

互花米草扩张对江苏海滨湿地大型底栖动物的影响

仇乐¹, 刘金娥², 陈建琴³, 王国祥², 常青¹

(1. 南京师范大学 生命科学学院 江苏省生物多样性与生物技术重点实验室, 江苏 南京 210046; 2. 南京师范大学 地理科学学院 江苏省环境演变与生态建设重点实验室, 江苏 南京 210046; 3. 江苏教育学院 生物系, 江苏 南京 210013)

摘要: 2008年6月在苏北海滨湿地盐城珍禽国家级自然保护区内选取了3个典型断面8个样点, 分析了大型底栖动物的种类、密度、生物量、多样性指数及均匀度指数等群落特征。本研究共采集到底栖动物21种, 其中软体动物12种, 占物种总数的57.1%; 甲壳动物6种, 占物种总数28.6%; 环节动物2种, 占物种总数9.5%; 鱼类1种, 占物种总数4.8%。结果显示: 在光滩生境中, 软体动物多以托氏昌螺(*Umbonium thomasi*)、泥螺(*Bullacta exarata*)及四角蛤蜊(*Macra veneriformis*)为优势种, 豆形拳蟹(*Philyra pisum*)亦有一定的数量。随着米草群落的侵入, 软体动物中的尖锥拟蟹守螺(*Cerithidea largillierti*)与环节动物中双齿围沙蚕(*Perinereis aibuhitensis*)则逐渐变成优势种。新生互花米草(*Spartina alterniflora*)群落提高了大型底栖动物的物种数量和丰富度, 但随着时间的推移及米草的生长, 米草群落中的底栖动物的物种数及多样性都会下降。可见, 研究米草入侵对海滨湿地大型底栖动物群落的影响, 除了调查方法及时空因素外, 还应考虑到研究样地互花米草入侵时间的长短。

关键词: 互花米草(*Spartina alterniflora*); 大型底栖动物; 生物多样性; 盐城珍禽国家级自然保护区
中图分类号: Q958.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2010)08-0050-06

外来物种的入侵, 直接或间接降低当地的生物多样性, 改变生态系统的结构与功能, 并最终导致生态系统的退化与服务功能的丧失^[1]。互花米草(*Spartina alterniflora*)由于具有削减波浪, 保滩护岸, 促淤造陆等作用, 1979年从美国引入中国, 因其适应性和扩散能力较强, 在引种地迅速蔓延, 占据了我国沿海北起辽宁, 南达香港、澳门等, 面积共34 451 hm²的广大滩涂^[2], 于2003年被列为16种中国首批外来入侵种名单。已有研究表明, 互花米草在引种地爆发式生长, 对土著种有很强竞争优势^[3], 危害土著种的生长, 并影响候鸟的栖息与迁徙, 破坏当地的生态系统的物种多样性^[4]。

底栖动物作为湿地生态系统的重要组成部分, 取食浮游生物、底栖藻类和有机碎屑等, 在湿地中起着分解有机物, 转化营养物质, 污染物代谢, 能量流转和加速自净等作用^[5], 同时又被鸟类和鱼类等取食, 在食物链中起着承上启下的作用^[6]。互花米草入侵后对滩涂湿地大型底栖动物产生怎样的影响一直是大家比较关注的问题。有研究表明, 在互花米草入侵后大型底栖动物种数、平均密度要显著高于邻近光滩^[7], 但也有报道互花米草盐沼与其他盐沼相比, 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^[8], 互花米草在降低了大型底栖动物的多样性的同时, 显著改变了营养类群的结构^[9]。周晓等^[10]通过对九段沙的研究表明互花米草带下大型底栖动物种类组成和其他生境有一定区别, 但种类数、密度和多样性没有显著差异。谢志发等^[11]对长江口崇明东滩湿地大型底栖动物群落特征的研究则发现互花米草盐沼在不同的发育时期, 大型底栖动物群落的组成、物种丰富度和多样性等均发生变化。

