

文章编号: 1000-5692(2007)03-0313-06

黄河三角洲不同演替阶段湿地群落的 土壤和植被特征

侯本栋¹, 马风云¹, 邢尚军², 宋玉民², 刘艳¹

(1. 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271018; 2. 山东省林业科学研究院, 山东 济南 250014)

摘要: 为了了解黄河三角洲不同演替阶段湿地的土壤和植被特征, 用时空替代法对处于不同演替阶段的湿地群落进行了研究。结果表明: 随着湿地土壤含盐量减少, 土壤有机质和全氮质量分数逐渐增加, 碱解氮和速效磷质量分数表现出基本一致的变化趋势。方差分析结果表明: 各样地间主要养分质量分数差异显著 ($P < 0.05$)。盐地碱蓬 *Suaeda salsa* 群落、柽柳 *Tamarix chinensis* 群落和白茅 *Imperata cylindrica* 群落建群种的重要值分别为 65.47%, 36.23% 和 34.50%, 1年生草本植物的重要值分别为 65.47%, 30.43% 和 15.41%, 多年生草本植物的重要值分别 19.90%, 33.33% 和 79.67%。随着演替的进展, 建群种和 1年生草本植物的重要值逐渐降低, 多年生草本植物的重要值逐渐升高。物种丰富度和多样性指数的大小顺序都为白茅群落 > 柽柳群落 > 盐地碱蓬群落。因此, 演替不同序列湿地的土壤和植被存在明显差异。图 1 表 3 参 15

关键词: 湿地群落; 演替阶段; 黄河三角洲; 土壤特性; 植被; 白茅; 柽柳; 盐地碱蓬
中图分类号: S718.54; S714 **文献标志码:** A

湿地生态系统具有多种功能, 不仅为人类社会提供丰厚的社会和经济效益, 而且具有很高的生态效益, 对维持生态平衡, 保护生物多样性和珍稀物种资源, 涵养水源, 蓄洪防旱和降解污染等都有重要作用。黄河三角洲湿地是我国最年轻的新生湿地生态系统, 典型性强, 生境类型独特, 是东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的重要中转站和越冬栖息地, 同时它处于海陆交接地带, 风暴潮和土地盐渍化十分普遍。近年来, 更由于黄河三角洲的地表淡水缺乏, 水分亏缺严重, 造成土壤向积盐方向发展^[1,2], 黄河三角洲湿地植被群落逆向演替明显^[3,4]。因此, 作者对黄河三角洲不同演替阶段湿地群落的土壤及植被特征进行了研究, 以期揭示不同演替阶段湿地的土壤和植被特性的变化, 为更加合理有效地利用当地的湿地资源, 改善当地的生态环境提供科学依据。

1 研究地概况和研究方法

1.1 试验地概况

试验地位于山东省东营市境内。处于黄河三角洲的东北部, 属于暖温带大陆性气候。全年平均气

收稿日期: 2006-09-13; 修回日期: 2006-12-11

基金项目: 山东省科学技术重点项目(011150106)

作者简介: 侯本栋, 硕士研究生, 从事林业生态工程研究。E-mail: leige_1999@sohu.com。通信作者: 马风云, 博士, 从事恢复生态学等研究。E-mail: schmfy@sdau.edu.cn

温为 12.3°C , 太阳年辐射总量 $5\,146\sim 5\,411\text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$, 年日照时数 $2\,571\sim 2\,865\text{ h}$, 年均 $2\,682\text{ h}$, 年均无霜期 210 d , 年降水量 574.4 mm (其中约 63.9% 的降水集中于夏季), 年蒸发量 $1\,962.1\text{ mm}$, 是降水量的 3.6 倍。土壤为冲击性黄土母质在海浸母质上沉积而成, 机械组成以粉沙为主, 沙黏相间, 层次变化复杂。由于土壤发育时间相对较短, 尚未形成良好的结构。地下水位较浅, 水质矿化度较高。

