

文章编号: 1004-7271(2009)01-0047-06

# 互花米草入侵对盐城东台盐滩多毛纲动物多样性的影响及管理对策

虞蔚岩<sup>1</sup>, 李朝晖<sup>1</sup>, 黄成<sup>2</sup>, 沈永明<sup>3</sup>,  
宗德柱<sup>1</sup>, 马玲<sup>1</sup>, 郭娜<sup>1</sup>, 李智星<sup>1</sup>

(1 南京晓庄学院生命科学系, 江苏 南京 211171;

2 南京大学生命科学学院, 江苏 南京 210093;

3 南京晓庄学院地理科学学院, 江苏 南京 211171)

**摘要:**生物入侵是全球变化的重要组成部分,可能对入侵地造成严重的经济和生态后果,所以评价外来种入侵的生态后果是环境影响评价研究的重点。2005年8月—2006年4月通过对三个样地多毛类的物种丰富度、多样性指数、生物量的比较,得出优势度指数:闸口>互化米草盐滩>光滩;个体数:秋季>春季>冬季>夏季;丰富度:夏季>春季>秋季>冬季。并以米草属植物为例,分析了其对入侵地区江苏盐城东台梁垛滩涂的多毛纲动物的影响,结合国际上对米草属入侵种的管理策略,提出几点关于东台米草属植物管理的建议。

**关键词:**多毛纲;盐滩;互花米草;生物入侵;管理

**中图分类号:** S 722.7 **文献标识码:** A

## Effects and management of *Spartina alterniflora* invasions on the diversity of Polychaeta of Dongtai salt marsh of Yancheng City

YU Weiyan<sup>1</sup>, LI Zhao-hui<sup>1</sup>, HUANG Cheng<sup>2</sup>, SHEN Yongming<sup>3</sup>,  
ZONG De-zhu<sup>1</sup>, MA Ling<sup>1</sup>, GUO Na<sup>1</sup>, LI Zhi-xing<sup>1</sup>

(1. Department of Life Science Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 211171, China;

2. College of Life Science Nanjing University, Nanjing 210093, China;

3. School of Geography Science Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 211171, China)

**Abstract:** Biological invasions as a significant component of global environmental change can result in serious economic and ecological consequences. Assessing the ecological impacts of invasive plants is one of the most important issues in the study of environmental impact assessment. Three different sample sites (lake gate sites, salt marsh with *Spartina alterniflora* and salt marsh without *S. alterniflora*) of Polychaeta were studied from August 2005 to April 2006. The comparison of species richness, species diversity index and biomass shows the dominance of lake gate sites is highest and that of salt marsh is lowest; the amount of individuals in autumn is larger than those in other seasons; the species richness in summer is highest in different seasons.

收稿日期: 2008-04-16

基金项目: 国家自然科学基金项目 (No. 40401059); 南京晓庄学院“生态学”校级重点建设学科项目

作者简介: 虞蔚岩 (1962-), 男, 江苏太仓人, 副教授, 主要从事动物生态学方向的研究。E-mail: ywy138519@163.com

通讯作者: 沈永明, E-mail: yongmsh@163.com

This paper analyses the ecological effects of *Spartina alterniflora* on the Polychaeta at the tidal flat of Dongtai City and discusses strategies for controlling their further range expansion

Key words: Polychaeta; saltmarsh; *Spartina alterniflora*; biological invasion; management

互花米草 (*Spartina alterniflora*)原产于大西洋沿岸,是一种适应海滩潮间带生长的耐盐、耐淹植物,我国主要用于保滩护堤、促淤造陆和改良土壤等。国内外关于互花米草的研究很多,其在生态系统中的功与过也存在较大争议<sup>[1]</sup>。由于互花米草形成密集的地上和地下结构,入侵后造成潮间带环境的变化。这种变化是否会对底栖无脊椎动物群落产生负面影响一直是人们所关心的问题,这方面的研究较少,目前还没有一致的结论<sup>[2]</sup>。国内有关米草属植物扩张对多毛纲动物群落季节性的研究报道相对较少,本研究力求通过对不同季节多毛类动物的丰富度的比较,以期了解互花米草的入侵对多毛纲动物群落结构及丰富度的影响规律。并对入侵利弊进行正确的评估,加强互花米草的控制和管理。

