

杭州湾滩涂 Na 元素含量对植物多样性和优势度的影响

李 侠¹, 于明坚², 慎佳泓², 胡仁勇³, 李铭红^{1,*}

(¹ 浙江师范大学生态研究所, 浙江 金华 321004; ² 浙江大学生命科学院, 浙江 杭州 310058;

³ 温州大学生命与环境科学学院, 浙江 温州 325027)

摘要 钠元素是滩涂湿地土壤盐分的最主要成分。利用样方法调查了杭州湾滩涂湿地的植物多样性及其分布, 以及土壤钠含量对植物多样性和优势度的影响, 用相关回归方法对数据进行分析处理。结果表明: (1) 海塘内的物种多样性要高于海塘外, 有 11 种植物, 优势植物是芦苇 (*Phragmites australis*) 和互花米草 (*Spartina alterniflora*), 且互花米草的优势度要高于芦苇, 但是在海塘外的自然滩涂, 则只出现 3 种植物, 主要优势植物是互花米草和海三棱藨草 (*Scirpus xmariqueter*), 芦苇则较为少见。在海塘外的海三棱藨草-互花米草混合群落中, 海三棱藨草的优势度要高于互花米草。(2) 物种丰富度指数 (Margalef 指数) 和物种多样性 (Simpson 指数) 指数均与土壤钠含量呈极显著负相关关系, 通过回归分析得回归方程分别为 y (Margalef 指数) = $-0.05x + 1.608$ ($R^2 = 0.732, P < 0.01, n = 10$), y (Simpson 指数) = $-0.038x + 1.214$ ($R^2 = 0.926, P < 0.01, n = 10$)。 (3) 海塘内互花米草的重要值与土壤钠含量呈极显著正相关, $y = 0.033x - 0.007$ ($R^2 = 0.802, P < 0.01, n = 10$), 而芦苇重要值则与其呈极显著负相关, $y = -0.013x + 0.419$ ($R^2 = 0.607, P < 0.01, n = 10$)。在海塘外的混合群落中, 互花米草和海三棱藨草的重要值与土壤钠含量之间没有明显的相关关系。(4) 随着 (海塘) 围垦时间的延长, 其物种多样性呈现增大的趋势, 中生植物更为丰富, 而盐生植物逐渐萎缩。

关键词 滩涂湿地 植物多样性 土壤钠元素含量 优势度

文章编号: 1000-0933 (2007) 11-4603-09 中图分类号: Q948 文献标识码: A

Effects of soil Na content on plant diversity and dominance in the wetland of the Hangzhou Bay

LI Xia¹, YU Ming-Jian², SHEN Jia-Hong², HU Ren-Yong³, LI Ming-Hong^{1,*}

¹ Institute of Ecology, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China

² College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, 310058, China

³ College of Life and Environment Sciences, Wenzhou University, Wenzhou, 325027, China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (11): 4603 ~ 4611.

Abstract: Soil salinity which is closely related to sodium (Na) content greatly affects vegetation pattern in beach wetlands. Tidal flat reclamation is a popular way to increase land area in coastal regions of East China, leading to landscape change and successional development towards mesophytic communities in beach wetlands. The Hangzhou Bay is a world-famous estuary gulf with extremely strong tide, i. e. the Qianjiang Tide, and located in the vicinity of northeastern Zhejiang

基金项目 浙江省自然科学基金重大资助项目 (Z0204)

收稿日期 2007-03-16; **修订日期** 2007-09-29

作者简介 李侠 (1981 ~), 女, 安徽淮南人, 硕士生, 主要从事湿地植物生态学研究. E-mail: lxxia0305@163.com

* **通讯作者** Corresponding author. E-mail: sky82@zjnu.cn

致谢 感谢中国科学院生态环境研究中心马克明研究员、中国科学院植物研究所于飞海副研究员对本文写作给予的帮助。

Foundation item The project was financially supported by Natural Science Foundation of Zhejiang Province (No. Z0204)

Received date 2007-03-16; **Accepted date** 2007-09-29

Biography LI Xia, Master candidate, mainly engaged in plant ecology in wetlands. E-mail: lxxia0305@163.com

Province in East China. The Andong Wetland located in Cixi City of Zhejiang Province along the Hangzhou Bay is a key spots for northeast Asian birds migration in China. However, it has been strongly affected by human activities, especially reclamation ;effects of human activities on vegetation and soil traits have not been studied yet.

To investigate the effect of reclamation on soil Na content and on the relationship between Na content and vegetation pattern, we surveyed plant communities inside and outside the seawall (affected and not affected by reclamation) by transect sampling method in the Andong Wetland from 2003 to 2005. We also collected soil samples and determined soil Na content by X-ray fluorescence analysis. We calculated Margalef index and Simpson index as measures of species diversity and importance value as a measure of plant dominance.

