

上海临港新城近 60 a 筑堤区域植被与土壤特征

张群, 崔心红, 夏檑, 朱义, 张庆费

(上海市园林科学研究所, 上海 200232)

摘要: 上海临港新城近 60 a 筑堤区域主要受杭州湾涌潮和长江的影响淤长而成。由于筑堤, 引起滨海盐渍土壤理化性质发生改变, 导致了不同区域分布了不同的植物和植物群落。通过对上海临港新城近 60 a 筑堤区域植被的调查, 共记录维管束植物 26 科 64 属 66 种。植被与土壤特征相关性分析表明, 各区域植物种类数目与土壤的 pH 值呈正相关, 与电导率值呈负相关, 但均未达到显著水平, 而土壤有机质及 10 月份的土壤全盐量与该区域植物种类数目呈显著正相关与显著负相关。说明上海临港新城植物种类的主导因子是土壤有机质及土壤盐分。图 2 表 3 参 15

关键词: 植物生态学; 临港新城; 筑堤; 植被; 盐渍土; 上海

中图分类号: S151.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)06-0698-07

Characteristics of vegetation and soil in embankment area of Shanghai Lingang New Town about 60 years

ZHANG Qun, CUI Xin-hong, XIA Lei, ZHU Yi, ZHANG Qing-fei

(Shanghai Institute of Landscape Gardening Science, Shanghai 200232, China)

Abstract: Land accretion process of Lingang New Town, which is located southeast of Shanghai, has been formed for about 60 years. The deposition and sediments are affected by the water profiles of the Yangtze River and Hangzhou Gulf. The land reclamation activities such as embank construction in this region severely affect soil properties and distribution of plant communities. The relationship between the number of species and soil properties were investigated. The investigation recorded all together 66 species, 64 genera, 26 families for the four embank regions. The results show a positive correlation between the number of species and pH value of saline soils, but negative correlation between the number of species and electric conductivity (EC) of saline soils. Organic matter of soils and increasing salinity in October had a positive and a negative relationship with plant species significantly ($P < 0.05$), respectively. The main reasons of plant distributing were diversity of soil organic and salinity. Our investigations provide a basic data set of Lingang New Town for better understanding of coastal processes and promote the planning reclamation work in this area. [Ch, 2 fig. 3 tab. 15 ref.]

Key words: plant ecology; Lingang New Town; embankment; vegetation; saline soil; Shanghai

临港新城作为上海洋山深水港和航空港(浦东机场)的辅城, 地处长江口与杭州湾交汇处, 规划面积近 300 km²。临港新城近 60 a 筑堤区域主要位于南汇区芦潮港。从 20 世纪中期起, 为使岸滩持续淤长, 修建了一系列的人工堤塘^[1]。据修建时间的早晚依次为人民塘(1949 年), 解放塘(1974 年), 八五塘(1983 年), 九四塘(1994 年)和 2002 海堤(2002 年)。其中人民塘至九四塘是在自然淤长的基础上, 为防止海水海浪的侵蚀而修建的。2002 年为了临港新城的建设运用吹填技术造陆而建设了 2002

收稿日期: 2007-12-12; 修回日期: 2008-03-07

基金项目: 上海市科学技术委员会资助项目(04dz12038;062312018)

作者简介: 张群, 工程师, 硕士, 从事植物生态与水生植物研究。E-mail: zq208@126.com。通信作者: 崔心红, 高级工程师, 博士, 从事城市生态园林、景观水域和湿地绿化等研究。E-mail: xinhongcui@21cn.com

海堤。临港新城近 60 a 筑堤区域主要受杭州湾涌潮和长江的影响淤长而成。关于淤长岸段潮滩植被及其土壤特征的研究还很少有报道^[2], 主要是植被或土壤的单方面研究^[1,3-7], 而临港新城筑堤区域的植被和土壤特性资料, 将因临港新城的建设用地而难以获得。本研究针对这一问题, 调查了临港新城近 60 a 筑堤区域的植被现状, 并对植被与土壤特性的相关性进行了分析, 以期为同类水滨新城建设的环境评价提供可资比较的基本资料。

