

黄河三角洲新生湿地景观格局特征及其动态变化 ——以垦利县为例^{*}

王 薇^{1,2}, 陈为峰¹, 王燃藜³, 甘运贤⁴

(1. 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 2. 山东省水利科学研究院, 济南 250013; 3. 栖霞市
交通局, 山东 栖霞 265300; 4. 兖州市国土资源局, 山东 兖州 272100)

摘 要:基于景观生态学相关理论和方法,以垦利县为例,在“3S”技术、FRAGSTATS 3.3 软件的支持下,提取黄河三角洲新生湿地生态景观格局信息,并利用景观指数,对近 20 年垦利县湿地的景观格局演变过程进行了定量分析。结果表明:滩涂和苇地是垦利县最主要的天然湿地类型,湿地面积在研究时段内共减少 6 155.12 hm²,平均每年减少 362.07 hm²;各种湿地景观之间以及湿地和非湿地之间相互转化和逆转并存,滩涂和苇地与其他地类转换频繁;10 种湿地类型除个别外,斑块个数、分维数、斑块密度、最大斑块指数、景观形状指数、景观聚集度指数均增加,聚集度指数减少,其中苇地、滩涂、滩地变化幅度较大;景观多样性指数由 1987 年的 1.764 3 下降到 2004 年的 1.710 5,均匀度指数由 0.687 3 上升到 0.692 3。景观格局的变化主要是人为驱动因子造成的。

关键词:黄河三角洲; 新生湿地; 景观格局; 动态变化

中图分类号: F301.24; P901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)01-0082-06

Landscape Pattern Characteristic and Dynamic Change of Newborn Wetland in the Yellow River Delta —A Case Study in Kenli County

WANG Wei^{1,2}, CHEN Wei-feng¹, WANG Ran-li³, GAN Yun-xian⁴

(1. College of Resource and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China; 2. Water Conservancy Science Institute of Shandong Province, Jinan 250013, China; 3. Communication Bureau of Qixia, Qixia, Shandong 265300, China; 4. Bureau Land and Resource of Yanzhou, Yanzhou, Shandong 272100, China)

Abstract: This paper utilizes the method of landscape ecology, using ‘3S’ and FRAGSTATS 3.3, withdraws the Kenli County wetland ecology landscape pattern information promptly, and using the landscape index, has carried on the quantitative analysis to near 20-year Kenli County wetland's landscape pattern characteristic and the dynamic change process. The results indicated: the shallow seas and tidelands and the reed bed are the Kenli County most main natural wetland type, the wetland landscape area in study in the time interval altogether to reduce 6 155.12 hm², the average reduce 362.07 hm² every year, Between each kind of wetland landscape, the wetland and the non-wetland transform and reversal coexisting mutually, the shallow seas and tidelands and the reed bed and other kind of transformation are frequent; 10 kinds of wetland types besides individual, the mottling integer, the fractal dimension number, the mottling density, the biggest mottling index, the landscape form-exponent, the landscape accumulation index increase, the accumulation index reduces, the reed bed, the shallow seas and tidelands, the interval change scope is big. The landscape multiple indices dropped from 1.764 3 in 1987 to 1.710 5 in 2004, the uniformity index 0.687 3 rose 0.692 3, the landscape pattern change is mainly the artificial actuation factor creates.

Key words: the Yellow River delta; newborn wetland; landscape pattern characteristic; dynamic change

^{*} 收稿日期: 2009-07-23

基金项目: 山东省中青年科学家奖励基金(2007BS08007); 山东农业大学博士基金资助项目

作者简介: 王薇(1980-), 女, 山东济宁人, 硕士研究生, 主要从事湿地生态、草坪生态方面研究。E-mail: wangwei@sdaa.edu.cn

通信作者: 陈为峰(1970-), 男, 副教授, 主要研究方向为水资源保护与利用、湿地资源与湿地生态等。E-mail: chwf@sdaa.edu.cn

湿地景观格局取决于湿地资源的分布和组分,与湿地生态系统抗干扰能力、恢复能力、稳定性、以及生物多样性有着密切的联系。同时,湿地景观格局不是一成不变的,目前的格局是在过去的景观流的基础上形成的^[1-4]。因此,对典型湿地生态系统原生景观结构及其特征进行定量分析,是研究不同类型湿地功能与机理变化的基本前提,可为研究湿地环境变化及其生态效应提供科学依据,对于开展湿地资源保护与恢复具有重要意义^[5]。国内对湿地景观格局变化的研究始于 20 世纪 90 年代,主要采用景观格局空间分布特征指数和景观异质性指数来研究湿地景观格局的变化^[6-10]。

