

程腊梅, 张旭, 葛继稳, 王立辉, 王玲玲, 李扬. 湖北生物多样性保护优先区域生态系统五年(2010–2015)变化[J]. 植物科学学报, 2019, 37(2): 144–153
 Cheng LM, Zhang X, Ge JW, Wang LH, Wang LL, Li Y. Ecosystem variation over five years (2010–2015) in priority areas of biodiversity conservation in Hubei Province [J]. *Plant Science Journal*, 2019, 37(2): 144–153

湖北生物多样性保护优先区域生态系统五年(2010–2015)变化

程腊梅¹, 张旭², 葛继稳^{3,4*}, 王立辉⁵, 王玲玲², 李扬²

(1. 武汉伟特伦生态环境研究所, 武汉 430079; 2. 湖北省环境科学研究院, 武汉 430071; 3. 中国地质大学(武汉)湿地演化与生态恢复湖北省重点实验室, 武汉 430074; 4. 中国地质大学(武汉)生态环境研究所, 武汉 430074;
 5. 中国科学院测量与地球物理研究所, 武汉 430077)

摘要: 基于 2010 年和 2015 年生态系统类型与分布数据, 分析了湖北省生物多样性保护优先区域的生态系统构成和变化情况。结果表明: (1) 区域内共存在 7 类生态系统, 即森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇和裸地, 其中森林面积最大, 其次是灌丛和农田, 区域内植被覆盖率较高, 整体生态环境较好; (2) 2010–2015 年期间, 各类生态系统均发生了变化, 森林、灌丛和裸地面积呈减少趋势, 草地、湿地、农田和城镇面积呈增加趋势, 其中变化最显著的是城镇; (3) 城镇化、水资源开发、生态保护与恢复、农业开发以及地质灾害和气候变化等因素使得区域内生态系统发生变化, 其中城镇化是主要影响因素。为了保护优先区生态系统的可持续发展, 需结合各类保护地划定生态保护红线, 合理规划城镇化进程中的土地利用, 保护优质耕地, 限制或禁止重要湿地的开发。

关键词: 优先区域; 生物多样性保护; 生态系统; 空间格局; 湖北

中图分类号: Q948 文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2019)02-0144-10

DOI: 10.11913/PSJ.2095-0837.2019.20144

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Ecosystem variation over five years (2010–2015) in priority areas of biodiversity conservation in Hubei Province

Cheng La-Mei¹, Zhang Xu², Ge Ji-Wen^{3,4*}, Wang Li-Hui⁵, Wang Ling-Ling², Li Yang²

(1. Wuhan Wetland Institute of Ecology and Environmental Sciences, Wuhan 430079, China; 2. Hubei Academy of Environmental Science, Wuhan 430071, China; 3. Hubei Key Laboratory of Wetland Evolution and Ecological Restoration, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 4. Institute of Ecology and Environmental Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 5. Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, China)

Abstract: To reveal the dynamic changes in ecosystem patterns, we analyzed ecosystem composition structure and variation using distribution data collected in 2010 and 2015 for priority areas in Hubei Province. Results showed that: (1) there were seven types of ecosystems, including forest, shrub, grassland, wetland, cropland, urban land, and bare land, with the forest area being the largest, followed by shrub and farmland. Vegetation coverage was relatively high, and the overall ecological environment was relatively good; (2) All ecosystem types changed over the five years; forest, shrub, and bare land areas all decreased, whereas grassland, wetland, cropland, and urban areas all increased, with the urban area changing significantly; (3) Urbanization, water resource development, ecological

收稿日期: 2018-08-30, 退修日期: 2018-10-10。

基金项目: 国家自然科学基金项目(51809250); 中国科学院科技服务网络计划项目(STS)-(KJF-STS-ZDTP-009)。

This work was supported by grants from the National Natural Science Foundation of China (51809250) and Science and Technology Service Network Initiative (STS) of the Chinese Academy of Sciences (KJF-STS-ZDTP-009).

作者简介: 程腊梅(1985-), 女, 硕士研究生, 研究方向为植被生态学(E-mail: 853253102@qq.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: gejiwen2002@aliyun.com)。

protection and restoration, agricultural development, geological disasters, and climate change all significantly impacted the ecosystems, with urbanization found to be the major factor. To protect the sustainable development of the ecosystems within the priority areas, ecological protection red lines should be delineated and combined with various protected areas, land use should be reasonably planned in the course of urbanization, arable land should be protected, and the development of important wetlands should be prohibited or restricted.

Key words: Priority areas; Biodiversity conservation; Ecosystem; Spatial pattern; Hubei Province

湖北省地处我国中部，北与河南省南阳相接，南与洞庭湖连为一体，呈南北敞口状盆地；境内山体主要有西北部的大巴山脉、西南的武陵山脉、东南的幕府山脉、东部的大别山脉等；境内全部为长江水系，除长江干流外，重要支流有汉江、清江、香溪河、浠水、举水等；湖北省湖泊众多、河网密布，是我国重要的湿地大省^[1]。由于地处我国地势第二阶梯向第三阶梯过渡的地带，湖北省地形复杂多样，生物资源和多样性较为丰富，生态地位较为关键^[2]。湖北省作为长江经济带中游重要的城市群所在地，其生物多样性保护对落实长江经济带生态大保护具有非常重要的意义。

依据《湖北省生物多样性保护战略与行动计划(2014–2030年)》，湖北省生物多样性保护优先区域(简称优先区)包括大巴山区、武陵山区、洞庭湖区、鄱阳湖区和大别山区，优先区的生物多样性在湖北省最为丰富、最具有代表性，因此，优先区是湖北省生物多样性保护的关键区域，具有重要的生态价值和保护意义。生态系统多样性作为生物多样性的一个重要组成部分，其格局的演变对生物多样性保护尤为重要。优先区在湖北的西北部、西南部、东部、东南部和南部均有分布，涉及到森林和湖泊等多种生态系统类型，自然环境复杂，各分区自然分异明显，地形地貌、气候条件存在差异，国民经济发展不均衡，生态系统在时空上差异较大，开展生态系统变化特征及原因相关研究，对区内生物多样性保护、生态系统健康发展和经济可持续发展有着重要意义，可使优先区的生物多样性在生态系统层面上的保护工作更具有针对性，可作为优先区生物多样性保护工作的理论依据之一，并为长江经济带中游城市群的生态大保护提供基础数据。

