

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2015.06.008

江苏东台市不同时期围垦区滩涂植物群落特征变化

吴宝成,刘启新,胡君,熊豫宁,董振国

(江苏省中国科学院植物研究所(南京中山植物园),江苏南京 210014)

摘要:以江苏省东台市弶港镇不同围垦时期的植被为对象,采用实地踏查法结合样方调查法进行野外调查,并采用群落优势种、物种丰富度、Simpson 指数、Shannon 指数等分析群落特征,对群落土壤进行取样,测定土壤 pH、电导率和含盐量。结果表明,土壤含盐量和电导率是影响植物在滩涂上分布的重要因素;滩涂围垦对植物群落类型和物种丰富度等有影响,尤其会影响植物群落特征和分布格局。

关键词:海堤;围垦;滩涂植被;物种多样性;群落特征;东台市

中图分类号:Q143 文献标志码:A 文章编号:1000-1980(2015)06-0548-07

Variation of characteristics of plant community in tidal flats during different reclamation periods in Dongtai City, Jiangsu Province

WU Baocheng, LIU Qixin, HU Jun, XIONG Yuning, DONG Zhenguo

(*Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences
(Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat-Sen), Nanjing 210014, China*)

Abstract: A field survey and quadrat sampling methods were used to investigate vegetation during different reclamation periods in Jianggang Town, Dongtai City, Jiangsu Province. The community's dominant species, species richness, Simpson index, and Shannon index were used to analyze the characteristics of the plant community. Soil samples were taken to determine the pH value, conductivity, and salinity. The results show that the soil salinity and conductivity are the two most important factors affecting the distribution of plants in the tidal flats; and the reclamation of tidal flats influences community types, species richness, and, especially, the characteristics and distribution of the plant community.

Key words: sea dike; reclamation; tidal flat vegetation; species diversity; community characteristics; Dongtai City

沿海滩涂是单位面积上生态服务价值最高的生态系统之一,它不仅具有多种生态和经济功能,而且具有重要的生产应用与科学价值^[1]。滩涂植物是其重要的组成部分,也是滩涂生态系统的基本组成部分,它具有调节气候、保护水土、维护生态多样性等功能。我国对滩涂围垦和开发利用已有1 000余年的历史^[2]。据统计,江苏1949—2004年共围垦沿海滩涂2 524 km²。滩涂围垦为江苏沿海地区经济发展、缓解人口增长压力、保持土地资源平衡等方面做出了重要贡献;但同时围垦工程会在短时间、小尺度范围内改变自然海岸带格局,对原生生态系统产生强烈干扰,造成新的不平衡,也给被称为地球肾脏的沿海湿地及其生态系统和地质环境等带来了一定的影响^[3-4]。

20世纪80年代,对江苏滩涂植物种类、群落类型和资源的调查进行过许多详细的研究^[5-10]。近10 a来有许多关于海岸带植物及其环境相互之间影响的研究^[11-15]。条子泥沙洲位于江苏省盐城市东台市弶港镇沿海中南部的近岸辐射沙洲,条子泥地处辐射沙洲中心,长期以来一直处于淤积环境,邻近岸滩不断淤高成陆,岸段淤涨速率在江苏省沿海地区属于较快地区之一。条子泥垦区针对此淤涨区域进行围垦,具体位置位

于江苏省盐城市东台市弶东垦区和梁南垦区以东的条子泥核心区滩涂,围垦范围北至西洋,东至东大港,南至条鱼港,西界为东台沿海中南部垦区外堤线,围垦总面积 2.229 万 hm^2 ,主要用于水产养殖^[16]。本文研究了该地区由近海至内陆不同时期围垦区域内的地理分布、群落种类、种类组成以及群落多样性的变化,为植被恢复或滩涂开发利用以及环境保护提供参考资料。

1 研究地区和研究方法

1.1 研究地区概况

研究区域主要位于江苏省盐城市东台市弶港镇及其毗邻区域,该地区最新围垦区为 2012 年围垦(围垦 2 a)的条子泥垦区和方南前缘垦区,按围垦时间由近及远依次为梁南垦区(2008 年,围垦 6 a)、弶东垦区和方南垦区(2006 年,围垦 8 a)、仓东垦区(2005 年,围垦 9 a)、三仓片垦区(1997 年,围垦 17 a)、无名川垦区(1981 年,围垦 33 a)、鱼舍垦区(1979 年,围垦 35 a)、新东垦区(1978 年,围垦 36 a)、弶港垦区(1950 年,围垦 64 a)。并以盐城市大丰市麋鹿自然保护区第三核心区为未围垦对照,其近陆围堰时间为 1997—1998 年。调查时间为 2012 年 1 月至 2014 年 6 月中旬。