本文所研究的新生湿地是从 1976 年黄河改道至今,现黄河入海口所在地。黄河三角洲新生湿地是典型的河口湾和滨海湿地生态系统,具有丰富的生物资源。本文基于景观生态学相关理论和方法,以垦利县为例,在“3S”技术支持下以 TM 影像为信息源,构建区域湿地分类系统。采用斑块类型面积、斑块个数、分维数、斑块密度、斑块分离度、最大斑块指数、景观形状指数、景观聚集度指数、景观多样性指数、景观均匀度指数等空间格局指数,运用 GIS、FRAGSTATS 3.3 软件,提取垦利县湿地生态景观格局信息,并利用各景观指数系统分析近 20 年垦利县湿地的景观格局特征、动态变化及其主导驱动因素,以期为黄河三角洲新生湿地的科学管理和保护提供科学依据。

表 1 黄河三角洲垦利县湿地遥感解译标志 (TM432RGB 合成影像)

地类	形 状	色 调	纹 理
灌溉水田	几何特征明显,边界清晰,有规的形状	浅蓝色,色调均匀	影象结构均一、细腻
坑塘水面	几何特征明显,有人工塑造痕迹,面积较小	蓝黑色,色调均匀	影象结构均一
养殖水面	几何特征明显,呈规则小方格状	灰蓝色,色调均匀	影象结构均一
人工沟渠	几何特征明显,人工痕迹明显,呈直线状	蓝色,色调均匀	结构均一
水库水面	几何特征明显,有人工塑造痕迹,面积较大	深蓝色,色调均匀	影象结构均一
盐田	几何特征明显,呈规格的方格状	蓝绿色或蓝黑色	蓝绿色大斑块或蓝黑色浅青色边缘相间
河流水面	几何特征明显,自然弯曲或局部平直,边界清晰	蓝色,色调均匀	影象结构均一
苇地	面状或条带状	因含水量不同色调有差别,多呈紫褐色	结构比较均一
滩涂	沿海岸线呈不规则分布	灰黑中带白色	影响结构比较粗糙
滩地	沿河流或湖岸呈带状分布	灰白色或白色	影象结构比较均一
旱地	地块边界清晰,几何特征明显,呈大面积分布	影像色调多样,褐色,土黄色,浅粉色等	结构比较细腻
居民用地	几何形状明显,边界清晰	灰紫色	结构粗糙

2.2 遥感影像解译

根据研究区土地利用状况及主要农作物物候历,选择 1987 年 5 月 7 日和 2004 年 11 月 2 日的渤

1 研究区概述

黄河三角洲位于黄河入海口,北临渤海,东靠莱州湾,90%以上属于东营市管辖。垦利县隶属于山东省东营市,位于北纬 37°21′ - 38°09′,东经 118°24′ - 119°10′,处于黄河下游入海口的黄泛平原上,是黄河三角洲新生湿地生态系统的最典型区域。本区属于海陆相互沉积的退海之地,土壤是在黄河冲积物上发育而成的潮土和轻重不同的盐化潮土,表层土壤质地为中壤和重壤;现存排灌条件一般,潜水埋深较浅,矿化度高;地貌为浅平洼地与微斜平地;属温带半湿润季风气候区,年平均气温 11.9℃,平均降水量 592.20 mm,年平均蒸发量 1 908.20 mm。全县辖 5 个镇、2 个乡和 2 个办事处,332 个村,21.24 万人^[11],总面积 2 204.00 km²,其中耕地面积 540.78 km²。

2 研究资料与方法

2.1 湿地景观分类

根据《全国湿地资源调查与监测技术规程》(林业部,1997),以湿地形成动力因子为主导,综合考虑湿地的水文、生态等要素,坚持科学、实用的原则,结合黄河三角洲湿地的实际情况,将该区湿地分为人工湿地(灌溉水田、坑塘水面、养殖水面、人工沟渠、水库水面、盐田)和天然湿地(河流水面、苇地、滩涂、滩地)两大类共 10 种湿地类型(表 1)。