1 研究方法

1.1 自然环境概况

临港新城位于上海市南汇区境内, $30^{\circ}59' \sim 31^{\circ}16'N$, $120^{\circ}53' \sim 121^{\circ}17'E$, 位于中纬度东亚季风盛行区域, 年平均气温为 $15.0 \sim 15.8^{\circ}C$, 最低气温在 1 月, 月平均气温 $3.3 \sim 3.6^{\circ}C$, 最高气温在 8 月, 月平均气温 $26.8^{\circ}C$; 全年总日照为 $2\,000 \sim 2\,200\text{ h}$, 年降水量为 $900 \sim 1\,050\text{ mm}$ 。

1.2 调查方法

为了解临港新城近 60 a 来筑堤区域植被和土壤特征, 利用全球定位系统(GPS)定位, 在滴水湖东南方向选取代表性射线。该射线是端点近滴水湖向西北方向的射线, 穿越 4 个堤塘(图 1)的非施工区域, 基本反映了现有的土壤性状、植被和人为利用方式的关系情况。

2005 年 5 月和 10 月进行了 2 次植被和土壤状况的调查。射线与堤塘相交的 4 个区域中, 在每个区域的射线上选取代表性的植被样方 2~3 个, 样方大小为 $1.0\text{ m} \times 1.0\text{ m}$ 或 $10.0\text{ m} \times 10.0\text{ m}$ 。在每个区域的植被样方附近选取 5 个样点, 每点取 $0 \sim 60\text{ cm}$ 的混合土样, 测定 pH、电导率、全盐量和有机质等指标。

1.3 指标测定

测定项目 pH、电导率、全盐量和有机质采用《土壤农业化学分析方法》^[8]相关方法测定。

2 结果与分析

2.1 植被

2.1.1 筑堤区域不同季节植物种类 经调查统计, 5 月份共调查了 10 个样方, 共记录到维管束植物 25 科 40 属 41 种, 其中裸子植物 2 科 2 属 2 种, 被子植物 20 科 36 属 39 种。10 月共调查了 10 个样方, 共记录到维管束植物 20 科 34 属 35 种, 其中裸子植物 2 科 2 属 2 种, 被子植物 18 科 32 属 33 种, 共 26 科 64 属 66 种(表 1)。按不同生活型划分: 5 月份有乔木植物 4 种, 灌木植物 2 种, 草本植物 34 种, 藤本植物 1 种; 10 月份有乔木植物 4 种, 灌木植物 2 种, 草本植物 27 种, 藤本植物 2 种。4 个区域中区域 1 的植物种类最丰富, 在春夏和秋冬季节分别达到 29 种和 23 种。整体来看, 筑堤时间越近, 距离东海就越近, 植物数量明显减少, 而且各区域春夏季植物种类多于秋冬季。例如, 九四塘与 2002 海堤的植物种类就锐减到 3 种。

2.1.2 筑堤区域植被分布与变化 随着筑堤时间的提前, 也就是距海越远, 土壤全盐量的降低, 植被特征主要表现为植物优势种有规律分布和优势种的更替。从筑堤区域 4 到筑堤区域 1 分别分布有互花米草 *Spartina alterniflora*, 芦苇 *Phragmites australis*, 香蒲 *Typha orientalis*, 水杉 *Metasequoia glyptostroboides* 和银荆 *Acacia dealbata* 等(表 2), 不同季节的植物优势种类基本相同。九四塘与 2002 海堤区域筑堤时间较晚, 且采用了人工吹填技术, 受土壤盐碱和水位的影响, 塘内植物主要是挺水盐生植物互花米草与芦苇, 群落类型也是单一的互花米草群落或芦苇群落。互花米草在塘内的覆盖率达 75%, 且群落随地下水位越高, 生长越旺盛。调查发现, 当地下水位为 0.54 m 时, 互花米草样方