1.2 研究方法

1.2.1 取样方法

在野外踏查的基础上,在条子泥调查地区由海至内陆设置 3 条调查纵带,分别位于北中南 3 段(纵带 1~3),在方南前缘垦区设置纵带 1 条(纵带 4),在大丰麋鹿自然保护区第三核心区设置由海至陆 1 条对照调查纵带(对照纵带)。在以上纵带上每隔 50~100 m 设置 1 个样点,在围垦区中部由于植被变化较高,适当增加设点的频度,每个样点按“器”字形设置 5 个 2 m×2 m 样方,记录样方内的群落优势种、物种组成、盖度、多度等信息。每个样方取土铲随机钻取 5 点 10 cm 深度的土壤,混合,带至实验室内测定土壤 pH、电导率和含盐量。调查地区共计设置 72 个样点。

1.2.2 数据处理

在样方调查的基础上对群落多样性进行了数据分析和资料分析。数据分析主要是分析各特征指数,包括物种丰富度即样方内物种总数、Simpson 指数和 Shannon 指数^[17]。将东台市弶港镇及其毗邻区域 4 条纵带按由海端至陆端,不同围垦区顺序的调查数据进行拟合,综合为围垦区的调查纵带。

2 结果分析

2.1 土壤含盐量和电导率的关系

72 个调查点的混合土壤样以土壤含盐量 y 对应的土壤电导率 x 进行线性回归,如图 1 所示。线性方程为 $y=0.0116x+0.9767$, $R^2=0.8084$ ($n=72$)。表明研究区域内土壤电导率与含盐量呈正相关关系,反映出随着围垦成陆时间的累积,土壤中盐类离子的浓度随降水的淋洗和河水的融流不断下降。同时,经过测定和分析,调查区域内土壤 pH 变化范围在 7.05~9.02 之间,呈弱碱性至碱性。土壤 pH 与含盐量或电导率不呈线性关系。土壤的酸碱度即 pH 不是影响滩涂植物种类和分布的主要因素;土壤含盐量和其呈正相关的电导率在滩涂不同围垦区域大尺度的变化是影响滩涂植物在围垦区种类、分布和数量的主要因素。

2.2 对照纵带的群落类型和多样性梯度变化

研究对照纵带位于大丰市麋鹿自然保护区第三核心区,该调查区域的第一道海堤建于 1997—1998 年,自海堤向海端(方向东)为野生状态,东西向长度约为 14 km,无围垦等人为活动,可在一定程度上反映自然状态下,滩涂植被演替和植物的变化。

1~32 号点位属于自然发育的滩涂植被。在滩涂的最临近海平面的前部地区,互花米草大面积分布发

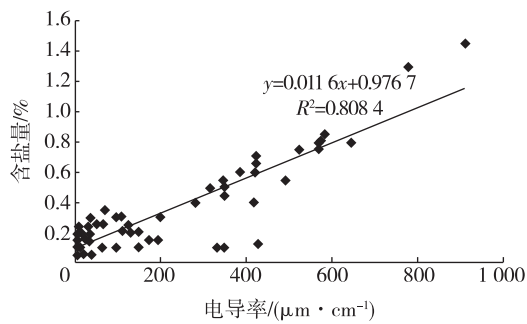


图 1 调查区域土壤含盐量和电导率的线性关系
Fig. 1 Linear relationship between soil salinity and conductivity in investigation area

展,占有绝对优势,盐地碱蓬相伴生在内,数量较少,总盖度在 95%;在滩涂的中后部逐渐出现拂子茅、钻形紫菀、长芒棒头草、匍茎苦荚菜等兼性盐生植物以及小白酒草、一年蓬、蛇床等陆生植物;在滩涂的后部地区出现长芒棒头草群落,互花米草的比重逐渐降低,伴生物种主要有兼性植物匍茎苦荚菜、钻形紫菀、芦苇等,总盖度在90%~95%;在靠近海堤的滩涂后部,则开始出现拂子茅、柽柳、白茅群落,并占较大优势,主要伴生物种有旋图覆花、小白酒草、萝藦、芦苇等,内陆植物比重增加,总盖度在 90%以上。1997—1998 年所修筑的海堤,现在的植被为人工种植的刺槐群落,33 号点位(海堤东侧)的伴生种为益母草、雀麦、乌菰莓、鸡矢藤、枸杞、牛膝、一年蓬、小蓟、窃衣、鬼针草、美洲商陆等;34 号点位(海堤西侧)的伴生物种主要为鸡矢藤、牛膝、乌菰莓、小蓟、牵牛、益母草、枸杞、杠板归等。

