

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

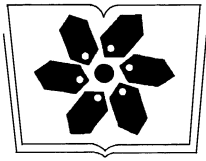
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 3 期
Vol.31 No.3
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 3 期 2011 年 2 月 (半月刊)

目 次

景观生态学原理在城市土地利用分类中的应用	李伟峰, 欧阳志云, 肖 焱 (593)
中国特有濒危植物夏蜡梅的交配系统	赵宏波, 周莉花, 郝日明, 等 (602)
昆仑山北坡不同海拔塔里木沙拐枣的光合生理生态特性	朱军涛, 李向义, 张希明, 等 (611)
天山云杉天然林不同林层的空间格局和空间关联性	李明辉, 何风华, 潘存德 (620)
大气 CO ₂ 浓度升高对 B 型烟粉虱大小、酶活及其寄主的选择性影响	王学霞, 王国红, 戈 峰 (629)
桃小食心虫越冬幼虫过冷却能力及体内生化物质动态	王 鹏, 凌 飞, 于 毅, 等 (638)
象山港不同养殖类型海域大型底栖动物群落比较研究	廖一波, 寿 鹿, 曾江宁, 等 (646)
北部湾宝刀鱼的摄食生态	颜云榕, 杨厚超, 卢伙胜, 等 (654)
黄河三角洲自然保护区东方白鹤的巢址利用	段玉宝, 田秀华, 朱书玉, 等 (666)
贺兰山野化牦牛冬春季食性	姚志诚, 刘振生, 王兆铨, 等 (673)
杉木生长及土壤特性对土壤呼吸速率的影响	王 丹, 王 兵, 戴 伟, 等 (680)
中国干旱半干旱区潜在植被演替	李 飞, 赵 军, 赵传燕, 等 (689)
夜间增温和施肥对川西亚高山针叶林两种树苗根际效应的影响	卫云燕, 尹华军, 刘 庆, 等 (698)
洱海流域 44 种湿地植物的氮磷含量特征	鲁 静, 周虹霞, 田广宇, 等 (709)
杠柳幼苗对不同强度干旱胁迫的生长与生理响应	安玉艳, 梁宗锁, 郝文芳 (716)
柠条细根的空间分布特征及其季节动态	史建伟, 王孟本, 陈建文, 等 (726)
NaCl 和 Na ₂ SO ₄ 胁迫下两种刺槐叶肉细胞叶绿体超微结构	孟凡娟, 庞洪影, 王建中, 等 (734)
设施番茄果实生长与环境因子的关系	程智慧, 陈学进, 赖琳玲, 等 (742)
嫁接茄子根系分泌物变化及其对黄萎菌的影响	周宝利, 刘 娜, 叶雪凌, 等 (749)
华北地区冬小麦干旱风险区划	吴东丽, 王春乙, 薛红喜, 等 (760)
干旱胁迫条件下冷型小麦灌浆结实期的农田热量平衡	严菊芳, 张嵩午, 刘党校 (770)
秸秆不同还田量对宁南旱区土壤水分、玉米生长及光合特性的影响	高 飞, 贾志宽, 路文涛, 等 (777)
盐胁迫下不同基因型冬小麦渗透及离子的毒害效应	徐 猛, 马巧荣, 张继涛, 等 (784)
阿魏酸、对羟基苯甲酸及其混合液对土壤氮及相关微生物的影响	母 容, 潘开文, 王进闯, 等 (793)
岷江上游油松与云杉人工林土壤微生物生物量及其影响因素	江元明, 庞学勇, 包维楷 (801)
荒漠沙蒿根围 AM 真菌和 DSE 的空间分布	贺学礼, 王银银, 赵丽莉, 等 (812)
百菌清对落叶松人工防护林土壤微生物群落的影响	邵元元, 王志英, 邹 莉, 等 (819)
居住区植物绿量与其气温调控效应的关系	李英汉, 王俊坚, 李贵才, 等 (830)
近 33 年白洋淀景观动态变化	庄长伟, 欧阳志云, 徐卫华, 等 (839)
舟山群岛旅游交通生态足迹评估	肖建红, 于庆东, 刘 康, 等 (849)
¹⁵ N 交叉标记有机与无机肥料氮的转化与残留	彭佩钦, 仇少君, 侯红波, 等 (858)
沉积物老化过程中 DOC 含量变化对菲吸附-解吸的影响	焦立新, 孟 伟, 郑丙辉, 等 (866)
湖南石门、冷水江、浏阳 3 个矿区的苧麻重金属含量及累积特征	余 玮, 揭雨成, 邢虎成, 等 (874)
问题讨论	
近 55a 来河西走廊荒漠绿洲区季节变化特征及其对胡杨年生长期的影响	刘普幸, 张克新 (882)
利用 HYSPLIT 模型分析麦蚜远距离迁飞前向轨迹	郁振兴, 武予清, 蒋月丽, 等 (889)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-02

近 33 年白洋淀景观动态变化

庄长伟^{1,2}, 欧阳志云^{1,*}, 徐卫华¹, 白 杨¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 2. 环境保护部南京环境科学研究所, 南京 210042)

摘要:湿地具有重要的生态功能, 由于各种因素的影响改变了湿地水文条件, 并且导致湿地退化。利用 1974、1987、1996 和 2007 年遥感影像, 使用 ERDAS 9.1、ARCGIS 9.2 和 FRAGSTATS 3.3, 分析了白洋淀景观动态变化过程及其驱动力。研究表明: 从 1974 至 2007 年, 白洋淀湿地面积从 249.4 km² 下降到 182.6 km², 农田和居民地面积分别从 70.0、2.1 km² 增加到 126.4、12.5 km²; 在景观水平上, 斑块密度、景观形状指数和香农多样性指数增加, 蔓延度减小, 景观破碎化程度增加, 优势景观类型湿地对整个景观的控制作用减小; 在类型水平上, 明水面和沼泽的斑块密度和周长-面积分维数增加, 最大斑块指数、平均斑块面积和连接度减小, 居民地的斑块密度、最大斑块指数、平均斑块面积、周长-面积分维数和连接度都增加, 农田的斑块密度、最大斑块指数和连接度增加, 平均斑块面积和周长-面积分维数减小; 水位变化是影响白洋淀景观变化的主要因素, 水位升高会使湿地面积增加, 反之, 使湿地面积减小; 流域人类活动和降水量变化是白洋淀水位和景观变化的重要驱动力。引水补淀只能暂时缓解白洋淀缺水问题, 从流域角度考虑, 实施有效的水资源管理方式, 才能从根本上解决白洋淀湿地退化的问题。