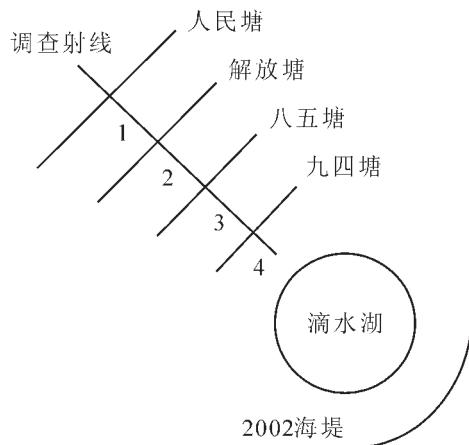


图 1 调查射线及堤塘示意

Figure 1 Plot of radial investigation and embanks

表1 筑堤区域植物名录

Table 1 Plant list of embank regions

种名	科名	5月区域				10月区域			
		1	2	3	4	1	2	3	4
铁苋菜 <i>Acalypha australis</i>	大戟科 Euphorbiaceae					√			
泽漆 <i>Euphorbia helioscopia</i>	大戟科 Euphorbiaceae	√	√						√
野苜蓿 <i>Medicago lupulina</i>	豆科 Leguminosae			√					
草木犀 <i>Melilotus officinalis</i>	豆科 Leguminosae							√	
绿豆 <i>Vigna radiata</i>	豆科 Leguminosae					√			
大巢菜 <i>Vicia sativa</i>	豆科 Leguminosae		√						
田菁 <i>Sesbania cannabina</i>	豆科 Leguminosae		√				√		
银荆 <i>Acacia dealbata</i>	豆科 Leguminosae	√		√		√			√
狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	禾本科 Gramineae		√				√	√	
稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i>	禾本科 Gramineae	√	√						√
牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	禾本科 Gramineae					√	√		
小画眉草 <i>Eragrostis minor</i>	禾本科 Gramineae							√	
白茅 <i>Imperata koenigii</i>	禾本科 Gramineae	√							√
芦苇 <i>Phragmites australis</i>	禾本科 Gramineae	√	√	√	√		√	√	√
鹅观草 <i>Tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>	禾本科 Gramineae			√					
金色狗尾草 <i>Setaria glauca</i>	禾本科 Gramineae		√						
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	禾本科 Gramineae					√	√	√	
互花米草 <i>Spartina alterniflora</i>	禾本科 Gramineae				√				
香蒲 <i>Typha orientalis</i>	禾本科 Gramineae		√					√	
栝楼 <i>Trichosanthes kirilowii</i>	葫芦科 Cucurbitaceae					√			
苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i>	锦葵科 Malvaceae					√	√		
鹅不食草 <i>Arenaria pyllipolia</i>	菊科 Compositae	√	√	√					√
艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i>	菊科 Compositae			√				√	
丝毛飞廉 <i>Carduus crispus</i>	菊科 Compositae	√							√
刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i>	菊科 Compositae	√		√		√	√	√	√
小飞蓬 <i>Comnyna canadensis</i>	菊科 Compositae	√							√
鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	菊科 Compositae					√		√	
一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	菊科 Compositae	√		√		√			√
抱茎小苦荬 <i>Ixeridium sonchifolium</i>	菊科 Compositae	√							√
马兰 <i>Kalimeris indica</i>	菊科 Compositae					√			
千里光 <i>Senecio scandens</i>	菊科 Compositae	√							√
加拿大一枝黄花 <i>Solidago canadensis</i>	菊科 Compositae	√				√	√	√	√
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	菊科 Compositae	√							√
碱莞 <i>Tripolium vulgare</i>	菊科 Compositae				√			√	
黄鹌菜 <i>Youngia japonica</i>	菊科 Compositae					√			
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	菊科 Compositae							√	
藜 <i>Chenopodium album</i>	藜科 Chenopodiaceae		√	√					

