

黄河三角洲植被群落和土壤酶活性 对湿地退化的响应

张建锋¹, 邢尚军², 樊宝敏³, 单奇华¹

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;

2. 山东省林业科学研究院, 山东 济南 250014; 3. 中国林业科学研究院 林业科技信息研究所, 北京 100091)

摘 要: 在黄河三角洲地区, 由于油田开发、人类活动增多以及环境变化, 滨海湿地发生了局部退化。为了探讨湿地退化的机制, 在该地区选择典型湿地进行了植被调查和土壤性状分析。结果表明, 植被基本是由白茅 柹柳 碱蓬 到光板地进行演替的。在湿地演替过程中, 光板地、碱蓬群落、柹柳群落土壤有机质含量与白茅群落相比, 分别降低了 81.0%, 67.4%, 59.5%, 全氮含量则分别降低了 61.1%, 59.6%, 41.2%, 速效 P 含量分别降低了 19.5%, 7.9% 和 4.7%。同样, 演替不同阶段的土壤酶活性从白茅群落光板地, 脲酶、过氧化氢酶活性也逐渐降低, 盐分含量则逐渐提高。这说明植被的演变与湿地退化几乎是同步响应的。土壤盐碱化, 加快了植物群落的退化演替, 植物的退化又反作用于土壤, 使土壤的理化性状向着不利于植物生长的方向转化, 二者相辅相成, 紧密联系。土壤水盐运动是盐渍土演变过程的核心, 也是影响湿地植被演替的重要因素。

关键词: 黄河三角洲; 湿地; 退化; 植被特征

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)04-0001-06

中图分类号: S154.2, S156.8

Responses of Plant Community and Soil Enzyme Activities to Wetland Degradation in the Yellow River Delta Region

ZHANG Jian-feng¹, XING Shang-jun², FAN Bao-min³, SHAN Qi-hua¹

(1. Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang, Zhejiang 311400, China;

2. Shandong Academy of Forestry, Jinan, Shandong 250014, China;

3. Institute of Forestry Policy and Information, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Wetland degradation in the Yellow River delta region occurs due to petroleum development, increasing human activities, and environmental changes. In order to understand the wetland degradation processes, sampling and survey on plant community were conducted by selecting the typical wetland plots. Meanwhile, soil features including organic matter, nutrients, and physiological characters, as well as some soil enzyme activities were analyzed. Results showed that the plant succession was form *Imperata cylindrica*, to *Suaeda glauca*, to *Tamarix chinensis*, to barren land. Consequently, soil organic matter content was decreased by 81.0%, 67.4%, and 59.5%, respectively, when form *Imperata cylindrica* was compared with the other 3 forms. For total N, the percentages were 61.1%, 59.6%, and 41.2% and for effective P, 19.5%, 7.9%, and 4.7%, respectively. The soil enzyme activities such as urease and invertase fell as well, while soil salinity rose during vegetation succession. It is concluded that plant community succession interacts with soil property change. Soil salinization speeds up flora succession reversely, while plant community succession in adverse environment also has a certain effect on soil features. In the process, soil moisture and salinity movement are the key factors.

Keywords: Yellow River delta; wetland; degradation; flora feature

黄河三角洲为黄河尾间不断摆动形成,母质为黄河冲积物,底部属海相沉积物。是我国三大河口三角洲之一,位于东经 118°07′—119°10′,北纬 37°20′—38°10′,总面积约 8 100 km²。它以垦利县宁海为轴点,北起套尔河口,南至淄脉河口,向东撒开的扇状地形,海拔高程低于 15 m。该地区属温带季风型大陆性气候,一年四季分明,光照充足,雨热同期,年平均降水量为 551.6 mm。土地广袤,人多地少,土地类型多样,地貌有河滩高地,坡地,大型洼地等^[1]。立地条件复杂,湿地、沼泽分布广泛。黄河三角洲还是目前世界上造陆最快的河口三角洲,每年约有 20~23 km² 的新淤地形成。海河相会处形成大面积浅海滩涂和湿地,成为东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的重要“中转站”和越冬、繁殖地^[2]。湿地具有生物多样性丰富和高生产力的特征,可向人类提供多种食品、医药、能源及工业原料,并具有蓄水、补充地下水、调节区域气候、吸附过滤污染物和缓冲灾害的作用。