开展湖北优先区生态系统变化及其原因的探

讨，是研究优先区生态系统服务功能及变化、生态环境问题及变化、生态风险评价的基础。目前，国际上对相关问题的研究主要集中在：通过遥感手段分析土地利用的空间分布变化^[3, 4]及其与社会经济发展的关系^[5, 6]，土地利用变化对生态系统服务功能的影响^[7, 8]，以及生态系统服务功能价值评估^[9–11]等。国内的研究则主要集中在：从不同尺度研究某个区域的生态系统格局变化^[12–17]，较大尺度的研究如长江流域、太湖流域、巢湖流域^[18–20]，或对某个单一生态系统的服务功能及价值评估^[21–23]；关于湖北省内生态系统变化的研究较少，多集中在对生态系统或对某个单一生态系统服务价值评估^[24–27]。

目前尚无关于湖北优先区的相关研究。本研究将湖北优先区作为研究区域进行生态系统类型变化分析，研究优先区2010–2015年生态系统动态变化特征，以期为优先区的生态系统结构与功能的未来变化趋势提供重要的生态安全预警信息，并为组织区域有序的人类活动提供科学的决策依据以实现优先区生态环境的科学发展。

1 研究区域概况

依据2014年发布的《湖北省生物多样性保护战略与行动计划(2014–2030年)》(鄂环发[2014]22号)，划定湖北省生物多样性保护优先区的范围，包括大巴山区、武陵山区、洞庭湖区、鄱阳湖区和大别山区5个分区，涉及34个县(市、区)，总面积47 806.6 km²(图1)。各分区彼此之间并未连接，面积存在较大差异，大巴山区位于鄂西、武陵山区位于鄂西南、洞庭湖区和鄱阳湖区位于鄂南、大别山区位于鄂东南，因此各分区的自然环境有所差异，生物多样性的丰富程度也存在差异。

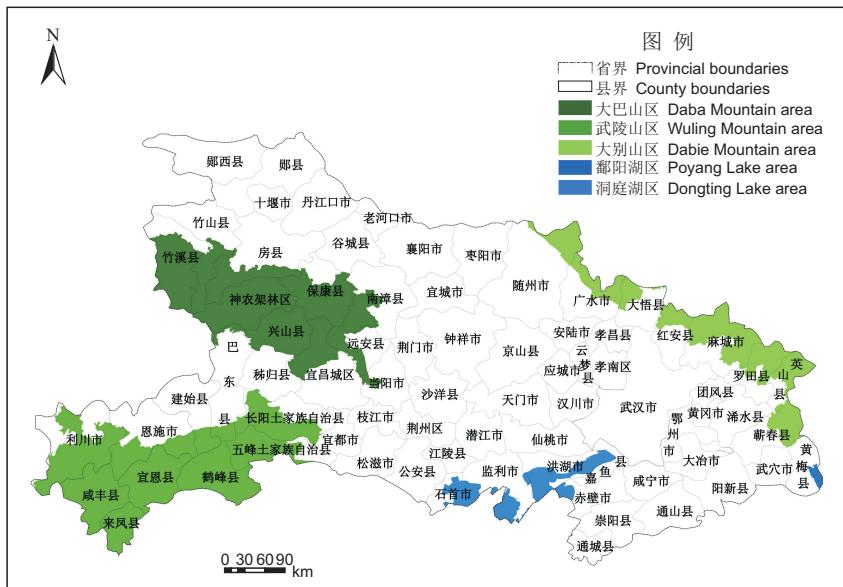


图 1 湖北省优先区范围图
Fig. 1 Priority areas of Hubei Province

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

基于 2010 年和 2015 年湖北生物多样性保护优先区域空间矢量数据, 裁剪获取其生态系统类型和分布数据。

2.2 研究方法

湖北省优先区 2010 年和 2015 年土地覆被数据采用 30 m 空间分辨率的遥感影像(Landsat TM/OLI)数据解译获取。结合湖北省实际情况, 优先区一级生态系统分为 7 类, 即森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇和裸地; 另外, 包括 13 个二级生态系统和 21 个三级生态系统。将研究区域划分为 30 m × 30 m 的若干网格, 计算网格内的生态系统的面积及其比例, 然后统计优先区及各分区內各种类型生态系统的面积, 通过分析各类生态系统在优先区及各分区的空间分布、面积构成、面积变化等指标, 分析优先区生态系统空间分布格局及变化特征。

3 结果与分析

3.1 优先区生态系统格局的空间分布特征

3.1.1 总体分布特征

从 2015 年生态系统的格局来看, 优先区共存在 7 类生态系统, 即森林、灌丛、草地、湿地、农

田、城镇和裸地, 其中森林面积最大, 为 24 685.81 km², 占优先区总面积的 51.70%; 其次是灌丛和农田, 分别为 11 239.26、8814.14 km²; 分别占优先区总面积的 23.54%、18.46%; 湿地、草地、城镇和裸地面积均较小, 分别为 4.67、0.80、0.79、0.04 km², 共计占优先区总面积的 6.3%。森林和灌丛占优先区总面积的比例高达 75.24%, 说明优先区的植被覆盖率比较高, 整体生态环境比较好。

就各类生态系统的构成来看, 森林生态系统中针叶林面积最大, 为 7218.65 km², 占森林总面积的 69.75%; 灌丛中以阔叶灌丛面积最大, 为 11 239.25 km², 占灌丛总面积的 99.99%; 农田生态系统中以耕地面积最大, 为 8764.07 km², 占农田总面积的 99.43%; 湿地生态系统中湖泊面积最大, 为 1382.94 km², 占湿地总面积的 61.98%; 城镇中居住地面积最大, 为 220.75 km², 占城镇总面积的 58.45%。生态系统构成的结果表明, 针叶林是森林的主要构成成分; 灌丛几乎均为阔叶的, 另有极少量的稀疏灌丛; 农业活动主要以耕作为主, 另有少量的园林种植; 湖泊是湿地的主要类型, 也分布有一定面积的河流。