Species diversity was higher inside than outside the seawall. Vegetation inside the seawall consisted of 11 plant species, which was relatively more dominated by mesophytes than that outside. Inside the seawall the most dominant species was *Spartina alterniflora* and the second most dominant was *Phragmites australis*. However, only three species (*Sp. alterniflora*, *Scirpus xmariqueter* and *P. australis*) occurred in the natural wetland outside the seawall, and *Sp. alterniflora* and *Sc. xmariqueter* were the two dominants. Both the Margalef index ($R^2 = 0.732, P < 0.01$) and the Simpson index ($R^2 = 0.924, P < 0.01$) were negatively correlated with soil Na content. Inside the seawall, soil Na content was positively correlated with the important value of *Sp. alterniflora* ($R^2 = 0.802, P < 0.01$), but negatively correlated with that of *P. australis* ($R^2 = 0.607, P < 0.01$). However, outside the seawall, soil Na content was significantly correlated with the importance value of neither *Sp. alterniflora* nor *Sc. xmariqueter*. With increasing duration since reclamation, number of mesophytes increased, whereas that of halophytes decreased. We conclude that long-term land reclamation significantly decreases soil salinity which greatly influences plant species diversity and dominance in wetlands.

Key Words :beach wetland ;land reclamation ;plant diversity ;soil salinity ;species dominance

滩涂是指沿海的淤泥质海滩,即淤泥质潮滩,亦称海涂^[1],是自然界最富生物多样性的生态系统之一。它不仅是大批濒危野生动物的栖居场所,而且也是河口和近海鱼类的繁殖场所及供饵仓库,同时还是净化污水、削减陆源污染物入海通量的一道天然屏障^[1]。由于滩涂生境的特殊性,而盐沼植被在多种生态服务功能方面又起着非常重要的作用,因此目前国内外对滩涂湿地植物多样性的研究十分活跃^[1,4]。滩涂围垦是目前沿海地区缓解人多地少矛盾的有效手段,它在拓展发展空间、改善水利条件的同时也给滩涂生物多样性产生了很大的影响^[5,6]。杭州湾庵东重要湿地在这种大开发的背景下,已遭到了严重破坏。目前杭州湾滩涂湿地生境高度片断化、生物多样性减少、环境污染等十分严重,原生性滩涂湿地已逐渐消失。据 2002 年对浙江省近岸生物多样性监测结果表明,与 20 世纪 90 年代调查相比,杭州湾生物多样性下降幅度最大^[1]。目前优势植被类型主要有海三棱藨草 (*Scirpus xmariqueter*) 群落 (俄国特有)、芦苇 (*Phragmites australis*) 群落、互花米草 (*Spartina alterniflora*) 群落。由于围垦等原因,土地利用方式改变,一些外来种的入侵较严重,如互花米草在围垦区内外已经大面积生长,加拿大一枝黄花 (*Solidago canadensis*) 也有蔓延的趋势。

土壤盐分是影响植被分布、植物生长的重要因素之一,而土壤中钠元素含量的变化对滩涂湿地中盐分变化具有重要的指示作用^[1]。在滩涂湿地生态系统功能的研究中,目前国内外较多集中于 N、P、K 在生态系统中的循环特征研究^[6,10],而在土壤盐度与植被关系方面的研究较少^[1~13]。关于植物多样性与土壤钠含量关系方面的研究更是少见报道。本文通过研究围垦对滩涂湿地植物多样性影响以及海塘内外滩涂土壤中钠含量对植物优势度的影响,揭示了围垦前后滩涂湿地植被变化和环境生态功能变化,并为以后的研究提供了本底资料。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

本研究地点位于杭州湾南岸慈溪市境内 (30°19'25"N,121 °15'28"E)。杭州湾是钱塘江入海形成的喇叭

状河口湾,属于亚热带海洋性季风气候,是世界著名的强潮河口湾,进潮量大,潮流强,潮汐属于浅海半日潮。湾内水深多小于 10m,其南岸属于淤涨型海岸,海滩主要为淤泥质潮滩。年平均气温 15.7 ~ 15.9 ℃,年平均降水量 988.1 ~ 1197.2 mm。研究样地分围垦区内滩涂 已围垦的九塘和十塘间,其中九塘已建 40a 以上,十塘已建 6a)和围垦区外自然滩涂。围垦区内有相当部分滩涂已辟为养殖塘,其主要植被是互花米草和芦苇群落,相互镶嵌成斑块状分布,中间零星伴有其它种植物,群落的平均高度为 1.70m 左右,互花米草和芦苇的平均盖度分别为 95% 和 90%,土壤 pH 值为 7.2 ~ 7.5 之间。围垦区外植被为互花米草单优群落、海三棱藨草单优群落和互花米草-海三棱藨草混合群落。互花米草和海三棱藨草平均高度分别为 1.1m 和 0.46m,平均盖度为 65.6% 和 50.97%,土壤 pH 值在 7.4 ~ 7.9 之间。

1.2 研究方法

本研究采用野外调查与室内分析相结合的方法,即野外调查、取样和实验室分析测定。野外调查时间分别为 2003 年 4 月,2004 年 1 月,2004 年 11 月和 2005 年 6 月。本文物种组成数据是四季调查数据总和,优势度则采用 2004 年 11 月份数据,因为此时植物生长种类多,各植物优势度也达到一年中最大。

植物取样 在 GPS 技术辅助下采用样线法结合样方法进行研究。海塘内样地总面积约为 2000m × 1000m,沿海岸线从东到西横向设置 5 条平行样线,每条样线之间间隔 200m。在每条样线上间隔 100m 设置一样方 (样方走向从围垦九塘延向十塘),共设置 1m × 1m 样方 42 个 在海塘外,互花米草-海三棱藨草混合群落群落面积为 300m × 700m 左右,群落设 3 条样线,每条样线上间隔 50m 设置一样方 (样方走向从围垦十塘延向滩涂,直至无植被的自然泥滩为止),共设置 1m × 1m 样方 41 个。调查每一样方内植物种类、盖度、地上部分生物量。此外还采取随机抽样法,选取一些特殊生境的样地 (如路边、废弃养殖场附近等),调查并记录其中的植物种类。