但是,由于油田开发、人类活动增多,以及环境变化,黄河三角洲湿地发生局部退化。宋玉民等^[12-13]从黄河三角洲植被与环境的关系方面探讨了该地区的植物区系特征和分布特点;王海梅等^[14]从土地利用的角度分析了土壤性状变化对植被分布的影响。尽管邢尚军等^[15]初步讨论了黄河三角洲湿地退化的原因,提出了生态修复的措施,氮对湿地退化与植被演替之间的关系没有涉及。为了进一步分析黄河三角洲湿地退化的机制,本研究在该地区进行了植被调查和土壤性状分析,以期探讨植被演替对土地退化的响应,为湿地保育和生态修复提供理论指导。

1 试验地概况及研究方法

1.1 试验地概况

试验地位于山东省东营市,地处黄河三角洲的东北部,属于暖温带大陆性气候,全年平均气温 12.3℃,极端最高气温达 41.9℃,极端最低气温 -23.3℃,大于 0℃ 以上的积温 4 783.5℃,大于 10℃ 以上的积温 4 183℃,太阳辐射年总量 5 146~5 411 J/m²,年日照时数 2 571~2 865 h,平均 2 682 h,是我国日照较丰沛的地区之一;平均无霜期 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 mm^[3],是降水量的 3.6 倍,春季是强烈的蒸发期,蒸发量占全年的 51.7%。试区为冲击性黄土母质在海侵母质上沉积而成,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。土壤 pH 值 6.79~8.87,平均 7.94,地下水位约 1.5 m,水质矿化度较高。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 研究黄河三角洲湿地退化过程,用空间上不同湿地的退化程度来研究湿地在时间上的退化序列。依据盐生植被的不同类型,考虑到影响土壤含盐量变化的主要因素,如距海远近、高程大小、微地貌变化等,在研究区内选择了两个典型植被变化样区:一是在与海岸线垂直方向上,选取具有典型剖面结构的不同演替阶段的湿地研究样带,根据离海远近的不同,主要为光板地、碱蓬 (*Suaeda glauca* Bge.) 群落、柽柳 (*Tamarix chinensis* Lour.) 群落、白茅 [*Imperata cylindrica* (Linn.) Beauv.] 群落。二是选择在黄河三角洲地区生态适应幅度较广的芦苇 (*Phragmites australis*) 群落。依据群落的稳定状态、生活环境、所处的位置,划分为 3 种类型:(1) 生长良好,群落稳定性较高;(2) 生长中等,群落存在潜在的不稳定因素;(3) 生长较差,群落处于退化状态。

按照植被样方调查的方法^[3],在典型地带设置样地,草本采用 1 m × 1 m 的样方,8 次重复;灌木采用 10 m × 10 m 的样方,5 次重复。调查植被盖度、种类等,其中植被盖度采取目估法,沿样地观测面,挖取土壤剖面,取土样,测定土壤的有机质、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾、土壤含盐量。

物种丰富度指数

$$\text{Patrick 指数 } D = S$$

式中: D ——物种丰富度指数; S ——所研究面积内的种数。

$$\text{重要值} = (\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) / 3$$

相对高度的计算方法为:

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

相对盖度与相对频度的计算方法与相对高度类似。

$$H_i = - \sum P_i \ln P_i$$

式中: H_i ——物种多样性指数; P_i ——研究中用重要值代替。

1.2.2 土壤样品的采集及预处理 采用多点采样法,每块标准地均匀布设 3 个采样点,在每个采样点挖土壤剖面分 0—20 cm 和 20—40 cm 取样。用密封塑料袋包装后带回实验室,将带回的土样风干,用研钵研细并过 1 mm 筛,用密封袋保存,备测定分析用。文中数据均为多点多次取样分析结果的平均值。