关键词:白洋淀; 景观格局; 驱动力; 湿地

Landscape dynamics of Baiyangdian Lake from 1974 to 2007

ZHUANG Changwei^{1,2}, OUYANG Zhiyun^{1,*}, XU Weihua¹, BAI Yang¹

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China

Abstract: Wetland has important ecological services including water resources regulation, quality purification, and biodiversity conservation. These services were greatly impacted by landscape patterns and their changes, which were closely linked to human activities and climate change. Thus the research on wetland dynamics and its influencing factors is of significance to ecological services of wetland. In this study, landscape changes and its drivers of Baiyangdian Lake between 1974 and 2007 were analyzed based on satellite images of 1974, 1987, 1996 and 2007, using ERDAS 9.1, ARCGIS 9.2 and FRAGSTATS 3.3. Results showed that the area of wetland decreased from 249.4 km² to 182.6 km² between 1974 and 2007, but farmland and residential area increased from 70.0 km² to 126.4 km², and from 2.1 km² to 12.5 km², respectively. At landscape level, values of patch density, landscape shape index and Shannon's diversity index increased, but that of contagion index decreased. It indicated that landscape fragmentation and landscape diversity increased, shape of patches became complicated, and the relative dominance of wetland decreased in the study area. At class level, there was great difference between different kinds of landscape components. As for water area and marsh, values of patch density and perimeter-area fractal dimension increased, but those of largest patch index, mean patch size and patch cohesion index decreased. As for residential area, values of all five indices decreased during the study period. As for farmland, values of patch density, largest patch index and patch cohesion index increased, but those of mean patch size and perimeter-area fractal dimension decreased. Among all influencing factors, water-level fluctuation was the main one for landscape changes of Baiyangdian Lake, and area of wetland was positively influenced by water level of the lake. Human activity and

基金项目:国家重点基础研究发展计划资助项目(2006CB403402)

收稿日期:2010-01-21; **修订日期:**2010-07-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zyouyang@cees.ac.cn

precipitation change of the basin were important drivers of water-level fluctuations and landscape changes of Baiyangdian Lake. As the growth of population, grain production and precipitation, values of patch density and landscape shape index decreased after increasing to a peak value, while those of Shannon's diversity index increased after decreasing to the lowest point. Value of contagion index decreased when population or grain production increasing, and it increased after decreasing to the lowest point when the precipitation increasing. The diversion of water to Baiyangdian Lake raised the water level temporarily and had significant benefits on the wetland ecosystem, but it was not sustainable. To solve the ecological degradation of the lake, effective water resources management must be implemented at the basin scale.

Key Words: Baiyangdian Lake; landscape pattern; driving force; wetland

湿地具有维持生物多样性、调蓄洪水、调节气候、保护土壤和净化水质等多种生态系统服务功能^[1-4], 它作为人类福利和社会经济发展做出了巨大贡献。由于排水、入流减少和土地利用转换等原因, 地球上的湿地在不断丧失^[5-7]。湿地景观格局研究是近年来湿地科学和生态研究的热点领域^[8], 景观格局和生态过程在不同尺度上存在着相互作用^[9], 湿地景观格局及其动态变化对于湿地水文、生态过程有重要影响^[10-13]。

白洋淀是华北最大的淡水湿地, 然而由于气候变化和人类活动的影响^[14], 近几十年来入淀径流减少, 白洋淀多次受到干淀的威胁。本文利用遥感和地理信息系统技术分析了近 33a 白洋淀景观格局变化, 结合水位观测和社会经济数据, 分析了景观格局变化的驱动力, 拟通过分析白洋淀的演变过程, 为白洋淀湿地保护和恢复提供依据。

1 研究区概况

白洋淀(38°44'—38°59'N, 115°46'—116°08'E)地处华北平原中部, 行政上分属安新县、高阳县、容城县、雄县和任丘市管辖。白洋淀属于浅水湖泊, 是由 143 个淀泊和 3700 多条沟壕组成的水体, 淀底西高东低, 海拔 5.5—6.5m(大沽高程, 下同)。水位为 8.8m 时, 85.6% 的水域分布于安新县境内。白洋淀地处暖温带大陆性季风气候区, 年降水量 550mm, 7—9 月占年降水量的 80%, 年均气温 7—12℃^[15]。白洋淀上游主要有 8 条入淀河流, 近年来入淀径流很少, 基本都断流。为了保护白洋淀湿地, 2002 年 11 月建立白洋淀湿地省级自然保护区, 保护区内物种资源十分丰富, 其中国家一级重点保护鸟类 4 种, 国家二级重点保护鸟类 26 种。

2 研究方法

本研究使用的遥感影像为 1974 年的 Landsat MSS、1987 年、1996 年和 2007 年的 Landsat TM, 使用 1:50000 地形图对遥感影像进行几何精校正, 校正后的影像重采样为 30m × 30m。结合实际考察点, 使用 ERDAS 9.1 和 ARCGIS 9.2 对各时期遥感影像进行解译, 解译方法采用监督分类和目视解译相结合。分类精度评价结果表明, 1974、1987、1996 和 2007 年解译结果的 Kappa 系数分别为 0.92、0.80、0.85 和 0.91, 可以满足分类精度要求。

本文的研究区为白洋淀周边堤防所包围的部分(图 1), 主要景观类型为湿地、农田和居民地。为了区分不同生态功能的湿地, 把湿地分为明水面和沼泽, 其中沼泽主要是芦苇沼泽, 最终将研究区分为 4 种景观类型: 明水面、沼泽、农田和居民地。使用 Fragstats 3.3 计算研究区景观格局指数, 在类型水平上选择斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)、平均斑块面积(MPS)、周长-面积分维数(PAFRAC)、连接度指数(COHESION) 5 个指标; 在景观水平上选用了斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、香农多样性指数(SHDI)和蔓延度指数(CONTAG) 4 个指标, 各指数计算方法及其生态意义见文献^[16-17]。

3 结果分析

3.1 白洋淀景观变化总体特征

白洋淀地区湿地分布较为广泛, 是优势景观类型, 所占比例一直保持在 50% 以上。从 1974 年到 2007 年, 白洋淀湿地面积先减小, 然后增加, 之后又减小。湿地面积从 249.4km² 下降到 182.6km², 减少了 26.8%, 其中明水面面积从 81.3km² 下降到 47.3km², 减少了 41.8%, 沼泽面积从 168.1km² 下降到 135.3km², 减少了