盐城珍禽国家级自然保护区是国际重要湿地, 是野生丹顶鹤与其他珍稀鸟类重要的越冬地^[12]。互花米草在保护区内适应性较强, 扩展较快, 其入侵后对大型底栖动物群落结构变化以及对候鸟的栖息与迁徙的影响研究较少, 目前只有谢文静等^[13]、虞蔚岩等^[14]和 Zhou 等^[18]对王港和东台地区米草群落底栖动物组成的调查报告。本研究选取保护区核心区的中路港, 及实验区的射阳河口与大丰王港河口 3

收稿日期: 2009-12-24; 修回日期: 2010-03-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(40973053); 江苏省高校自然科学重大基础科研项目(08KJA180002)

作者简介: 仇乐(1984-), 男, 江苏常州人, 硕士研究生, 主要从事生态学研究, 电话: 13951825910, E-mail: qiu.le@qq.com; 常青, 通信作者, E-mail: changqingnj@126.com

个断面为研究区域,通过分析不同断面的互花米草群落特征、生境土壤特征及大型底栖动物的群落特征,探讨互花米草入侵后对该地区大型底栖动物的影响,为今后江苏滨海湿地资源的利用和迁徙鸟类的保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区域位于江苏盐城珍禽国家级自然保护区核心区的中路港,及实验区的射阳河口与大丰王港河口区域。其中保护区核心区中路港断面是受到人类干扰较少,保留着较完整的潮滩原生植被演替序列,该断面由海向陆的植被演替依次为光滩、互花米草滩、碱蓬(*Suaeda salsa*)滩、禾草[蔗草(*Scirpus trqueter*)、獐毛(*Aeluropus littoralis*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、芦苇(*Phragmites australis*)]滩^[15,16]。实验区的射阳河口断面受到海洋潮的影响较大,河口以北为侵蚀型海岸,以南为淤长型海岸,该断面由海向陆植被演替依次为光滩、互花米草滩、芦苇滩。大丰王港河口断面的滩涂是黄海中淤涨型,地势平坦,该区域由海向陆植被演替依次为板沙滩、浮泥滩、光滩、米草滩、碱蓬滩和禾草滩^[17]。

1.2 研究方法

2008年6月在中路港、射阳河口、大丰王港河口3个断面共设置8个取样点,各样点分布见图1。其中中路港设4个样点,分别位于为光滩(X_1)、新生米草滩前缘斑块(X_2)、2003年起定居形成的互花米草滩(X_3)及1989年起定居形成的互花米草滩(X_4);射阳河口设2个样点,分别位于光滩(S_1)和新生互花米草群落(S_2),大丰王港河口设2个样点,分别位于光滩(D_1)和新生互花米草群落(D_2)。

在每个样点取3个0.25 m×0.25 m×0.2 m的样方,样方内沉积物全部过100目筛,在水中淘洗,获取大型底栖动物样本。动物样本临时用5%福尔马林固定,回室内后鉴定并计数,用吸水纸吸干固定液后称质量,计算生物量。

1.3 数据处理

分别对各组数据的 Margalef 物种丰富度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')及 Pielou 均匀度(J)进行测定。