土壤取样及测定 土壤取样点与植物取样点一一对应。在 1m × 1m 的样方内,采用土壤传统取样法,取样深度为 0 ~ 30cm。将采集的土样混匀、去杂,风干后,于土壤粉碎机上粉碎,取 4.000g ± 0.005g 左右进行压片,而后在波长色散型 X 射线荧光光谱仪 Axios (英国帕纳科公司)测定土壤钠元素含量。

1.3 数据处理

(I) 生物量

采用收获法测定生物量。由于地下部分无法分清,因此用样方内地上部分生物量代替总生物量,以干重 (g·m⁻²) 表示。

(II) 优势度

采用重要值 (V) 指标 重要值较之其他指标可以全面地反映不同物种在群落中的功能地位和分布格局,是评价某一种植物种群在群落中作用的综合性数量指标^[4]。它一般是相对多度、相对盖度和相对频度三者之和。由于本文研究对象属草本,有些有克隆生长特性,极难统计多度,故用相对生物量取代相对多度。

相对生物量 (RBI) = 样方内某种植物的生物量 / 样方内每种植物生物量之和 × 100% ;
相对盖度 (RCO) = 样方内某种植物的盖度 / 样方内每种植物盖度之和 × 100% ;
相对频度 (RFE) = 样方内某种植物的频度 / 样方内每种植物频度之和 × 100% ;
重要值 (V) = (RBI + RCO + RFE) / 3.

(III) 物种多样性指数

本文以重要值作为多样性指数的测度依据,选用以下几种常用测度方法:

物种丰富度 (Margalef) 指数 $D_1 = (S - 1) / \ln N$;
物种多样性 (Simpson) 指数 $D_2 = 1 - \sum N_i (N_i - 1) / (N (N - 1))$.

式中,N 为所有个体的重要值和,S 为样地内所有物种数目。

文中土壤钠元素数据为样线对应样方平均值,物种数为对应样方内物种数总和 (相同的物种不累计),文中所有数据均用 SPSS13.0 软件进行相关、回归分析。

2 研究结果

2.1 滩涂植物物种多样性

2.1.1 植物的种类组成

经四季调查,结果表明,杭州湾慈溪滩涂的群落类型较为简单,在海塘内植被类型主要为芦苇-互花米草混合群落,而在海塘以外的自然滩涂,以海三棱藨草群落、互花米草群落以及海三棱藨草-互花米草混合群落为主。海塘外植物种类较少,主要是互花米草、海三棱藨草,偶见有芦苇伴生。海塘内植物种类相对比较丰富,主要有互花米草、芦苇、盐地碱蓬 (*Suaeda salsa*)、碱菀 (*Tripolium vulgare*)、钻形紫菀 (*Aster subulatus*)、一年蓬 (*Erigeron annuus*)、白茅 (*Imperata koenigii*)、怪柳 (*Tamarix chinensis*)、加拿大一枝黄花和狗尾草 (*Setaria viridis*)等。共属于5科11属11种(表1)。菊科植物占的比例较大,有4种,其中碱菀是盐碱土指示植物,禾本科植物占4种,主要植物为互花米草和芦苇。莎草科中的海三棱藨草是中国特有种,主要分布在长江口和杭州湾两岸,是当地优势种,常形成单优种群落;主要分布在海滨或土壤含盐分较高地区的藜科植物则只有一种,即盐地碱蓬。怪柳科植物也只有怪柳一种,怪柳是典型泌盐植物,同时也是盐碱地指示植物。

表1 滩涂植物种类组成
Table 1 Plants composition in the beach wetland

科 Family	属 Genus	种 Species
禾本科 Gramineae	大米草属 <i>Spartina</i>	互花米草 <i>Spartina alterniflora</i>
	芦苇属 <i>Phragmites</i>	芦苇 <i>Phragmites australis</i>
	狗尾草属 <i>Setaria</i>	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>
	白茅属 <i>Imperata</i>	白茅 <i>Imperata koenigii</i>
莎草科 Cyperaceae	藨草属 <i>Scirpus</i>	海三棱藨草 <i>Scirpus xmariqueter</i>
菊科 Compositae	一枝黄花属 <i>Solidago</i>	加拿大一枝黄花 <i>Solidago Canadensis</i>
	紫菀属 <i>Aster</i>	钻形紫菀 <i>Aster subulatus</i>
	碱菀属 <i>Tripolium</i>	碱菀 <i>Tripolium vulgare</i>
	飞蓬属 <i>Erigeron</i>	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>
怪柳科 Tamaricaceae	怪柳属 <i>Tamarix</i>	怪柳 <i>Tamarix chinensis</i>
藜科 Chenopodiaceae	碱蓬属 <i>Suaeda</i>	盐地碱蓬 <i>Suaeda salsa</i>

