

三江平原流域湿地景观多样性及其 50 年变化研究

刘红玉, 吕宪国, 张世奎

(中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012)

摘要: 基于统一的湿地景观分类系统, 利用遥感和 GIS 技术, 选择两个典型流域为研究单元, 通过对比定量研究了 50 年来流域湿地景观多样性的变化过程; 分析了湿地景观多样性变化对生态系统多样性和群落多样性的影响以及与面积的关系; 探讨了流域地貌类型对湿地景观多样性形成的影响以及地貌多样性与湿地景观多样性之间的关系; 通过湿地多样性指数分析发现湿地景观多样性受人类影响的阶段性变化特征, 为流域湿地保护和退化生态系统的恢复提供定量分析依据。

关键词: 流域; 湿地景观多样性; 变化

Landscape biodiversity of wetlands and their changes in 50 years in watersheds of the Sanjiang Plain

LIU Hong-Yu, LU Xian-Guo, ZHANG Shi-Kui (Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Science, Changchun 10012, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(7): 1472~1479.

Abstract: Wetlands are among the most biodiversity richness areas in the world. Much research attention has been paid on community and species diversity rather than the landscape diversity and the relationships between landscape parameters and wetland biodiversity. In particular spatial changes of wetland areas and impacts of landscape changes on long-term wetland biodiversity have yet to be studied. Landscape diversity of any major wetland area has fundamental influences on the ecosystem diversities as well as the flora and fauna in terms of communities and species. Human -induced land use and land cover changes in wetland areas, such as hydrological engineering and conversion from wetland into agricultural practice, has significant impacts on biodiversities of wetlands. The Sanjiang Plain region has the largest wetland concentration in China. Located in the Northeastern China, it is home of many terrestrial and aquatic wildlife species and a globally significant hotspot for wetland biodiversity conservation. However, the Sanjiang Plain region has undergone several large-scale reclamations of agricultural development in the past years. In this study we applied multiple spatial data and information from remote sensing and historic maps, as well as geographic information system modeling and landscape ecological approaches to reveal the impacts of land cover change on wetland biodiversity. The research findings include: (1) The regional landscape types were characterized into 5 landscapes, 11 ecosystems, and 21 plant communities. The landscape diversity declined dramatically in the past 50 years after fragmentation and disappearing of the wetland areas. The ecosystem and community diversities were declined as the result of landscape changes. (2) The diversity index, which reflects the structural characteristics of wetland-dominated landscape and the process of diversity changes, declined dramatically between 1983 and 2000. Accompanying to this declined was the lost of marsh diversity. (3) The variations of diversity index reflect the difference of impacted landscape, ecosystems of wetlands and their intensity characters by human disturbance in spatial-temporal scales. Our study shows that the change of wet meadow

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要资助项目(KZCX2-SW-320); 中国科学院东北地理与农业生态研究所(NEIGAE, CAS)学科前沿领域资助项目(KZCX3-SW-NA)

收稿日期: 2003-10-24; **修订日期:** 2004-04-25

作者简介: 刘红玉(1963~), 副研究员, 主要从事湿地景观变化与环境效应研究。E-mail: Liuhongyu@mail.neigae.ac.cn

Foundation item: Research Priority Field Project of NEIGAE, CAS (No. KZCX3-SW-NA) and Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX2-SW-320)

Received date: 2003-10-24; **Accepted date:** 2004-04-25

Biography: LIU Hong-Yu, Associate professor, mainly engaged in wetland landscape change and environment effects. E-mail: Liuhongyu@mail.neigae.ac.cn

category started before 1965, especially after 1983, which coincident with the intensified human disturbance in period of 1983~2000 than 1950~1983. (4) There is a relationship between landscape diversity index and area of wetlands in watersheds, i. e., the larger of the wetland area, the higher of the diversity index of wetland. (5) There is a relationship between landscape diversity of wetland and geomorphology diversity in watershed, i. e., the higher the geomorphology diversity, the larger the landscape diversity index of wetland. (6) The changes of landscape diversity of wetlands in the past years in this study area influenced not only by agricultural development but also by human alterations of hydrological regime.