续表 1

种名	科名	5月区域				10月区域			
		1	2	3	4	1	2	3	4
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	藜科 Chenopodiaceae				√				
两栖蓼 <i>Polygonum amphibium</i>	蓼科 Polygonaceae		√						
红蓼 <i>Polygonum orientale</i>	蓼科 Polygonaceae		√				√		
羊蹄 <i>Rumex japonicus</i>	蓼科 Polygonaceae		√	√					
萝藦 <i>Metaplexis japonica</i>	萝藦科 Asclepiadaceae					√	√	√	
禹毛茛 <i>Ranunculus cantoniensis</i>	毛茛科 Ranunculaceae			√					
女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	木犀科 Oleaceae	√							√
乌蔹莓 <i>Cayratia japonica</i>	葡萄科 Vitaceae	√		√		√			√
裂叶荨麻 <i>Urtica fissa</i>	荨麻科 Urticaceae	√							√
猪殃殃 <i>Galium aparine</i> var. <i>tenerum</i>	茜草科 Rubiaceae			√					
龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	茄科 Solanaceae	√				√		√	√
水芹 <i>Oenanthe javanica</i>	伞形科 Umbelliferae							√	
小窃衣 <i>Torilis japonica</i>	伞形科 Umbelliferae	√							√
葎草 <i>Humulus scandens</i>	桑科 Moraceae	√	√	√		√		√	√
香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	莎草科 Cyperaceae			√					
扁秆藨草 <i>Scirpus planiculmis</i>	莎草科 Cyperaceae		√				√		
水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	杉科 Taxodiaceae	√				√			√
油菜 <i>Brassica campestris</i> var. <i>oleifera</i>	十字花科 Cruciferae	√		√				√	√
臭荠 <i>Coronopus didymus</i>	十字花科 Cruciferae	√	√						√
独行菜 <i>Lepidium apetalum</i>	十字花科 Cruciferae			√					
蚤缀 <i>Arenaria serpyllifolia</i>	石竹科 Caryophyllaceae					√	√		
繁缕 <i>Stellaria media</i>	石竹科 Caryophyllaceae	√				√			√
雪松 <i>Cedrus deodara</i>	松科 Pinaceae	√				√			√
牛膝 <i>Achyranthes bidentata</i>	苋科 Amaranthaceae	√		√					√
空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	苋科 Amaranthaceae	√	√	√				√	√
苋 <i>Amaranthus tricolor</i>	苋科 Amaranthaceae						√		
婆婆纳 <i>Veronica didyma</i>	玄参科 Scrophulariaceae	√				√			√
打碗花 <i>Calystegia hederacea</i>	旋花科 Convolvulaceae			√					
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	樟科 Lauraceae	√				√			√

(1.0 m × 1.0 m) 内总数量为 111 株，并新老植株几乎各半；当地下水位为 0.80 ~ 1.00 m，互花米草样方内总数量减至 42 株，而其中新植株数量仅占 1/5，植株也比较矮小；当地下水位在 1.00 m 以上时，芦苇取代了互花米草，形成芦苇单优群落。八五塘与九四塘区域的植物种类比九四塘与 2002 海堤区域要丰富。由于八五塘很大面积开垦为鱼塘，堤坝内区域植被只在鱼塘周围分布，植物群落优势种也由互花米草过渡到芦苇，同时有碱莞 *Tripolium vulgare* 和空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* 等伴生种。开挖鱼塘养鱼是此堤塘内较为常见的利用方式，通过挖掘鱼塘，抬高周围的土壤，可以有效的达到脱盐的效果。解放塘与八五塘区域有较大面积的湿地植物群落，植物群落优势种过渡到芦苇和香蒲，并有狗牙根 *Cynodon dactylon* 等伴生。土壤的全盐量为 2.0 ~ 3.0 g·kg⁻¹，植被数量增加，但还是

表2 各区域植被优势种分布及类型

Table 2 Distribution and types of dominant species in 4 regions

筑堤区域	离海平均 距离/km	5月		10月	
		优势种	伴生种	优势种	伴生种
区域1	7.6	水杉, 银荆	加拿大一枝黄花	水杉, 银荆	加拿大一枝黄花
区域2	7.1	芦苇, 香蒲	鹅不食草, 狗牙根	芦苇, 香蒲	狗牙根
区域3	6.6	芦苇	空心莲子草	芦苇	碱莞
区域4	5.7	互花米草, 芦苇		互花米草, 芦苇	