2.1.2 土壤钠元素含量与物种丰富度指数之间的关系

物种丰富度指数是以物种种类的数目和全部物种的个体数表示多样性。在海滨地带,土壤钠元素含量高,直接影响植物的生长以及植物的种类和数量。本文用 Margalef 指数表示物种丰富度。图1所示为 Margalef 指数与土壤钠含量的关系。结果表明,物种丰富度指数与土壤钠含量呈极显著负相关:回归方程 $y = -0.05x + 1.608$ ($R^2 = 0.732, P < 0.01, n = 10$),即土壤钠元素含量高的地方,其生长的植物种类较少,个别样方只出现互花米草单种植物。通过调查发现,土壤钠含量在10.21~15.51 g/kg 范围内,每个样方内的平均物种数为2~6个。物种多集中为芦苇、互花米草、盐地碱蓬等。而当土壤钠含量为32.61 g/kg 时,样方内只有互花米草一种植物。这可能是因为在盐碱地带,植物耐盐碱种类少。经过围垦后,土壤盐碱度逐渐下降,从而出现了一些中生植物,而使植物多样性丰富起来。同时也说明互花米草有较强的耐盐碱性。

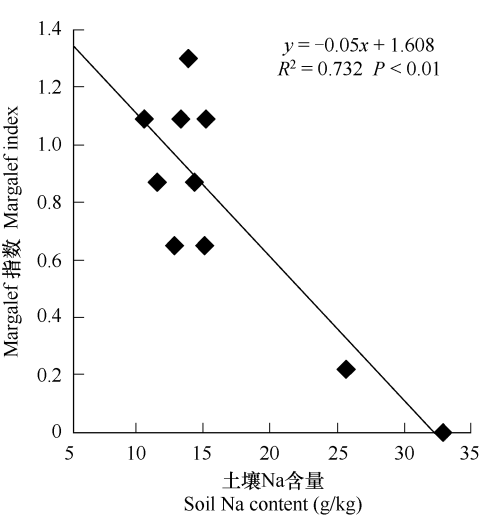


图1 土壤钠含量与物种丰富度指数之间关系
Fig. 1 Relationship between soil Na content and species richness index

2.1.3 土壤钠元素含量与物种多样性指数之间的关系

Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数均是以物种的数目、全部物种的个体总数以及每个物种的个体数综合表示的多样性。其中物种 Simpson 指数可以较好的反映物种多样性变化,而受均匀度和丰富度影响较小。因此本文选择用土壤钠含量与物种 Simpson 指数进行相关回归分析。结果显示,随着土壤钠含量的升高,物种多样性指数呈下降趋势,即土壤钠含量与 Simpson 指数呈极显著负相关。用回归方程表示为: $y = -0.038x + 1.214$ ($R^2 = 0.926, P < 0.01, n = 10$) (图 2)。从图上可以看出,在土壤钠含量为 10.21 ~ 15.51 g/kg 范围内,Simpson 指数范围是 0.65 ~ 0.89,而在 25.67 ~ 32.61g/kg 范围内,Simpson 指数为 0。这是因为样方内只有互花米草一种植物,其重要值为 1。

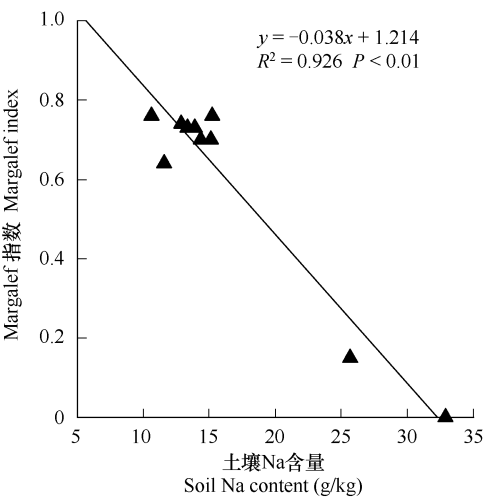


图 2 土壤钠含量与 Simpson 指数之间关系

Fig. 2 Relationship between soil Na content and Species diversity index

2.2 植物优势度与土壤钠元素含量的相关性

2.2.1 滩涂植物优势度的比较

通过对杭州湾滩涂植物重要值 (见表 2) 比较得出 在海塘内,群落主要优势种是互花米草和芦苇,植物优势度 (重要值) 大小为:互花米草 (48.02%) > 芦苇 (4.98%) > 钻形紫菀 (5.19%) > 碱菀 (3.86%) > 怪柳 (1.54%) > 海三棱藨草 (7.76%) > 白茅 (7.07%) > 狗尾草 (6.67%) > 盐地碱蓬 (8.88%)。在海塘外的混合群落中,海三棱藨草的重要值 (8.79%) > 互花米草 (5.28%)。

表 2 海塘内外植物优势度比较

Table 2 Plant dominance comparason inside and outside the beach wetland

样地 Plots	物种 Species	优势度 Dominance			
		相对生物量 %	相对频度 %	相对盖度 %	重要值 %
		RBI	RFE	RCO	IV
海塘内 Inside the seawall	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	22.04	22.57	30.34	24.98
	互花米草 <i>Spartina alterniflora</i>	59.79	40.85	40.43	48.02
	海三棱藨草 <i>Scirpus xmariqueter</i>	4.8	8.02	10.45	7.76
	盐地碱蓬 <i>Suaeda salsa</i>	0.24	0.69	7.69	2.88
	碱菀 <i>Tripolium vulgare</i>	6.57	14.97	20.04	13.86
	钻形紫菀 <i>Aster subulatus</i>	20.74	12.12	12.69	15.19
	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	1.96	11.71	6.33	6.67
	白茅 <i>Imperata koenigii</i>	3.74	10.1	7.37	7.07
	怪柳 <i>Tamarix chinensis</i>	4.6	29.17	0.86	11.54
海塘外 Outside the seawall	互花米草 <i>Spartina alterniflora</i>	70.41	56.37	69.05	65.28
	海三棱藨草 <i>Scirpus xmariqueter</i>	86.22	93.24	86.90	88.79