Key words: wetland; landscape diversity; change process; watershed scale

文章编号:1000-0933(2004)07-1472-08 中图分类号:Q149 文献标识码:A

景观多样性是指景观在结构、功能和时间变化方面的多样性,反映的是景观和生态系统类型的复杂性^[1]。景观多样性是决定生物的遗传多样性,物种多样性和生态系统多样性的基础。一般来讲,景观多样性越高,生态系统多样性越高,物种多样性和遗传多样性也越高。景观多样性在区域和景观尺度上构成了其它生物多样性的背景,并制约着其它层次生物多样性的时空格局及其变化过程^[2]。湿地是世界上生物多样性最为丰富地区之一,许多研究工作主要关注群落多样性和物种多样性研究而景观多样性研究以及景观多样性参数与湿地生物多样性关系研究则很少^[3],尤其是湿地面积的空间变化以及长时间尺度景观变化对湿地生物多样性的影响研究尚未进行。

本文选择三江平原典型流域为研究单元,研究湿地景观多样性特征,景观多样性与面积的关系,景观多样性与地貌类型多样性之间的关系,并选择景观多样性指数和优势度指数反映流域湿地景观多样性 50a 变化和人类活动的影响,揭示流域湿地多样性差异特征以及湿地景观多样性与人为干扰的影响关系,为进一步的湿地生物多样性变化研究提供科学依据,也为更好的保护湿地和湿地生物多样性服务。

1 研究方法

1.1 流域湿地景观分类系统的建立

为了反映研究区域湿地景观类型的多样性,并利用景观多样性指数进行定量化分析,同时检验景观多样性指数与景观分类系统详细程度的关系,反映景观多样性变化对生态系统多样性和群落多样性的影响,将湿地景观分类系统划分到 3 级植物群落类型。

该景观分类系统以湿地形成为主导,根据湿地的特征,综合反映湿地水文状况、地貌部位、以及植被等各自然要素相互联系、相互影响、相互制约的关系,在抓住制约湿地形成发育的主导因素基础上进行分类,以反映湿地的内在属性及其差异^[4]。

第 1 级为景观类型系统,共分 5 种景观类型。主要按湿地景观自然属性和积水条件的差异进行分类。包括开阔水域、草甸湿地、灌丛湿地、岛状林湿地和沼泽湿地五大类型。第 2 级为生态系统类型系统,共分 11 种湿地生态系统类型。主要是在景观类型系统基础上,以在相同的地貌条件下,景观的植被类型分异为划分依据。第 3 级为植物群落类型系统,共分 21 种。群落是对生态系统类型的进一步详细划分(表 1)。

1.2 流域湿地景观制图与 GIS 分析

选择三江平原典型流域挠力河流域代表山区-平原型流域,别拉洪河流域代表平原型流域,利用 GIS 技术对流域 1950 年(1935 年航空调查,1945 年编制的 1:10 万地形图)、1965 年(20 世纪 60 年代测绘编制的 1:20 万地形图)、1983 年(中国科学院长春地理研究所编制的国家“六五”攻关成果 1:20 万湿地植被图)图件进行景观制图;利用 2000 年 TM/ETM 遥感影像数据进行人工解译并结合野外详细的景观调查编制 2000 年湿地景观现状图。为使上述数据精度可靠,真实反映不同时期湿地景观和土地利用状况,制图中采用相同的景观分类系统、相同的地图投影和最小制图单元。将以上数据进行叠加分析和数据统计分析,研究湿地景观多样性的变化。