以草本为主。鹅不食草 *Arenaria pyllipolia*、香蒲等植物逐渐成为优势种，偶尔有灌木状草本田菁 *Sesbania cannabina*，群落的层次增加。农业耕作是该堤塘区域的主要利用方式，主要种植了一些耐盐碱的农作物，例如大豆 *Glycine max*，蚕豆 *Vicia faba* 和西瓜 *Citrullus lanatus* 等。筑堤时间最早的人民塘与解放塘区域，自然植被有香蒲、狗牙根、鹅不食草、稗草 *Echinochloa crusgalli* 等，零星有加拿大一枝黄花 *Solidago canadensis* 伴生。由于土壤的全盐量降低到 $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下，植物组成已经比较接近上海其他地区。植物群落有明显的乔、灌、草3层，植物种类也较丰富；此堤塘内的部分高地被作为苗圃使用，有成片水杉、银荆等人工林。

2.2 土壤性状

2.2.1 土壤 pH 值变化 从图 2 a 可以看出，5月份各区域土壤的 pH 都在 7.80 以上，人民塘与解放塘土壤的 pH 最高，达 8.24，属碱性土壤。10月，与5月份的变化趋势类似，但各塘间土壤 pH 有所下降，其最大值只有 7.68，接近中性。2次调查均表现随着筑堤时间的增加，土壤的 pH 呈现上升的趋势。其原因可能是由于脱盐导致 Ca^{2+} 淋失，相应提高了 HCO_3^- ，而非交换性 Na^+ 水解的结果。滨海盐土脱盐的同时脱碱，不会发生碱化现象^[9-11]。

2.2.2 土壤电导率和全盐量变化 电导率可以直接表示土壤含盐量的多少，但目前这种表示方法尚不直观，而且还没有利用电导率对土壤盐分含量和土壤性质进行明确划分的标准，因此，本研究测定了电导率值和全盐量2个指标，以期全面反映土壤盐分状况。从图 2 b 可以看出，5月份，人民塘与解放塘间的土壤电导率值最低，其平均值接近 $0.05 \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ，而九四塘与 2002 海堤间的约为前者的3倍。土壤电导率值随筑堤时间的增加逐渐下降。10月份电导率值变化趋势与5月份相同，随筑堤时间的增加有下降趋势，两次测定中，10月份略高于5月份。从图 2 c 可以看出，全盐量的变化趋势与电导率值相似。5月份全盐量大多集中在 $1.0 \sim 2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，轻度盐化土。5月份的最大值第二区域的解放塘与八五塘间，有别于电导率值和10月份土壤全盐量的变化趋势。这是由于 2005 年夏初的5月份降水较多，盐分随雨水淋洗所致。10月份土壤全盐量大部分为 $2.0 \sim 5.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，明显高于5月份土壤含盐量，属于中度盐化土，土壤全盐量随筑堤时间的增加呈下降趋势，与5月份全盐量相比，10月份土壤全盐量有所升高。这是由于 2005 年 10 月份降水较少，而温度较高，蒸发旺盛，使含盐地下水上升，增加了土壤中的盐分。

2.2.3 土壤有机质变化 从图 2 d 可以看出，5月份内，九四塘与 2002 海堤新成陆区域，部分样块有机质接近 $5.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，这说明滩涂成土母质的有机质极低。随着筑堤时间增加，植物参与到土壤的发育过程中，使土壤中有机质明显增加，到人民塘与解放塘区域最高超过 $30.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。10月份堤塘间土壤有机质数据，其变化趋势与5月份相同，说明随着筑堤时间的增加，土壤中的有机物质积累，含量逐渐增加。

2.3 筑堤区域植被与土壤的关系

随着筑堤时间的增加，植物的种类和数量都逐渐增加，土壤的性质也随之改变。各区域植物种类数目与土壤的 pH 值呈正相关，与土壤的电导率值呈负相关，但均未达到显著水平。而土壤有机质和10月份的土壤全盐量与该区域植物种类数目呈显著正相关与显著负相关（表 3）。说明在此筑堤区域