海湾幅两期遥感影像,并根据各波段的数据统计特征及其合成后的目视效果,选择对绿色植被反应敏感 TM4、3、2 波段进行 RGB 假彩色合成。

以校正好的 2004 年 11 月 2 日图像为基准图像,校正中采用北京 54 坐标系,在 Viewer 中打开需要校正的遥感影像,利用 Raster 菜单中的 Geometric Correction 命令,在两幅图像上选择 39 个同名地物点作为控制点,应用多项式校正模型和双线性内插重采样对 1987 年 5 月 7 日的图像进行校正,校正精度为 0.39 个像元^[12-14]。

采用非监督分类,按照像元的光谱特性进行分类;对分类后的图像进行分类后重组,聚类统计,去除分析和邻域分析等操作,按照先前确定的分类方案,参考土地利用现状图信息、野外调查资料以及图像的空间结构、纹理信息对图像进行判读,合并相同类别地物,纠正错分像元,得到最终的遥感影像分类图像^[15,16](附图 5、附图 6)。

2.3 景观指数选择与提取

基于研究目的和黄河三角洲地区湿地景观特征,选取能确保计算精度的 10 个指标,其中在斑块类型级别上选用了 8 个指标“斑块面积、斑块占景观总面积的比例、斑块个数、斑块分维数、斑块密度、最大斑块指数、景观形状指数、景观聚集度指数”,在景观级别上选用了 2 个指标“景观多样性指数、景观均匀度指数”。FRAGSTATS 是由美国俄勒冈州立大学森林科学系开发的一个景观指标计算软件,本研究运用的是基于 WINDOWS 操作系统的 FRAGSTATS 解 3.3 版本,该版本界面友好,以 ARC/INFO 或 ARCVIEW 为基本工作环境,支持 ARC/INFO、IDRISI、ERDAS 等多种格式的矢量与栅格数据,通过对湿地分类结果图编辑及格式转换后,得到 30 m × 30 m 精度的网格数据,分别进行各个层级的景观指数提取^[17-18]。

3 结果与分析

3.1 不同时期各类型湿地面积变化分析

由表 1 可以看出,1987 年湿地总面积 94 331.61 hm²,占垦利县总面积的比例 42.80%,其中天然湿地面积为 62 249.54 hm²,占湿地总面积的 65.99% 左右;人工湿地 32 082.06 hm²,占湿地总面积的 34.01%。由于各种原因湿地遭到破坏,受到威胁,2004 年湿地面积为 88 176.48 hm²,湿地面积较 1987 年下降 6 155.13 hm²,占垦利县总面积的比例 40.01%,其中天然湿地面积为 53 266.50 hm²,占湿地总面积的 60.41% 左右;人工湿地 34 909.99 hm²,占湿地总面积的 39.59%。由此可见,滩涂和苇地是垦利县最主要的天然湿地类型,湿地景观面积在研究时段内呈显著下降趋势,17 a 共减少

6 155.12 hm²,平均每年减少 362.07 hm²,其中滩涂湿地面积减少幅度最大 3 894.78 hm²;从各湿地类型之间的转换来看,各种湿地景观之间、湿地和非湿地之间相互转化和逆转并存,滩涂和苇地与其他地类转换频繁。