1.3 景观多样性变化研究

景观多样性包括类型多样性、格局多样性和斑块多样性^[5,6],通常利用景观多样性指数(H)和优势度指数(D)进行研究^[7]。景观多样性指数(H)的大小反映景观要素的多少和各景观要素所占比例的变化。当景观由单一要素构成时,景观是均质的,其多样性指数为 0;由两个以上要素构成的景观,当各景观类型所占比例相等时,其景观多样性为最高;各景观类型所占比例差异增大,则景观的多样性下降。

景观多样性的计算公式如下:

万方数据

$$H = - \sum_{k=1}^m (P_k) \log_2 (P_k)$$

式中, P_k 为 k 种景观类型占总面积的比, m 是研究区域景观类型的总数。

优势度指数 (D) 也是研究景观多样性的重要指标。优势度指数表示景观多样性对最大多样性的偏离程度, 或描述景观由少数几个主要景观类型控制的程度。优势度指数越大, 表明偏离程度越大, 即组成景观各景观类型所占比例差异大, 或者说一种或几种少数景观类型占优势; 优势度指数越小, 表明偏离程度越小, 即组成景观各景观类型所占比例差异相当, 或者说没有哪种景观类型占优势; 优势度为 0, 表示组成景观各种景观类型所占比例相等, 或景观完全均质, 即由一种景观类型构成。

优势度指数计算公式为:

$$D = H_{\max} + \sum_{K=1}^m (P_k) \log_2 (P_k)$$

或

$$D = H_{\max} - H$$

式中, $H_{\max} = \log_2(m)$, P_k 为 k 种景观类型占总面积的比, m 是研究区域景观类型的总数。 $H_{\max}$ 为研究区域内各类景观所占比例相等时的多样性指数, 即最大多样性指数。

表 1 三江平原湿地景观分类系统

Table 1 Wetland classification system in the Sanjiang Plain

一级 (I)	二级 (II)	三级 (III)
景观类型 Landscape type	生态系统类型 Ecosystem type	植物群落类型 Community type
开阔水域 Open water	河流 River	
	湖、泡 Pond	
草甸湿地 Wet meadow	草甸湿地 Wet meadow	小叶章群丛 Ass. <i>Deyeuxia angustifolia</i> 小叶章-苔草群丛 Ass. <i>Deyeuxia angustifolia</i> - <i>Carex</i> 小叶章-沼柳群丛 Ass. <i>Deyeuxia angustifolia</i> - <i>Salix brachypoda</i> 小叶章-芦苇群丛 Ass. <i>Deyeuxia angustifolia</i> - <i>Ph. australis</i> 小叶章-杂类草群丛 Ass. <i>Deyeuxia angustifolia</i> - <i>Calamagrostis epigeios</i> - <i>Hemarthria japonica</i>
沼泽 Marsh	毛果苔草沼泽 <i>Carex lasiocarpa</i> marsh	毛果苔草群丛 Ass. <i>Carex lasiocarpa</i> 毛果苔草-芦苇群丛 Ass. <i>Carex lasiocarpa</i> - <i>Ph. australis</i> 毛果苔草-乌拉苔草群丛 Ass. <i>Carex lasiocarpa</i> - <i>Carex meyeriana</i> 毛果苔草-漂筏群丛 Ass. <i>Carex lasiocarpa</i> - <i>Carex pseudocuraica</i>
	漂筏苔沼泽 <i>Carex pseudocuraica</i> marsh	漂筏苔草群丛 Ass. <i>Carex pseudocuraica</i> 漂筏苔草-大叶章群丛 Ass. <i>Carex pseudocuraica</i> - <i>Deyeuxia langsdorffii</i>
	甜茅沼泽 <i>Glyceria spiculosa</i> marsh	甜茅-毛果群丛 Ass. <i>Glyceria spiculosa</i> - <i>Carex lasiocarpa</i> 甜茅-漂筏群丛 Ass. <i>Glyceria spiculosa</i> - <i>Carex pseudocuraica</i>
	塔头苔草沼泽 <i>Carex meyeriana</i> marsh	灰脉苔草-小叶章群丛 Ass. <i>Carex appendiculata</i> - <i>Deyeuxia angustifolia</i> 乌拉苔草-灰脉苔草群丛 Ass. <i>Carex appendiculata</i> - <i>Carex meyeriana</i>
	芦苇沼泽 Reed marsh	乌拉苔草群丛 Ass. <i>Carex meyeriana</i> 芦苇群丛 <i>Ph. australis</i> 芦苇-小叶章群丛 <i>Ph. australis</i> - <i>Deyeuxia angustifolia</i>
灌丛湿地 Shrub wetland	灌丛湿地 Shrub wetland	灌丛群丛 Ass. <i>Alnus hirsute</i> - <i>Betula fruticosa</i> 丛桦-小叶章群丛 Ass. <i>Betula fruticosa</i> - <i>Deyeuxia angustifolia</i> 水冬瓜-丛桦群丛 Ass. <i>Alnus hirsute</i> - <i>Betula fruticosa</i>
岛状林湿地 Forest swamp	江心洲岛状林湿地 Forest swamp in river 平原岛状林湿地 Forest swamp in plain	