2.2.2 滩涂优势植物优势度与土壤钠元素含量相关性

在沿海滩涂,不同的植物对盐度的响应不同。本研究地海塘内优势植物是互花米草和芦苇,并且互花米草的优势度显著大于芦苇 (方差检验得 $F = 13.665, P < 0.01$)。而且两者与土壤钠含量的关系差异明显 (如图 3)。

从图中以及数据分析得出 芦苇优势度与土壤钠含量呈显著负相关 ($R^2 = 0.607, P < 0.01, n = 10$),在钠元素含量为 10 ~ 15g/kg 范围内生长较好,而在 32.61g/kg 左右则只生长互花米草一种植物,并且互花米草的盖度达到了 100%。互花米草优势度与土壤钠元素含量则呈极显著正相关 ($R^2 = 0.802, P < 0.01, n = 10$),即

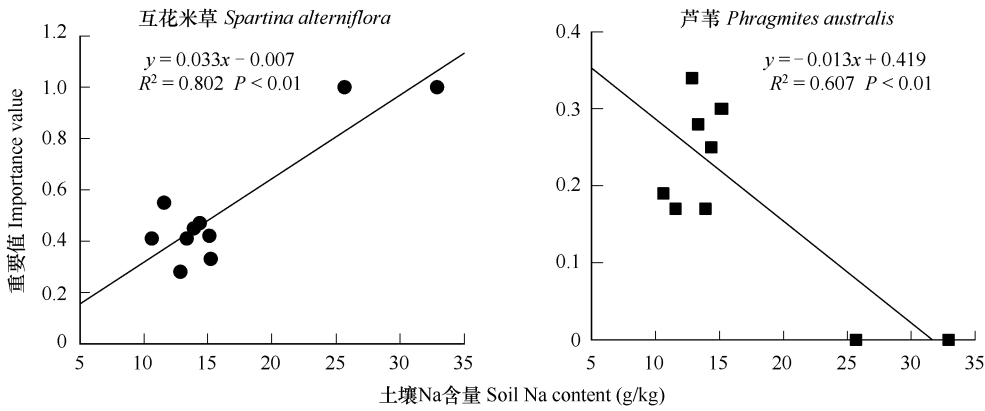


图3 海塘内土壤钠含量与物种优势度之间关系

Fig. 3 Relationship between soil Na content and species dominances inside the seawall

随着土壤钠元素含量升高,互花米草优势度也随之升高。

进一步研究发现,在海塘内,芦苇和互花米草存在很大的消长关系,两者优势度呈极显著负相关 (统计检验得: $r = -0.946, P < 0.01, n = 10$)。这说明在海塘内,两种植物存在很大的竞争关系。而在海塘外混合群落里,互花米草和海三棱藨草优势度与土壤钠离子含量相关关系却不明显。这可能是因为:混合群落里两种植物的生长分布很不均匀,即两种植物很少同时出现 (个别样方除外),在靠近十塘的地方 (距十塘约 0 ~ 100m 范围内),互花米草生长较茂盛 (在距十塘约 100 ~ 250m 范围内的样方只出现两种植物,即互花米草和海三棱藨草,距十塘越远的地方 (距十塘约 250m 以外),则只出现了海三棱藨草,没有其它植物生长。

3 讨论

3.1 物种多样性

在浙江省沿海,随着滩涂围垦规模的不断扩大和围垦时间的延长,造成原来的生境发生很大的变化。滩涂生物多样性也受到很大影响。在滩涂环境下,土壤盐度和湿度是重要的选择因子 [5],并且土壤盐度和湿度也会随围垦时间的推移而发生变化,往往是围垦时间越长,土壤逐渐中性化。吴志芬等对黄河三角洲盐生植被与水盐关系研究得出:随着土壤含盐量的升高,群落内物种种类会减少 [6]。汤梦玲等对西北地区植被的研究也表明:在土壤盐分过高的情况下,生物多样性有退化现象 [7]。徐恒刚等通过研究土壤盐渍化对盐生植被影响结果表明:随着土壤盐碱度的增加,植被具有趋中趋贫现象 [8]。在本研究地,滩涂植物物种以耐盐碱植物为主,但是也现了对盐度耐性较低的植物,如加拿大一枝黄花等,主要生长在路边或抛荒地,在海塘内也偶见其与芦苇、互花米草伴生。这可能是由于围垦区内环境多样化,如大面积养殖塘、潮沟的存在而造成土壤异质性明显,盐分含量不均等造成的。