3.2 斑块类型级别上景观格局指数变化分析

由表 2、3 可知,近 20 年,灌溉水田面积减少 1 531.61 hm²,斑块个数增加 662,斑块占景观总面积的比例减少,斑块密度增加,斑块分维数增加 0.095 2,最大斑块指数由 0.287 增加到 0.538 8,景观形状指数增加,聚集度减少 0.43%;坑塘水面面积增加 2 400.85 hm²,斑块个数增加 950,斑块占景观总面积的比例增加,斑块密度增加,斑块分维数增加 0.082 3,最大斑块指数由 0.028 7 增加到 0.104 8;景观形状指数增加;聚集度指数减少 0.55%;养殖水面面积增加 344.76 hm²,斑块个数增加 1 118,斑块占景观总面积的比例增加,斑块密度增加,斑块分维数增加 0.118 0,最大斑块指数由 0.829 8 增加到 1.532 7;景观形状指数增加;聚集度指数减少 0.02%;人工沟渠面积减少 1 554.19 hm²,斑块个数增加 2 273,斑块占景观总面积的比例减少,斑块密度增加,斑块分维数增加 0.043 9,最大斑块指数由 0.421 3 减少到 0.162 2;景观形状指数增加;聚集度指数减少 6.36%;水库水面面积增加 2 823.36 hm²,斑块个数增加 2 936,斑块占景观总面积的比例增加,斑块密度增加,斑块分维数增加 0.190 3,最大斑块指数由 0.155 8 增加到 0.173 3;景观形状指数增加;聚集度指数减少 4.20%;盐田面积增加 344.76 hm²,斑块个数增加 3 129,斑块占景观总面积的比例增加,斑块密度增加,斑块分维数增加 0.276 5,最大斑块指数由 0.014 1 增加到 0.090 3;景观形状指数增加;聚集度指数减少 28.27%;河流水面面积增加 1 546.13 hm²,斑块个数增加 2 616,斑块占景观总面积的比例增加,斑块密度增加,斑块分维数减少 0.131 5,最大斑块指数由 0.813 6 减少到 0.498 7;景观形状指数增加;聚集度指数减少 1.43%;苇地面积减少 3 819.91 hm²,斑块个数增加 3 931,斑块占景观总面积的比例减少,斑块密度增加,斑块分维数增加 0.121 1,最大斑块指数由 1.089 2 增加到 1.771 8;景观形状指数增加;聚集度指数减少 0.84%;滩涂面积减少 3 894.78 hm²,斑块个数增加 3 494,斑块占景观总面积的比例减少,斑块密度增加,斑块分维数增加 0.091 1,最大斑块指数由 1.497 4 增加到 2.679 3;景观形状指数增加;聚集度指数减少 0.53%;滩地面

积减少 2 814.78 hm²,斑块个数增加 4 648,斑块占景观总面积的比例减少,斑块密度增加,斑块分维数增加 0.146 1,最大斑块指数由 0.161 2 减少到 0.008 1;景观形状指数增加;聚集度指数减少 26.17 %。

表 2 1987 年和 2004 年垦利县湿地类型及面积

湿地类型	1987 年		2004 年		1987 - 2004 年变化	
	面积/ hm ²	比例/ %	面积/ hm ²	比例/ %	面积/ hm ²	比例/ %
人工湿地	灌溉水田	6628.02	3.01	5096.41	2.31	- 1531.61
	坑塘水面	897.17	0.41	3298.02	1.50	2400.85
	养殖水面	16551.56	7.51	16896.32	7.67	344.76
	人工沟渠	5168.97	2.35	3614.78	1.64	- 1554.19
	水库水面	2662.36	1.21	5485.72	2.49	2823.36
	盐田	173.97	0.08	518.73	0.24	344.76
自然湿地	河流水面	7120.28	3.23	8666.41	3.93	1546.13
	苇地	20559.61	9.33	16739.70	7.60	- 3819.91
	滩涂	31069.18	14.10	27174.40	12.33	- 3894.78
非湿地	滩地	3500.47	1.59	685.99	0.31	- 2814.48
	旱地	104817.61	47.56	117765.38	53.43	12947.77
	居民用地	3315.31	1.50	4877.30	2.21	1561.99
	其他	17935.47	8.14	9580.84	4.35	- 8354.63

表 3 不同湿地类型景观格局指数分析(1987 年)

类 型	CA	PLAND	NP	PAFRAC	PD	LPI	LSI	COHESION
灌溉水田	6628.02	1.0949	61	1.0979	0.0104	0.2870	6.5981	98.5814
坑塘水面	897.17	0.1489	37	1.1291	0.0063	0.0287	7.4646	95.4100
养殖水面	16551.56	2.7339	69	1.1402	0.0117	0.8298	6.4811	99.2662
人工沟渠	5168.97	0.8528	68	1.5309	0.0116	0.4213	33.8647	99.1586
水库水面	2662.36	0.4400	16	1.0766	0.0027	0.1558	4.9353	98.2210
盐 田	173.97	0.0288	8	1.0533	0.0014	0.0141	2.4368	95.7794
河流水面	7120.28	1.1758	51	1.5311	0.0087	0.8136	24.4000	99.3865
苇 地	20559.61	3.3953	32	1.1859	0.0054	1.0892	8.9544	99.4218
滩 涂	31069.18	5.1305	88	1.1887	0.0150	1.4974	9.6920	99.5397
滩 地	3500.47	0.5785	33	1.2257	0.0056	0.1612	9.4602	98.0972