盐城是我国滩涂主要分布区之一,位于  $119^{\circ}27' \sim 121^{\circ}16' E$ 、 $32^{\circ}34' \sim 34^{\circ}28' N$ 之间。本区气候属北亚热带和暖温带过渡类型,是我国南北方的连接区,且海洋性暖湿季风气候明显,具有较明显的过渡性、海洋性、季风性的气候特征,季风盛行,四季分明,雨水丰沛,日照充足,无霜期长。年平均温度  $13.7 \sim 14.6^{\circ}C$ ,月均温  $26.8^{\circ}C$ ,最低温度  $-9.3^{\circ}C$ ,最高温度  $39^{\circ}C$ 。年降雨量  $980 \sim 1\ 070\ mm$ ,其中5-9月份降雨量最大,占全年降雨量的70%左右。年日照时数  $2\ 200 \sim 2\ 400\ h$ ,无霜期  $210 \sim 224\ d$ 。

海岸滩涂组成为粉沙淤泥质,总面积  $4\ 570\ km^2$ ,其中潮上带  $1\ 700\ km^2$ 、潮间带  $1\ 600\ km^2$ 、辐射沙洲  $1\ 270\ km^2$ ,约占江苏全省滩涂面积的  $3/4$ ,全国的  $1/7$ ,而且每年以  $30\ km^2$ 的成陆速度向东延伸。适宜的水文、水动力与气候条件以及由细颗粒物组成的潮滩海岸,使该区发育了复杂多样的湿地生态系统,至今仍基本保持天然湿地的生态结构和功能。丰富的植物资源为滩涂动物提供了各种生境,创造动物栖居、藏身、育苗和索饵的有利条件<sup>[3]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 采集样地

采样点选择是根据《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》编写组(1986)“岸带生物调查方法”及其相关的技术细则进行的<sup>[4]</sup>。共选择了三个采样地进行对比研究(图1),分别位于盐城东台梁垛河闸潮间带互花米草滩涂(用H表示,  $32^{\circ}54.973' N$ ,  $120^{\circ}53.995' E$ )、河闸入海口互花米草区(用Z表示,  $32^{\circ}52.550' N$ ,  $120^{\circ}54.594' N$ )和无互花米草光滩(用G表示,  $32^{\circ}50.341' E$ ,  $120^{\circ}55.498' N$ );每个样地从海边到岸边选择四个样区,依次用1、2、3、4表示,两样区之间距离为  $300 \sim 500\ m$ ;每个样区沿着滩涂水平方向又确定了三个平行样点,分别用A、B、C表示,平行样点之间的距离约为  $10\ m$ 左右。

### 1.2 样品采集和标本分离

于2005年8月15日和10月15日,2006年1月15日和4月15日,进行了4次取样。每个取样地点的面积皆为  $50\ cm \times 50\ cm$ ,取样时分为上、中、下三层,每层深皆为  $5\ cm$ 。采集泥样用  $0.5\ mm$ 目网筛进行淘洗,获取多毛类动物标本,并用10%的福尔马林溶液固定,带回实验室鉴定及分析处理<sup>[5]</sup>,在连续变倍体视显微镜(Leica Zoom 2000)下,鉴定多毛纲动物种类,并统计。

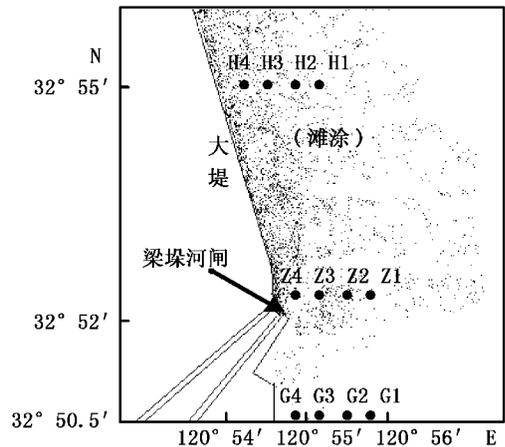


图1 采集样地分布简图  
Fig 1 The sketch of the distribution of the collection places

### 1.3 数据处理和统计

在计算物种丰富度、多样性指数、物种均匀度和物种优势度时,我们采用的公式如下:

物种丰富度由 Margalef模型计算:  $d_s = (S-1) / \ln N$

式中, S为种的数目, N为所有种的个体数之和。

多样性指数采用 Shannon-Wiener指数公式计算:  $H' = -\sum P_i \ln P_i$  ( $i=0, 1, 2, \dots, s$ )