就各类生态系统在各分区的分布来说, 森林在大巴山区面积最大, 为 11 386.91 km², 占优先区总面积的 23.81%; 灌丛在武陵山区面积最大, 为

5898.77 km², 占优先区总面积的 12.34%; 草地在大别山区面积最大, 为 184.68 km², 占优先区总面积的 0.39%; 湿地在洞庭湖区面积最大, 为 1475.51 km², 占优先区总面积的 3.09%; 农田在武陵山区面积最大, 为 2988.10 km², 占优先区总面积的 6.25%; 城镇在大别山区面积最大, 为 105.46 km², 占优先区总面积的 0.22%; 裸地在大巴山区分布最多, 面积为 14.61 km², 占优先区总面积的 0.03%。可以看出, 大巴山区是森林和裸地分布的代表性分区, 武陵山区是灌丛和农田分布的代表性分区, 大别山区是草地和城镇分布的代表性分区, 洞庭湖区则是湿地分布的代表性分区。

3.1.2 各分区的分布特征

大巴山区位于鄂西, 总面积 16 636 km², 占优先区总面积的 34.80%, 该区自然资源丰富, 分布有大片的森林、灌丛和农田, 其生态系统空间分布见图 2。其中森林面积最大, 为 11 386.91 km², 占该区总面积的 68.45%, 其他依次为灌丛、农田、湿地、草地、城镇和裸地(表 1)。森林中以针叶林为主, 面积为 6926.29 km², 占该区森林面积的 60.83%; 灌丛中仅分布有阔叶灌丛, 面积为 2989.49 km²; 农田中以耕地为主, 面积为 1846.56 km², 占农田总面积的 97.96%; 湿地、草地、城镇和裸地面积均较小。

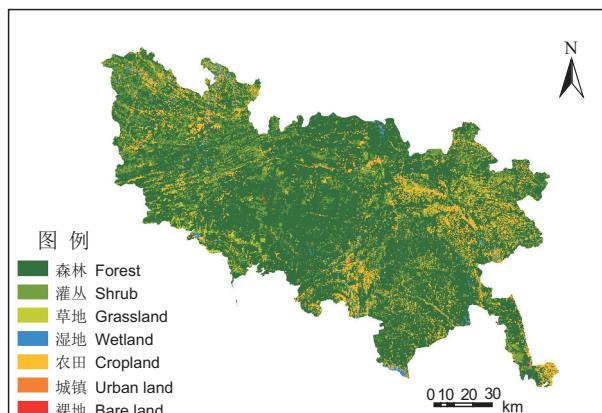


图 2 大巴山区生态系统空间分布图
Fig. 2 Spatial distribution of ecosystems in Daba Mountain area

武陵山区位于鄂西南, 总面积 18 983 km², 占优先区总面积的 39.71%, 该区生物资源丰富(图 3), 情况与大巴山区相似, 分布较多的为森林、灌丛和农田。其中森林面积最大, 为 9739.34 km², 占该区总面积的 51.30%, 其他依

次为灌丛、农田、湿地、草地、城镇和裸地(表 1)。森林中以针叶林为主, 面积为 7324.5 km², 占该区森林面积的 75.21%, 优先区仅有的稀疏林分布在该区中, 面积为 0.44 km²; 灌丛中阔叶灌丛面积最大, 为 5898.76 km², 还分布有极小面积的稀疏灌丛, 面积仅为 0.01 km²; 农田中耕地面积最大, 为 2976.50 km², 占农田总面积的 99.61%; 湿地、草地、城镇和裸地面积均较小。

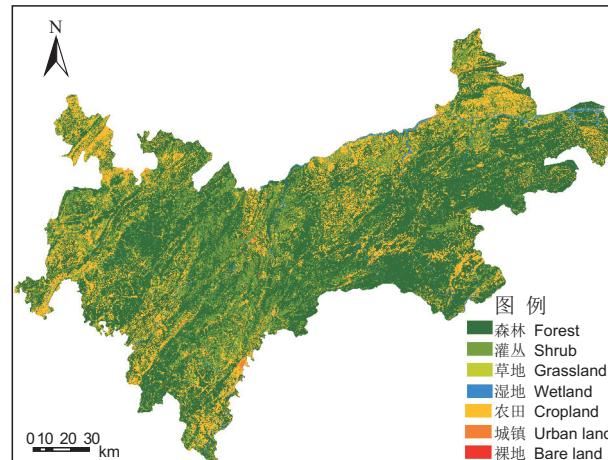


图 3 武陵山区生态系统空间分布图
Fig. 3 Spatial distribution of ecosystems in Wuling Mountain area

洞庭湖区位于鄂南, 总面积 2967.6 km², 占优先区总面积的 6.21%, 该区属于平原地区, 水资源较丰富, 分布较多的为湿地和农田, 其生态系统空间分布见图 4。其中湿地面积最大, 为 1475.51 km², 占该区总面积的 49.72%, 其他依次为农田、城镇、森林、灌丛、草地和裸地(表 1)。

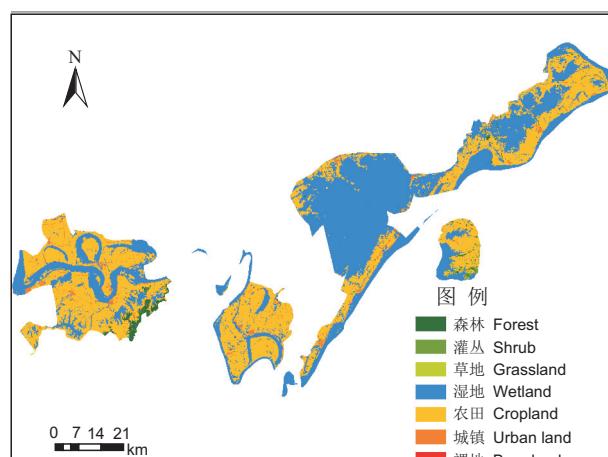


图 4 洞庭湖区生态系统空间分布图
Fig. 4 Spatial distribution of ecosystems in Dongting Lake area

Table 1 Area and proportion of ecosystems in 2015 in priority areas of Hubei Province