注:CA :斑块面积,PLAND:斑块面积占景观总面积的比例,NP:斑块个数,PAFRAC:斑块分维数,PD:斑块密度,LPI:最大斑块指数,LSI:景观形状指数,COHESION:聚集度指数,下同。

表 4 不同湿地类型景观格局指数分析(2004 年)

类 型	CA	PLAND	NP	PAFRAC	PD	LPI	LSI	COHESION
灌溉水田	5096.41	0.9058	723	1.1931	0.1216	0.5388	8.9714	98.1513
坑塘水面	3298.02	0.5486	987	1.2114	0.166	0.1048	23.2808	94.8590
养殖水面	16896.32	2.9944	1187	1.2582	0.1997	1.5327	9.9303	99.2428
人工沟渠	3614.78	0.5042	2341	1.5748	0.3938	0.1622	56.9098	92.7949
水库水面	5485.72	1.0617	2952	1.2669	0.4965	0.1733	25.8245	94.0212
盐 田	518.73	0.2071	3137	1.3298	0.5276	0.0903	45.1667	67.5142
河流水面	8666.41	1.541	2667	1.3996	0.4486	0.4987	32.2332	97.9596
苇 地	16739.70	3.1071	3963	1.3070	0.6666	1.7718	20.7530	98.5806
滩 涂	27174.40	4.924	3582	1.2798	0.6025	2.6793	16.3988	99.0059
滩 地	685.99	0.2997	4681	1.3718	0.7873	0.0081	65.2128	71.9312

3.3 景观级别景观格局指数变化分析

由图 1 可知,研究区湿地景观多样性指数 1987 年为 1.764 3,2004 年下降到 1.710 5,说明各斑块类型在景观中分布呈均衡化趋势减弱,人类干扰强度增强,景观类型的多样化、结构的复杂性有了变化;均匀度指数由 1987 年的 0.687 3 上升到 2004 年的 0.692 3。垦利县均匀度指数说明该区均匀度指数较低,景观为少数几种湿地类型所控制。其中养殖水面、苇地、滩涂分别占总面积的 7.67%、7.60%和 12.33%,在整个垦利县湿地景观中占据控制地位,并构成垦利县湿地景观主体。

3.4 驱动力分析

垦利县湿地景观变化的驱动因子可分为两类:自然驱动因子和人为驱动因子。两者分别对湿地系统在不同的时空尺度上发生作用,构成了推动区域湿地演变的驱动力,引起了湿地景观格局和生态功能的动态演变,塑造了当前的湿地景观现状。

3.4.1 自然因素 自然驱动因子常常在较大的时空尺度上作用于景观,它可以引起较大范围的景观变化,主要包括:气候、水文、地质、土壤、植被等。气候条件是湿地形成发展的基础,也是湿地形成的基本驱动力,特别是水热条件,它是湿地景观形成、发育的决定因素^[18]。图 2 为垦利县研究期内气温及降水变化趋势,可以看出该流域气温有逐年升高的趋势,气温变化影响蒸发过程,降水量有逐年降低的趋势,说明垦利县气候逐渐变暖和趋干。2004 年湿地面积比 1987 年减少 6 155.12 hm²,因此气候变化是湿地面积减少的重要驱动力之一。

3.4.2 人为因素 人为驱动因子包括:人口、政治、经济、文化等,它们对景观的影响越来越大,在经济迅猛发展的现代社会,人为因素对于景观的结

构和功能的影响越来越关键。20 世纪 80 年代中期以来,黄河三角洲地区一方面随着人类经济活动的发展,人口增加、油田开发、养殖业扩大,基本建设投资力度加大,建筑用地的面积大幅度增加,城镇化水平逐年提高(表 5),引起了湿地空间格局的显著变化;另一方面由于水利工程建设的加强,特别是水库和堤坝的修建,水体的人为干扰增强较为显著,再加上黄河断流、水资源的需求量不断加大等原因,黄河三角洲的环境污染也日趋严重,特别是近年来,来自黄河和其它河流的污染物(主要是无机氮、无机磷和石油类)对湿地生态环境的影响最广泛。