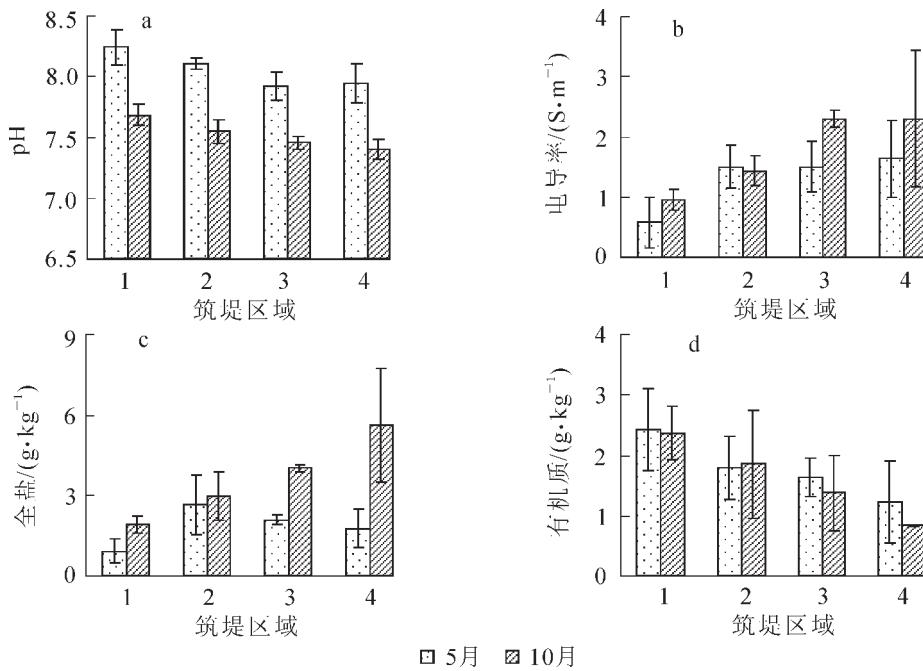


图 2 近 60 a 筑堤区域土壤主要指标变化

Figure 2 Variety of soil properties in embankment area about 60 years

中, 土壤 pH 值与电导率值并不是影响植物种类数的直接因子, 但随着脱盐过程, 土壤 pH、电导率降低, 植物生活型增多, 土壤有机质增加, 植物种类又增加, 这一点从表 3 中植物种类与土壤有机质正相关和植物种类与全盐量负相关可以进一步明确。

3 讨论

上海临港新城近 60 a 筑堤区域土壤的形

成受江海交互沉积作用的影响, 其形成与演变大致可分为 3 个阶段: ①水下浸渍的淤泥阶段。当江河大量泥沙入海时, 在河口和近海不断沉积, 处在水下堆积阶段时, 被一定盐度的咸淡混合水体所浸渍, 形成水下盐渍淤泥。②盐渍滩涂的生草阶段。由水下盐渍淤泥进入盐渍滩涂后, 湿生和盐生植物参与成土作用。这些植物大致有互花米草, 碱莞, 芦苇, 空心莲子草, 香附子 *Cyperus rotundus*, 羊蹄 *Rumex japonicus*, 碱蓬 *Suaeda glauca*, 香蒲, 狗牙根, 鹅不食草和稗草等。这些植物随土壤含盐量由高到低的演变顺序为: 互花米草→芦苇碱莞→芦苇、空心莲子草、香附子、羊蹄、碱蓬等→香蒲、狗牙根、鹅不食草、稗草等。这一时期随着植被的繁衍, 出现活跃的生草脱盐和强烈的季节性反盐, 水盐动态在脱盐和反盐的交替过程中进行。③垦殖利用的脱盐阶段。盐渍滩涂围垦后, 由于排水设施和耕作施肥等熟化措施, 改变了自然演替的缓慢进程, 使土体脱盐速度逐渐加快。在相似垦殖条件下, 脱盐速度取决于排水状况和垦殖熟化年限。由于九四塘与 2002 海堤间运用了吹填技术, 就是将异地一定粒级的砂石通过水利或机械搬运到海滩的一定部位放置, 迅速地增加海岸平均高潮位以上海滩后滨的宽度^[12], 因而此区域的土壤情况较特殊, 不同于以上 3 个阶段。此区域土壤表现出高含盐量粉砂壤土的特征, 其保水保肥能力较差。