物种均匀度由 Pielou模型计算:  $J = H' / \ln S$

物种优势度由 Simpson模型计算:  $C = \sum P_i^2$

式中,  $P_i$ 为第  $i$ 个物种的个体数与全部种的个体数之和的比, S为物种数目。

生物量采用  $EB = \sum (W_i \times N_i)$  其中  $N_i$  第  $i$ 种的密度,  $W_i$ 为第  $i$ 种的平均重量 (g)。

## 2 结果与分析

### 2.1 多毛纲动物的种类组成比较

在这三个采样点共采集到完整多毛纲动物 101个, 归属 4科, 6属, 6种 (表 1)。另外, 还有残体 40个, 皆属于沙蚕亚科。调查发现东台梁垛滩涂的多毛纲种类较少, 量亦不多。

优势种为双齿围沙蚕, 约占总个体数量的 69.3%。其它各种所占比例依次为背蚓虫 0.139%, 真齿沙蚕 0.079%, 拟突齿沙蚕 0.050%, 东球须微齿吻沙蚕 0.030%, 卷旋吻沙蚕 0.009%。

表 1 东台滩涂多毛纲物种名录统计表

Tab. 1 Species and numbers of Polychaeta occurring in the tidal flat of Dongtai

科	属	种	数量
沙蚕科	沙蚕属	真齿沙蚕 <i>Nereis neoneathes</i> Haman	+
	围沙蚕属	双齿围沙蚕 <i>Perinereis aibuhitensis</i> Gube	+++
	拟突齿沙蚕属	拟突齿沙蚕 <i>Paraleonnetes uschakovi</i> Chlebovitsch	+
齿吻沙蚕科	微齿吻沙蚕属	东球须微齿吻沙蚕 <i>Micronephthys sphaerocirrata orientalis</i> Lee et Jae	+
小头虫科	背蚓虫属	背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i> Sars	+
吻沙蚕科	吻沙蚕属	卷旋吻沙蚕 <i>G. convoluta</i> Keferstejn	+

注: +. 物种个体数 <总个体数的 1%; ++. 占总个体数的 1% ~2%; +++ . >总个体数的 2%

### 2.2 不同采样点的多毛纲动物组成比较

#### 2.2.1 多毛类的种类组成和生物量

三个不同的采样点中各种多毛类动物各自所占的比例以及总数见表 2和图 2。各采样点中种类数目从高到低的顺序依次是互花米草盐滩 >光滩 >闸口。个体数从高到低的顺序依次是互花米草盐滩 >闸口 >光滩。各采样点中依然是双齿围沙蚕为优势种, 分别占的比例为 69%, 42.86%和 90%。

表 2 不同采样点多毛纲动物个体数

Tab. 2 The numbers of Polychaeta at different sites

种	数量		
	H	G	Z
真齿沙蚕 <i>Nereis neoneathes</i> Haman	+	+++	+
双齿围沙蚕 <i>Perinereis aibuhitensis</i> Gube	+++	+++	+++
拟突齿沙蚕 <i>Paraleonnetes uschakovi</i> Chlebovitsch	+	++	++
东球须微齿吻沙蚕 <i>Micronephthys sphaerocirrata orientalis</i> Lee et Jae	+	+	+
背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i> Sars	++	+	+
卷旋吻沙蚕 <i>G. convoluta</i> Keferstejn	+	+	+

注: +. 物种个体数 <此物种所在采样点的总个体数的 2%; ++. 占此物种所在采样点的总个体数的 2% ~3%; +++ . >此物种所在采样点的总个体数的 3%

而三个采样点中多毛类动物各自的生物量经称重并计算得出的结果是:互花米草盐滩最高为 0.908 5 g/m<sup>2</sup>,其次为闸口的 0.115 4 g/m<sup>2</sup>,最低的是光滩为 0.025 4 g/m<sup>2</sup>。这可能与闸口地区独特的沙质软泥底质有关,这样的底质有机质丰富,多毛类的生物量一般比较高<sup>[6]</sup>。

2.2.2 多毛类的多样性特征

由图 3可以看出,三个采样点多毛类的多样性特征表现为互花米草盐滩最高为 1.014 3,也最接近总的多样性指数 1.026 3;光滩次之,为 1.004 1;闸口地区最低为 0.325 1,这可能与闸口地区过于靠近人类生活区,人类活动干扰性太强以及工业和生活污水大量排入里下河有关。均匀度指数由高到低为光滩 >互花米草盐滩 >闸口,平均变幅在 0.914 0~0.469 0之间,总体均匀度指数值为 0.572 8。优势度指数:闸口 >互花米草盐滩 >光滩,依次为 0.820 0,0.510 2,0.387 9,总体为 0.509 3。