1.2 样地选择

采用时空替代法, 在与海岸线垂直方向上, 选取有典型意义的湿地研究样带, 主要为光板地, 盐地碱蓬 *Suaeda salsa* 群落, 柽柳 *Tamarix chinensis* 群落, 白茅 *Imperata cylindrica* 群落。光板地几乎无植被, 仅有零星的盐地碱蓬。盐地碱蓬群落建群种为盐地碱蓬, 样地分布距海距离约 8 km , 伴生种有柽柳, 芦苇 *Phragmites communis*。柽柳群落建群种为柽柳, 伴生种有盐地碱蓬, 芦苇, 鹅绒藤 *Cynanchum chinense*, 中华补血草 *Limonium sinense*。白茅群落建群种为白茅, 伴生种有山苦荬菜 *Ixeris chinense*, 芦苇, 荻 *Triarrhena sacchariflora*, 茜草 *Rubia cordifolia*, 茵陈蒿 *Artemisia capillaris*, 罗布麻 *Apocynum venetum*, 狗尾草 *Setaria viridis*, 鹅绒藤, 獐毛 *Aeluropus sinensis*, 藜 *Chenopodium album*, 野大豆 *Glycine soja*。各样地代号如下: 1 光板地, 2 盐地碱蓬群落, 3 柽柳群落, 4 白茅群落。

1.3 土样采集与测定

在 4 种典型样地内取 $0\sim 20\text{ cm}$ 和 $20\sim 40\text{ cm}$ 共 2 层土样, 3 次重复, 风干过筛, 用于土壤养分和土壤含盐量的测定。

有机质: 重铬酸钾容量法; 全氮: 凯氏蒸馏法; 碱解氮: 碱解扩散法; 速效钾: 醋酸铵火焰光度法; 速效磷: 碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法; 土壤含盐量: 电导法^[9]。

1.4 植被调查和方法

以机械抽样的方法, 在样地内设置样方, 草本采用 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 的样方, 8 次重复; 灌木采用 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$ 的样方, 5 次重复。调查植被种类、盖度和高度等。盖度调查用实地测量法。计算各植物种的相对盖度、相对高度、相对频度和重要值。群落的种群组成测度采用重要值, 物种多样性采用物种丰富度指数 (Patrick 指数) 和多样性指数 (Shannon-Wiener 指数)。

物种丰富度指数 (Patrick 指数^[6,7]) $D=S$ 。D 表示物种丰富度指数; S 表示所研究面积内的种数。

多样性指数 $H_i=-\sum P_i \ln P_i$ ^[8]。H_i 为物种多样性指数, P_i 在研究中用重要值代替。

重要值 (%) = (相对高度 + 相对盖度 + 相对频度) / 3。

相对高度 = (野外实测的某种群的平均高度 / 样方内所有种群平均高度之和) × 100%。相对盖度与相对频度的计算方法与此类似。

2 结果与分析

2.1 不同演替阶段湿地群落的土壤化学性质

2.1.1 土壤的含盐量 4 个样地的含盐量都表现为上层高于下层 (图 1) 的规律, 这与地表强烈的蒸发有关。无论是表层还是下层的含盐量, 都表现为光板地 > 盐地碱蓬群落 > 柽柳群落 > 白茅群落, 这与离海远近有关。光板地离海距离近, 地下水位很浅, 土壤积盐强烈, 含盐量高, 春季表面通常结一层厚厚的盐霜, 肥力低下, 表层含盐量达 $18.25\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 耐盐植物也难以生长。样地 2 位于防潮堤内侧, 在高矿化度潜水作用下, 积盐强烈, 表层含盐量与光板地相比, 稍有下降, 为 $14.32\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。样地 3 地势较高, 土壤脱盐较明显。样地 4 距海较远, 地势较高, 脱盐明显。表层含盐量为 $2.72\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 下层含盐量仅 $1.69\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 如果经过人为改造, 可以种植比较耐盐碱的作物。