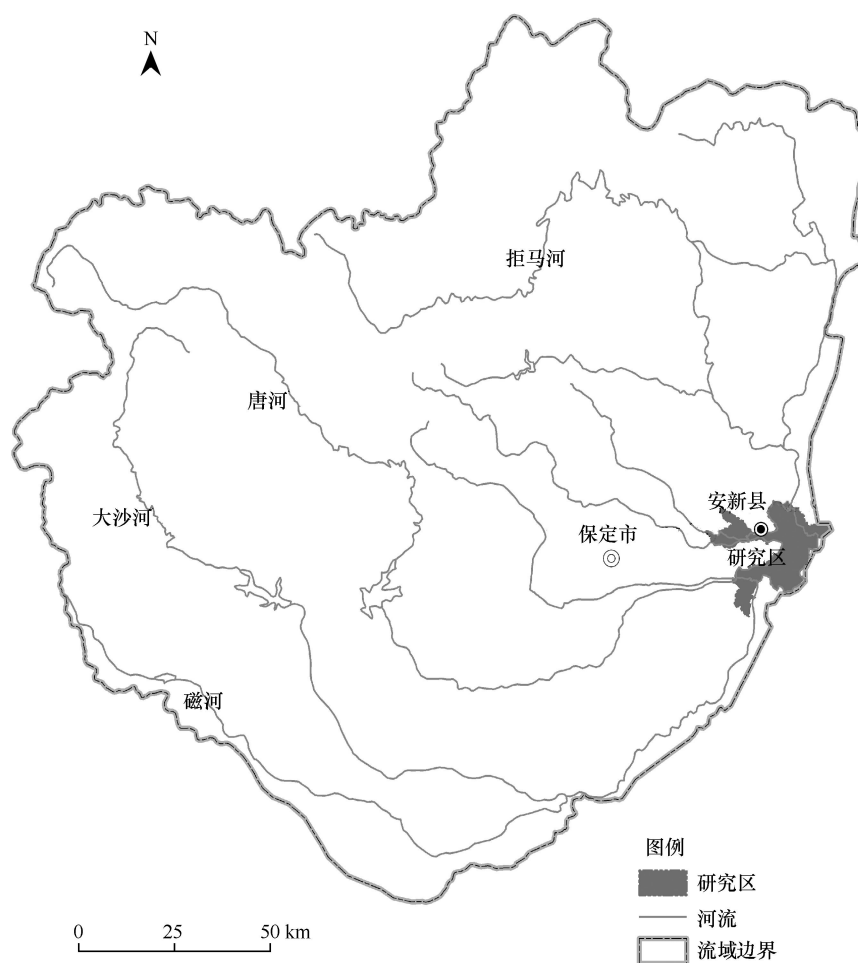


图 1 研究区位置图

Fig. 1 Location of study area

19.5%。湿地面积的变化过程比较复杂,明水面、沼泽与农田相互转换,湿地面积及构成变化与白洋淀水位的变化以及农田开垦有着密切关系。在 33a 间,农田面积先增加,然后减少,之后又增加,面积从 70.0km^2 上升到 126.4km^2 ,增加了 80.6%。在整个研究时段内,居民地面积一直在增加,从 2.1km^2 上升到 12.5km^2 ,增加了 495.2% (图 2)。

3.2 类型水平上景观格局变化特征

与 1974 年相比,2007 年各景观类型斑块密度均有所增加 (图 3)。明水面从 0.68 个/ km^2 增加到 1.03 个/ km^2 ,沼泽从 0.30 个/ km^2 增加到 0.51 个/ km^2 ,这主要是因为水位下降和人类活动增强,明水面和沼泽被分隔为小斑块所致。农田从 0.16 个/ km^2 增加到 0.45 个/

km^2 ,居民地从 0.09 个/ km^2 增加到 0.24 个/ km^2 ,农田和居民地斑块密度增加是由于人类围湖造田、居民点扩展所造成的。明水面的斑块密度先增加又减小,沼泽和农田的斑块密度则先增加,然后减小,之后又增加。农田、明水面和沼泽的斑块密度都在 1987 年达到最大值,这是由于 1987 年白洋淀干淀,明水面和沼泽面积萎

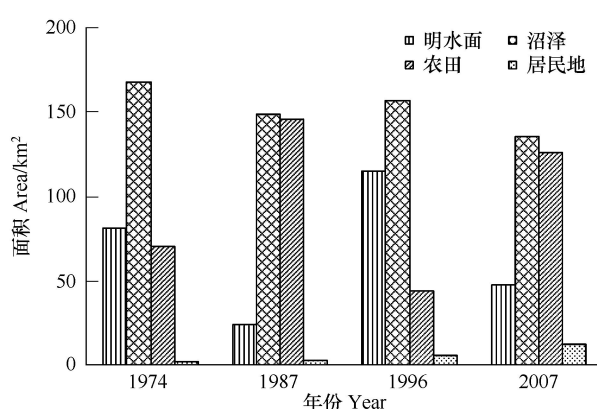


图 2 白洋淀各景观类型面积

Fig. 2 Area of landscape types in Baiyangdian Lake

缩,并且被分割,破碎化严重,另一方面,明水面减少,农民开垦种田,农田得到扩展。

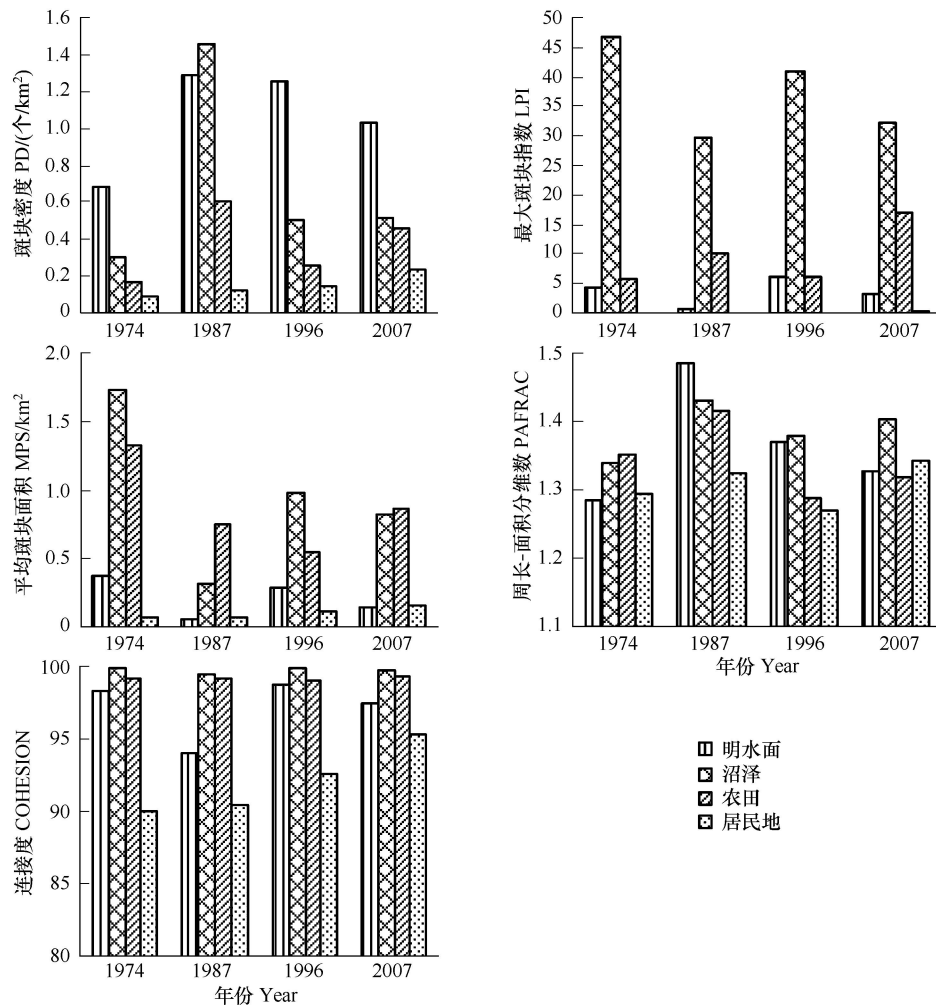


图3 1974至2007年白洋淀类型水平上景观格局指数变化

Fig. 3 Landscape indices of Baiyangdian Lake at class level from 1974 to 2007

最大斑块指数反映了各景观类型最大面积斑块占景观总面积的比例,是优势度的一种度量方法。在1974—2007年间,沼泽的LPI一直是最大的(图3),在一定程度上说明沼泽一直是淀区的优势类型。虽然各景观类型在不同时期都有波动,但总的趋势是明水面和沼泽的LPI在减小,而农田和居民地的LPI在增加。其中,在1987年,明水面和沼泽的LPI达到最小值,这主要是受水位降低的影响,大斑块被分割为小斑块。