生态系统类型 Ecosystem type	大巴山区		武陵山区		洞庭湖区		鄱阳湖区		大别山区		优先区 Priority area		
	面积 Area (km ²)	占比 Ratio (%)	面积 Area (km ²)	占比 Ratio (%)	面积 Area (km ²)	占比 Ratio (%)	面积 Area (km ²)	占比 Ratio (%)	面积 Area (km ²)	占比 Ratio (%)	面积 Area (km ²)	占比 Ratio (%)	
森林 Forest	阔叶林 Broadleaf forest	4317.78	25.95	2153.02	11.34	11.70	0.39	3.26	1.26	576.62	6.48	7062.38	14.79
	针叶林 Coniferous forest	6926.29	41.63	7324.51	38.58	35.34	1.19	0	0	2932.51	32.94	17218.65	36.06
	针阔混交林 Conifer-broadleaf forest	144.79	0.87	261.38	1.38	0	0	0	0.12	0	0	406.29	0.85
	稀疏林 Sparse forest	0	0	0.44	0	0	0	0	0	0	0	0.44	0.00
	合计 Total	11386.91	68.45	9739.34	51.30	47.05	1.59	3.26	1.26	3509.25	39.42	24685.81	51.70
灌丛 Shrub	阔叶灌丛 Broadleaf shrub	2989.49	17.97	5898.76	31.07	9.08	0.31	0	0	2341.92	26.31	11239.25	23.54
	稀疏灌丛 Sparse thickets	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.00
	合计 Total	2989.49	17.97	5898.77	31.07	9.08	0.31	0	0	2341.92	26.31	11239.26	23.54
湿地 Wetland	草地 Grassland	118.16	0.71	78.34	0.41	0.97	0.03	0	0	184.68	2.07	382.15	0.80
	沼泽 Swamp	0.17	0	0.21	0	146.59	4.94	18.14	7.00	4.17	0.05	169.28	0.35
	湖泊 Lake	41.20	0.25	84.94	0.45	987.22	33.27	122.82	47.40	146.76	1.65	1382.94	2.90
	河流 River	129.85	0.78	85.39	0.45	341.70	11.51	14.23	5.49	107.83	1.21	679	1.42
	合计 Total	171.21	1.03	170.54	0.90	1475.51	49.72	155.18	59.88	258.75	2.91	2231.19	4.67
农田 Cropland	耕地 Farmland	1846.56	11.10	2976.50	15.68	1359.26	45.80	79.29	30.60	2502.46	28.11	8764.07	18.35
	园地 Garden plot	38.47	0.23	11.60	0.06	0	0	0	0	0	0	50.07	0.10
	合计 Total	1885.03	11.33	2988.10	15.74	1359.26	45.80	79.29	30.60	2502.46	28.11	8814.14	18.46
城镇 Urban land	居住地 Inhabited land	42.04	0.25	70.81	0.37	44.25	1.49	7.66	2.96	55.99	0.63	220.75	0.46
	城市绿地 Urban green land	0	0	0	0	0	0	0	0	0.47	0.01	0.47	0.00
	工矿 mining land	28.50	0.17	33.77	0.18	31.44	1.06	13.75	5.31	49.00	0.55	156.46	0.33
	合计 Total	70.54	0.42	104.58	0.55	75.69	2.55	21.41	8.26	105.46	1.18	377.68	0.79
	裸地 Bare land	14.61	0.09	3.54	0.02	0.04	0	0	0	0.30	0	18.49	0.04

湿地生态系统中以湖泊面积最大, 为 987.22 km^2 , 占湿地面积的 66.91%; 农田仅为耕地, 面积为 1359.26 km^2 ; 森林、灌丛、草地、城镇和裸地面积均较小。

鄱阳湖区位于鄂东南, 总面积 259 km^2 , 仅占优先区总面积的 0.54%, 该区水资源较丰富(图 5), 仅分布有森林、湿地、农田和城镇, 无灌丛、草地和裸地分布。其中湿地面积最大, 为 155.18 km^2 , 占该区总面积的 59.88%, 其他依次为农田、城镇和森林(表 1)。湿地生态系统中湖泊所占面积最大, 为 122.82 km^2 , 占湿地总面积的 79.15%; 农田仅为耕地, 面积为 79.29 km^2 ; 森林和城镇面积均较小。

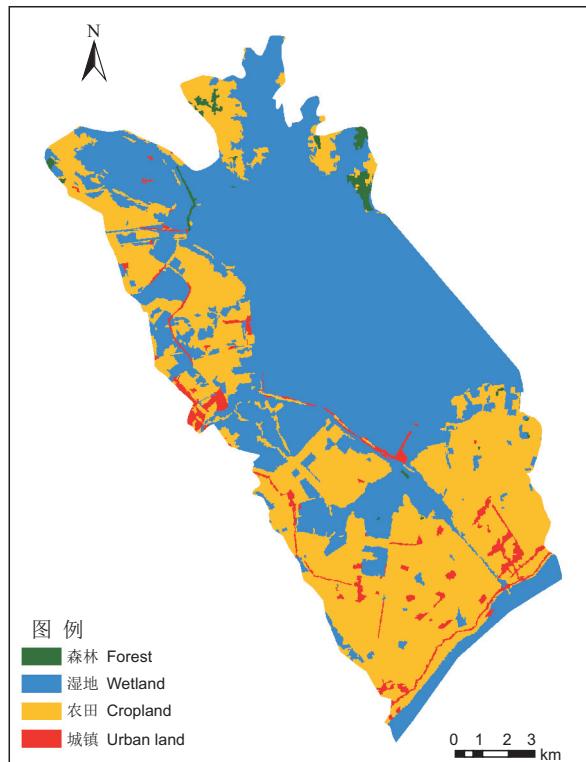


图 5 鄱阳湖区生态系统空间分布图
Fig. 5 Spatial distribution of ecosystems in Poyang Lake area

大别山区位于鄂东、鄂东北, 总面积 8903 km^2 , 占优先区总面积的 18.62%, 该区生物资源丰富, 生态形态的空间分布状况与大巴山区、武陵山区相似, 分布较多的为森林、灌丛和农田(图 6)。其中森林生态系统面积最大, 为 3509.25 km^2 , 占该区总面积的 39.42%, 其次依次为农田、灌丛、湿地、草地、城镇和裸地(表 1)。森林生态系统中以