2.1.2 土壤养分特征 无论是光板地还是白茅群落, 各样地主要养分在垂直方向上都表现出上层高

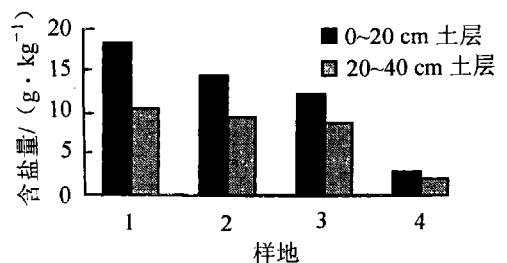


图 1 不同演替阶段湿地群落土壤含盐量

Figure 1 Soil salt contents of wetland communities in different successive stages

于下层(表 1)的规律, 这种变化主要是植被枯落物归还量的影响。土壤养分主要来源于土壤母岩母质的风化和枯落物养分的归还^[9, 10]。植被枯落后, 主要在表层聚集分解, 因此, 土壤表层的养分质量分数高于下层。

土壤有机质和全氮是土壤中各种营养元素的重要来源, 是土壤肥力的重要指标^[11-13]。盐地碱蓬群落(平均)、柽柳群落和白茅群落的有机质质量分数分别为光板地的 5.26、2.35 和 1.71 倍, 全氮质量分数分别为光板地的 2.82、1.67 和 1.17 倍。多重比较的结果(表 1), 有机质质量分数白茅群落、柽柳群落和盐地碱蓬群落与光板地之间差异显著, 白茅群落与柽柳群落和盐地碱蓬群落之间差异显著; 柽柳群落与盐地碱蓬群落差异不显著; 全氮和碱解氮质量分数白茅群落与其他 3 个样地间差异显著, 柽柳群落与盐地碱蓬群落之间差异显著, 盐地碱蓬群落与光板地之间差异不显著。速效磷质量分数各样地之间差异虽未达到显著水平, 但随着植被群落的进展演替, 速效磷质量分数也是逐渐增加的。速效钾质量分数随着群落的演替未表现出规律性, 可能是土壤母质造成的影响。

表 1 不同演替阶段湿地群落的土壤养分

Table 1 Soil nutrients of wetland communities in different successive stages

样地类型	土层/ cm	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
光板地	0~20	2.40	0.21	10.83	8.29	65.98
	20~40	2.14	0.15	8.29	8.08	53.27
	平均	2.27 d	0.18 c	9.56 c	8.18 a	59.62
盐地碱蓬群落	0~20	4.48	0.25	12.94	9.15	82.17
	20~40	3.29	0.17	11.86	9.58	132.68
	平均	3.89 bc	0.21 c	12.40 c	9.36 a	107.43
柽柳群落	0~20	6.93	0.33	20.05	9.37	124.38
	20~40	3.73	0.27	12.94	10.01	74.56
	平均	5.33 b	0.30 b	16.52 b	9.69 a	99.47
白茅群落	0~20	15.90	0.75	41.63	10.66	138.13
	20~40	7.96	0.27	20.48	9.67	52.64
	平均	11.93 a	0.51 a	31.05 a	10.16 a	95.38

说明: 同列中不同的英文字母表示差异显著($P<0.05$)。

随着光板地向白茅群落的演替, 土壤的有机质及全氮质量分数增加, 其他速效养分也表现出相同的规律, 且不同的样地间主要土壤养分差异显著, 说明了随着群落的演替, 土壤的肥力得到显著改善, 土壤养分累积增加。

2.2 湿地演替过程中的植被特征

2.2.1 湿地演替过程中植被更替序列 光板地: 光板地草甸化过程微弱, 只有零星的盐地碱蓬, 土壤盐分极高, 即使耐盐的植物也难以生长。

盐地碱蓬群落: 经过一定程度的脱盐, 光板地演替为盐地碱蓬为建群种的湿地群落, 植被盖度达 80%, 伴生种为柽柳和芦苇。盐地碱蓬比较耐盐碱, 入侵、繁殖迅速, 但此时植物种类组成比较单调, 常常形成盐地碱蓬纯群落。盐地碱蓬的重要值很大, 达 65.47%(表 2)。