$$\text{Margalef 物种丰富度指数: } D = \frac{S-1}{\ln N}$$

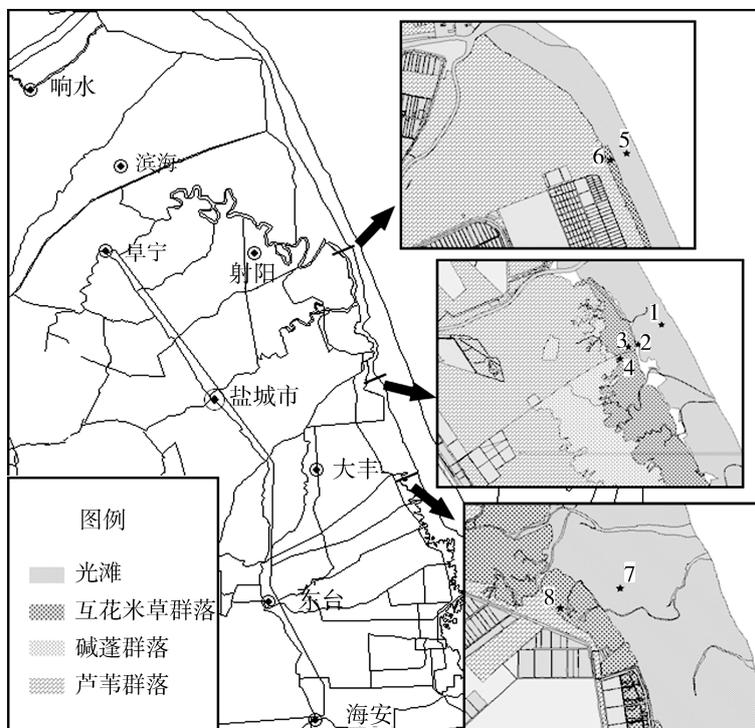


图1 采样点分布图

Fig. 1 Locations of sampling sites

Shannon-Wiener 多样性指数: $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$

Pielou 均匀度指数: $J = H'/H'_{\max}$

其中, 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。

数据采用 SPSS 11.5 软件进行群落差异显著性、相关性分析。

2 结果

2.1 米草群落特征

研究区域 8 个样点互花米草群落特征及生境土壤特征见表 1。可以看出, 1989 年形成的稳定的互花米草群落其平均株高要高于 2003 年的互花米草群落及新生互花米草群落, 且植株比较粗壮, 尽管其密度较低, 但是盖度和生物量均较高。从土壤特征来看, 河口地区土壤中有机质和总氮的含量总体上要高于核心区的中路港断面。随着互花米草入侵时间的延长, 土壤中有机质和总氮的含量上升, 总磷含量下降。

2.2 大型底栖动物种类组成

研究共获得大型底栖动物 21 种(表 2), 其中软体动物 12 种, 占物种总数的 57.1%; 甲壳动物 6 种, 占物种总数的 28.6%; 环节动物 2 种, 占物种总数的 9.5%; 鱼类 1 种, 占物种总数的 4.8%。在 8 个样点中, 射阳河口的 S_2 样点软体动物和甲壳动物种类数分别为 5 种, 各占 41.7%, 其余样点中软体动物的种

类数最多。

从表 2 中也可以看出, 不同的栖息地生境其底栖动物组成有所不同。在江苏海滨的泥滩生境中, 软体动物多以托氏昌螺(*Umbonium thomasi*)、泥螺(*Bullacta exarata*)及四角蛤蜊(*Mactra veneriformis*)为优势种, 豆形拳蟹(*Philyra pisum*)亦有一定的数量。随着米草群落的侵入, 软体动物中的尖锥拟蟹守螺(*Cerithidea largillierti*)与环节动物中双齿围沙蚕(*Perinereis aibuhitensis*)则逐渐变成优势种。

2.3 大型底栖动物密度与生物量

各样点的大型底栖动物密度和生物量变化分别见图 2 和图 3。从图中可以看出, 中路港断面总体底栖动物密度和生物量均较射阳河口断面和王港河口断面低。与光滩生境相比, 中路港断面和王港河口断面新生米草滩样点的底栖动物密度和生物量比较低, 而在射阳河口断面, 新生米草滩样点的底栖动物密度和生物量要高于光滩生境样点。

2.4 大型底栖动物多样性

由表 3 可知, 在中路港断面大型底栖动物群落的 Margalef 物种丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数均为样点 $X_3 > X_2 > X_1 > X_4$ 。在射阳河口断面 Margalef 物种丰富度指数是样点 $S_2 > S_1$, 而 Shannon-Wiener 多样性指数为样点 $S_1 > S_2$ 。在大丰王港河口段面, Margalef 物种丰富度指数与 Shannon-Wiener 多样性指数均为样点 $D_2 > D_1$ 。其中, S_2 样点的物种数量最多, 中国绿螂为优势种, 占绝