针叶林分布最广, 为 2932.51 km^2 , 占森林面积的 83.57%; 农田仅为耕地, 面积为 2502.46 km^2 ; 灌丛中仅分布有阔叶灌丛, 面积为 2341.92 km^2 ; 湿地、草地、城镇和裸地面积均相对较小。

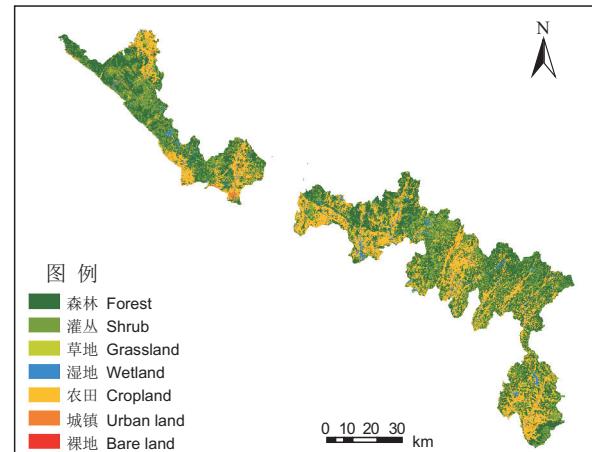


图 6 大别山区生态系统空间分布图
Fig. 6 Spatial distribution of ecosystems in Dabie Mountain area

综上分析发现, 优先区各分区可划分为 2 种类型: (1) 森林型。包括大巴山区、武陵山区和大别山区, 该类型分区的典型特征是具有山地地貌特征, 森林面积较大, 植被覆盖率较高, 人为活动较少; (2) 湿地型。包括洞庭湖区和鄱阳湖区, 该类型分区的典型特征则是具有平原地貌特征, 湿地面积较大, 人为活动较频繁。

3.2 优先区生态系统格局的时间变化特征

研究优先区 7 类生态系统在 2010 年和 2015 年的变化情况发现(表 2), 该区各类生态系统面积均发生了变化, 森林、灌丛和裸地面积呈减少趋势; 草地、湿地、农田和城镇面积呈增加趋势。其中城镇变化最为显著, 面积增长 54.55 km^2 , 增长幅度为 16.88%; 其次为草地, 面积增长 17.86 km^2 , 增长幅度为 4.9%; 湿地面积增长 73.99 km^2 , 增长幅度为 3.43%; 农田面积变化较小, 增长 9.59 km^2 , 增幅仅为 0.11%; 裸地、灌丛和森林面积均呈减小的趋势, 但变化较小, 面积分别减少了 0.35 、 67.01 、 79.83 km^2 , 减少幅度分别为 1.86%、0.59% 和 0.32%。

就各类生态系统在各分区的分布来说, 森林生态系统在鄱阳湖区的变化最显著, 面积增长 0.26 km^2 , 增长幅度为 8.67%; 在其余 4 个分区变化均较小, 均呈减小趋势, 减小幅度在 0.19%~

表2 湖北优先区2010–2015年生态系统面积及所占比例变化

Table 2 Change in area and proportion of ecosystems from 2010 to 2015 in priority areas of Hubei Province

生态系统类型 Ecosystem type	大巴山区 Daba Mountain area		武陵山区 Wuling Mountain area		洞庭湖区 Dongting Lake area	
	变化面积 Variation area (km ²)	变化幅度 Range ability (%)	变化面积 Variation area (km ²)	变化幅度 Range ability (%)	变化面积 Variation area (km ²)	变化幅度 Range ability (%)
森林 Forest	-21.13	-0.19	-25.57	-0.26	-1.33	-2.75
灌丛 Shrub	-12.47	-0.42	-32.50	-0.55	-0.04	-0.44
草地 Grassland	-0.15	-0.13	20.89	36.36	0	0
湿地 Wetland	30.21	21.43	2.10	1.25	3.82	0.26
农田 Cropland	0.61	0.03	16.52	0.56	-8.04	-0.59
城镇 Urban land	12	20.50	18.61	21.65	5.65	8.07
裸地 Bare land	-0.01	-0.07	-0.09	-2.48	-0.04	-50
生态系统类型 Ecosystem type	鄱阳湖区 Poyang Lake area		大别山区 Dabie Mountain area		优先区 Priority area	
	变化面积 Variation area (km ²)	变化幅度 Range ability (%)	变化面积 Variation area (km ²)	变化幅度 Range ability (%)	变化面积 Variation area (km ²)	变化幅度 Range ability (%)
森林 Forest	0.26	8.67	-32.06	-0.91	-79.83	-0.32
灌丛 Shrub	-	-	-22	-0.93	-67.01	-0.59
草地 Grassland	-	-	-2.88	-1.54	17.86	4.90
湿地 Wetland	3.16	2.08	34.70	15.49	73.99	3.43
农田 Cropland	-5.56	-6.55	6.06	0.24	9.59	0.11
城镇 Urban land	1.92	9.85	16.37	18.37	54.55	16.88
裸地 Bare land	-	-	-0.21	-41.18	-0.35	-1.86

注：“-”，减少。

Note: “-”, Decrease.

2.75%。除无灌丛分布的鄱阳湖区外，灌丛在其他各分区均呈减小的趋势，其中大别山区的灌丛变化最显著，面积减少 22 km²，减少幅度为 0.93%；大巴山区、武陵山区和洞庭湖区的灌丛变化均较小，减少幅度在 0.42%~0.55%。草地生态系统在各分区中的变化差异较大：在鄱阳湖区没有分布；在洞庭湖区面积没有变化；在武陵山区呈增长趋势，变化最显著，面积增长 20.89 km²，增幅达 36.36%；在大巴山区和大别山区均呈减小趋势，但变化较小，面积分别减小了 0.15 km² 和 2.88 km²，减幅分别为 0.13% 和 1.54%。湿地生态系统在各分区中均呈增长趋势，其中以大巴山区变化最显著，面积增长 30.21 km²，增长幅度 21.43%，其次为大别山区，湿地面积增长 34.70 km²，增幅为 15.49%，武陵山区和洞庭湖区变化均较小，增长幅度分别为 1.25%、0.26%。农田生态系统在洞庭湖区和鄱阳湖区呈减少趋势，在其余 3 个分区呈增长趋势，其中鄱阳湖区农田的变化最显著，面积减少了 5.56 km²，减幅为 6.55%，其余 4 个分区变化均较小，变化幅度在 0.03%~0.59%。城镇面积在 5 个分区中均出现增长，以武陵山区变化最显

