖动物的物种多样性  
Tab.3 Species diversity of macrobenthos community at Chongming Dongtan

样地	多样性指数				
	S	N	D	J'	H'
HH-B	16	257	2.70	0.89	2.48
LW-B	12	151	2.19	0.84	2.09
HH-D	12	157	2.18	0.88	2.19
LW-D	14	145	2.61	0.87	2.29

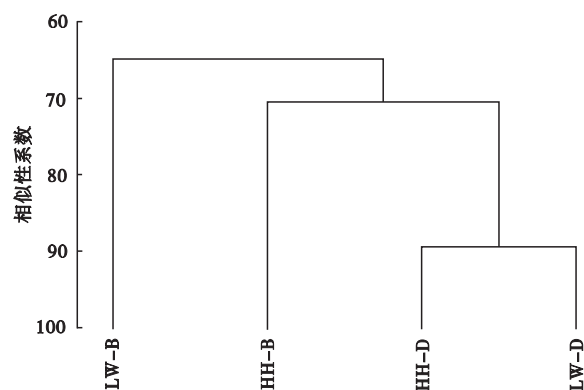


图3 大型底栖动物群落的等级聚类

Fig. 3 Dendrogram for hierarchical clustering of macrobenthos

### 3 讨论

环境复杂性或异质性的变化是否会对大型底栖动物群落产生负面影响一直是科学家和公众关注的热点 (Kneib, 1984; Alkemade *et al.*, 1994; Netto & Lana, 1999), 目前还没有一致的结论 (Daehler & Strong, 1996)。互花米草入侵盐沼和光滩后可能提高大型底栖动物的物种丰富度和多样性 (Netto & Lana, 1999), 也可能相反 (陈中义等, 2005), 或者没有显著影响 (Hedge & Kriwoken, 2000)。本研究结果表明, 在2个样地间差异较大。北八滙互花米草盐沼的大型底栖动物物种数目、密度、生物量、物种丰富度和多样性均高于同一地区的芦苇盐沼, 而在东旺沙, 除了物种丰富度, 其他指数均低于芦苇盐沼。

崇明东滩北八滙和东旺沙的互花米草盐沼和芦苇盐沼距离短, 都处于中高潮区, 环境因子 (盐度、沉积物类型) 相近, 因此可以排除高程对盐沼本身及相关非生物因子的作用, 而盐沼的类型和发育时间的作用就凸现出来了。北八滙互花米草盐沼的发育时间在10年以上, 东旺沙则接近5年。外来种被引入到新的地区, 经过潜伏期和归化期的生境适应, 才能在条件适宜的时机入侵当地生态系统。互花米草引入长江口后, 可能需要较长时间才能与本地生物形成稳定的格局。本研究证实, 与发育5年的互花米草盐沼相比, 发育10年以上的互花米草盐沼内, 大型底栖动物群落的物种丰富度和多样性更高。即在互花米草盐沼发育初期, 大型底栖动物也出现了重新适应的现象。

互花米草的光合作用速率高于芦苇 (梁霞等,

2006), 平均株高和单位面积地上生物量都较高 (闫芊等, 2007), 更有利于为大型底栖动物提供食源。互花米草发达的地下部分增加了土壤通气性和沉积物聚集, 使得附着的微型藻类和大型藻类生长良好, 有利于底表型动物生存 (Kneib, 1984), 其发达的根系促进了根和根区的可利用性 (Lana & Guiss, 1992), 有利于底埋型动物生存。互花米草还通过消浪、改变有机质输入输出、促进沉积物淤积等促进底埋型无脊椎动物的生存 (Netto & Lana, 1997)。综上所述, 随着互花米草盐沼发育时间的延长, 大型底栖动物群落的物种丰富度和多样性将逐渐上升, 并可能高于原有的水平。但是, 根据上述研究, 从大型底栖动物群落的重新形成到稳定阶段, 至少需要若干年的时间。根据 Mitsch 等 (2005) 对美国 Olen-tangy 湿地的研究, 重建湿地的动物群落在多年后才开始处于相对稳定的状况。

本研究表明, 大型底栖动物群落的物种丰富度和多样性只是在互花米草盐沼发育初期处于较低的水平。随着时间的推移, 会逐步形成新的大型底栖动物群落, 其物种丰富度和多样性逐渐上升, 并可能高于原有的水平。