2.3 不同季节的多毛纲动物组成比较

2.3.1 多毛类的数量和生物量

表 3和图 4示不同采样点分别在春、夏、秋、冬中多毛纲动物的个体变化。其中秋季多毛纲动物的个体数最多,其它季节在不同采样地区有很大差异。各采样点季节性变化较明显,互花米草盐滩中多毛纲动物个体数为秋季 >春季 >冬季 >夏季,这可能因为夏季互花米草代谢旺盛,形成了大量腐烂残体沉于水底而消耗了大量氧气。再加上互花米草特有的密集的须根形成的地下系统亦消耗了大量氧气<sup>[6]</sup>,从而造成了大量多毛类动物的死亡。又由于互花米草在夏季形成单优势群落后其根冠严重抑制了底栖微藻类的繁殖<sup>[7]</sup>,也造成了多毛类动物种类和数量的下降。但在秋季随着水温的下降和通气性的改善以及盐度的降低<sup>[6]</sup>,多毛类动物数量也达到了最高。冬季的到来导致碎屑输入的降低,食物越来越少,最终数量在春季又降到了很低。在光滩中多毛类动物个数夏季和秋季相当,而冬季和春季相当,但夏秋季明显大于冬春两季的个体数。这可能与芦苇,白茅等原有植被形成的地下根系系统比较稀疏通气性较好有关,从而在夏季多毛类动物达到了与秋季相当的数量。

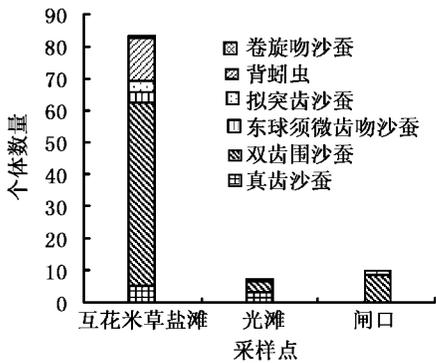


图 2 梁垛不同采样点多毛类种类组成比较图  
Fig 2 Species composition of polychaetas at different sites of the tidal flat of Dongtai

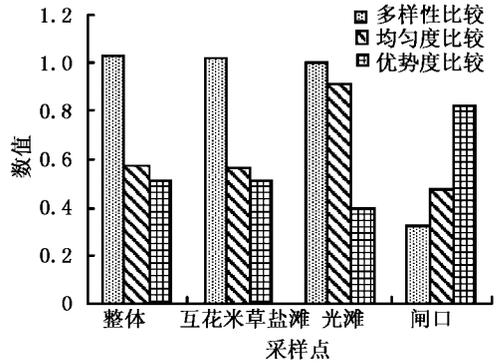


图 3 东台梁垛不同采样点多毛类动物生态指数比较图  
Fig 3 Species ecology index of polychaetas of different sites of the tidal flat of Dongtai

表 3 不同采样点多毛纲动物在四季的个体数比较

Tab 3 Species and numbers of Polychaeta at different sites of different seasons

物种名	2005-08-15			2005-10-15			2006-01-15			2006-04-15		
	H	G	Z	H	G	Z	H	G	Z	H	G	Z
真齿沙蚕 <i>Nerie neonea</i> thes Haman	+++	+++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
双齿围沙蚕 <i>Perinereis aibuhitensis</i> Gube	++	+	+++	+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	+++	+++
东球须微齿吻沙蚕 <i>Micronephthys sphaerocirrata orientalis</i> Lee et Jae	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
拟突齿沙蚕 <i>Paraleonates usegakovi</i> Chlebovitsch	+	+	+	+	+++	+++	+	+	+	+	+	+
背蚓虫 <i>Notomastus laeviceus</i> Sars	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+++	+	+
卷旋吻沙蚕 <i>G. convoluta</i> Keferstei	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

注: +. 物种个体数 <此物种所在季节采样点的总个体数的 2%; ++. 占总个体数的 2% ~3%; +++. 大于总个体数的 3%

表 4 不同采样点多毛纲动物在四季的生物量比较

Tab. 4 Biomass of Polychaeta at different sites of different seasons

站点	平均生物量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )			
	春	夏	秋	冬
H	0.9420	0.4213	0.7258	0.7909
G	0.0300	0.0033	0.0800	0
Z	0.0867	0.0132	0.2134	0.0330