2 结果与分析

2.1 流域湿地景观多样性特征

挠力河流域是三江平原中最大的流域, 流域面积达 22630.43km²。该流域由山区和平原两部分组成, 其中山区部分占 31%, 平原部分占 69%。该流域平原部分属于洪积冲积平原, 形成大面积湿地。从表 2 中发现, 挠力河流域湿地景观在初始的 1950 年, 草甸湿地景观占主体地位(占流域面积的 38%), 并且类型多样, 包括 5 种生态系统类型。其次为沼泽湿地景观, 其面积占流域面积的 22%, 包括 4 种生态系统类型, 7 种沼泽植物群落类型, 并以毛果苔草沼泽占优势。该流域还包括呈小面积斑块分布的湖泊、灌丛湿地和岛状林湿地。这些类型湿地面积虽小但数量很大, 在 1950 年湖泊数量达 1011 个, 灌丛湿地达 103 块, 岛状林湿地为 162 块, 它们星罗棋布地镶嵌在大面积草甸湿地和沼泽湿地之中, 构成流域丰富多样的景观类型(彩版 I, 表 2)。

别拉洪河流域属于平原型流域, 流域面积为 4333.76km²。该流域地势平坦, 湿地面积大。在 1950 年湿地面积约占流域面积的 96%。湿地景观类型也丰富多样。其中沼泽湿地占优势地位, 面积约占流域的 49%; 主要以毛果苔草为主, 共包括 4 种毛果苔

草占优势的植物群落类型。其次为草甸湿地,面积占 33%;包括 5 种小叶章占优势的草甸植物群落类型。沼泽和草甸湿地在该流域均呈大面积连续分布状态。另外该流域还发育塔头苔草沼泽,包括 3 种植物群落类型。与挠力河流域相似,该流域也广泛分布各种湖泊、灌丛和岛状林湿地景观类型,它们镶嵌在草甸和沼泽景观中共同构成流域湿地景观类型的多样性特征(彩版 I,表 3)。