1974年至2007年间,明水面和沼泽的平均斑块面积先减小,然后增加,之后又减小(图3),明水面和沼泽平均斑块面积的最小值出现在1987年。农田的平均斑块面积则先减小然后又增加。而居民地平均斑块面积一直在增加,说明居民地扩张,居民点规模在增大。与1974年相比,2007年明水面、沼泽和农田的平均斑块面积都减小,说明明水面和沼泽大斑块被分隔,产生破碎化;有更多小斑块的农田开垦,导致农田平均斑块面积减小。

周长-面积分维数反映了景观斑块的形状复杂程度,与1974年相比,2007年明水面、沼泽和居民地的周长-面积分维数都有所增加,而农田有所减小(图3)。说明由于水位下降和人类活动的影响,明水面和沼泽的形状越来越不规则,复杂性增加,居民地的扩展不够规则,农田形状趋于规则。其中,沼泽、农田和居民地的周长-面积分维数的变化过程为先增加,然后减少,之后又增加,而明水面的周长-面积分维数则先增加之后一直减小。明水面、沼泽和农田的周长-面积分维数最大值同样都出现在1987年。

连接度表明景观类型的空间连接程度,连接度的变化对生态过程有重要影响。从 1974 年至 2007 年,明水面和沼泽的连接度变化不大,略有减小,农田略有增加,居民地增加较多(图 3)。这说明明水面和沼泽面积减小,并且分布分散,而农田和居民地空间连接性增加。与以上几个景观指数相同,明水面和沼泽的空间连接性最差的时间出现在 1987 年。

3.3 景观水平上景观格局变化特征

1974—2007 年间,白洋淀景观斑块密度先增加,然后减小,之后又增加。斑块密度从 1.24 个/ km^2 增加到 2.24 个/ km^2 (图 4),增加了 80.6%,景观破碎化加剧。景观形状指数经历了一个先增加又减小的过程,从 14.5 增加到 17.8,景观形状变得复杂。香农多样性指数经历了一个先减小然后增加的过程,香农多样性指数的增加表明各景观类型所占比例呈均衡化趋势,作为优势景观类型的湿地对整个景观的控制作用减小,景观异质性程度增加,景观破碎化程度增加。从 1974 到 2007 年,蔓延度指数一直在下降,说明景观连接度降低。由于连续几年干涸的影响,1987 年景观斑块密度和景观形状指数达到最大,说明 1987 年景观破碎化严重,景观形状复杂,优势类型湿地退化严重。

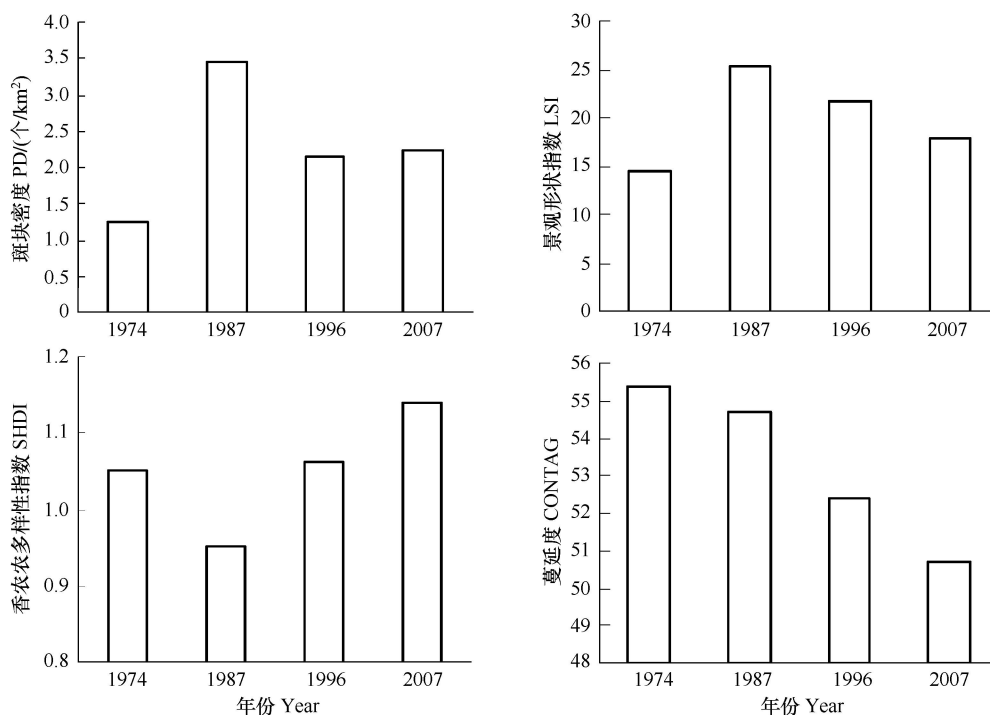


图 4 1974 至 2007 年白洋淀景观水平上景观格局指数变化

Fig. 4 Landscape indices of Baiyangdian Lake at landscape level from 1974 to 2007

4 白洋淀景观变化驱动力

4.1 水位变化对白洋淀景观变化的影响

水位变化是影响白洋淀景观变化的主要因素。水位升高,湿地面积增大,水位下降则会导致湿地面积减小(图 5)。水位对明水面的影响比对沼泽的影响更大,在相同幅度的水位变化情况下,明水面发生变化的比例要大于沼泽。例如,从 1974 年到 1987 年,水位降低了 29.3%,明水面面积减少了 70.1%,沼泽面积只减少了 11.6%。农田面积的变化也与水位变化相关,水位下降,人们则在淀区大量开垦农田,农田面积增加;水位升高,农田面积则减小。

4.2 人类活动的影响

白洋淀流域社会经济发展是影响上游入淀河流流量减少的重要因素。白洋淀水位变化与上游入淀径流量的变化是密不可分的,20 世纪 70、80 和 90 年代年均入淀径流量分别为 $10.33 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $1.96 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和

$4.27 \times 10^8 \text{ m}^3$, 而 2000 年的入淀径流量只有 $0.24 \times 10^8 \text{ m}^3$, 2000 年以后基本无天然入淀径流, 入淀径流量直接决定了白洋淀水位和湿地面积变化。人口增加和农业发展是导致白洋淀流域用水量增长的主要因素。从 1974 年到 2007 年, 白洋淀流域人口从 9.7×10^6 增加到 1.4×10^7 , 增加了 44.3%。随着人口增加, 人们对水资源的需求也在不断增长, 流域用水量不断增加, 流域用水增加导致下游河流水流量减少, 入淀径流量减少。流域粮食产量从 1970 年的 $2.6 \times 10^9 \text{ kg}$ 增加到 2007 年的 $6.6 \times 10^9 \text{ kg}$, 与粮食产量增长相伴随的是农业用水量的增加。农业用水是流域的主要用水方式, 2006 年农业用水量占总用水量的比例达到 78.8%。1970 年至 2007 年间, 保定市 GDP 从 1.4×10^9 元增加到 1.4×10^{12} 元, 城市化水平从 6.4% 增加到 26.8%, 经济发展和城市化水平的提高也使得人类用水量增加。流域人类用水量增加使下游流入白洋淀的径流量减少, 导致白洋淀水位下降, 进而影响白洋淀景观变化。