从海端至陆端群落演替的次序为互花米草、长芒棒头草、拂子茅、柽柳、白茅、刺槐(人工群落)。

对于土壤电导率,由近海端至内陆端有逐渐下降的趋势,由 423.00 $\mu\text{m}/\text{cm}$ 降低至海堤的 8.01 $\mu\text{m}/\text{cm}$;土壤含盐量也存在与电导率相似的趋势,即由高盐度的 0.70%逐渐减低至 0.15%。由图 2 和图 3 可以看出群落丰富度指数与土壤含盐量的变化特点(1~32 号为围垦17a区域,33、34 号为17a围堤)。在丰富度指数上,临近海平面的大部分区域(潮间带和潮下带)因为潮汐影响和海水淹没,仅存在互花米草等少数典型盐生植物,所以群落丰富度指数很低,直至某些地点由于地势较高,脱盐程度较大,植物的种类增加至 4~6 种。在靠近海堤的滩涂后部,由于处于过渡地带,海程进一步提高,种类有所增加,达到 10 种。至海堤处时,植物种类急剧增加,达到 28 种。

Simpson 指数和 Shannon 指数的变化基本与丰富度指数一致,Simpson 指数由 0 增加至 0.81 左右,Shannon 指数由 0 增加至内陆的 1.73 左右,与丰富度指数唯一不同的在于植被分布均匀并基本保持稳定,仅略微增加,这是因为盐生群落中逐步增加了某些盐生物种成分,物种数增加了,而均匀度还有欠缺。而在人工修筑的海堤上由于植物种类和数量的增加,Simpson 指数和 Shannon 指数分别增加至 0.95 和 3.15,高于自然淤长区的自然植被。

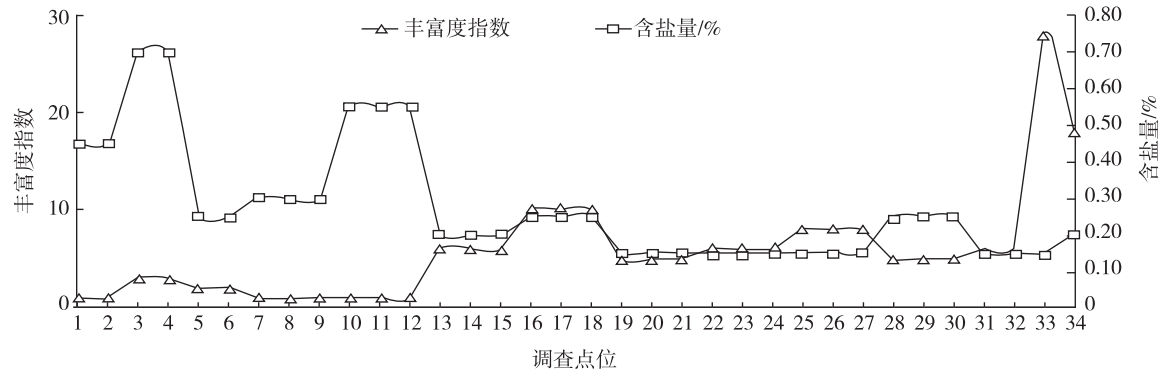


图 2 对照纵带丰富度指数与土壤含盐量的变化

Fig. 2 Variations of richness index and soil salinity in reference longitudinal zone