柽柳群落: 柽柳为建群种, 盐地碱蓬成为亚优势种, 植被盖度一般 45%左右。伴生种种类比盐地碱蓬阶段有所提高, 主要有盐地碱蓬、柽柳、芦苇、鹅绒藤和中华补血草等。一般植物种类 3~4 种·m⁻²。此时柽柳的重要值占据首位, 与前一阶段相比, 建群种的重要值大幅度降低, 亚优势种盐地碱蓬的重要值与建群种相比较, 相差不大, 群落中出现了偶见种中华补血草。

白茅群落: 白茅为建群种, 伴生种主要为山苦荬菜、芦苇、茜草、茵陈蒿、罗布麻等。植物种类 8~9 种·m⁻², 成分相对较多, 盖度可达 80%, 群落结构相对稳定。此时建群种的重要值又有所降低, 常见的伴生种的重要值相差不大。

表 2 不同演替阶段湿地群落的植被组成及特征

Table 2 The species composition and characteristics of vegetations of wetland communities in different successive stages

样地类型	种名	生活型	相对高度 /%	相对盖度 /%	相对频度 /%	重要值 /%
盐地碱蓬群落	盐地碱蓬	AH	34.4	95.40	66.6	65.47
	芦苇	PH	42.6	0.40	16.7	19.90
	柽柳	SH	23.0	4.29	16.7	14.66
	柽柳	SH	28.7	51.40	28.6	36.23
柽柳群落	盐地碱蓬	AH	19.9	42.80	28.6	30.43
	芦苇	PH	21.7	4.40	25.0	17.03
	鹅绒藤	PH	25.5	1.20	14.3	13.67
	中华补血草	PH	4.2	0.20	3.5	2.63
白茅群落	白茅	PH	10.9	76.30	16.3	34.50
	山苦荬菜	PH	10.7	7.25	14.0	10.64
	芦苇	PH	11.6	4.02	16.3	10.64
	荻	PH	11.7	4.40	11.6	9.25
	茜草	PH	9.4	2.87	9.3	7.17
	茵陈蒿	AH	7.0	1.14	9.3	5.80
	罗布麻	SH	9.6	0.96	4.7	5.06
	狗尾草	AH	9.0	0.95	2.3	4.10
	鹅绒藤	PH	5.9	0.76	4.7	3.76
	獐毛	PH	3.4	0.76	7.0	3.71
	藜	AH	5.9	0.38	2.3	2.86
	野大豆	AH	5.1	0.57	2.3	2.65

说明: PH 为多年生草本(perennial herb); AH 1 年生草本(annual herb); SH 灌木(shrub)。

2.2.2 不同演替阶段湿地植被的生活型结构 光板地基本无植被，只有零星的 1 年生的盐地碱蓬。盐地碱蓬群落，群落主要有 1 年生的草本组成，群落中 1 年生草本、灌木和多年生草本的重要值分别为 65.47%，14.66%和 19.90%。柽柳群落，建群种为灌木，灌木、多年生草本和 1 年生草本的重要值分别为 36.23%，33.33%和 30.43%，多年生草本中华补血草为偶见种，它通常零散地分布在柽柳灌丛内。白茅群落，群落主要有多数生的草本组成，多年生草本的重要值为 79.67%，与前一阶段相比增加了 48.4%，1 年生草本和半灌木的重要值分别为 15.41%和 5.06%，此阶段群落中的建群种和伴生种都发生了很大变化。

从整个演替过程来看，在演替初期，群落以 1 年生草本植物为主，随着演替的进行，1 年生草本植物的重要值逐渐降低，多年生草本的重要值逐渐增加，出现了半灌木，并在群落占有一定的位置，使群落的结构趋向复杂。

2.2.3 不同演替阶段湿地群落的物种组成和物种多样性 不同演替阶段湿地群落调查的样方内共出现高等植物 15 种，分属于 9 科 14 属，除禾本科 Gramineae，藜科 Chenopodiaceae，菊科 Compositae 外，均为 1 科 1 属，如柽柳科 Tamaricaceae，夹竹桃科 Apocynaceae，萝藦科 Asclepiadaceae，反映了盐碱地植被类型单调，多为单一的盐生植被的区系特征。