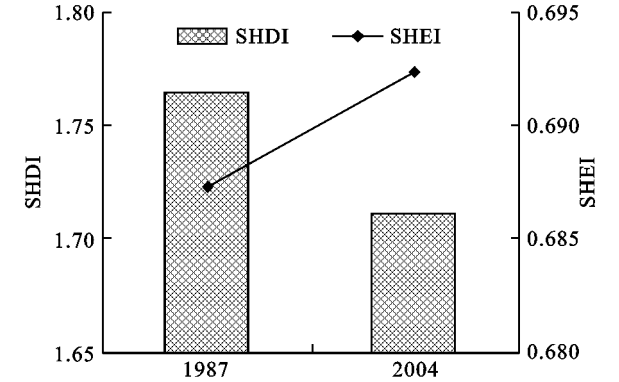


图 1 垦利县湿地景观多样性、均匀度指数

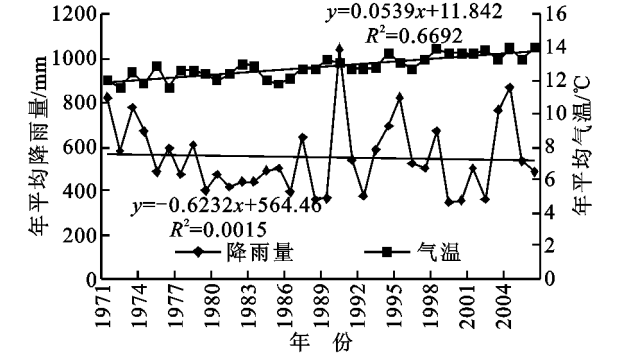


图 2 垦利县气温与降雨变化趋势 (1970 - 2004 年)

表 5 垦利县社会、经济指标 (1996 - 2003 年)

指标	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
人均住房面积 (m ² /人)	404.75	402.26	406.18	409.23	411.69	476.65	417.24	495.23
人均拥有道路面积 (m ² /人)	142.90	143.92	144.14	143.54	145.71	146.7	151.1	152.68
GDP 年增长率/%	34.67	8.98	13.71	- 12.06	13.8	14.71	16.97	23.92
城镇化水平/%	18.38	18.33	19.52	20.38	20.96	31.89	32.35	34.79
人口密度/(人·km ⁻²)	94.32	94.55	95.28	95.73	95.91	96.18	96.23	96.36

注:数据来源于 1996 - 2003 垦利县统计年鉴。

4 结论

(1) 20 年来,黄河三角洲的湿地景观发生了巨大的变化。滩涂和苇地是垦利县最主要的天然湿地类型,湿地景观面积在研究时段内呈显著下降趋势,各种湿地景观之间、湿地和非湿地之间相互转化

和逆转并存,滩涂和苇地与其他地类转换频繁;垦利县 10 种不同湿地类型除个别外,斑块个数、分维数、斑块密度、最大斑块指数、景观形状指数、景观聚集度指数均增加,聚集度指数均减少,其中苇地、滩涂、滩地变化幅度较大;研究区湿地景观多样性指数下降,说明各斑块类型在景观中分布呈均衡化趋势减

弱;均匀度指数上升,说明该区均匀度指数较低,景观为少数几种湿地类型所控制。

(2)通过对垦利县的实例分析可知,气候变化是黄河三角洲的湿地面积减少的重要驱动力之一,景观格局的变化主要是人口增加、油田开发、土地利用活动加强、水利工程建设等人为驱动因子造成的。

(3)今后黄河三角洲地区,需大力加强资源保护与利用和生态建设,节约各种建设与耕作用地,控制用地斑块盲目扩张,严禁围湖造田,合理建设景观和优化景观结构,以创建环境优美的与自然生态系统相协调的湿地景观,达到人与自然、经济活动与自然过程的协同进化。

参考文献:

[1] Mitsch W J , Gosselink J M. Wetlands[M]. New York : Van Nostrand Reinhold Company Inc ,1986.