1.2.3 土壤理化性质的测定方法 土壤的容重、非毛管孔隙度、毛管孔隙度、总孔隙度等物理性质的测定采用环刀法^[4]。并按下列公式计算:

(1) 土壤容重采用下式计算:

$$\text{土壤容重} (\text{g/cm}^3) = \text{环刀内干土重} / \text{环刀体积}$$

(2) 土壤毛管孔隙度采用下式计算:

$$P_c = (c - a - x) / v \times 100 \%$$

式中: P_c ——毛管孔隙度(%) ; b ——吸水 2~3 h 后带土环刀重(g) ; a ——环刀重(g) ; x ——环刀内干土重(g) ; v ——环刀容积(cm^3)。

(3) 土壤总孔隙度的测定按下式计算:

$$P_t = (c - a - x) / v \times 100 \%$$

式中: P_t ——土壤总孔隙度(%) ; c ——浸水 6 h 后带土环刀重(g) ; a ——环刀重(g) ; x ——环刀内干土重(g) ; v ——环刀容积(cm^3)。

(4) 土壤非毛管孔隙度采用下列公式计算:

$$p_n = p_t - p_c$$

式中: p_n ——土壤非毛管孔隙度(%)。

1.2.4 土壤养分的测定方法 有机质测试采用重铬酸钾容量法;全氮采用凯氏蒸馏法,碱解氮采用碱解扩散法;速效钾采用醋酸铵火焰光度法;速效磷采用 Olsen 法^[4]。

1.2.5 土壤酶活性的测定方法 脲酶活性采用比色法,过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法,过氧化物酶活性采用邻苯三酚比色法^[5]。

2 结果与分析

2.1 不同演替阶段湿地的植被特征

在样地上进行植被调查,结果见表 1—2。

表 1 不同演替阶段湿地的基本特征

群落类型	建群种	伴生种	距海距离/km
光板地	—	仅有零星的碱蓬	6
碱蓬群落	碱蓬	柽柳、芦苇	8
柽柳群落	柽柳	碱蓬、芦苇、鹅绒藤(<i>Cynanchum chinense</i>)、大叶补血草(<i>Limonium gmelinii</i>)	11.5
白茅群落	白茅	芦苇、茜草(<i>Rubia cordifolia</i>)、刺儿菜(<i>Cirsium setosum</i>)、罗布麻(<i>Apocynum Venetuml</i>)、猪毛菜(<i>Salsola collina</i> Pall)、苦菜(<i>Sonchus oleraceus</i>)、獐茅(<i>Aeluropus sinensis</i>)、白蒿(<i>Artemisia capillaris</i>)、野大豆(<i>Glycine soja</i>)、狗尾草(<i>Setaria viridis</i>)	16

表 2 不同演替阶段湿地的植被群落特征

群落类型	种名	相对高度/cm	相对盖度/%	相对频度/%	重要值
碱蓬群落	碱蓬	34.4	95.40	66.6	65.47
	柽柳	23.0	4.29	16.7	14.47
	芦苇	42.6	0.40	16.7	19.90
柽柳群落	柽柳	28.7	51.40	0.29	36.23
	碱蓬	19.9	42.8	28.60	30.43
	芦苇	21.7	4.40	25.0	17.03
	鹅绒藤	25.5	1.20	14.3	13.67
	大叶补血草	4.2	0.20	3.5	2.63
	白茅	10.9	80.30	16.3	35.80
	苦菜	10.7	7.25	14.0	10.70
白茅群落	芦苇	11.0	4.02	16.3	10.40
	茜草	9.4	2.87	9.3	7.20
	白蒿	7.0	1.15	9.3	5.80
	罗布麻	9.6	0.96	4.7	5.10
	野大豆	5.1	5.70	2.3	4.40
	狗尾草	9.0	0.95	2.3	4.10
	鹅绒藤	5.9	0.76	4.7	3.80
	獐茅	3.4	0.76	7.0	3.70
	猪毛菜	5.9	0.38	2.3	2.90