表 1 各样点米草群落及土壤特征分析

Tab. 1 Description of *Spartina alterniflora* communities and soil characteristics at different sampling sites

编号	名称及代码	平均株高 (cm)	密度 (个/m ²)	盖度 (%)	生物量 (g/m ²)	土壤有机质 (g/kg)	土壤总氮 (g/kg)	土壤总磷 (g/kg)	备注
1	中路港 1 (X1)	0	0	0	0	3.93	0.29	0.74	光滩
2	中路港 2 (X2)	110.7	272	60	881.6	4.14	0.35	0.77	新生米草滩
3	中路港 3 (X3)	148.3	192	95	2988.8	10.56	0.82	0.68	2003 年米草滩
4	中路港 4 (X4)	180.1	128	100	4763.2	14.25	0.85	0.64	1989 年米草滩
5	射阳河口 1 (S1)	0	0	0	0	4.08	0.31	0.69	光滩
6	射阳河口 2 (S2)	108.7	368	65	923.2	5.25	0.42	0.58	新生米草滩
7	王港河口 1 (D1)	0	0	0	0	11.90	0.54	0.62	光滩
8	王港河口 2 (D2)	47.2	432	60	1091.2	13.10	0.56	0.58	新生米草滩

表 2 各样点大型底栖动物种类组成

Tab. 2 Species compositions of macrobenthos communities at different sampling sites

种类名称	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	S ₁	S ₂	D ₁	D ₂
中间拟滨螺 (<i>Littorinopsis intermedia</i>)	-	-	++	-	-	-	-	+
绯拟沼螺 (<i>Assiminea latericea</i>)	-	-	+++	++	-	+	-	-
尖锥拟蟹守螺 (<i>Cerithidea largillierti</i>)	-	-	+++	+++	-	+++	-	+++
中华拟蟹守螺 (<i>Cerithidea sinensis</i>)	-	-	+++	-	-	-	-	-
托氏昌螺 (<i>Umbonium thomasi</i>)	+++	+++	-	-	++	+	+++	-
泥螺 (<i>Bullacta exarata</i>)	+++	-	-	-	+++	-	++	-
红带织纹螺 (<i>Nassarius succinctus</i>)	-	-	-	-	-	-	++	-
中国绿螂 (<i>Glaucanome chinensis</i>)	-	-	-	-	-	+++	-	-
彩虹明樱蛤 (<i>Moerella iridescens</i>)	-	+++	-	-	++	-	-	++
四角蛤蜊 (<i>Macra veneriformis</i>)	++	++	-	-	+++	+	++	++
薄片镜蛤 (<i>Dosinia corrugate</i>)	-	-	-	-	-	-	-	++
鸭嘴蛤 (<i>Laternula marilina</i>)	-	-	-	-	++	-	-	+++
沈氏厚蟹 (<i>Helice sheni</i>)	-	-	-	-	-	+	-	-
天津厚蟹 (<i>Helice tientsinensis</i>)	-	-	++	-	-	+	-	-
双齿相手蟹 (<i>Sesarma bidens</i>)	-	-	++	-	-	+	-	-
豆形拳蟹 (<i>Philyra pisum</i>)	++	++	-	-	++	+	++	+
弧边招潮蟹 (<i>Uca arcuata</i>)	-	-	-	-	-	+	-	++
中华节糠虾 (<i>Siriella sinensis</i>)	-	-	-	-	-	-	-	+
双齿围沙蚕 (<i>Perinereis aibuhitensis</i>)	-	++	+++	++	-	++	-	++
智利巢沙蚕 (<i>Diopatra bilogata</i>)	-	-	-	-	-	-	++	-
弹涂鱼 (<i>Periophthalmus cantonensis</i>)	-	-	-	-	-	+	-	+