藜科、柽柳科和禾本科植物在调查区内所据位置最为重要。盐地碱蓬群落中，这 3 个大科植物的重要值为 100%，柽柳群落为 83.69%，白茅群落为 62.20%。藜科、柽柳科和禾本科在盐碱湿地植被的演替过程中所起的作用最大，而且在该地区的植物区系中占据着重要地位。另一方面，调查区主要以这 3 个大科植物为主，群落结构相对简单，物种多样性相对较少，使植被演替过程缓慢，这可能与该区自然条件恶劣有关。

物种多样性是群落生物组成结构的重要指标，物种丰富度与物种多样性密切相关^[14]。群落内物种组成越丰富，则多样性越大，随着演替的进行，植物种数量逐渐增加，群落结构趋于复杂化。在演替的初始阶段，光板地基本无植被，只有零星的盐地碱蓬。盐地碱蓬群落，主要是耐盐碱的盐地碱蓬，随后种类增多，发展为有较多物种的灌木群落。随着群落生长环境条件的逐渐改善，多年生杂类

草和 1 年生草本植物占据重要位置, 群落结构变得复杂, 丰富度越来越大。从表 3 可以看出, 植物多样性与物种丰富度表现出相同的规律, 较高的物种丰富度, 相对应的植物多样性也较高。盐地碱蓬群落物种丰富度为 3, 多样性指数为 0.88, 白茅群落物种丰富度为 12, 多样性指数则为 2.14。

3 结论与讨论

表 3 不同演替阶段湿地群落的物种丰富度及多样性

Table 3 Species richness and species diversity of different plots

指数	盐地碱蓬群落	柽柳群落	白茅群落
丰富度	3	5	12
多样性	0.88	1.40	2.14

随着群落的进展演替, 土壤养分质量分数逐渐增加。有机质质量分数白茅群落、柽柳群落和盐地碱蓬群落与光板地之间差异显著, 白茅群落与柽柳群落、盐地碱蓬群落之间差异显著; 柽柳群落与盐地碱蓬群落之间的差异不显著; 全氮和碱解氮质量分数白茅群落与其他 3 个样地间差异显著, 柽柳群落与盐地碱蓬群落之间差异显著, 盐地碱蓬群落与光板地之间的差异不显著。

随着演替的进行, 植物的生活型发生了较大变化, 1 年生草本植物的重要值逐渐降低, 多年生草本的重要值逐渐升高; 建群种的重要值逐渐降低; 群落中伴生种的数量逐渐增加, 物种的丰富度及多样性指数增加, 群落结构由简单到复杂。

土壤脱盐使植被发生进展演替, 植物的枯落物开始归还土壤, 土壤有机质和全氮等养分质量分数上升。土壤有机质是土壤肥力的重要指标, 与土壤的结构、渗透性、通气性、吸附性和缓冲性能等理化性状都有着十分密切的关系^[15]。土壤有机质增加, 可以改善土壤的孔隙状况和渗水性能, 从而降低盐分在土体上部和表层的积累, 盐分的降低进一步使植被进展演替。

黄河三角洲的湿地植被群落的种类组成、分布都深受土壤含盐量的影响, 随着含盐量的变化, 同一时间内的不同空间有着明显的生态系列。因此, 可以说, 湿地植被的演替与土壤含盐量密切相关, 是植被演替的主要动力。

参考文献:

[1] 吴志芬, 赵善伦, 张学雷, 等. 黄河三角洲盐生植被与土壤盐分的相关性研究[J]. 植物生态学报, 1994, 18(2): 184-193.

[2] 关元秀. 黄河三角洲土地盐碱化遥感监测、预报和治理研究[D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所, 2001.

[3] 宋玉民, 张建锋, 邢尚军, 等. 黄河三角洲重盐碱地植被特征与植被恢复技术[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(6): 87-89.

[4] 郝金标, 宋玉民, 邢尚军, 等. 黄河三角洲生态系统特征与演替规律[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(6): 111-114.