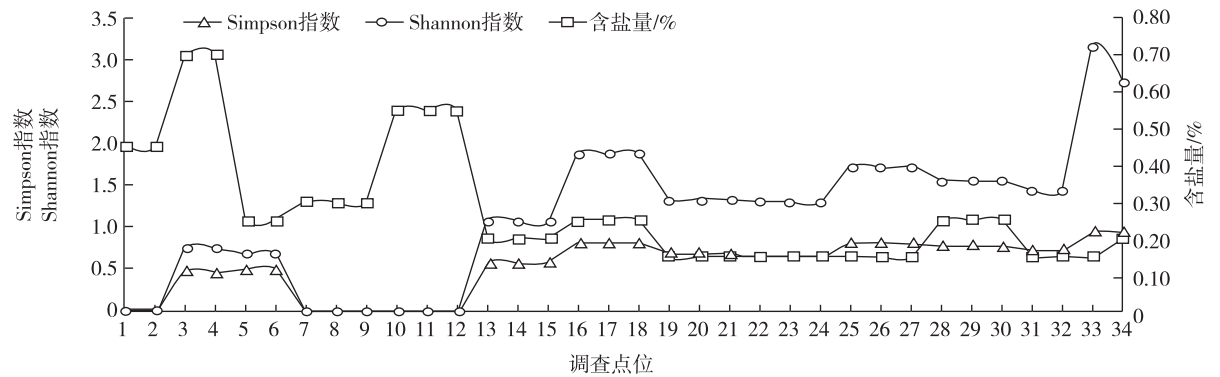


图 3 对照纵带 Simpson 指数和 Shannon 指数与土壤含盐量变化

Fig. 3 Variations of Simpson index, Shannon index, and soil salinity in reference longitudinal zone

2.3 围垦纵带群落类型和多样性梯度变化

围垦纵带位于江苏省盐城市东台市弢港镇及其毗邻区域,该地区最新围垦区为 2012 年围垦的条子泥垦区和方南前缘垦区,按围垦时间由近及远依次为梁南垦区、弢东垦区和方南垦区、仓东垦区、三仓片垦区、无名川垦区、鱼舍垦区、新东垦区、弢港垦区,围垦年限 2~64 a,本地区是数十年围垦活动的典型地区,除条子泥垦区和方南前缘垦区为新围垦区,人为活动相对较少,其他垦区人类活动剧烈,土地利用类型多样,包括种植业、养殖业、工业、城镇建设、光伏电场等。

在条子泥垦区和方南前缘垦区(1~21 号点位)的前部,由砂石和客土修筑成的第一道海堤,海堤内侧存在一定面积的咸水沟渠。靠近咸水沟渠的陆地出现陆生植物群落,盐地碱蓬成集群零星分布,为才定居不久的植物,盖度在 10%左右;从零星的盐地碱蓬群落至内陆方向,盐地碱蓬群落盖度越来越高,本来的零星分布逐渐向斑块状分布,大面积分布发展,盖度可达 60%。在接近海堤处出现盐地碱蓬、互花米草以及拂子茅等群落交替出现的情况,说明在新围垦区内,三者对土壤的适应能力相当,分布上交替出现。在海堤下出现獐毛群落、拂子茅群落和白茅群落,占较大优势,伴生物种主要有兼性植物中华补血草、匍茎苦苣菜、田菁、柽柳、酸模、雀麦等,内陆植物成分比重有一定的增加。

作为梁南垦区与条子泥垦区分界线的海堤(22 号点位)是 2012 年围垦时所修筑,现在的植被为刺槐群落,伴生种为小白酒草、萝藦、芦苇、拂子茅,群落盖度可达 95%。

作为弢东垦区与条子泥垦区分界线的海堤是 2006 年围垦时所修筑,现在的植被为刺槐人工群落,24 号点位(海堤东侧)的伴生种为拂子茅、匍茎苦苣菜、小白酒草、猪毛蒿、白茅、小薊、田菁、藜、雀麦等;25 号点位(海堤西侧)的伴生物种主要为匍茎苦苣菜、雀麦、萝藦、蛇莓、问荆等,盖度可达 95%。

在梁南垦区和方南垦区(26~29 号点位),植物群落主要为拂子茅群落、芦苇群落,在靠近垦区前端伴生种极少,有时呈盐地碱蓬单种群落,而在垦区中部以后伴生种类逐渐增加,某些其他盐生植物如碱菀、獐毛、芦苇开始出现,并呈斑块状分布,群落类型开始向多样化发展,主要伴生物种为匍茎苦苣菜、罗布麻、野大豆、田菁、长芒棒头草、钻形紫菀。其间也存在钻形紫菀群落,主要伴生种有柽柳、糙叶苔草、篇蓄、小白酒草等,其中柽柳为灌木,但长势依然较差,未有形成群落的趋势。某些区域还残存斑块状盐地碱蓬群落,伴生物种开始出现内陆生态系统常见植物,如狗尾草、野塘蒿、一年蓬等,芦苇在局部区域和群落的后部侵入,并形成斑块状甚至片状群落,即将演替为芦苇群落。

在弢东垦区和仓东垦区(30 号点位),白茅等优势种比重逐渐降低,内陆植物比重逐渐上升,主要是芦苇群落,伴生物种主要为兼性盐生植物柽柳、拂子茅、匍茎苦苣菜、长芒棒头草,偶尔出现内陆植物小白酒草等,盖度可达 70%以上。而且芦苇的斑块状群落在某些区域互相连接,群落内出现灌木种类柽柳,但未见形成群落,可能跟生境条件相对恶劣有关。