注: +表示个体数占总个体数不到 1%; ++表示个体数占总个体数的 1%到 10%; +++表示个体数超过总个体数的 10%

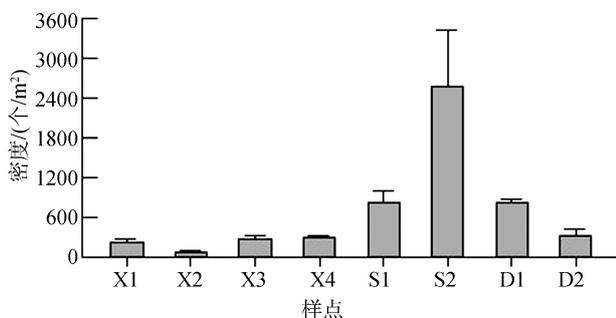


图 2 各样点大型底栖动物密度

Fig.2 Densities of macrobenthos at different sampling sites

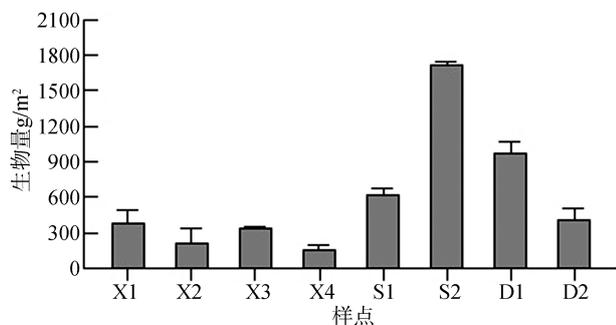


图 3 各样点大型底栖动物生物量

Fig. 3 Biomass of macrobenthos at different sampling sites

对优势; X₂ 样点种数量最少, 以托氏昌螺为优势种; X₃ 样点物种多样性指数最高, 尖锥拟蟹守螺、双齿围沙蚕为优势种; X₄ 样点多样性指数最低, 尖锥拟蟹守螺为优势种。

表 3 各样点大型底栖动物物种多样性

Tab. 3 Species diversities of macrobenthos communities at different sampling sites

样点	种类数(种)	H'	D	J
X ₁	4	0.823	0.798	0.594
X ₂	5	1.253	1.516	0.778
X ₃	7	1.626	1.688	0.836
X ₄	3	0.608	0.501	0.553
S ₁	6	1.064	0.990	0.594
S ₂	12	0.762	1.781	0.307
D ₁	6	0.869	0.993	0.485
D ₂	11	1.440	2.167	0.600

2.5 大型底栖动物群落特征与环境因子相关性

各样点大型底栖动物群落特征与生境土壤环境因子的相关性分析见由表 4。从表中可以看出, 各样

表 4 各样点大型底栖动物群落特征与生境土壤指标的相关性分析

Table 4 Correlations between the soil factors and the community characteristics of macrobenthos

底栖动物群落特征	土壤湿度 (%)	土壤盐渍度 (%)	土壤有机质 (g/kg)
生物量 (g/m ²)	-0.12	0.43	-0.23
密度 (个/m ²)	-0.13	0.31	-0.25
种类数 (种)	0.29	0.64	0.17
<i>H'</i>	0.37	0.11	0.38
<i>D</i>	0.34	0.45	0.26
<i>J</i>	0.09	-0.45	0.17

注: *表示 $P < 0.05$; **表示 $P < 0.01$; $n=8$

点大型底栖动物群落特征与土壤湿度、土壤盐渍度及有机质含量的相关性不显著。

3 讨论

米草的入侵增加了光滩生境的复杂性,同时栖息在米草底泥中的无脊椎动物也较少受到涉禽的捕食,从而增加了底栖无脊椎动物的数目和多样性^[4],大型底栖动物种类数、平均密度要显著高于邻近光滩^[7],但也有研究认为互花米草向光滩的入侵造成了大型底栖动物多样性的下降^[18]。虞蔚岩通过对东台互花米草盐滩的底栖动物调查分析,认为互花米草的生长虽促进了底栖动物种类和数量的增加,但对多样性的影响不明显^[14]。周晓等^[10]通过对九段沙的研究也表明,互花米草带下大型底栖动物种类组成和其他生境有一定区别,但种类数、密度和多样性没有显著差异。从本研究结果来看,三个断面的新生米草群落的大型底栖动物种类数及 Margalef 物种丰富度均要高于光滩,但生物多样性、底栖动物密度、生物量却因断面栖息地生境情况的差异而有所不同。