著，面积增长 18.61 km²，增幅为 18.61%，大巴山区城镇面积的变化也较大，增长 12 km²，增长幅度为 20.50%，其余 3 个分区变化均较小，幅度变化在 8.07~18.37%。裸地在鄱阳湖区没有分布，在其余 4 个分区中均呈减少趋势，其中洞庭湖区的变化最显著，面积减小了 0.04 km²，减幅为 50%，大别山区变化也较大，裸地面积减小了 0.21 km²，减幅为 41.18%，大巴山区和武陵山区变化较小，面积分别减小了 0.01 km² 和 0.09 km²，减幅为 0.07% 和 2.48%。

3.3 优先区生态系统格局变化的原因分析

生态系统的空间格局是地区水热条件和人类活动长期作用的结果^[16]。生态系统格局变化的原因是指导致生态系统类型和面积发生变化的因素，其驱动力包括自然生物、社会经济、制度及技术等因素。自然生物因素通常包括气象、地貌、植物演替等。由于 5 年时间相对较短，自然因子对生态系统格局变化的影响较小，而社会经济因素对优先区生态系统格局变化的影响可能更为关键。社会经济因素主要包括社会、经济、技术等，是指那些通过影响人们在生态系统中的活动对区域生态系统变化产

生直接影响的因素^[28–31]。城镇和农田生态系统是典型的以人类活动为中心、按照人类的理想要求建立的人工生态系统，具有受人类社会经济强烈干预和影响的典型特点^[32]，因此社会经济的发展是影响和改变人工生态系统格局的重要因素。城镇化是社会经济发展的一个重要标志，城镇化进程的推进，使得农田缩减严重，同时也侵占了部分自然生境，因此城镇化也是影响优先区生态系统变化的主要因素。但另一方面，城镇化加剧了农村人口向城镇的转移，减少了人类对于生态系统的依赖，在一定程度上促进了生态系统的保护和恢复^[33]。

2010–2015年期间，优先区生态系统的变化主要受到城镇化、水资源开发、生态保护与恢复政策、农业开发以及地质灾害和气候变化等因素影响^[18]。优先区内的整体变化状况为部分森林、灌丛及裸地转变为城镇、草地、湿地和农田。由于武陵山区、大巴山区等区域矿产开发，区域特殊的地质地貌诱发水土流失、滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害，以及城镇扩张、农业活动加剧使得优先区森林和灌丛的面积减少；各分区人口的大量增加及城镇扩张的加快，使得城镇面积增加；由于各分区不同程度地实施了退耕还草等生态保护与恢复政策，使得草地面积增加；而洞庭湖区和鄱阳湖区由于退田还湖等政策、修建水库等水资源开发利用活动以及洪水的影响，导致湿地面积有所增加；各分区毁林开荒种植柑橘、茶叶等农业活动的加剧使得农田面积增加。

由于各分区地质地貌的差异、经济发展的不均衡以及生态保护与恢复政策落实程度的不同，导致各分区生态系统格局的变化有所不同。洞庭湖区和鄱阳湖区位于平原地区，湖泊水体较多，是国家湿地保护的重要区域，退田还湖等湿地保护与恢复政策的实施使得这两个区域的部分农田退还为湖泊，因此农田面积减少、湿地面积增加；大巴山区、武陵山区和大别山区均属于经济发展较为落后的偏远山区，农业活动更为频繁，区域内修建水库等水资源开发利用活动加剧，导致农田和湿地面积均有所增加；大巴山区、武陵山区、洞庭湖区和大别山区的城镇扩张、农业开发以及地质灾害和气候变化等因素，导致这4个分区的森林和灌丛面积减少；鄱阳湖区属于重要的水源涵养区，区域内的植树造林使得该区森林面积有所增加。就草地生态系统而言，

城镇扩张和农业活动加剧导致大巴山区和大别山区草地面积减少；武陵山区草地面积增加主要是由于森林和灌丛遭到破坏后产生逆行演替造成的。

4 讨论

本文通过分析优先区的生态系统构成、空间分布及变化，揭示优先区生态系统的空间分布格局及其变化特征，分析了导致优先区生态系统变化的主要原因。

优先区共存在7类生态系统，即森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇和裸地，其中森林生态系统面积最大，其次是灌丛和农田，森林和灌丛占优先区总面积的比例高达75.24%，区域内植被覆盖率比较高，整体生态环境良好。以分区来看，森林和裸地在大巴山区分布最多，灌丛和农田在武陵山区分布最多，草地和城镇在大别山区分布最多，湿地在洞庭湖区分布最多。大巴山区、武陵山区和大别山区均以森林居多，且以针叶林为主；洞庭湖区和鄱阳湖区则以湿地居多，且以湖泊为主。

2010–2015年间，优先区各类生态系统均发生了变化，森林、灌丛和裸地面积呈减少趋势，草地、湿地、农田和城镇面积呈增加趋势，其中变化最显著的是城镇面积。各分区内，森林在鄱阳湖区变化最显著，仅该区呈增长趋势，其余4个分区均呈减小趋势；灌丛在各分区均呈减小趋势（鄱阳湖区无灌丛分布），大别山区变化最显著；草地在鄱阳湖区没有分布，在洞庭湖区没有变化，在武陵山区呈增长趋势且变化最显著；湿地在各分区均呈增长趋势，大巴山区变化最显著；城镇在5个分区均呈增长趋势，武陵山区变化最显著。

城镇化、水资源开发、生态保护与恢复、农业开发以及地质灾害和气候变化等因素使得优先区生态系统发生变化，其中城镇化是优先区生态系统发生变化的主要因素。优先区城镇化的进程仍在进行，因此需要在城镇化过程中合理进行土地利用规划，对优质耕地进行保护，划定各类保护用地，并严格执行生态保护红线。另一方面，湖北省近年来实施的生态保护和恢复工程也是导致优先区生态系统变化的重要因素，生态保护成效比较明显，但是由于人类活动的干扰，自然生境的破碎化程度依然在增大，需加强维护和提高自然生态系统的连通性。此外，五年间优先区湿地面积总体增加，主要