本研究表明,土壤钠含量对物种多样性指数和丰富度指数均有显著影响,两者均与土壤钠含量呈极显著负相关。即随着土壤钠含量的升高,物种丰富度指数和多样性指数均呈下降趋势。在本研究地,由于九塘已建 40a,相对时间较长,而十塘则只建了 6a,相对时间较短,而且由于海塘将堤内与自然滩涂阻断,使得堤内水分逐渐蒸发,土壤逐渐硬化,含盐度升高,土壤便会旱化而形成盐渍地,从而出现了耐盐碱的碱菀、盐地碱蓬这样的盐碱地先锋物种。随着建塘时间的延长,样地内便逐渐出现中生植物。John 通过研究滩涂围垦后湿地水文变化产生的影响也认为:滩涂长期被围垦后 (0a 以上),非盐生植物有取代盐生植物的趋势 [9]。因为盐碱植物在生长的同时也能降低土壤含盐量。盐生植物为了适应盐碱地的低水势,而必须吸收和积累一定的盐分,来作为体内的渗透调节物质。而且盐生植物生长后,土壤中 N、P、K、有机质、土壤微生物数量都有明显增加,从而也有利于其他植物的生长 [10]。围垦区内出现了很多养殖塘也是影响土壤盐分的重要因素之一。养殖塘面由于水压作用,使水面方向由上而下,最终通过地下水而将水分排向大海。而且在每年的捕获期,会将塘内水分排干,这样也会带走土壤中的一些盐分,从而使塘内和附近土壤中的盐分降低,进而出现了一些低盐

或者中生植物。Charles 等的研究表明,滩涂围垦后,围垦区内水位和盐沼水平面均会下降,土壤盐度也会降低,进而改变植被结构和组成^[1]。另外,围垦区内群落的盖度平均为 90% 左右,会减少土壤表层水分的蒸发,从而使土壤盐分比例降低^[2]。而且在盐化土壤中,表层土壤水分不易渗透到下部,从而影响植物根部对水分的吸收,进而影响植物生长,限制了许多植物种类在该环境下的分布^[3]。

3.2 优势度

草地植物物种的优势度是指某种植物在群落中所占的优势程度,它可用来确定群落的建群植物和亚建群植物,在一定程度上也可预示着群落的演替方向^[4]。目前对优势度的确定方法一般采用总和优势度。总和优势度是群落某植物物种的密度比、盖度比、频度比、高度比、重量比的总和平均值。对不同的情况可以采用不同指标的平均值。本文用重要值表示植物的优势度进行评价^[5]。本研究表明,在沿海滩涂,植物优势度受植被类型与土壤钠含量影响。殷立娟等通过研究土壤盐碱化对羊草群落优势度的影响也取得了类似的结果,研究得出:土壤盐碱化是影响群落优势度不可忽略的重要因素,羊草群落优势度随土壤盐碱度的增加而呈倒 S 型曲线下降^[6]。本研究中,在海塘内,植物种类相对较多,物种多样性比海塘外要高,并且优势植物是芦苇和互花米草,互花米草重要值为 48.02% 而在海塘外,由于植物种类较少,优势植物是互花米草和海三棱藨草,互花米草重要值为 65.28%,比在海塘内高。这样的结果,也符合如下规律:在物种多样性指数高的地方,每种植物的优势度会降低^[7]。

不同植物对盐度的适应能力不同,决定了它们在盐生群落中的竞争能力。在本文中,互花米草优势度与土壤钠离子含量呈极显著正相关,而芦苇优势度则与土壤钠离子含量呈显著负相关,并且两者呈一定的消长关系。这是因为:一方面,芦苇和互花米草同属禾本科多年生高大草本,生长旺盛季节均是 6~8 月份,在 11 月份开始枯黄。相似的生长期使它们总是相伴而生,会竞争性地从土壤中吸收所需元素;另一方面,在盐碱地中,土壤钠含量多少可以反映土壤盐度的大小。虽然芦苇和互花米草都适宜于生长在盐碱地上,但两者对盐度的耐性是有差异的。互花米草具有很强的耐盐能力,能在 35‰ 盐度的海水中生长良好,而在 10~20‰ 盐度下,可以达到最大生物量^[8],而芦苇最适宜生长的盐度仅为 5‰^[9]。李卫军等研究报道也表明,土壤盐渍化和水分短缺也会抑制芦苇的生长^[10]。在北美大多数河口,芦苇也较多存在于中盐性盐沼中,而在高盐性盐沼中存在较少^[11]。因此,在围垦区内(海塘内)土壤钠含量较低的水塘或水沟附近,芦苇的优势度要强于互花米草,而在土壤钠含量较高的地方则只出现了互花米草一种植物。在海塘外,样地直接受到潮汐的影响,受海水淹没的时间较长,水分增加了营养资源的传导作用,使环境生态异质性下降^[12],造成生长的植物种类较少,仅生长互花米草和海三棱藨草两种植物。研究表明:海三棱藨草作为杭州湾的土著种,目前,虽然在混合群落里其优势度比互花米草大,但是互花米草生长入侵能力很强,与 2003 年同期调查相比,有大幅蔓延的趋势,这与陈家宽等的研究结果一致^[3]。陈家宽在考察上海九段沙自然保护区时发现,随着互花米草的扩散,海三棱藨草大面积减少。陈中义等通过实验室模拟野外条件研究发现:互花米草的种间竞争能力大于海三棱藨草^[4]。而且,四种植被群落下滩涂钠含量高低规律为:互花米草群落>海三棱藨草群落>互花米草-海三棱藨草混合群落>海塘内互花米草占优势的群落>海塘内芦苇占优势的群落。出现上述结果可能的原因是:海塘外受人干扰较少,尤其是土壤盐度比较稳定,对于耐盐性较强的互花米草生长更为有利。互花米草适应盐度范围广是造成海三棱藨草群落面积日益萎缩的重要原因。而在围垦区内,人为活动影响比较明显,多种因素综合作用,且随着围垦时间的延长,土壤盐度的不断下降,中生植物将逐渐取代耐盐生植物成为优势物种。

References :

[1] Ren M E. Utilization and strategy on tidal flat exploitation in China. Bulletin of Chinese Academy of Science, 1996, 6 :440—443.
[2] Williams T P, Bubbs J M, Lester J N. Metal accumulation with in salt marsh environment :a review. Marine Pollution Bulletin , 1994, 28 (6) : 277—290.
[3] Lan Z H, Chen G Z, Liao Y. Biodiversity of Wetland Plants in South China Sea. Ecologic Science, 2006, 25 (1) :13—16.