本研究同时发现互花米草盐沼在不同的发育时期,大型底栖动物群落的组成、物种丰富度和多样性等均发生变化。在本研究区域的光滩生境中,软体动物多以托氏昌螺、泥螺及四角蛤蜊为优势种,豆形拳蟹也有一定的数量。米草群落侵入后,随着其植株的增高,盖度和生物量的增加,软体动物中的尖锥拟蟹守螺及中华拟蟹守螺增多,甲壳动物中的豆形拳蟹数量减少,而厚蟹类增加,环节动物中沙蚕类增多。在入侵时间较长的米草群落中,大型底栖动物的物种数量则减少,多样性降低,软体动物中的尖锥拟蟹守螺及环节动物中双齿围沙蚕则变成优势种,这与谢志发等^[11]对长江口崇明东滩湿地大型底栖动物群落特征的研究结果基本一致。因此,探讨米草入

侵对海滨湿地大型底栖动物群落的影响,除了调查方法及时空因素外,还应考虑到研究样地互花米草入侵时间的长短。

研究中 3 个断面新生互花米草群落均使底栖动物的种类数和丰富度得到提高,这可能是互花米草刚入侵后,增加了土壤有机质的含量,为底栖动物提供了新的食物来源。互花米草在入侵初期,斑块面积较小,由于适宜在互花米草中生长的沙蚕类的出现,使得新生互花米草群落的底栖动物物种数和丰富度较光滩偏高。但米草群落的出现,部分双壳纲、腹足纲底栖动物数量的减少,从而导致底栖动物的生物量与密度下降。但随着互花米草群落形成时间的延长,由于其消减波浪,促淤造陆的作用使得所在生境高程升高,土壤被潮水淹没次数、时间减少,从而造成部分适宜在光滩生存的双壳纲、腹足纲底栖动物无法在此生存。同时由于植被覆盖度达到了 100%,密集的米草群落及其发达的根系可能严重抑制了体型较大的底栖动物的生长栖息^[13],米草粗大且质地较硬的根也不利于大型底栖动物的牧食^[19],这可能是造成中路港 1989 年米草滩样点底栖动物物种数、多样性和丰富度下降的主要原因。本研究结果也表明各样点土壤含水量、盐度、有机质含量的变化与底栖动物群落结构无显著地相关性,土壤特征的变化不是引起生境中大型底栖动物群落结构变化的主要因素,这与周晓等^[10]的研究结果基本一致。

致谢:感谢周巍,任丽娟在样品采集以及地图绘制过程中的大力帮助。

参考文献:

- [1] Michael L M, Julie L L. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction[J]. *Trends Ecol Evol*, 1999, 14: 450-453.
- [2] 左平,刘长安,赵书河,等. 米草属植物在中国海岸