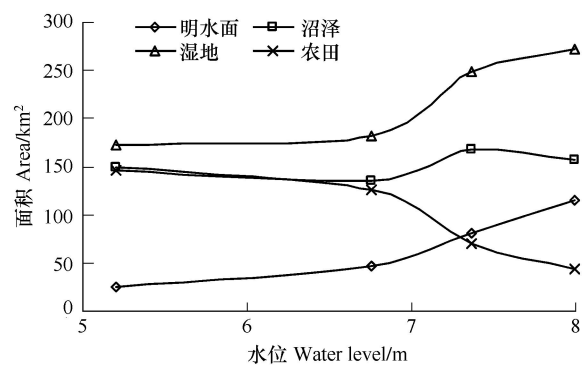


图 5 白洋淀景观类型面积变化与水位的关系

Fig. 5 The relationship between area of landscape types and water level of the lake

此处用的水位为影像获取月份的月平均水位

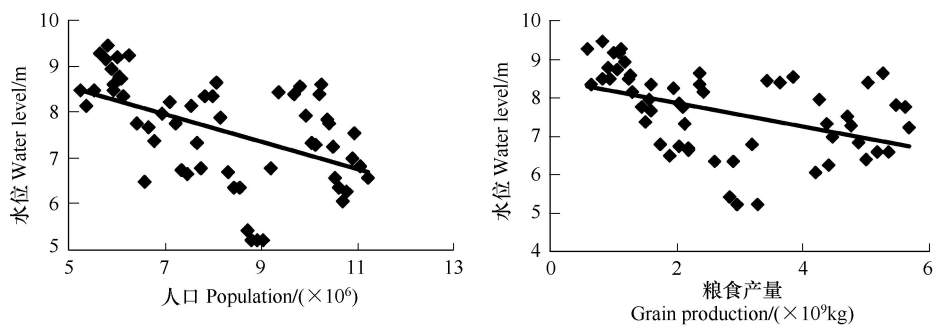


图 6 流域人口和粮食产量增加对白洋淀水位的影响

Fig. 6 Impact of the growth of population and grain production of the basin on the water level of Baiyangdian Lake

为了说明社会经济发展对白洋淀水位的影响, 选择流域人口和粮食产量为例, 分析社会经济发展对白洋淀水位的影响。由于保定市人口和粮食产量占流域总量的比例接近 80%, 并且各年所占比例相当, 因此用保定市数据代替流域数据来分析。从 1951 年到 2007 年, 保定市人口从 5.3×10^6 增加到 1.1×10^7 , 在人口增加的同时, 白洋淀水位由 8.5m 下降到 6.6m, 白洋淀水位与人口成负相关关系 ($r = -0.51, P < 0.01$) (图 6)。从 1951 年到 2007 年, 保定市粮食产量从 $8.3 \times 10^8 \text{ kg}$ 增加到 $5.2 \times 10^9 \text{ kg}$, 在粮食产量增加的同时, 白洋淀水位下降, 白洋淀水位与粮食产量成负相关关系 ($r = -0.43, P < 0.01$)。

流域人口和粮食产量增长影响白洋淀水位变化, 进而影响白洋淀景观变化。1974—2007 年间, 随着流域人口增加, 白洋淀斑块密度和景观形状指数先增加然后减小, 香农多样性指数先减小然后增加, 蔓延度不断减小 (图 7)。流域粮食产量对白洋淀景观格局的影响与人口对白洋淀景观格局的影响类似, 随着粮食产量增长, 斑块密度和景观形状指数先增加然后减小, 香农多样性指数先减小然后增加, 蔓延度一直在减小 (图 8)。

随着社会经济发展, 淀区用水量也在不断增加, 它也是导致白洋淀湿地减少的重要原因。由于近几年白洋淀缺水严重, 政府部门已经禁止人们取用白洋淀中的水, 但是由于地下水严重超采, 地下水位在不断下降, 减弱了地下水补给地表水的能力, 加剧了白洋淀湿地退化。白洋淀居民地面积基本上一直在增加, 这主要是受淀区人口增加的影响。从 1974 到 2007 年, 安新县人口从 2.9×10^5 增加到 4.2×10^5 , 人口增加导致居民点扩张。近年来, 白洋淀旅游业发展迅速, 白洋淀游客数量不断增加, 1988 年、1996 年和 2007 年接待旅游人数分别达到 8.9×10^4 、 10×10^4 和 9.7×10^5 。大量的旅游景区开发建设使居民地面积增加, 白洋淀破碎化程度

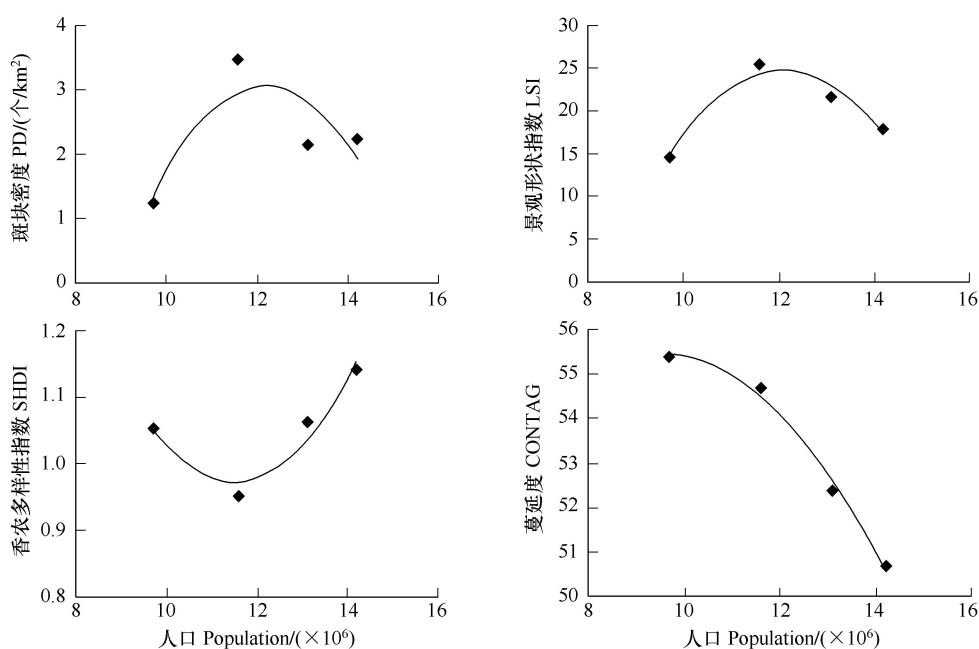


图 7 流域人口增加对白洋淀景观变化的影响

Fig. 7 Effects of population growth of the basin on landscape changes of Baiyangdian Lake