从表 4 和图 5 可看出:四季中光滩和闸口地区多毛类动物的生物量变化与个体数的季节变化基本一致,光滩秋季最高为,其次为春季、夏季和冬季;闸口也是秋季最高,然后依次为夏季、春季和冬季。但是,互花米草盐滩多毛纲动物的生物量季节性变化却为秋季 > 春季 > 冬季 > 夏季,与个体数的季节变化不一致。这可能是因为:春季多毛类大量繁殖生长,使其生物量达到较高水平;冬季虽然温度、食物等都不利于多毛类生长,但由于来自于其他物种的捕食压力也大大削减了,因而冬季的生物量反而比秋季略有升高。通过观察发现,冬季时互花米草盐滩的鸟类就远少于其它两样地,这可能是因为密集生长的互花米草阻碍了鸟类对栖息于低部的多毛类动物的捕食。

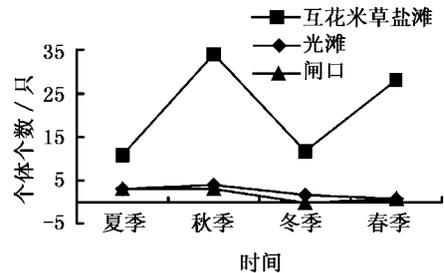


图 4 不同采样点多毛类动物个体数量季节变化

Fig. 4 Amount of individual of polychaetes at different sites of different seasons

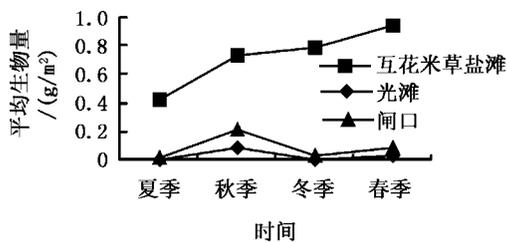


图 5 不同采样点多毛类动物生物量季节变化

Fig. 5 Biomass of polychaetes at different sites of different seasons

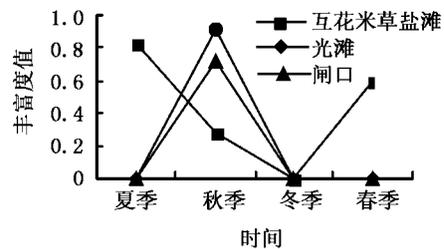


图 6 不同采样点多毛类动物丰富度季节变化

Fig. 6 Margalef indexes of polychaetes at different sites of different seasons

### 2.3.2 多毛类的丰富度特征

由图 6 可以看出,互花米草盐滩中多毛纲动物的丰富度季节性变化曲线的形状与光滩和闸口的明显不同。互花米草盐滩的多毛纲动物的丰富度由大到小依次是夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季,依次为 0.834 1、0.600 0、0.283 6、0。这可能因为春季多毛纲动物进入生长季节,许多多毛纲动物的新种开始进入群落,直至夏季时达到最高;秋季由于一些短周期的多毛类的死亡以及处于生长旺季的其他物种的捕食压力,使物种丰度逐渐降低。光滩和闸口地区的多毛纲动物的丰富度在秋季最高,分别为 0.910 2 和 0.721 3,其他季节均接近于零。除秋季外其他季节的丰富度指数皆低于互花米草盐滩的丰富度,这可能与东台地区人们的双齿围沙蚕养殖的周期有关。

## 3 讨论

底栖动物功能群结构是生境梯度及环境因子变化的综合反映<sup>[8]</sup>。湿地底栖动物的功能群分布主要取决于自然生境的性质,如环境污染、盐度等。大型植物成功入侵后取代土著植物群落,可能引起与底栖无脊椎动物生存密切相关的一些因素的改变,包括土壤盐度、通气、水动力条件、藻类的生产力,以及捕食压力<sup>[9]</sup>等的改变,最终导致大型底栖无脊椎动物群落的结构和多样性发生改变。互花米草入侵