是由于退田还湖等湿地保护与恢复政策和修建水库等水资源开发利用活动带来的水表面积的增大。虽然优先区湿地面积总体上呈现增加的趋势，但城镇化和农业开发所造成的自然湿地的丧失问题依然存在，尤其是湖泊的丧失，因此建议为优先区的湿地，尤其是在洞庭湖区和鄱阳湖区人类活动频繁的区域，划定生态保护红线，禁止或限制重要湿地的开发活动。

本研究从宏观上揭示了湖北优先区的生态系统分布格局和变化趋势，分析了影响生态系统演变的主要因素，这对研究优先区生态系统服务功能、生态环境问题的变化以及优先区的生态风险具有重要意义，有利于促进湖北优先区生物多样性保护工作的开展。在此基础上，分析优先区生态系统变化的产生机制，对于未来变化的模拟和预测，以及在不同空间尺度上进一步剖析生态系统的变化特点与其影响因子的相互耦合作用是后续研究的方向。

参考文献：

- [1] 董洪进, 周亚东, 王青锋. 湖北特有种子植物分布特征分析 [J]. 植物科学学报, 2016, 34(5) : 705–714.
Dong HJ, Zhou YD, Wang QF. Analysis on the distribution patterns of seed plants endemic to Hubei [J]. *Plant Science Journal*, 2016, 34(5) : 705–714.
- [2] 袁沫汐, 邹玲, 林爱文, 朱弘纪. 湖北省地区植被覆盖变化及其对气候因子的响应 [J]. 生态学报, 2016, 36(17) : 5315–5323.
Yuan MX, Zou L, Lin AW, Zhu HJ. Analyzing dynamic vegetation change and response to climatic factors in Hubei Province, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(17) : 5315–5323.
- [3] Garcia AS, Sawakuchi HO, Ferreira ME, Ballester MV. Landscape changes in a neotropical forest-savanna ecotone zone in central Brazil: the role of protected areas in the maintenance of native vegetation [J]. *J Environ Manage*, 2017, 187: 16–23.
- [4] Meneses BM, Reis R, Vale MJ, Saraiva R. Land use and land cover changes in Zezere watershed (Portugal)—Water quality implications [J]. *Sci Total Environ*, 2015(527–528) : 439–447.
- [5] Wilkerson ML, Mitchell MGE, Shanahan D, Wilson KA, Ives CD, Lovelock CE, Rhodes JR. The role of socio-economic factors in planning and managing urban ecosystem services [J]. *Ecosyst Serv*, 2018, 31: 102–110.
- [6] Minin ED, Soutullo A, Bartesaghi L, Rios M, Szephegyi MN, Moilanen A. Integrating biodiversity, ecosystem services and socio-economic data to identify priority areas and landowners for conservation actions at the national scale [J]. *Biol Conserv*, 2017, 206: 56–64.
- [7] Verhagen W, van Teeffelen AJA, Compagnucci AB, Poggio L, Gimona A, Verburg PH. Effects of landscape configuration on mapping ecosystem service capacity: a review of evidence and a case study in Scotland [J]. *Landscape Ecol*, 2016, 31(7) : 1457–1479.
- [8] Stoll S, Frenzel M, Burkhard B, Adamescu M, Augustaitis A, et al. Assessment of ecosystem integrity and service gradients across Europe using the LTER Europe network [J]. *Ecol Model*, 2015, 295: 75–87.
- [9] Kindt M, Schneider T, Teketay D, Knoke T. Changes of ecosystem service values in response to land use/land cover dynamics in Munessa-Shashemene landscape of the Ethiopian highlands [J]. *Sci Total Environ*, 2016, 547(1) : 137–147.
- [10] Cruz-Garcia GS, Sachet E, Blundo-Canto G, Vanegas M, Quintero M. To what extent have the links between ecosystem services and human well-being been researched in Africa, Asia, and Latin America? [J]. *Ecosyst Serv*, 2017, 25: 201–212.
- [11] Roesch-McNally GE, Rabotyagov SS. Paying for forest ecosystem services: voluntary versus mandatory payments [J]. *J Environ Manage*, 2016, 57(3) : 585–600.
- [12] 缪建群, 孙松, 王志强, 黄国勤. 江西高天岩自然保护区生态系统服务功能价值评估 [J]. 生态学报, 2017, 37(19) : 6422–6430.
Miu JQ, Sun S, Wang ZQ, Huang GQ. Evaluating the ecosystem services of Gaotianyan Nature Reserve in Lianhua County, Jiangxi Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(19) : 6422–6430.
- [13] 张建亮, 钱者东, 徐网谷, 张慧, 王智. 国家级自然保护区生态系统格局十年变化(2000–2010年)评估 [J]. 生态学报, 2017, 37(23) : 8067–8076.
Zhang JL, Qian ZD, Xu WG, Zhang H, Wang Z. Ecosystem pattern variation from 2000 to 2010 in national reserves of China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(23) : 8067–8076.
- [14] 王静, 万红莲, 张翀. 2001年以来宝鸡地区植被覆盖时空演变及驱动力分析 [J]. 植物科学学报, 2018, 36(3) : 336–344.
Wang J, Wan HL, Zhang C. Analyzing the spatiotemporal evolution and driving force of vegetation cover in the Baoji area from 2001 [J]. *Plant Science Journal*, 2018, 36(3) : 336–344.
- [15] 马琪, 刘康, 涂纯, 贺成民, 袁家根. 2000–2010年西北部不同类型草地面积及其覆盖度变化 [J]. 植物科学学报, 2018, 36(1) : 54–64.
Ma Q, Liu K, Tu C, He JG. Changes in different grassland types and their vegetation coverage in northern Shanxi Province during 2000–2010 [J]. *Plant Science Journal*, 2018, 36(1) : 54–64.
- [16] 吴凯, 王晓琳, 刘培, 许怡. 三峡库区生态系统时空分布及其演替特征 [J]. 三峡生态环境监测, 2017, 2(4) : 1–9, 16.