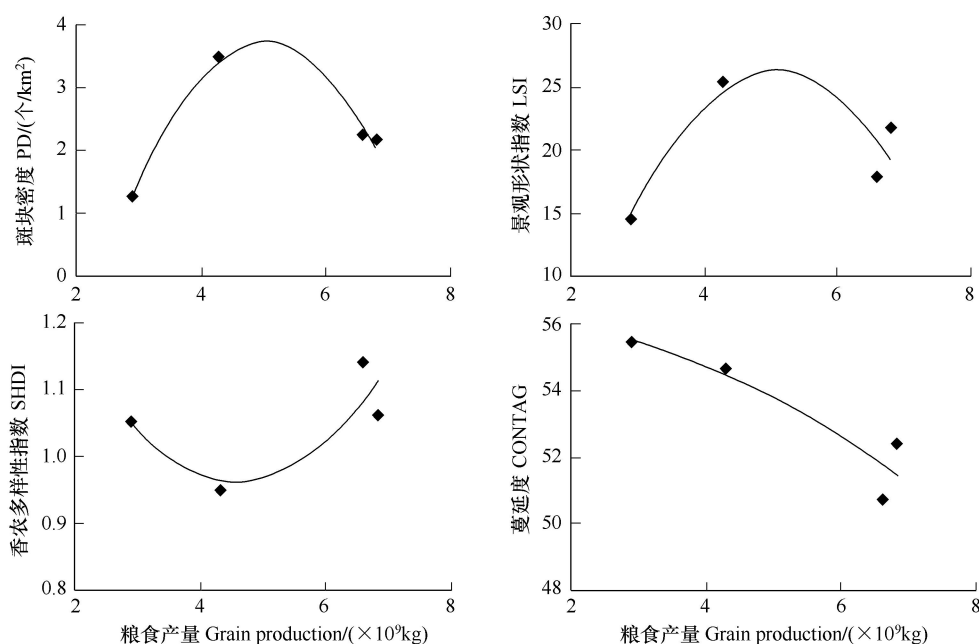


图 8 流域粮食产量增长对白洋淀景观变化的影响

Fig. 8 Effects of grain production growth of the basin on landscape changes of Baiyangdian Lake

增加。

4.3 降水的影响

流域降水量变化是流域径流量变化的重要影响因素。降水量增加会使径流量增加、水位升高,反之则会使径流量减小、水位降低。1957—2007 年间,白洋淀水位与流域降水量成正相关关系($r = 0.31$, $P < 0.05$, 图 9)。1974—2007 年间,随着流域降水量的增加,白洋淀斑块密度和景观形状指数先增加然后减小,香农多样性指数和蔓延度先减小然后增加(图 10)。另外,1957 至 2007 年间,流域气温成上升趋势,可能会增加流域蒸

发量,进而使白洋淀入淀径流量减少、水位降低,但是白洋淀水位与流域气温的相关关系不显著。

5 结论与讨论

(1)从1974至2007年,白洋淀景观破碎化程度增加,形状变的不规则,景观多样性增加。湿地面积减小,农田和居民地面积增加。湿地空间连接性减小,破碎化程度增加,形状变的越来越不规则,作为优势景观类型,湿地对整个景观的控制作用减小。

(2)水位变化是影响白洋淀景观变化的主要因素,水位增减直接决定了各景观类型之间的相互转换。流域人类活动和气候变化对白洋淀水位波动起着重要作用,流域人口增加、农业发展和降水减少导致白洋淀入淀径流减少,进而使白洋淀水位降低。

(3)流域人类活动是白洋淀景观变化的重要驱动力,人口增长和农业发展使得白洋淀景观破碎化程度和景观多样性增加。淀区人口增加和农田开垦等也是影响白洋淀景观变化的重要因素。流域降水量变化对白洋淀景观演变也有一定影响。

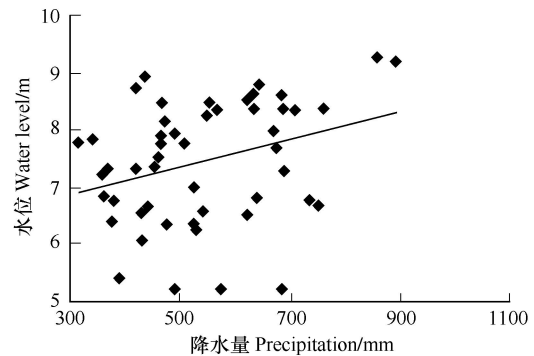


图9 白洋淀水位与流域降水量的关系

Fig.9 The relationship between the water level of Baiyangdian Lake and precipitation of the basin

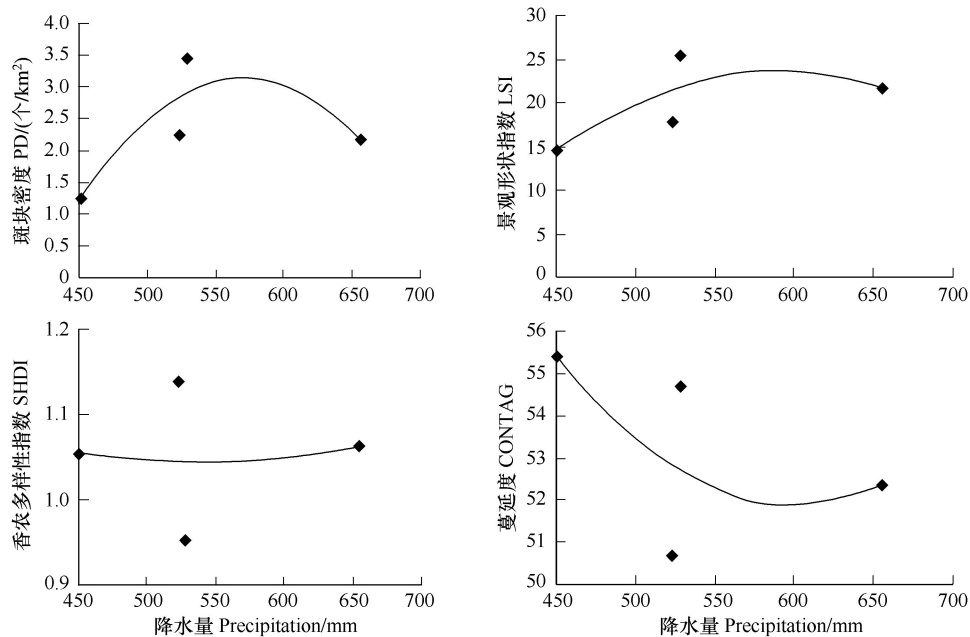


图10 流域降水量对白洋淀景观变化的影响

Fig.10 Effects of precipitation of the basin on landscape changes of Baiyangdian Lake