盐城梁垛后形成了互花米草盐滩,多毛纲动物无论从个体数还是从多样性指数来讲皆明显高于这一地区的光滩。而且物种的丰富度在互花米草盐滩受季节的影响相比对照区域要小得多,这可能与底质渐趋陆生化,芦苇等植物出现,并形成镶嵌斑块导致生境稳定性降低,以及该带临近大堤,人类干扰较强(人工养殖过多)有关<sup>[10]</sup>,从而导致无互花米草的采样区域多毛类动物种类数、丰度及多样性都降低。这一结果与童远瑞等<sup>[10]</sup>调查大米草潮间带动物的生物多样性时发现,草滩区比在光滩上底栖无脊椎动物数目和生物多样性明显增加,总生物密度增加了19倍,其中双齿围沙蚕增加57.8倍是相一致的<sup>[8]</sup>。

这一结果可能与互花米草的以下功能有关:(1)促淤造陆功能<sup>[11]</sup>;互花米草的庞大根系能固定浸渍的淤泥质土壤,拦截潮水带来的泥沙,促进滩面淤积和增高的作用。从而改变潮滩生境中的沉积环境,使沉积物性质如粒径、盐度、有机质含量等发生变化,调节有机质的输入动态和沉积作用而影响多毛类动物的组成。(2)消浪、缓流作用。流速决定了各处不同底栖动物微环境,流速较缓的地区营养物质易附着,有机质含量丰富多毛类动物的丰度和数量都有明显升高。(3)土壤脱盐提高土壤肥力功能<sup>[12]</sup>;互花米草是一种强泌盐植物,可降低土壤中的盐分,从而导致喜好在低盐和淡水中生活的种类尤其是多齿围沙蚕的大量繁殖。(4)提高滩涂有机质含量,滩涂种植互花米草后团聚作用增强,理化性状变好。(5)防治污染功能;互花米草是耐污、耐肥植物,能吸收、富集污水中的有机物、氮、磷等营养物质<sup>[13]</sup>。在植物体内进行代谢转化后,将水体中的污染物转变成植物体内的营养物质,从而降低污染物含量,使水体得到净化。

## 4 建议

互花米草引入后要加强对科学管理和规划发展。在没有其他植物生长的恶劣滩涂生境种植互花米草,使其发挥先锋植物的作用。在互花米草形成大面积、高密度的单优群落,威胁本地生物多样性之前,必须采取有力措施根除或控制米草种群的进一步扩散。一些研究也表明,外来植物对土著植物的遮荫,减少了土著植物对光资源的利用,从而导致土著植物在竞争中失败<sup>[14]</sup>。应加大对互花米草资源的开发力度,鼓励沿海居民以互花米草为原料进行各种生产,有效的利用互花米草的经济价值<sup>[15]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 秦卫华,王智,蒋明康.互花米草对长江口两个湿地自然保护区的入侵[J].杂草科学,2004,(4):15-16.
- [2] 陈中义,李博,陈家宽.米草属植物入侵的生态后果及管理对策[J].生物多样性,2004,12(2):280-289.
- [3] 王加连,刘忠权.盐城滩涂生物多样性保护及其可持续利用[J].生态学杂志,2005,24(9):1090-1094.
- [4] 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》编写组.全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程[M].北京:海洋出版社,1986.
- [5] 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的影响[J].湿地科学,2005,3(1):1-7.
- [6] 王金宝,李新正,王洪法,等.胶州湾多毛类环节动物数量分布与环境因子的关系[J].应用与环境生物学报,2006,12(6):798-803.
- [7] 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):355-36.
- [8] Engle V D, Summers J K. Latitudinal gradients in benthic community composition in western Atlantic estuaries [J]. Journal of Biogeography, 1999, 26: 1007-1023.
- [9] 袁兴中,陆健健,刘红.河口盐沼植物对大型底栖动物群落的影响[J].生态学报,2002,22(3):326-333.
- [10] 童远瑞,孟文新,徐琴.大米草潮间带动物的初步调查[J].南京大学学报(专刊),1985,133-140.
- [11] 唐廷贵,张万钧.论中国海岸带大米草生态工程效益与“生态入侵”[J].中国工程科学,2003,5(3):15-20.
- [12] 闫茂华,薛华杰,陆长梅,等.中国米草生态工程的功与过[J].生物学杂志,2006,23(5):5-8.
- [13] 漆国先,许德芝,钟晓.大米草对污水中N、P净化效果的研究[J].贵州环保科技,1999,5(1):44-47.
- [14] Woods K D. Effects of invasions by *Lonicera tatarica* L on herbs and tree seedlings in four New England forests [J]. American Midland Naturalist 1993, 130: 62-74.
- [15] 张征云,李小宁,孙贻超,等.我国海岸滩涂引入大米草的利弊分析[J].农业环境与发展,2004,(1):22-25.