随着筑堤时间的增加, 土壤理化性质随之改变, 主要特点表现为土壤 pH 略有升高, 全盐量降低, 有机质含量增加。土壤理化性质的改变也引起了植物种类和密度的改变。随着土壤不断的脱盐, 土壤电导率逐渐降低, 有机质含量不断增加, 植被种类数目也逐渐增多, 土壤的植被覆盖率也得到增

表 3 筑堤区域植被种类数目与土壤性状的相关分析

Table 3 Correlational analysis between number of plants species and soil properties in embankment regions

月份	植被种类数目与土相壤性状的关系数			
	pH	电导率	有机质	全盐量
05	0.870	- 0.784	0.956*	- 0.259
10	0.917	- 0.799	0.952*	- 0.964*

* 表示相关关系显著。

加,表现出明显的植物多样性增加趋势。形成上海临港新城盐生植被直接因子是土壤有机质及土壤盐分,土壤有机质和含盐量的多少决定着植物群落各方面的特征;同时植物种类和密度的增加也促使土壤发育,增加土壤的有机质含量,降低其含盐量^[13-15],表现出盐渍土壤及其植被发育水平的一致性。

参考文献:

- [1] 劳治声,贺松林,陈全,等.上海南汇卢潮港岸段水下滩坡变化剖析[J].海洋湖沼通报,1992(3):9-15.
- [2] 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.
- [3] 慎佳泓,胡仁勇,李铭红,等.杭州湾和乐清湾滩涂围垦对湿地植物多样性的影响[J].浙江大学学报:理学版,2006,33(3):324-328.
- [4] 潘宏,严少华,张振华,等.轻质滨海盐土围垦利用初期土壤环境的化学变化[J].江苏农业科学,1996(5):47-50.
- [5] 张文渊.滨海地区盐碱土类型与形成条件分析[J].水土保持通报,1999,19(1):19-23.
- [6] 余佳,许世远,陈振楼,等.上海滨海岸潮滩近10年冲淤变化[J].福建地理,2000,15(30):23-25.
- [7] 陈沈良,谷国传,虞志英.长江口南汇东滩淤涨演变分析[J].长江流域资源与环境,2002,11(3):239-244.
- [8] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000:13-106.
- [9] 陈巍,陈邦本,沈其荣.滨海盐土脱盐过程中pH变化及碱化问题研究[J].土壤学报,2000,37(4):521-528.
- [10] 张蕾娜,冯永军,张红.滨海盐渍土水盐运移影响因素研究[J].山东农业大学学报:自然科学版,2001,32(1):55-58.
- [11] 尹建道,姜志林,曹斌,等.滨海盐渍土脱盐动态规律及其效果评价——野外灌水脱盐模拟实验研究[J].南京林业大学学报:自然科学版,2002,26(4):15-18.
- [12] VALVERDE H R, TREMBANIS A C, PIKLEY O H. Summary of beach nourishment episodes on the U S east coast barrier islands[J]. *J Coastal Res*, 1999, 15 (5): 1 100 - 1 118.
- [13] 李恩香,蒋忠诚,曹建华,等.广西弄拉岩溶植被不同演替阶段的主要土壤因子及溶蚀率对比研究[J].生态学报,2004,24(6):1 131 - 1 139.
- [14] 曲国辉,郭继勋.松嫩平原不同演替阶段植物群落和土壤特征的关系[J].草业学报,2003,12(1):18-22.
- [15] 王海梅,李政海,宋国宝,等.黄河三角洲植被分布、土地利用类型与土壤理化性状关系的初步研究[J].内蒙古大学学报:自然科学版,2006,37(1):69-75.