在三仓片垦区(31~32 号点位),仍为芦苇群落,后出现钻形紫菀群落,内陆植物的比重进一步上升,出现葎草、羊蹄、播娘蒿等陆生植物,可能是由于围垦时间更长,并且区域内环境比较干旱,钻形紫菀生长成优势群落;同时还有芦苇群落,伴生种为钻形紫菀、长芒棒头草、酸模叶蓼等,但芦苇等其他传统优势种生长情况不佳。在垦区的后部正在进行道路建设和工厂施工,从植被组成上看不出一定的优势种,主要由拂子茅、盐地碱蓬、田菁、狗尾草、鳢肠、牛筋草、野塘蒿、紫马唐、光头稗等物种组成,具有明显的海陆混合特征。

在新东垦区(33 号点位)和弢港垦区(34 号点位),由于受到城市建设、农业种植、工厂开发的影响,面积较大的野生植被已不多见,建筑、工厂、城镇、道路和农田占绝大部分面积。野生植被仅残留在一些田边地角抛荒地,经调查芦苇为优势种,夹杂内陆农田生态系统常见种类如大车前、鹅观草、狗牙根、乌菰莓等,绝大部分为陆生植物,典型盐生植物已不存在,种类极大增加。鱼舍垦区(围垦 35 a)由于成陆多年,人工种植的杨树已成杨树林,林下草本无典型盐生植物,均为内陆农田系统植物,如鸡矢藤、葎草、粘毛卷耳、狗尾草、野塘蒿、加拿大一枝黄花、牛膝、天名精、苧草、乌菰莓等,各种类丰富度比重接近,演替达到顶级平衡状态,至少达到草本顶级平衡状态。

从海端至陆端群落演替的次序为盐地碱蓬/互花米草—拂子茅—獐毛—刺槐(人工群落)—白茅/匍茎苦苣菜—刺槐(人工群落)—葎草/芦苇。

土壤电导率由近海段至内陆段有逐渐下降的趋势,反映出随着围垦成陆时间的累积,土壤中盐类离子的浓度随降水的淋洗和河水的融流不断下降,植物定植类型也由专性盐生植物(582.50~911.00 $\mu\text{m}/\text{cm}$)向兼

性盐生植物($41.80\sim148.65\mu\text{m}/\text{cm}$)再向内陆农田植物($6.69\sim23.20\mu\text{m}/\text{cm}$)演化;土壤含盐量也存在与电导率相似的趋势,即由高盐度的 0.78% 逐渐减低至 0.05% 。但在条子泥垦区和方南前缘垦区纵带调查中,土壤电导率和含盐量出现反复升降,可能是由于其垦区内部人工挖掘的多条河道影响了盐分由海至陆的递减变化规律,最前端由于疏浚河道的淋洗作用,土壤电导率和含盐量反而低于其后的样点。在整体递减的趋势下,条子泥垦区和梁南垦区的围堤以及弥东垦区和条子泥垦区的围堤,由于降水的淋洗脱盐作用,土壤电导率和含盐量均比临近样点要低。

由图4和图5可以看出群落多样性指数与土壤含盐量的变化特点,图中1~21号为围垦2a区域,22号为2a围堤,23~25为围垦6a区域,26~29号为围垦8a区域,30号为围垦9a区域,31~32号为围垦17a区域,33号为围垦36a区域,34号为围垦64a区域。在丰富度指数上,平原型滩涂海岸带前段近海处因为潮汐影响和海水淹没,仅互花米草或盐地碱蓬等少数植物成寡种群落,所以群落丰富度指数很低,随着向陆端环境好转,植物群落丰富度指数逐渐增加,植物种类可从1~2种增加至海堤下的8~9种,其间由于脱盐程度的不同可能存在物种数量上的反复,但总体处于10种以下,直到早期围垦区有内陆物种侵入阶段,种类有所上升,而且围垦时间越久,植物种类越丰富,在调查纵带的后期(围垦17a以上),物种种类可增加至19种、23种、27种,若无人为干扰或人为干扰较小,可能会保持平衡,但当人为干扰时,可能会改变这种平衡。而海堤则未遵循以上变化规律,条子泥垦区和梁南垦区的围堤以及弥东垦区和条子泥垦区的围堤,植物种类要比临近样点的高,分别达到24种和12种。