从前面的调查结果,可以看出黄河三角洲植被具有以下特点。(1) 植被种类稀少,区系组成贫乏,主要以藜科、菊科、禾本科、柽柳科的种类占优势,其中

耐盐的草本植物居显著地位^[6]。(2) 植被类型单调,多为单一的盐生植被。主要有碱蓬群落,柽柳群落,白茅群落,芦苇群落^[7-9]。(3) 群落结构简单,群落一般没有明显的分层现象,1 m^2 的样方内仅有 1~2 个优势种。

2.2 不同演替阶段湿地的生活型结构

白茅群落阶段,主要由多年生的草本组成,建群种的重要值为 35.8,多年生草本、一年生草本的重要值,半灌木的重要值,依次降低;在柽柳群落阶段,建群种的重要值为 36.23,多年生草本芦苇的重要值为 17.03,同时一年生草本补血草出现,它通常零散的分布在柽柳灌丛内;碱蓬群落阶段,建群种的重要值 65.47,群落中灌木、多年生的草本各一种,重要值比值为 4.53 1.37 1。光板地含盐量最高,基本无植被,只有零星的一年生的碱蓬。由此可看出,随着湿地退化程度的增加,建群种的重要值逐渐增加,群落生活型结构趋向简单。

2.3 不同演替阶段的物种组成和植物物种多样性

不同演替阶段湿地群落调查的样方内共出现高等植物 16 种,分属于 9 科 14 属^[8-9],除禾本科、藜科、菊科、碟形花科外均为单科、单属,如柽柳科、夹竹桃科、萝藦科。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。

植物的多样性与群落的稳定性密切相关,由表中可看出,物种丰富度与群落的多样性表现出一致,白茅群落、柽柳群落、碱蓬群落、光板地,物种丰富度逐渐降低,群落的多样性亦逐渐降低,从光板地 白茅群落,物种多样性基本上呈现出单峰变化特征。

2.4 湿地退化过程中植被更替序列

2.4.1 白茅阶段 以白茅为建群种,伴生种主要为苦菜、芦苇、茜草、刺儿菜、罗布麻。生境土壤脱盐程度较高,常形成单一群落,植被盖度达 80% 以上,此时群落中有 12 个植物种。如果此阶段有人为的干扰,如过度放牧、粗放开垦等,会破坏地表植被,增加地表面的蒸发,加快土壤盐分向地表聚积的速度,使地表土壤的含盐量逐渐增加,使生活在这一带耐盐性较低的植物逐渐死亡。如此反复,形成恶性循环,从而使植被的演替过程发生逆转,加重盐渍化,生成盐地柽柳或碱蓬草甸。

2.4.2 柽柳阶段 建群种为柽柳,伴生种主要为碱蓬、芦苇。土壤多为滨海盐碱土,植被盖度 40% 左

右,此时群落中有 5 个植物种^[10]。如果遇到海水入侵或地下水位升高,生态条件将迅速恶化,从而使柽柳林种群的数量及分布减少,随机性灭绝机率加大,群落结构更趋于简单,在积水的洼地,群落向比较耐盐的芦苇演替,季节性积水的湿地,群落向以碱蓬为主的湿生草甸或光板地演替,发育的土壤为滨海草甸盐土及滨海沼泽盐土。

2.4.3 碱蓬阶段 建群种为碱蓬,伴生种主要为柽柳和芦苇。植物种类组成比较单调,近 2~3 种,土壤为滨海草甸盐土,此阶段的湿地极不稳定,经常受大潮内侵,极易形成光板地。