### 参考文献

- 陈中义, 付萃长, 王海毅, 等. 2005. 互花米草入侵东滩盐沼对大型底栖无脊椎动物群落的影响. 湿地科学, 3 (1): 1-7.
- 李贺鹏, 张利权, 王东辉. 2006. 上海地区外来种互花米草的分布现状. 生物多样性, 14 (2): 114-120.
- 梁霞, 张利权, 赵广琦. 2006. 芦苇与外来植物互花米草在不同  $\text{CO}_2$  浓度下的光合特性比较. 生态学报, 26 (3): 842-848.
- 陆健健. 2003. 河口生态学. 北京: 海洋出版社.
- 徐宏发, 赵云龙. 2005. 上海市崇明东滩鸟类自然保护区考察集. 北京: 中国林业出版社.
- 闫芊, 陆健健, 何文珊. 2007. 崇明东滩湿地高等植被演替特征. 应用生态学报, 18 (5): 1097-1101.
- 周晓, 王天厚, 葛振鸣, 等. 2006. 长江口九段沙湿地不同生境中大型底栖动物群落结构特征分析. 生物多样性, 14 (2): 165-171.
- 朱晓君, 陆健健. 2003. 长江口九段沙潮间带底栖动物的功能群. 动物学研究, 24 (5): 355-361.
- Adam P. 1990. Saltmarsh Ecology. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Alkemade R, Wielemaker AP, Herman MJ, *et al.* 1994. Population dynamics of *Diplolaimeloides brucei*, a nematode associated with salt marsh plant *Spartina anglica*. Marine Ecology Progress Series, 105: 277-284.
- Bruno JF, Kennedy CW. 2000. Patch-size dependent habitat

modification and facilitation on New England cobble beaches by *Spartina alterniflora*. *Oecologia* ,**122** :98–108.

Daehler CC , Strong DR. 1996. Status , prediction and prevention of introduced cordgrass *Spartina* spp. invasions in Pacific estuaries , USA. *Biological Conservation* ,**78** :51–58.

Hedge P , Kriwoken LK. 2000. Evidence for effects of *Spartina anglica* invasion on benthic macrofauna in Little Swanport estuary , Tasmania. *Austral Ecology* ,**25** :150–159.

Kneib RT. 1984. Patterns of invertebrate distribution and abundance in the intertidal salt marsh : Causes and questions. *Estuaries* ,**7** :392–412.

Lana PC , Guiss C. 1992. Macrofauna-plant-biomass interactions in a euhaline salt marsh in Paranaguá Bay. *Marine Ecology Progress Series* ,**80** :57–64.

Ludwig JA , Reynolds JF. 1988. Statistical Ecology. New York : John Wiley & Sons.

Mitsch WJ , Zhang L , Anderson CJ , *et al.* 2005. Creating river-

ine wetlands : Ecological succession , nutrient retention , and pulsing effects. *Ecological Engineering* ,**25** :510–527.

Netto SA , Lana PC. 1997. Influence of *Spartina alterniflora* on superficial sediment characteristics of tidal flats in Paranaguá Bay ( South-eastern Brazil ). *Estuarine , Coastal and Shelf Science* ,**44** :641–648.

Netto SA , Lana PC. 1999. The role of above- and below-ground components of *Spartina alterniflora* ( Loisel ) and detritus biomass in structuring macrobenthic associations of Paranaguá Bay ( SE , Brazil ). *Hydrobiologia* ,**400** :167–177.

作者简介 谢志发 ,男 ,1982 年生 ,硕士。主要从事河口湿地研究。E-mail : zfxie@ mail. ecnu. edu. cn

责任编辑 李凤芹

《生态学杂志》2006 年影响因子和总被引频次

分别居国内生物学类期刊第 6 名和第 8 名

根据中国科学技术信息研究所《2007 年版·中国科技期刊引证报告( 核心版)》《生态学杂志》2006 年影响因子为 1. 057 ,在 59 种生物学类期刊中排名第 6 位( 在 1723 种科技核心期刊中排名第 101 位) 2006 年总被引频次为 1853 ,在 59 种生物学类期刊中排名第 8 位( 在 1723 种科技核心期刊中排名第 105 位)。

2006 年生物学类期刊影响因子和总被引频次排序表( 节选 )\*

排名	刊名	影响因子	排名	刊名	总被引频次
1	生物多样性	1. 639	1	应用生态学报	5880
2	植物生态学报	1. 590	2	生态学报	5801
3	生态学报	1. 491	3	Journal of Integrative Plant Biology	3409
4	应用生态学报	1. 461	4	植物生理学通讯	2803
5	植物生理与分子生物学学报	1. 096	5	植物生态学报	2636
6	生态学杂志	1. 057	6	西北植物学报	2496
7	遗传学报	0. 938	7	遗传学报	1929
8	人类学学报	0. 892	8	生态学杂志	1853
9	西北植物学报	0. 882	9	植物生理与分子生物学学报	1718
10	昆虫知识	0. 862	10	昆虫学报	1290

\* 引自《2007 年版·中国科技期刊引证报告( 核心版)》。