水文条件是湿地存在的基础,来水量的减少会造成湿地面积萎缩,河流径流量是影响黄河三角洲湿地景观格局演变的主要分异因素,并与湿地景观面积呈显著正相关关系^[18]。中上游修建排水工程使下游的水源被切断,会导致湿地水位降低、面积减少,景观格局趋于破碎化^[19]。气候变暖、人口增加和政策引导是湿地转向农田的重要影响因素^[20]。由于白洋淀流域人类用水量增长和气候变化的影响,导致白洋淀上游入淀径流量减小、水位降低,进而导致白洋淀湿地面积减小、景观破碎化程度增加。近年来,为了解决白洋淀缺水问题,政府部门多次从安格庄、西大洋、王快和岳城水库引水济淀,2006年又实施了引黄济淀工程,引水济淀对于减缓湿地退化起到了积极作用。近几年,人工补水量甚至已经超过白洋淀上游天然入淀径流量,白洋淀基本上靠人工补水来维持,它已经近似成为“人工湖”。引水补淀对于恢复白洋淀湿地起到了巨大作用,但是引水补

淀耗用大量人力和物力,不能从根本上解决白洋淀缺水的问题,也不利于白洋淀的可持续发展。要从流域角度考虑,实施有效的水资源管理方式,减小人类活动对湿地的压力,才能有效保护白洋淀湿地,使其发挥应有的作用。

References:

- [1] Xin K, Xiao D N. Wetland ecosystem service valuation — a case research on Panjin area. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(8): 1345-1349.
- [2] Zhao T Q, Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H, Wei Y C. Ecosystem services and their valuation of terrestrial surface water system in China. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(4): 443-452.
- [3] Cui L J. Evaluation on functions of Poyang Lake ecosystem. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(4): 47-51.
- [4] Liu X H, Lu X G, Jiang M, Shang L N, Wang X G. Research on the valuation of wetland ecosystem services. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(11): 5625-5631.
- [5] Zedler J B, Kercher S. Wetland resources: Status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resources*, 2005, 30:39-74.
- [6] Zhang H Y, Long E, Cheng W M. Research on dynamic change and effect factors of Xianghai Wetland. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(4): 613-620.
- [7] Legesse D, Ayenew T. Effect of improper water and land resource utilization on the central Main Ethiopian Rift lakes. *Quaternary International*, 2006, 148:8-18.
- [8] Bai J H, Ou Y H, Yang Z F, Cui B S, Cui L J, Wang Q G. Changes in wetland landscape patterns: a review. *Progress in Geography*, 2005, 24(4): 36-45.
- [9] Chen L D, Liu Y, L Y H, Feng X M, Fu B J. Landscape pattern analysis in landscape ecology: current, challenges and future. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(11): 5521-5531.
- [10] Wang G X, Li Y S, Wang Y B, Chen L. Typical alpine wetland system changes on the Qinghai-Tibet Plateau in recent 40 years. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(5): 481-491.
- [11] Li S N, Wang G X, Deng W. Research advances in wetland landscape pattern and hydrological process. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(6): 1012-1020.
- [12] Liu J, Chen S, Xia T, Wang Q X. Analysis on changes of wetland landscape in Yellow River delta and influences on ecosystem service. *Advances in Marine Science*, 2008, 26(4): 464-470.
- [13] Zhou T, Peng S L, Ren W T. Influence of landscape pattern changes on the restoration of stream in Dongjiang River riparian buffer. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(1): 231-239.
- [14] Liu C L, Xie G D, Xiao Y. Impact of climatic change on Baiyangdian wetland. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2007, 16(2): 245-250.
- [15] Xu W H, Ouyang Z Y, Duren I V, Zheng H, Wang X K, Miao H, Cao Q H. Reed land change and its relationship to water level in Baiyang Lake since 1987. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2005, 19(4):181-184,189.
- [16] Zhang G K, Deng W, L X G, Song K S, Li H D, Zhang H Y. The dynamic change of wetland landscape patterns in Xinkai River Basin. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(2): 204-210.
- [17] Li C, Li X W, Zheng Y, Song X L, Zeng A. Evolution of wetland landscape pattern in Hengshui National Nature Reserve. *Resources Science*, 2008, 30(10): 1571-1578.
- [18] Li S N, Wang N X, Deng W, Hu Y M. Effects of runoff and sediment variation on landscape pattern in the Yellow River Delta of China. *Advances in Water Science*, 2009, 20(3): 325-331.
- [19] Wang C X, Liu H Y. Influence of water-drainage works on landscape pattern in Sanjiang Plain. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2008, 27(1): 103-107.
- [20] Huang N, Liu D W, Wang Z M, Zhang B, Song K S, Li F, Ren C Y. Process of transformation from wetland to farmland and driving mechanism analysis in Luobei County of Sanjiang Plain. *Journal of Geo-Information Science*, 2009, 11(3): 382-389.

参考文献:

- [1] 辛琨, 肖笃宁. 盘锦地区湿地生态系统服务功能价值估算. *生态学报*, 2002, 22(8): 1345-1349.
- [2] 赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 魏彦昌. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价. *自然资源学报*, 2003, 18(4): 443-452.

- [3] 崔丽娟. 鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究. 生态学杂志, 2004, 23(4): 47-51.
- [4] 刘晓辉, 吕宪国, 姜明, 商丽娜, 王锡刚. 湿地生态系统服务功能的价值评估. 生态学报, 2008, 28(11): 5625-5631.
- [6] 张洪岩, 龙恩, 程维明. 向海湿地动态变化及其影响因素分析. 自然资源学报, 2005, 20(4): 613-620.
- [8] 白军红, 欧阳华, 杨志峰, 崔保山, 崔丽娟, 王庆改. 湿地景观格局变化研究进展. 地理科学进展, 2005, 24(4): 36-45.
- [9] 陈利顶, 刘洋, 吕一河, 冯晓明, 傅伯杰. 景观生态学中的格局分析: 现状、困境与未来. 生态学报, 2008, 28(11): 5521-5531.
- [10] 王根绪, 李元寿, 王一博, 陈玲. 近40年来青藏高原典型高寒湿地系统的动态变化. 地理学报, 2007, 62(5): 481-491.
- [11] 李胜男, 王根绪, 邓伟. 湿地景观格局与水文过程研究进展. 生态学杂志, 2008, 27(6): 1012-1020.
- [12] 刘键, 陈尚, 夏涛, 王其翔. 黄河三角洲湿地景观格局变化及其对生态系统服务的影响. 海洋科学进展, 2008, 26(4): 464-470.
- [13] 周婷, 彭少麟, 任文韬. 东江河岸缓冲带景观格局变化对水体恢复的影响. 生态学报, 2009, 29(1): 231-239.
- [14] 刘春兰, 谢高地, 肖玉. 气候变化对白洋淀湿地的影响. 长江流域资源与环境, 2007, 16(2): 245-250.
- [15] 徐卫华, 欧阳志云, Iris van Duren, 郑华, 王效科, 苗鸿, 曹全虎. 白洋淀地区近16年芦苇湿地面积变化与水位的关系. 水土保持学报, 2005, 19(4): 181-184, 189.
- [16] 张国坤, 邓伟, 吕宪国, 宋开山, 李恒达, 张洪岩. 新开河流域湿地景观格局动态变化过程研究. 自然资源学报, 2007, 22(2): 204-210.
- [17] 黎聪, 李晓文, 郑钰, 宋晓龙, 曾桢. 衡水湖国家级自然保护区湿地景观格局演变分析. 资源科学, 2008, 30(10): 1571-1578.
- [18] 李胜男, 王根绪, 邓伟, 胡远满. 水沙变化对黄河三角洲湿地景观格局演变的影响. 水科学进展, 2009, 20(3): 325-331.
- [19] 王翠晓, 刘红玉. 排水工程对三江平原湿地流域的影响分析. 灌溉排水学报, 2008, 27(1): 103-107.
- [20] 黄妮, 刘殿伟, 王宗明, 宋开山, 张柏, 李方, 任春颖. 三江平原萝北县湿地农田化过程与驱动机制分析. 地球信息科学学报, 2009, 11(3): 382-389.