2.4.4 光板地 光板地距海较近,常受海水侵袭、顶托,土壤盐分含量极高,草甸化过程微弱,只有零星的碱蓬,土壤为潮间盐土。

2.5 不同演替阶段湿地土壤特征

2.5.1 不同演替阶段湿地的养分特征 在不同地点采集土壤样品后,对一些指标进行测定分析,结果见表 3。

表 3 不同演替阶段湿地的土壤养分

类型	土层/ cm	有机质/ (g · kg ⁻¹)	全氮/ (g · kg ⁻¹)	速效氮/ (mg · kg ⁻¹)	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)
光板地	0—20	2.40	0.210	10.83	8.29	65.98
	20—40	2.14	0.150	8.29	8.08	53.27
	平均	2.27	0.180	9.56	8.18	59.62
碱蓬群落	0—20	4.48	0.250	11.86	9.15	82.17
	20—40	3.29	0.170	12.94	9.58	132.68
	平均	3.89	0.210	12.40	9.36	107.43
柽柳群落	0—20	5.93	0.334	15.09	9.37	124.38
	20—40	3.73	0.271	12.94	10.01	74.56
	平均	4.83	0.300	14.02	9.69	99.47
白茅群落	0—20	15.9	0.747	41.63	10.66	138.13
	20—40	7.96	0.267	20.48	9.67	52.64
	平均	11.93	0.507	31.05	10.16	95.38

由表 3 可以看出,在湿地演替过程中,光板地、碱蓬群落、柽柳群落有机质含量与白茅群落相比,降低了 81.0%,67.4%,59.5%;全氮含量降低了 61.1%,59.6%,41.2%。多重比较的结果,有机质含量白茅群落与柽柳群落、碱蓬群落、光板地的差异都达到极显著水平 ($P < 0.01$),光板地与柽柳群落、碱蓬群落间的差异极显著 ($P < 0.01$),柽柳群落、碱蓬群落之间的有机质含量差异不显著。全氮含量光板地与碱蓬群落之间的差异不显著,光板地、碱蓬群落与柽柳

群落之间的差异达显著水平 ($P < 0.05$),它们与白茅群落之间的水平都达到极显著水平 ($P < 0.01$)。

光板地、碱蓬群落、柽柳群落与白茅群落相比较,碱解氮含量分别降低了 69.2%,60.1%和 53.5%,速效 P 含量分别降低了 19.5%,7.9%和 4.7%。碱解氮含量光板地、碱蓬群落、柽柳群落与白茅群落之间都达到极显著水平 ($P < 0.01$),光板地、碱蓬群落、柽柳群落之间的碱解氮含量也达到显著水平 ($P < 0.05$),速效 P 含量白茅群落 光板地之间虽未达到

显著水平,但随着植被群落的演替,速效 P 含量也是逐渐降低的,速效 K 含量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。

随着湿地群落的演替,从白茅群落到光板地,土壤主要养分有机质、全氮、速效氮均有明显下降趋势。其中,光板地与碱蓬群落、柽柳群落、白茅群落主要养分指标之间的差异都达到极显著水平,说明了湿地从白茅群落到光板地的演替是一种逆向演替,随着演替程度的递减,土壤养分水平逐渐降低。

2.5.2 不同演替阶段湿地的土壤物理性质 土壤物理性质测定结果见表4。从表中可以看出,光板地白茅群落,土壤容重逐渐降低,总孔隙度及毛管孔隙度逐渐增大,表明了随着盐碱程度的增加,土壤物理性状逐渐恶化,土壤性质变劣。土壤物理性质的变劣,容重变大,孔隙度变小,土壤越来越紧实,不利于土壤脱盐。

表4 不同演替阶段湿地的土壤物理性质

样地类型	土层/ cm	容重/ ($g \cdot cm^{-3}$)	总孔 隙度/ %	毛管孔 隙度/ %	非毛孔 隙度/ %
光板地	0—20	1.830	32.70	31.40	1.30
	20—40	1.700	43.20	41.50	1.70
	平均	1.765	38.00	36.45	1.50
碱蓬群落	0—20	1.670	40.30	38.40	1.90
	20—40	1.540	42.10	40.30	1.80
	平均	1.605	41.20	39.30	1.85
柽柳群落	0—20	1.550	43.30	40.50	2.80
	20—40	1.650	41.50	39.80	1.70
	平均	1.600	42.40	40.10	2.20
白茅群落	0—20	1.500	44.90	41.70	3.20
	20—40	1.540	42.00	40.20	1.80
	平均	1.520	43.45	40.95	2.50