- 带的分布现状[J]. 海洋学报, 2009, 31(5): 101-111.
- [3] Chen Z Y, Li B, Zhong Y, *et al.* Local competitive effects of introduced *Spartina alterniflora* on *Scirpus mariqueter* at Dongtan of Chongming Island, the Yangtze River estuary and their potential ecological consequences[J]. *Hydrobiologia*, 2004, 528: 99-106.
- [4] Curtis C D, Donald R S. Status, prediction and prevention of introduced cordgrass *Spartina* spp. invasion in pacific estuaries, USA[J]. *Biological Conservation*, 1996, 78: 51-58.
- [5] 胡知渊, 鲍毅新, 程宏毅, 等. 中国自然湿地底栖动物生态学研究进展[J]. 生态学杂志, 2009, 28(5): 959-968.
- [6] 龚志军, 谢平, 阎云君. 底栖动物次级生产力研究的理论与方法[J]. 湖泊科学, 2001, 13(1): 79-88.
- [7] Lana P C, Guiss C. Influence of *Spartina alterniflora* on structure and temporal variability of macrobenthic associations in a tidal flat of Paranaguá Bay (South-eastern Brazil) [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1991, 73, 231-244.
- [8] 朱晓君, 陆健健. 长江口九段沙潮间带底栖动物的功能群[J]. 动物学研究, 2003, 24(5): 355-361.
- [9] 陈中义, 付萃长, 王海毅, 等. 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[J]. 湿地科学, 2005, 3(1): 1-7.
- [10] 周晓, 王天厚, 葛振鸣, 等. 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[J]. 生物多样性, 2006, 14(2): 165-171.
- [11] 谢志发, 何文珊, 刘文亮, 等. 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[J]. 生态学杂志, 2008, 27(1): 63-67.
- [12] 吕士成, 孙明, 高志东, 等. 盐城国家级自然保护区人工湿地丹顶鹤的分布动态[J]. 湿地科学, 2006, 4(1): 58-63.
- [13] 谢文静, 高抒. 江苏中部海岸互花米草盐沼底栖动物的组成特征[J]. 南京大学学报(自然科学), 2009, 45(4): 553-560.
- [14] 虞蔚岩, 李朝晖, 华春, 等. 江苏盐城东台互花米草滩涂底栖无脊椎动物的多样性分析[J]. 海洋湖沼通报, 2009, 1: 123-128.
- [15] 任美镠, 黄胜, 陈义文, 等. 江苏省海岸带和海涂资源综合调查(报告)[M]. 北京: 海洋出版社, 1986.
- [16] 沈永明, 曾华, 王辉, 等. 江苏典型淤长岸段潮滩盐生植被及其土壤肥力特征[J]. 生态学报, 2005, 25(1): 1-6.
- [17] 贾敬业, 邹迎曦, 李乃栓. 从大丰县生态演替史看淤长型滩涂的开发与利用[J]. 自然资源学报, 1991, 6(3): 253-261.
- [18] Zhou H X, Liu J E, Qin P. Impacts of an alien species (*Spartina alterniflora*) on the macrobenthos community of Jiangsu coastal inter-tidal ecosystem[J]. *Ecological Engineering*, 2009, 35: 521-528.
- [19] 杨泽华, 童春富, 陆健健. 盐沼植物对大型底栖动物群落的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4387-4393.

Impacts of *Spartina alterniflora* invasion on the macrobenthos communities of Jiangsu's coastal wetlands

QIU Le¹, LIU Jin'e², CHEN Jian-qin³, WANG Guo-xiang², CHANG Qing¹

(1. Jiangsu Key Laboratory for Biodiversity and Biotechnology, College of Life Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China; 2. Jiangsu Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, College of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China; 3. Department of Biology, Jiangsu Institute of Education, Nanjing 210013, China)

Received: Dec., 24, 2009

Key words: *Spartina alterniflora*; macrobenthos; diversity; Yancheng nature rare bird reserve

Abstract: The macrobenthos were collected from eight sampling sites of three monitoring sections in the Yancheng national rare bird reserve in June 2008; and the species composition, density, biomass and diversity of macrobenthos were analyzed. Totally 21 macrobenthos species were found, among which 12 species belong to mollusk (57.1%), six to crustacean (28.6%), two to annelid (9.5%), and one to fish (4.8%). *Umbonium thomasi*, *Bullacta exarata*, and *Macraa veneriformis* were the dominant species in the mudflat of the Jiangsu's coastal wetlands, and *Philyra pisum* was also of certain abundance. After the invasion of the smooth cordgrass *Spartina alterniflora*, *Cerithidea largillierii* and *Perinereis aibuhitensis* became the dominant species gradually. In addition, the abundance and diversity of macrobenthos were increased at the early stages of smooth cordgrass invasions, but were decreased with the development of smooth cordgrass community. The results also indicate the duration of *S. alterniflora* invasion must be considered when we study the impacts of *S. alterniflora* invasion on the macrobenthos communities, besides the methodology, spatial and temporal factors of the survey.

(本文编辑: 梁德海)