[5] 刘春生, 杨守祥. 农业化学分析[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996.

[6] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.

[7] 袁建国, 梅盛龙, 刘胜龙. 浙江凤阳山自然保护区福建柏群落物种多样性[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23(1): 41-45.

[8] 郝文芳, 梁宗锁, 陈存根. 黄土丘陵区弃耕地群落演替过程中的物种多样性研究[J]. 草业科学, 2005, 22(9): 1-8.

[9] 吴志东, 彭福泉. 我国南亚热带几种人工林的生物物质循环特点及其对土壤的影响[J]. 土壤学报, 1990, 27(3): 250-260.

[10] MO J M, BROWN S, LENART M, et al. Structure and organic matter dynamics of a human-impacted pine forest in a MAB reserve of subtropical China[J]. Biotropica, 1995, 27(3): 276-289.

[11] 陆梅, 田昆, 陈玉惠. 高原湿地纳帕海退化土壤养分与酶活性研究[J]. 西南林学院学报, 2004, 24(1): 34-37.

[12] 姜培坤, 徐秋芳, 钱新标, 等. 雷竹林地覆盖增温过程中土壤化学性质的动态变化[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16(2): 123-130.

- [13] 俞元春, 赵永艳, 曾曙才. 苏南丘陵不同林分类型土壤养分的动态特性[J]. 浙江林学院学报, 1998, 15(1): 32—36.
- [14] 淮虎银, 魏万红, 张镜铨. 青藏铁路温性草原区路域植被自然恢复过程中群落组成和物种多样性变化[J]. 山地学报, 2005, 23(6): 657—662.
- [15] 姜培坤, 徐秋芳, 储家森, 等. 雷竹早产高效栽培过程中土壤养分质量分数的变化[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23(3): 242—247.

Soil and vegetation characteristics of wetland communities at different successive stages in the Huanghe River Delta

HOU Ben-dong¹, MA Feng-yun¹, XING Shang-jun², SONG Yu-min², LIU Yan¹

(1. College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China; 2. Shandong Academy of Forestry, Ji'nan 250014, Shandong, China)

Abstract: In the Huanghe River Delta, wetland communities were studied to determine their soil and vegetation characteristics at different successive stages. Four wetland samples of *Suaeda salsa* (saline seepweed) community, *Tamarix chinensis* (tamarisk) community, *Imperata cylindrica* (white cogongrass) community and barren land were classified using a special-replacing-temporal method. An ANOVA with soil nutrient (total N, alkaline hydrolyzing N, quick-acting K and P) and organic matter (OM) variables from four sample plots with 0—20 cm and 20—40 cm soil and three replications, as well as an ANOVA of species diversity (*D* and *H* indexes) of four communities using a sampling design with 1 m×1 m plots, eight replications for herbage and 10 m×10 m plots, 5 replications for shrubs were analyzed. Results showed that with a reduction of soil salt in the wetlands, organic matters and total nitrogen increased significantly ($P < 0.05$) as did alkaline hydrolyzing N and quick-acting P ($P < 0.05$). Among the different communities, the above nutrients were significantly different ($P < 0.05$). The importance value (IV) for four communities of edificato was *S. salsa* (65.47%), *T. chinensis* (36.23%), and *I. cylindrica* (34.50%); for annual herbaceous plants was *S. salsa* (65.47%), *T. chinensis* (30.43%), and *I. cylindrica* (15.41%); and for perennial herbaceous plants was *S. salsa* (19.90%), *T. chinensis* (33.33%), and *I. cylindrica* (79.67%). With succession, IV of edificato and annual herbaceous plants gradually decreased, whereas the IV of perennial herbaceous plants gradually increased. The species richness and plant diversity in an order was *I. cylindrica* community > *T. chinensis* community > *S. salsa* community. Therefore, soil and vegetation of wetland communities in different successive stages were different [Ch, 1 fig. 3 tab. 15 ref.]

Key words: wetland community; successive stage; the Huanghe River Delta; soil characteristics; vegetation; *Imperata cylindrica*; *Tamarix chinensis*; *Suaeda salsa*