2.5.3 不同演替阶段湿地的土壤酶活性 土壤酶活性的测定结果见表5。从表中可以看出,在垂直方向上,脲酶、过氧化氢酶都表现出上层高于下层的规律。而过氧化物酶与之相反,上层低于下层,这与林地的土壤过氧化物酶活性表现不一致,酶活性的变化可能与土壤的结构有关,从而也说明土壤酶活性在不同的土壤中有不同的变化规律。

演替不同阶段的土壤酶活性从白茅群落 光板地,脲酶、过氧化氢酶活性逐渐降低,过氧化物酶未表现出规律性,光板地过氧化物酶活性最高,而白茅群落的过氧化物酶活性最低,这可能与土壤枯落物及湿地的季节性积水有关。

表5 不同演替阶段湿地的土壤酶活性

样地类型	土层/ cm	脲酶 $NH_3-N/$ ($mg \cdot g^{-1}$)	过氧化 氢酶/ ($ml \cdot g^{-1}$)	过氧化物酶/ ($mg \cdot g^{-1}$)
光板地	0—20	0.023	0.630	1.110
	20—40	0.013	0.550	1.230
	平均	0.018	0.590	1.170
碱蓬群落	0—20	0.079	0.850	0.917
	20—40	0.049	0.600	0.997
	平均	0.064	0.725	0.897
柽柳群落	0—20	0.098	0.870	0.977
	20—40	0.057	0.600	0.997
	平均	0.078	0.735	0.987
白茅群落	0—20	0.349	1.000	0.707
	20—40	0.213	0.750	0.759
	平均	0.281	0.875	0.733

3 结论与讨论

从上面的分析可以看出,在黄河三角洲地区,植被的演变与湿地退化几乎是同时发生的,土壤盐碱化,加快了植物群落的退化演替,植物的退化又反作用于土壤,使土壤的理化特性向着不利于植物生长的方向转化,二者相辅相成,紧密联系^[11, 14-15]。通过对不同演替群落阶段的土壤理化性质的分析表明,伴随着植被的退化演替,土壤的理化性质发生相应的改变,土壤盐碱程度逐渐加重,土壤环境恶化不利于白茅群落的生存。这一结果也与刘艳等^[16]的研究结果一致。

宋创业等^[13]把黄河三角洲的植被划分为7个群落。本研究主要针对湿地植被,所以,依照群落建群种的特点,分为4个群落。在白茅群落阶段,土壤为轻度碱化土,表层含盐量一般低于0.3%,在这种情况下白茅能良好的生长发育,土壤的结构较好,土壤容重小,孔隙度大,土壤较肥沃有机质含量高,有利于植物的生长,在植被未遭到破坏时,土壤环境维持在这一阶段或进一步得到改善。

当盐碱化加重时,逐渐不适于白茅生长,一些盐碱植物开始出现,形成了盐碱植物群落阶段。在这一阶段土壤的盐碱化加重,表层含盐量增加到0.8%以上,土壤结构变得紧实,土壤容重增大,空隙度变小。

植被退化到碱蓬群落时,土壤盐碱程度进一步加重,已演变成重度盐碱土,土壤的含盐量明显增加,盐渍化程度加重,土壤质地紧密,通透性变差,土壤肥力下降。

湿地进一步退化,植被消失,变成只有零星碱蓬的光板地,土壤环境极为恶劣,盐分含量极高,土壤板

结并贫瘠化,有机质含量仅为 2.4 g/kg,在这种环境下,植物很难生长。

土壤水盐运动是盐渍土演变过程的核心,是影响湿地植被的重要因素,在一定条件下,土壤的水盐运动是植物群落演替的动力^[12]。土壤盐分积累主要受土壤透性及地下水位的制约,土壤的透性与土壤的质地结构状况有关。白茅群落的土壤有较好的结构,孔隙度状况良好,土壤水的入渗率和数量大,盐随水走,必然会使盐分向下淋洗和迁移,从而导致土壤的盐渍化减弱,盐碱植物群落发育良好。