- Wu K, Wang XL, Liu P, Xu Y. The tempo-spatial distribution and evolution of ecosystem in the Three Gorges Reservoir Area [J]. *Ecology and Environmental Monitoring of Three Gorges*, 2017, 2(4): 1–9, 16.
- [17] 杨凯悦, 王一凯, 李卓卿, 周汝良. 云南哈巴雪山生态系统时空变化分析 [J]. 福建林业科技, 2016, 43(1): 94–115.
- Yang KY, Wang YK, Li ZQ, Zhou RL. Spatial and temporal changes of ecosystem in Haba Mountain in Yunnan Province [J]. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2016, 43(1): 94–115.
- [18] 孔令桥, 张路, 郑华, 徐卫华, 肖燚, 欧阳志云. 长江流域生态系统格局演变及驱动力 [J]. 生态学报, 2018, 38(3): 741–749.
- Kong LQ, Zhang L, Zheng H, Xu WH, Xiao Y, Ouyang ZY. Driving forces behind ecosystem spatial changes in the Yangtze River Basin [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(3): 741–749.
- [19] Xu XB, Yang GS, Tan Y, Zhuang QL, Li HP, Wang RR, Zhang J. Ecological risk assessment of ecosystem services in the Taihu Lake Basin of China from 1985 to 2020 [J]. *Sci Total Environ*, 2016(554–555): 7–16.
- [20] 黄木易, 何翔. 巢湖流域土地景观格局变化及生态风险驱动力研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(5): 743–750.
- Huang MY, He X. Study on landscape pattern changes and driving forces of ecological risk in Chaohu Lake basin [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2016, 25(5): 743–750.
- [21] 商慧敏, 鄒敏, 李悦, 孔范龙, 王森. 胶州湾滨海湿地生态系统服务价值变化 [J]. 生态学报, 2018, 38(2): 421–431.
- Shang HM, Chi M, Li Y, Kong FL, Wang S. Evaluation of changes in the ecosystem services of Jiaozhou Bay coastal wetland [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(2): 421–431.
- [22] 刘胜涛, 高鹏, 刘潘伟, 牛香, 王兵. 泰山森林生态系统服务功能及其价值评估 [J]. 生态学报, 2017, 37(10): 3302–3310.
- Liu ST, Gao P, Liu PW, Niu X, Wang B. An ecosystem services assessment of Tai Mountain [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(2): 421–431.
- [23] 王丽群, 张志强, 李格, 马丰伟, 陈立欣. 北京边缘地区景观格局及对生态系统服务的影响评价: 以牛栏山-马坡镇为例 [J]. 生态学报, 2018, 38(3): 750–759.
- Wang LQ, Zhang ZQ, Li G, Ma FW, Chen LX. Landscape pattern changes in Beijing frinde area and its impact on ecosystem servoces: a case study in Niulanshan-Mapo Town [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(3): 750–759.
- [24] 张金龙. 恩施市森林生态系统服务价值评估及其时空变异分析 [D]. 恩施: 湖北民族学院, 2017.
- [25] 陈雅如, 肖文发, 冯源, 腾明君. 三峡库区 1992–2012 年森林景观格局演变研究 [J]. 林业科学研究, 2017, 30(4): 542–550.
- Chen YR, Xiao WF, Feng Y, Teng MJ. Evolution of forest landscape pattern in the Three Gorges Reservoir Area during 1992–2012 [J]. *Forest Research*, 2017, 30(4): 542–550.
- [26] 李全, 李腾, 杨明正, 应玮. 基于梯度分析的武汉市生态系统服务价值时空分异特征 [J]. 生态学报, 2017, 37(6): 2118–2125.
- Li Q, Li T, Yang MZ, Ying W. Spatiotemporal variation of ecosystem services value based gradient analysis in Wuhan: 2000–2010 [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(6): 2118–2125.
- [27] 周媛, 陈娟. 川西林盘景观格局变化及驱动力分析 [J]. 四川农业大学学报, 2017, 35(2): 241–250.
- Zhou Y, Chen J. Landscape pattern changes and its driving forces in the Linpan of western Sichuan [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2017, 35(2): 241–250.
- [28] 陆凤莲, 王新闻, 张合兵, 吴金汝, 焦海明. 1980–2015 年焦作矿区景观格局演变及驱动力分析 [J]. 水土保持研究, 2018, 25(4): 237–243.
- Lu FL, Wang XC, Zhang HB, Wu JR, Jiao HM. Landscape pattern changes and its driving force in Jiaozuo Mining Area from 1982 to 2015 [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2018, 25(4): 237–243.
- [29] 李琳. 厦门市土地利用变化及其驱动力分析 [J]. 地理空间信息, 2017, 15(2): 105–107.
- Li L. Analysis of land use changes and its driving force in Xiamen City [J]. *Geospatial Information*, 2017, 15(2): 105–107.
- [30] 冉风维, 罗志军, 章磊. 2000–2015 年南昌市土地利用变化及驱动力分析 [J]. 江西农业大学学报, 2017, 39(4): 834–842.
- Ran FW, Luo ZJ, Zhang L. An analysis of the changes in land use and their driving forces in Nanchang City from 2000–2015 [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2017, 39(4): 834–842.
- [31] 马丰伟, 王丽群, 李格, 陈立欣. 村镇尺度土地利用变化特征及人文驱动力分析 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2017, 53(6): 705–712.
- Ma FW, Wang LQ, Li G, Chen LX. Changes in village land use and human driving forces [J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science Edition)*, 2017, 53(6): 705–712.
- [32] 黄河仙, 罗岳平, 殷芙蓉, 易敏, 廖秀英, 等. 湖南省生态系统格局变化驱动力分析 [J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2015, 30(2): 60–67.
- Huang HX, Luo YP, Yin FR, Yi M, Liao XY, et al. Analysis on the driving forces of compositions and pattern changes of ecosystem in Hunan Province [J]. *Journal of Hunan University of Science & Technology (Natural Science Edition)*, 2015, 30(2): 60–67.
- [33] Liu JG, Li SX, Ouyang ZY, Tam C, Chen XD. Ecological and socioeconomic effects of China's policies for ecosystem services [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2008, 105(28): 9477–9482.