表 2 挠力河流域湿地景观类型及其变化

Table 2 Landscape types of wetlands and their changes in Naoli River Watershed				
景观类型 Landscape types	面积 Area (km ²) / 斑块数 Patch number			
	1950	1965	1983	2000
开阔水域 Open water	7 6.93/1012	55.15/885	38.84/245	23.92/44
河流 River	21.56/1	21.56/1	21.42/1	21.12/1
湖、泡 Pond	55.38/1011	33.59/920	17.42/244	2.80/43
草甸湿地 Wet meadow	8539.66/107	3616.47/122	1119.04/166	1682.76/2747
小叶章群丛 Ass. <i>Deyeuxia angustifolia</i>	311.01/33	311.01/33	175.75/5	163.51/208
小叶章-苔草群丛 Ass. <i>Deyeuxia angustifolia-Carex</i>	2399.48/73	1618.19/73	607.13/56	540.10/342
小叶章-沼柳群丛 Ass. <i>Deyeuxia angustifolia-Salix brachypoda</i>	5420.73/47	1280.51/36	130.45/6	113.07/55
小叶章-芦苇群丛 Ass. <i>Deyeuxia angustifolia-Ph. australis</i>	362.50/4	360.83/4	137.62/8	118.05/4
小叶章-杂类草群丛 Ass. <i>Deyeuxia angustifolia-Calamagrostis epigeios-Hemarthria japonica- Ph. australis</i>	45.94/2	45.94/2	68.09/85	748.04/2280
沼泽 Marsh	5022.86/22	5022.86/22	3609.26/38	93.36/3
毛果苔草沼泽 <i>Carax lasiocarpa</i> marsh	2252.05/51	2252.05/51	1763.59 /24	0
毛果苔草群丛 Ass. <i>Carex lasiocarpa</i>	961.79/31	961.79/31	1686.64/23	0
毛果苔草-芦苇群丛 Ass. <i>Carex lasiocarpa- Ph. australis</i>	1290.27/20	1290.27/20	77.29/1	0
漂筏苔草沼泽 <i>Carex pseudocuraica</i> marsh	933.35/1	933.35/1	691.93/1	0
甜茅沼泽 <i>Glyceria spiculosa</i> marsh	1056.22 /3	1056.22 /3	443.53/4	0
甜茅-毛果群丛 Ass. <i>Glyceria spiculosa-Carex lasiocarpa</i>	68.99/3	68.99/3	222.03/1	0
甜茅-漂筏群丛 Ass. <i>Glyceria spiculosa-Carex pseudocuraica</i>	987.23/1	987.23/1	221.50/1	0
芦苇沼泽 Reed marsh	781.23/7	781.23/7	710.2/9	93.36/3
芦苇群丛 <i>Ph. australis</i>	156.23/4	156.23/4	201.54/6	0
芦苇-小叶章群丛 <i>Ph. australis - Deyeuxia angustifolia</i>	625.0/4	625.0/4	508.66/3	93.36/3
灌丛湿地 Shrub wetland	785.37/103	786.46/109	345.77/39	28.84/98
灌丛群丛 Ass. <i>Alnus hirsute-Betula fruticosa</i>	235.59/79	235.59/79	345.77/39	28.84/98
丛桦-小叶章群丛 Ass. <i>Betula fruticosa - Deyeuxia angustifolia</i>	549.78/47	550.87/47	0	0
岛状林湿地 Forest swamp	206.71/162	2 06.71/162	92.35/56	24.73/18
江心洲岛状林湿地 Forest swamp in River	1.49/2	1.49/2	1.49/2	1.49/2
平原岛状林湿地 Forest swamp in Plain	205.22/160	205.22/160	90.86/54	23.23/16
合计 Total	14631.53/20	9687.64/24	5205.26/185	1853.62/2866

2.2 流域湿地景观多样性的形成机制

2.2.1 流域湿地景观多样性与地貌类型多样性的关系 在同一流域,湿地景观类型的形成与地貌类型极其相关。研究表明,挠力河流域平原部分和别拉洪河流域在地貌类型构成上差异不明显,均由高低河漫滩、河流阶地构成流域地貌主体,其它如自然堤、迂回扇、微高地、洼地等微地貌类型构成了流域地貌类型的复杂性特征。但由于构成流域地貌类型结构的差异性,决定了流域中发育的湿地景观类型在结构上的差异。如构成挠力河流域的主体地貌类型是高河漫滩、河流阶地、河流高阶地和冲积洪积平原等高地地貌类型(占流域 35.95%),形成的优势湿地景观类型为草甸湿地景观;而构成别拉洪河流域主体地貌类型是洼地、古河道洼地等低地地貌类型(占流域 39.32%),形成的优势湿地景观类型为沼泽湿地景观。而广大的低河漫滩和河曲带构成了挠力河流域次级地貌类型,形成了广大的沼泽景观;河流阶地构成了别拉洪河流域的次级地貌类型,形成的湿地景观类型为草甸湿地景观。其它微地貌类型主要形成灌丛湿地、岛状林湿地和湖泊等小斑块湿地景观类型。这些由流域地貌类型结构的差异性决定的流域湿地景观结构的差异性特征如表 4 和彩版 II 所示。