光板地 碱蓬 柽柳 白茅演替是一个土壤脱盐的过程,同时是一个顺向演替的过程,如果土壤脱盐的过程形成的比较顺利,发育为白茅或獐茅群落;如果适逢有淡水出现积累,就会有芦苇群落出现。芦苇群落发生逆向演替形成柽柳—碱蓬群落。

在土壤的演变过程中,土壤有机质对土壤的理化性质起着重要的影响,它可以改变土壤的结构,具有脱盐和抑盐的作用。在群落的退化演替过程中,随着土壤有机质含量的下降,土壤的盐碱化均呈上升趋势,土壤的结构,随着有机质的减少,变得越来越紧实,容重变大,孔隙度变小。可见增加土壤有机质含量是改良盐碱土的有效途径。

在自然状态下,群落多样性变化不仅取决于群落的结构和功能,它还反映了土壤演化过程中理化特性的变化动态。随着植被的退化,土壤有机质含量下降,土壤变得越来越贫瘠,从而导致了物种多样性的下降。黄河三角洲湿地退化与该地区脆弱的生态环境以及不同时期人类对自然过程的认识差异和水资源的大强度开发有着密切的关系^[13-16]。植被的长势(盖度和种类)和土壤性状的变化,是土地退化的直观指示。

[参 考 文 献]

- [1] 许学工. 黄河三角洲生态系统的评估和预警研究[J]. 生态学报, 1996, 16(5):461-468.
- [2] 江泽慧. 林业生态工程建设与黄河三角洲可持续发展[J]. 林业科学研究, 1999, 12(5):447-451.
- [3] Zhang Jianfeng. Causes of wetland degradation and ecological restoration in Yellow River delta region[J]. Forestry Study in China, 2005, 7(2):15-18.
- [4] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京:科学出版社, 1983.
- [5] Tabatabai M A. Soil enzymes[M]// Weaves R W, Angel G S, Bottomley P S. Methods of soil analysis. Part 2, Microbiological and biochemical properties. Madison: Soil Sci. Soc. Am. Book series, 1994.
- [6] 张建锋, 邢尚军, 郝金标, 等. 黄河三角洲可持续发展面临的环境问题与林业发展对策[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(6):115-119.
- [7] 赵延茂, 宋朝枢. 黄河三角洲自然保护区科学考察集[M]. 北京:中国林业出版社, 1995.
- [8] 陈汉斌, 郑亦津, 李法曾. 山东植物志 [M]. 上卷. 青岛:青岛出版社, 1992.
- [9] 陈汉斌, 郑亦津, 李法曾. 山东植物志 [M]. 下卷. 青岛:青岛出版社, 1997.
- [10] Euliss N H, Mushet D M. Water-level fluctuations in wetlands as a function of landscape condition in the prairie pothole region [J]. Wetlands, 1996, 16:587-593.
- [11] Rheinhardt R D, Brinson M M, Farley P M. A preliminary reference data set for wet forested flats in North Carolina and its application to wetland functional assessment, mitigation, and restoration[J]. Wetlands, 1997, 17:195-215.
- [12] 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):87-90.
- [13] 宋创业, 刘高焕, 刘庆生, 等. 黄河三角洲植物群落分布格局及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2008, 27(12):2042-2048.
- [14] 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):6-7.
- [15] 邢尚军, 张建锋, 宋玉民, 等. 黄河三角洲湿地生态功能及生态修复技术[J]. 山东林业科技, 2005(2):24-27.
- [16] 刘艳, 马风云, 宋玉民, 等. 黄河三角洲冲积平原湿地土壤酶活性与养分相关性研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1):59-61.