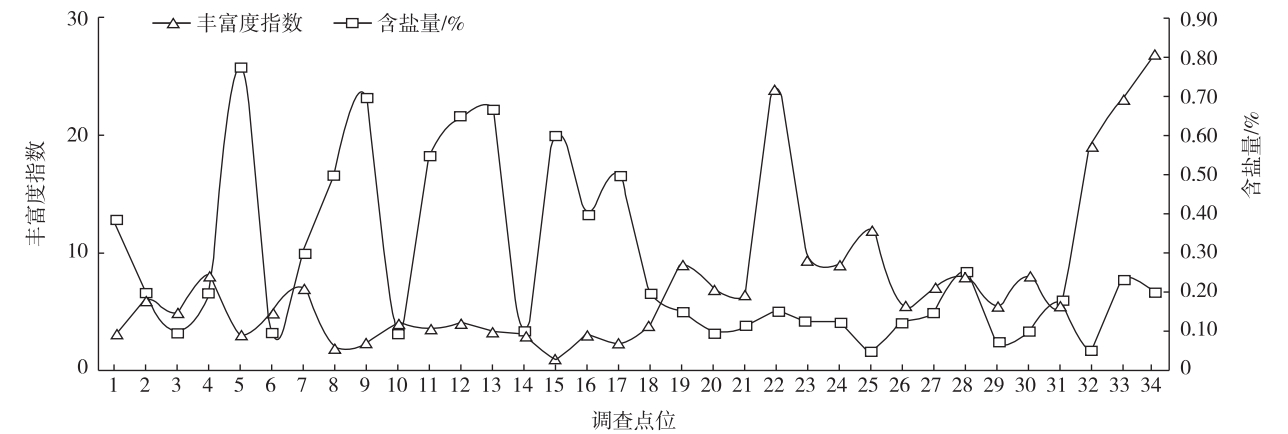


图4 调查纵带丰富度指数与土壤含盐量的变化

Fig. 4 Variations of richness index and soil salinity in investigation longitudinal zone

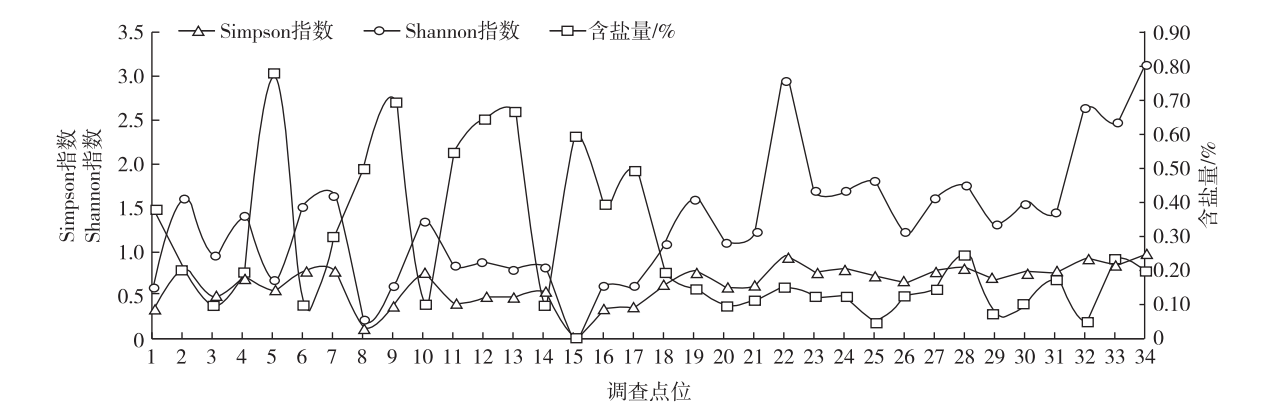


图5 调查纵带 Simpson 指数和 Shannon 指数与土壤含盐量的变化

Fig.5 Variations of Simpson index, Shannon index, and soil salinity in investigation longitudinal zone

Simpson 指数和 Shannon 指数的变化基本与丰富度指数一致,Simpson 指数由条子泥垦区的 $0\sim0.34$ 增加至早期围垦区的 $0.64\sim0.96$,Shannon 指数由 $0\sim1.64$ 增加至内陆的 $1.68\sim3.15$,与丰富度指数唯一不同的在于在滩涂后部受人为干扰的群落中,保持稳定,仅略微增加,这是因为农田系统侵入到芦苇群落中的物种可能是随机和偶见种,物种数增加了,而均匀度还有欠缺。值得注意的是在围堤2a和围堤6a的海堤,属

于刺槐人工群落,既有野生滩涂植物种类,又含有人工种植的植物种类,同时还存在内陆农田系统的植物成分,无论是丰富度指数还是 Simpson 指数和 Shannon 指数都比其毗邻区域的要高,显示该区域物种的数量和分布较之于围垦区的特殊性。