- [4] Moore H H. Vegetation change in created emergent wetlands (1988—1996) in Connecticut (USA). *Wetlands Ecology and Management*, 1999, 7 (4) :177—191.
- [5] Roman C T, Raposa K B, Adamowicz S C, *et al.* Quantifying vegetation and Nekton response to tidal restoracion of a new England salt marsh. *Restoration Ecology*, 2002, 10 (5) :450—460.
- [6] Ge B M, Bao Y X, Zheng X, *et al.* The structure of the macrobenthic community and niche analysis at a tidal flat of Lingkun Island. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (5) :446—453.
- [7] Shen J H, Hu R Y, Yu M J, *et al.* Influence of reclamation on plant diversity of beach wetlands in Hangzhou Bay and Yueqing Bay in East China. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)*, 2006, 33 (5) :324—328.
- [8] Pantip K, Suwanchai N. Constructed treatment wetland :a study of eight plant species under saline conditions. *Chemosphere*, 2005, 58 (5) :585—593.
- [9] Judith M S, Jeffery C. Cornwell nitrogen, phosphorus and sulfur dynamics in a low salinity marsh system dominated by *Spartina alterniflora*. *Wetland*, 2001, 21 (4) :629—638.
- [10] Danovaro R, Pusceddu A. Biodiversity and ecosystem funtioning in Coastal lagoons :Does microbial diversity play any role ?*Eustuarine, Coastal and Shelf Science*, 2007, 75 (-2) :4—12.
- [11] Yan S G, Shen Y Y, Zhu Y Y. On the Relationships among distribution, succession as well as soil water and salt of plant vegetation in saline meadow area of Hexi Corddor. *Acta Pratacul Turae Sinica*, 1994, 3 (5) :16—21.
- [12] Li X, Li G Z. Relationship between the change of soil moisture- salt and crops in the area at the upper reaches of Tarim River. *Arid Land Geograph*, 1997, 20 (4) :11—16.
- [13] Flowers T J, Flowers S A. Why does slinity pose such a difficult problem for plant breeders ?*Agricultural Water Management*, 2005, 78 (-2) :15—24.
- [4] Jiang Z Q, Hong J M, Hu D. Plant diversity and seasonal variation of key value of dominant species in Yangzhen Wetland. *Wetland Science*, 2004, 2 (5) :213—219.
- [5] Dong H D, Quan K G, Shao C. Ecology of plant communities in Liaohe estuary wetland conservation area. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1995, 6 (5) :190—195.
- [6] Wu Z F, Zhao S L, Zhang X L. Studies on Interrelation between salt vegetation and soil salinity in the yellow river delta. *Acta Photoecologica Sinica*, 1994, 18 (5) :184—193.
- [7] Tang M L, Xu H L, Chao L J. Significance of groundwater for existence and succession of vegetation in northwest China. *Geological Science and Technology Information*, 2001, 20 (5) :79—83.
- [8] Xu H G, Liu S R. Impact of soil salinization on halophyte vegetation. *Inner Mongolia Prataculture*, 2006, 16 (5) :1—2.
- [9] Portnoy J W. Salt Marsh Diking and Restoration :Biogeochemical Implications of Altered Wetland Hydrology. *Environmental Management*, 1999, 24 (1) :111—120.
- [10] Zhao K F, Fan H, Jiang X Y. Improvement and utilization of saline soil by planting halophytes. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2002, 8 (1) :31—35.
- [11] Roman C T, Garvine R W, Portnoy J W. Hydrologic modeling as a predictive basis for ecological restoration of salt marshes. *Environmental Management*, 1995, 19 (4) :559—566.
- [12] He G P, Chen Y S, Huang Y Q. Dynamics of Soil Salinity and Moisture Contents on Saline and Alka of Seabearch after Plantation in Hangzhou Bay. *Forest Research*, 2006, 19 (5) :257—260.
- [13] Mzezewa J, Gotosa J, Nyamwanza B. Characterisation of a sodic soil catena for reclamation and improvement strategies. *Geoderma*, 2003, 113 (-2) :161—175.
- [14] Wang B S. Disccussion on the index dominance of grassland plant. *Pratacultural Science*, 1996, 13 (6) :53—54.
- [15] Lu X G ed. Observational method in wetland ecosystem. Bei jing :Chinese Environmental & Scientific Press, 2005. 90—91.
- [16] Yin L J, Zhang W Z, Shi D C. Effects on soil salinization and noncapillary porosity on the biomass forming and ecological dominance of *Leymus Chinensis* community. *Acta Ecologica Sinica*, 1992, 12 (4) , 301—307.
- [17] Peng S L, Zhou H C, Chen T X, *et al.* The quantitative characters of organization of forest communities in Guangdong. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1989, 13 (1) :10—17.
- [18] Landin M C. Growth habits and other considerations of smooth cordgrass *Spartina alterniflora* Loisel. In :Mumford T F Jr, Peyton P, Sayce J R, *et al*, eds. *Spartina Workshop Record*. Seattle :Washington Sea Grant Program, University of Washington, 1991. 15—20.
- [19] Lissner J, Schierup H H. Effects of salinity on the growth of *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 1997, 55 (4) :247—260.
- [10] Li W J, Gao H Y, Xu J. Correlation of Growth Forms of *Phragmites australis* with soil water and salt. *Grassland of China*, 1995, (6) :23—26.