对两流域地貌类型进行多样性指数计算表明,挠力河流域地貌多样性指数为 2.2197,别拉洪河流域地貌多样性指数高于挠力河流域为 2.4286;而挠力河流域湿地景观多样性指数为 1.337,别拉洪河流域湿地景观多样性指数也高于挠力河流域为 1.835。表明流域地貌多样性指数越高,湿地景观多样性越高;反之,流域地貌多样性指数越低,湿地景观多样性越低。

2.2.2 流域湿地景观多样性与水文情势关系 流域内以及流域之间湿地景观多样性的差异还受控于流域水文条件的影响。挠力河流域由于构成山区的河流短小而多,汇集到 中下游平原区域的水量大,水流急,地形梯度明显而表现为水文情势变化大的

表 3 别拉洪河流域湿地景观类型及其变化

Table 3 Landscape types of wetlands and their changes in Bielahong River Watershed				
景观类型 Landscape types	面积 Area (km ²)/斑块数 Patch number			
	1950	1965	1983	2000
开阔水域 Open water	15.53/281	15.53/281	13.86/121	9.88/6
河流 River	9.47/2	9.47/2	9.47/2	9.47/2
湖、泡 Pond	6.06/279	6.06/279	4.39/119	0.41/4
草甸湿地 Wet meadow	1446.54 /17	1260.50/17	1304.23/263	986.14/2098
小叶章群丛 Ass. <i>Deyeuxia angustifolia</i>	200.04/3	200.04/3	65.70/1	0
小叶章-苔草群丛	344.72/3	344.72/3	763.33/28	319.64/143
Ass. <i>Deyeuxia angustifolia</i> - <i>Carex</i>				
小叶章-沼柳群丛	606.42/16	420.39/13	207.92/9	8.07/48
Ass. <i>Deyeuxia angustifolia</i> - <i>Salix brachypoda</i>				
小叶章-芦苇群丛	292.83/3	292.83/3	213.52/3	12.31/4
Ass. <i>Deyeuxia angustifolia</i> - <i>Ph. australis</i>				
小叶章-杂类草群丛	2.53/3	2.53/3	53.77/220	646.122/1931
Ass. <i>Deyeuxia angustifolia</i> - <i>Calamagrostis epigeios</i> - <i>Hemarthria japonica</i> - <i>Ph. australis</i>				
沼泽 Marsh	2127.65/27	2127.65/227	1208.4845	0
毛果苔草沼泽 <i>Carax lasiocarpa</i> marsh	2024.35/37	2024.35/37	1179.77 /54	0
毛果苔草群丛 Ass. <i>Carex lasiocarpa</i>	1681.3/24	1681.3/24	1004.57/51	0
毛果苔草-芦苇群丛 Ass. <i>Carex lasiocarpa</i> - <i>Ph. australis</i>	117.25/8	117.25/8	11.99/1	0
毛果苔草-漂筏苔草群丛	141.09/2	141.09/2	109.51/1	0
Ass. <i>Carex lasiocarpa</i> - <i>Carex pseudocuraica</i>				
毛果苔草-乌拉苔草群丛	84.71/6	84.71/6	53.70/1	0
Ass. <i>Carex lasiocarpa</i> - <i>Carex meyeriana</i>				
塔头苔草沼泽 <i>Carex meyeriana</i> marsh	103.30/13	103.30/13	28.71/12	0
乌拉苔草群丛 Ass. <i>Carex meyeriana</i>	14.34/8	14.34/8	0	0
乌拉苔草-灰脉苔草群丛	49.24/3	49.24/3	0	0
Ass. <i>Carex appendiculata</i> - <i>Carex meyerian</i>				
灰脉苔草-小叶章群丛	39.72/2	39.72/2	28.71/12	0
Ass. <i>Carex appendiculata</i> - <i>Deyeuxia angustifolia</i>				
灌丛湿地 Shrub wetland	400.71/43	404.41/43	343.52/36	21.56/84
灌丛群丛 Ass. <i>Alnus hirsute</i> - <i>Betula fruticosa</i>	178.07/32	178.07/32	276.51/29	21.56/84
丛桦-小叶章群丛	105.97/2	105.97/2	17.23/3	0
Ass. <i>Betula fruticosa</i> - <i>Deyeuxia angustifolia</i>				
水冬瓜-丛桦群丛 Ass. <i>Alnus hirsute</i> - <i>Betula fruticosa</i>	116.67/12	120.37 /10	49.77/8	0
岛状林湿地 Forest swamp	166.87/65	124.63/65	41.82/19	9.81/5
合计 Total	4157.29/8	3932.70/19	2911.91/218	1091.24/2455