3 讨 论

3.1 滩涂围垦对植物群落和生物多样性的影响

自然淤长型滩涂土壤 pH、土壤电导率以及土壤含盐量由近海端至内陆端缓慢降低,自然发育的滩涂植物群落的种类与围垦地区的类似,但分布面积更广,群落发育缓慢,距离较长,在群落发育的后期仍会出现白茅、拂子茅等群落,但分布的面积更广,植物的数量也较多,同时典型兼性盐生植物如绶草、中华补血草、丝草等出现的概率增加。

不同时期滩涂围垦的植物演替和发育分为 3 个阶段:第一阶段为围垦区前部近海端,由于所受环境均为潮汐影响的海水浸泡盐沼,含盐量较大,常为 0.7% 以上,且土壤电导率也较高,一般植物无法存活定植,仅互花米草或盐地碱蓬等典型盐生植物,作为先锋植物定植,群落单一且生物多样性较低,互花米草为聚集分布至均匀分布,数量相对较多,盐地碱蓬等为零散分布,随着离海距离的增加,逐渐成为聚集分布;第二阶段为围垦区中部,由于不同时期的围垦,垦区中土壤含盐量和电导率存在随着围垦时间的增加而减少的趋势,导致专性的盐生植物比重逐步降低,而兼性的耐盐植物逐步增加,同时丰富度也逐渐增加,生物多样性指数随之增加,并在后部出现内陆植物成分,因此出现由盐生植物群落向陆生植物群落演替的变化趋势;第三阶段,在围垦区的后部,植物群落演替均已到了草本的顶级阶段芦苇群落阶段,典型盐生植物成分大幅度减少,陆生植物成分占极大的比重,土壤 pH 接近中性,土壤含盐量下降为 0.1% 以下,植物种类接近内陆农田植物系统。

因此,滩涂围垦对植物资源的影响主要表现在群落分布面积的减少和破碎化,某些盐生植物种类的种群数量的减少和消失,虽然不同时期的围垦打破了原有滩涂连续、渐变的自然植物群落演替的规律,但通过与未围垦区以及前人研究结果对比,发现从海向陆不同时期滩涂围垦区的植物演替和发育的总规律没有发生明显改变,仍能反映出其移动的连续性、过渡性,在空间上促进了不同发育阶段群落的集中和聚集。

3.2 海堤对滩涂植物群落和多样性的影响

海堤的植物群落没有明显的由海向陆的层次结构,由于滩涂围垦形成的海堤是围垦区一类较为特殊的生境。人工种植行道树和绿化树种,具有一定的遮阴作用,土质环境有所改良,海堤相对滩涂高度较高,脱盐程度也较高,适宜植物定居,同时由于围垦施工会引入某些内陆植物种类,因此物种多样性较高,常出现比海堤两侧更后期的植物成分和群落类型,并且多样性也与后部的植物群落相接近。这说明海堤植物群落不受平原型滩涂海岸带分布位置的影响,其脱盐效果与后部相当,土壤含盐量、电导率也与内陆系统相当,因此也可认为是植物群落在小区域内由海端向陆端水平分布的补充,即在海堤上的垂直分布,芦苇、白茅、拂子茅群落常常出现在平原型滩涂海岸带的水平分布的前部,而垂直分布可出现在海堤上。

4 结 论

a. 土壤含盐量和电导率是影响植物在滩涂上分布格局的重要因素,由于滩涂围垦导致滩涂土壤的含盐量和电导率空间上的差异,导致出现相应的适宜生存的植物类型。

b. 自然未围垦状态下,滩涂植物群落的演替是缓慢的、自然的,而由于人工围垦工程,这种自然演替的过程被人为地加快和片段化,某些典型的盐生植物或兼性盐生植物成分缺失,内陆农田系统的植物成分得以更快地侵占至滩涂的中前部。

c. 人工修建的海堤人为打破了滩涂植物群落演替的自然规律,加速了植物群落顺向演替的进程,形成不可逆的生态系统,加速滩涂植物生态的快速变化,成为内陆农田系统和人工树种侵入滩涂中前部的生物快速通道。

通过本次研究表明,采用野外踏查、样地调查结合土壤理化分析等方法,可以初步反映滩涂围垦对植物群落类型和物种丰富度等的影响,尤其是对群落特征和分布格局的影响。这为该区域今后的围垦工程、生态建设管理、环境评价提供了一定的科学依据。

参考文献:

[1] COSTANZA R, d'ARGE R, de GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.