[2] Daily G C. Nature s Services:Societal Dependence on Natural Ecosystem[M]. Washington:Island Press ,1997.

[3] Forman R T T. Some general principles of landscape and regional ecology[J]. Landscape Ecology ,1995 ,10 (3) :133-142.

[4] 肖笃宁,布仁仓,李秀珍.生态空间理论与景观异质性[J].生态学报,1997 ,17(5) :453-461.

[5] 周德民,宫辉力,胡金明,等.三江平原淡水湿地生态系统景观格局特征研究:以洪河湿地自然保护区为例[J].自然资源学报,2007 ,22(1) :86-96.

[6] 许健民.黄河三角洲(东营市)湿地评价与可持续利用研究[D].北京:中国农业科学院,2001.

[7] 王仰麟,赵一斌,韩荡.景观生态系统的空间结构:概念、

指标与案例[J].地球科学进展,1999 ,14(3) :235-241.

[8] 邬建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M].北京:高等教育出版社,2000 :99-119.

[9] 王宪礼,布仁仓,胡远满,等.辽河三角洲湿地的景观破碎化分析[J].应用生态学报,1996 ,7(3) :299-304.

[10] 布仁仓,王宪礼,肖笃宁.黄河三角洲景观组分判定与景观破碎化分析[J].应用生态学报,1999 ,10(3) :321-324.

[11] 王薇,陈为峰.黄河三角洲土地整理生态评价研究:以山东省垦利县为例[J].中国土地科学,2008 ,22(1) :65-70.

[12] 赵庚星,李玉环.遥感和 GIS 支持的土地利用动态监测研究:以黄河三角洲垦利县为例[J].应用生态学报,2000 ,11(4) :573-576.

[13] 赵庚星,林戈.黄河口耕地遥感动态监测及其生态环境安全分析[J].水土保持学报,2004 ,18(2) :37-40.

[14] 温仲明,焦峰,张晓萍,等.纸坊沟流域近 60 年来土地利用景观变化的环境效应[J].生态学报,2004 ,24(9) :1094-1011.

[15] 李新举,胡振琪,刘宁,等.基于 3S 技术的黄河三角洲土壤质量自动化评价方法研究[J].农业工程学报,2005 ,21(10) :59-63.

[16] 王瑗玲,赵庚星,王瑞燕,等.区域农地整理质量评价及其时空配置研究:以山东省青州市为例[J].自然资源学报,2006 ,21(3) :369-374.

[17] 张国坤,邓伟,宋开山,等.新开河流域土地利用格局变化及其生态学意义[J].生态学报,2006 ,26(9) :3027-3029.

[18] 张国坤,邓伟,吕宪国,等.新开河流域湿地景观格局动态变化过程研究[J].自然资源学报,2007 ,22(2) :204-210.

(上接第 81 页)

[19] Durin N , Esposito E. Potential applications of oxidative enzymes and phenoXidase-like compounds in wastewater and soil treatment : a review[J]. Applied Catalysis B:Environmental ,2000 ,28:83-99.

[20] Insam. Developments in soil microbiology since the mid 1960s[J]. Geoderma ,2001 ,100:389-402.

[21] Diamantidis G, Eosse , Potier P, Rene. Purification and characterization of the first bacterialIlaecase in the rhizospheric bacterium Azospirillum lipoferum [J]. Soil Biology & Biochemistry ,2000 ,32:919-927.

[22] Toseano G, Maria L , Greco G. Oxidative polymerisation of phenols by a phenol-oxidase from green olives[J]. Enzyme and Microbial Technology ,2003 ,33:47-54.

[23] 郑华,欧阳志云,易自力.红壤侵蚀区恢复森林群落物种多样性对土壤生物学特性的影响[J].2004 ,18(4) :137-141.

[24] 李传荣,许景伟,宋海燕,等.黄河三角洲滩地不同造林模式的土壤酶活性[J].植物生态学报,2006 ,30(5) :802-805.

[25] ZHANG Yong-mei ,ZHOU Guo-yi ,WU Ning ,et al. Soil Enzyme Activity Changes in Different-Aged Spruce Forests of the Eastern Qinghai Tibetan Plateau[J]. Pedosphere ,2004 ,14(3) :305-312.