CONTENTS

Applying landscape ecological concepts in urban land use classification	LI Weifeng, OUYANG Zhiyun, XIAO Yi (593)
Mating system of <i>Sinocalycanthus chinensis</i> (Cheng et S. Y. Chang) Cheng et S. Y. Chang, an endangered, indigenous species in China	ZHAO Hongbo, ZHOU Lihua, HAO Riming, et al (602)
Photosynthetically and ecophysiological characteristics of <i>Calligonum roborowasikii</i> in different altitudes on the northern slope of Kunlun Mountain	ZHU Juntao, LI Xiangyi, ZHANG Ximing, et al (611)
Spatial distribution pattern of different strata and spatial associations of different strata in the Schrenk Spruce Forest, northwest China	LI Minghui, HE Fenghua, PAN Cunde (620)
Effect of elevated CO ₂ on the body size, enzyme activity and host selection behavior of <i>Bemisia tabaci</i> biotype B	WANG Xuexia, WANG Guohong, GE Feng (629)
The dynamics of super-cooling ability and biochemical substances in the overwintering <i>Carposina niponensis</i> Walsingham (Lepidoptera: Carposinidae) larvae	WANG Peng, LING Fei, YU Yi, et al (638)
A comparative study of macrobenthic community under different mariculture types in Xiangshan Bay, China	LIAO Yibo, SHOU Lu, ZENG Jiangning, et al (646)
Feeding ecology of dorab wolf-herring, <i>Chirocentrus dorab</i> from the Beibu Gulf	YAN Yunrong, YANG Houchao, LU Huosheng, et al (654)
Make use of nest-site of oriental white stork in the Yellow River Estuary Nature Reserve	DUAN Yubao, TIAN Xiuhua, ZHU Shuyu, et al (666)
Winter and spring diet composition of feral yak in Helan Mountains, China	YAO Zhicheng, LIU Zhensheng, WANG Zhaoding, et al (673)
Effects of tree growth and soil properties on soil respiration rate in Chinese fir plantations	WANG Dan, WANG Bing, DAI Wei, et al (680)
Succession of potential vegetation in arid and semi-arid area of China	LI Fei, ZHAO Jun, ZHAO Chuanyan, ZHANG Xiaoqiang (689)
Responses on rhizosphere effect of two subalpine coniferous species to night-time warming and nitrogen fertilization in western Sichuan, China	WEI Yunyan, YIN Huajun, LIU Qing, et al (698)
Nitrogen and phosphorus contents in 44 wetland species from the Lake Erhai Basin	LU Jing, ZHOU Hongxia, TIAN Guangyu, et al (709)
Growth and physiological responses of the <i>Periploca sepium</i> Bunge seedlings to drought stress	AN Yuyan, LIANG Zongsuo, HAO Wenfang (716)
The spatial distribution and seasonal dynamics of fine roots in a mature <i>Caragana korshinskii</i> plantation	SHI Jianwei, WANG Mengben, CHEN Jianwen, et al (726)
The ultrastructure of chloroplast in mesophyll cell on two robinias under NaCl and Na ₂ SO ₄ stress	MENG Fanjuan, PANG Hongying, WANG Jianzhong, et al (734)
Relationship between tomato fruit growth and environmental factors under protected facility cultivation	CHENG Zhihui, CHEN Xuejin, LAI Linling, et al (742)
Effect of grafting eggplant on root exudates and disease resistance under <i>Verticillium dahliae</i> stress	ZHOU Baoli, LIU Na, YE Xueling, et al (749)
The drought risk zoning of winter wheat in North China	WU Dongli, WANG Chunyi, XUE Hongxi, et al (760)
Heat balance of cold type wheat field at grain-filling stage under drought stress condition	YAN Jufang, ZHANG Songwu, LIU Dangxiao (770)
Effects of different straw returning treatments on soil water, maize growth and photosynthetic characteristics in the semi-arid area of Southern Ningxia	GAO Fei, JIA Zhikuan, LU Wentao, et al (777)
Osmotic and ionic stress effects of high NaCl concentration on seedlings of four wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) genotypes	XU Meng, MA Qiaorong, ZHANG Jitao, et al (784)
Effects of ferulic acid, p-hydroxybenzoic acid and their mixture on mineral nitrogen and relative microbial function groups in forest soils	MU Rong, PAN Kaiwen, WANG Jinchuang, et al (793)
Soil microbial biomass and the influencing factors under <i>Pinus tabulaeformis</i> and <i>Picea asperata</i> plantations in the upper Min-jiang River	JIANG Yuanming, PANG Xueyong, BAO Weikai (801)
Spatial distribution of arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes in the rhizosphere of <i>Artemisia sphaerocephala</i> from Inner Mongolia desert	HE Xueli, WANG Yinyin, ZHAO Lili, et al (812)
Effect of chlorothalonil on soil microbial communities of <i>Larix</i> artificial shelter-forest	SHAO Yuanyuan, WANG Zhiying, ZOU Li, et al (819)
Research of the vegetation's cooling effect in city's residential quarter	LI Yinghan, WANG Junjian, LI Guicai, et al (830)
Landscape dynamics of Baiyangdian Lake from 1974 to 2007	ZHUANG Changwei, OUYANG Zhiyun, XU Weihua, et al (839)
Evaluation of tourism transport ecological footprint in Zhoushan islands	XIAO Jianhong, YU Qingdong, LIU Kang, et al (849)
Nitrogen transformation and its residue in pot experiments amended with organic and inorganic ¹⁵ N cross labeled fertilizers	PENG Peiqin, QIU Shaojun, HOU Hongbo, et al (858)
Effects of dissolve organic carbon (DOC) contents on sorption and desorption of phenanthrene on sediments during ageing	JIAO Lixin, MENG Wei, ZHENG Binghui, et al (866)
Heavy metal concentrations and bioaccumulation of ramie (<i>Boehmeria nivea</i>) growing on 3 mining areas in Shimen, Lengshuijiang and Liuyang of Hunan Province	SHE Wei, JIE Yucheng, XING Hucheng, et al (874)
Discussion	
Climate characteristic of seasonal variation and its influence on annual growth period of <i>populus euphratica</i> Oliv in Hexi Corridor in recent 55 years	LIU Puxing, ZHANG Kexin (882)
Forward trajectory analysis of wheat aphids during long-distance migration using HYSPLIT model	YU Zhenxing, WU Yuqing, JIANG Yueli, et al (889)

2009 年度生物学科总被引频次和影响力因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响力因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响力因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 3 期 (2011 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 3 2011

编辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出版	科学出版社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发行	科学出版社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许可证	京海工商广字第 8013 号		