[1] Chambers R M, Mozdzer T J, Ambrose J C. Effects of salinity and sulfide on the distribution of *Phragmites australis* and *Spartina alterniflora* in a tidal saltmarsh. *Aquatic Botany*, 1998, 62 (1) :161 – 169.

[2] Zhu T C ed. *Leymus chinensis* biological ecology. Changchun :Jilin Science & Technology Publishing House, 2004, 214 – 215.

[3] Chen J K. Comprehensive Survey on Shanghai Jiuduansha Wetland Nature Reserve, the Yangtze River Estuary. Bei jing :Science Press, 2003. 5 – 15.

[4] Chen Z Y, Li B, Chen J K. Some growth characteristics and relative competitive ability of invasive *Spartina alterniflora* and native *Scirpus mariqueter*. *Biodiversity Science*, 2005, 13 (1) :130 – 136.

参考文献：

[1] 任美谔. 中国滩涂开发的利用与对策. 中国科学院院刊, 1996, 6 :440 ~ 443.

[2] 兰竹虹, 陈桂珠, 廖岩, 等. 南中国海地区湿地植物多样性研究. 生态科学, 2006, 25 (1) :13 ~ 16.

[3] 葛宝明, 鲍毅新, 郑祥, 等. 灵昆岛围垦滩涂潮沟大型底栖动物群落生态学研究. 生态学报, 2005, 25 (1) :44 ~ 53.

[4] 慎佳泓, 胡仁勇, 李铭红, 等. 杭州湾和乐清湾滩涂围垦对植物多样性影响. 浙江大学学报 (理学版), 2006, 33 (1) :324 ~ 328.

[1] 阎顺国, 沈禹颖, 朱幸运, 等. 河西走廊盐化草甸植被分布演替与土壤水盐的关系. 草业学报, 1994, 3 (1) :16 ~ 21.

[2] 李新, 李国振. 塔里木河上游地区土壤水盐变化与作物的关系. 干旱区地理, 1997, 20 (1) :11 ~ 16.

[4] 蒋政权, 洪剑明, 胡东, 等. 北京市杨镇湿地植物群落多样性及优势种重要值的研究. 湿地科学, 2004, 2 (1) :213 ~ 219.

[5] 董厚德, 全奎国, 邵成, 等. 辽河口湿地保护区的植物群落生态学研究. 应用生态学报, 1995, 6 (1) :190 ~ 195.

[6] 吴志芬, 赵善伦, 张学雷, 等. 黄河三角洲盐生植被与土壤盐分相关性研究. 植物生态学报, 1994, 18 (1) :184 ~ 193.

[7] 汤梦玲, 徐恒力, 曹李靖, 等. 西北地区地下水对植被生存演替的作用. 地质科技情报, 2001, 20 (1) :79 ~ 83.

[8] 徐恒刚, 刘书润. 土壤盐渍化对盐生植被的影响. 内蒙古草业, 2006, 16 (1) :1 ~ 2.

[10] 赵可夫, 范海, 江行玉, 等. 盐生植物在盐渍土壤改良中的作用. 应用与环境生物学报, 2002, 8 (1) :31 ~ 35.

[12] 何贵平, 陈益泰, 黄一青, 等. 杭州湾海涂造林后土壤盐分和水份动态变化. 林业科学研究, 2006, 19 (1) :257 ~ 260.

[14] 王宝山. 对草地植物优势度指标的商榷. 草业科学, 1996, 13 (1) :53 ~ 54.

[15] 吕宪国主编. 湿地生态系统观测方法. 北京 :中国环境科学出版社, 2005. 90 ~ 91.

[16] 殷立娟, 张为政, 石德成. 土壤盐碱化程度及非毛管孔隙度对羊草群落生物量及优势度的影响. 生态学报, 1992, 12 (4) :301 ~ 307.

[17] 彭少麟, 周厚成, 陈天杏, 等. 广东森林群落的组成结构数量特征. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13 (1) :10 ~ 17.

[10] 李卫军, 高辉远, 徐江, 等. 不同生长型芦苇与土壤水盐相关的研究. 中国草地, 1995, 6 :23 ~ 26.

[12] 祝廷成主编. 羊草生物生态学. 吉林 :吉林科学技术出版社, 2004. 214 ~ 215.

[13] 陈家宽. 上海九段沙湿地自然保护区科学考察集. 北京 :科学出版社, 2003. 5 ~ 15.

[14] 陈中义, 李博, 陈家宽. 互花米草与海三棱藨草的生长特征和相对竞争能力. 生物多样性, 2005, 13 (1) :130 ~ 132.