[2] 陈吉余. 中国围海工程[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.

[3] 郭伟, 朱大奎. 深圳围海造地对海洋环境影响的分析[J]. 南京大学学报: 自然科学版, 2005, 41(3): 286-296. (GUO Wei, ZHU Dakui. Reclamation and its impact on marine environment in Shenzhen Area, China [J]. Journal of Nanjing University: Natural Sciences, 2005, 41(3): 286-296.(in Chinese))

[4] 江苏省农业资源开发局. 江苏沿海垦区[M]. 北京: 海洋出版社, 1999.

[5] 刘昉勋, 黄志远. 江苏滨海盐土植被的基本特点与演替规律[R]. 南京: 江苏海岸带和海涂资源综合考察队, 1980.

[6] 刘昉勋, 黄志远. 江苏滨海盐土植被的发生与动态观察[J]. 植物学报, 1980, 22(1): 63-66. (LIU Fangxun, HUANG Zhiyuan. Observation on the symgenesis and dynamic changes of coastal solonchak vegetation at Jiangsu [J]. Acta Botanica Sinica, 1980, 22(1): 63-66. (in Chinese))

[7] 刘昉勋, 蔡守坤, 黄致远. 江苏海岸带植被的特征、分布及利用[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1983, 7(2): 100-113. (LIU Fangxun, CAI Shoukun, HUANG Zhiyuan. The features and distributions of coastal vegetation in Jiangsu Province and its utilization [J]. Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica, 1983, 7(2): 100-113. (in Chinese))

[8] 蔡守坤, 刘昉勋, 黄致远. 江苏海岸带资源植物的分布[R]. 南京: 江苏海岸带和海涂资源综合考察队, 1980.

[9] 刘昉勋, 蔡守坤, 黄致远. 江苏省盐城地区滨海盐生植被与资源植物[R]. 南京: 江苏海岸带和海涂资源综合考察队, 1981.

[10] 刘昉勋, 黄志远, 蔡守坤, 等. 江苏省灌北海岸带的植被与资源植物[R]. 北京: 中国海岸带和海涂资源综合考察队, 1983.

[11] 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. (SHEN Yongming, ZENG Hua, WANG Hui, et al. Characteristics of halophyte and associated soil along aggradational muddy coasts in Jiangsu Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(1): 1-6. (in Chinese))

[12] 张学勤, 王国祥, 王艳红, 等. 江苏盐城沿海滩涂淤蚀及湿地植被消长变化[J]. 海洋科学, 2006, 30(6): 35-39. (ZHANG Xueqin, WANG Guoxiang, WANG Yanhong, et al. The changes of erosion or progradation of tidal flat and retreat or extension of wetland vegetation of the Yancheng coast, Jiangsu [J]. Marine Sciences, 2006, 30(6): 35-39. (in Chinese))

[13] 巩晋楠, 王开运, 张超, 等. 围垦滩涂湿地旱生耐盐植物的入侵和影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(1): 33-39. (GONG Jinnan, WANG Kaiyun, ZHANG Chao, et al. Invasion and its effects of xerarch halophytes in reclaimed tidal wetlands [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(1): 33-39. (in Chinese))

[14] 沈永明, 冯年华, 周勤, 等. 江苏沿海滩涂围垦现状及其对环境的影响[J]. 海洋科学, 2006, 30(10): 39-43. (SHEN Yongming, FENG Nianhua, ZHOU Qin, et al. The status and its influence of reclamation on Jiangsu coast [J]. Marine Sciences, 2006, 30(10): 39-43. (in Chinese))

[15] 赵小雷, 凌云, 张光富, 等. 大丰麋鹿保护区不同生境梯度下滩涂湿地植被的群落特征[J]. 生态学杂志, 2010(2): 244-249. (ZHAO Xiaolei, LING Yun, ZHANG Guangfu, et al. Community characteristics of beach wetland vegetations along a habitat gradient in Dafeng Milu Reserve of Jiangsu Province [J]. Chinese Journal of Ecology, 2010(2): 244-249. (in Chinese))

[16] 王静, 徐敏, 张益民. 滩涂围垦养殖的生态损益分析: 以江苏条子泥滩涂围垦养殖为例[J]. 南京师大学报: 自然科学版, 2012, 35(2): 113-119. (WANG Jing, XU Min, ZHANG Yimin. Ecological profit and loss analysis of tidal flat reclamation: tidal flat reclamation of Tiaozini Sand as a case study [J]. Journal of Nanjing Normal University: Natural Science Edition, 2012, 35(2): 113-119. (in Chinese))

[17] 钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.