表 4 三江平原流域地貌类型结构特征与湿地景观类型的关系

Table 4 The structure of geomorphology type and their relationship with types of wetland landscape in Watersheds of the Sanjiang Plain				
地貌类型 Geomorphology	挠力河流域 面积 Area(%)	别拉洪河流域 面积 Area(%)	挠力河流域 湿地景观类型 Landscape types of Naoli River	别拉洪河流域 湿地景观类型 Landscape types of Bielahong River
自然堤 Bank	0.03	0.85	岛状林湿地 Forest swamp	岛状林湿地 Forest swamp
迂回扇 Fan	0.20	0.11	岛状林湿地 Forest swamp	岛状林湿地 Forest swamp
微高地 Micro-highland	0.08	0.28	草甸湿地 Wet meadow	岛状林湿地 Forest swamp
河曲带 Meandering river zone	6.32		沼泽 Marsh	
低河漫滩 Low flood plain	20.75	10.45	沼泽 Marsh	沼泽 Marsh
古河道洼地 Paleochannels depression	0.06	17.75	沼泽 Marsh	沼泽 Marsh
洼地 Depression	1.54	21.47	沼泽 Marsh /湖泊 Pond	沼泽 Marsh/湖泊 Pond
高河漫滩 High flood Plain	13.33	3.04	草甸湿地 Wet meadow	草甸湿地 Wet meadow
河流阶地 River Terrace	7.30	31.24	草甸湿地 Wet meadow	草甸湿地 Wet meadow/沼泽
河流高阶地 River high terrace	7.73	6.71	草甸湿地 Wet meadow	灌丛湿地 Shrub wetland
冲积洪积平原 Alluvial Plain	7.59	1.87	草甸湿地 Wet meadow/灌丛湿地 Shrub wetland	沼泽 Marsh
山间河谷平原 Valley plain	6.08		灌丛湿地 Shrub wetland	

特征,形成的沼泽湿地景观类型比较丰富,主要为毛果苔草沼泽、漂筏苔草沼泽、芦苇沼泽和甜茅沼泽;而各沼泽植物群落类型则较少。别拉洪河流域由于地形梯度特征不明显,河流在上游是由洼地连接而成,到中下游才积水汇集成河流,且水流极其缓慢,水量主要靠大气降水补给而表现为水文情势变化不大的特征,形成的湿地景观类型少(仅有毛果苔草和塔头苔草沼泽)但植物群落类型较为丰富多样,如毛果苔草沼泽由四种群落类型构成。可见水文情势的差异性是湿地生态系统和群落类型分异的主要因素。

2.3 流域湿地景观多样性变化过程

2.3.1 流域湿地景观类型及其变化 随着人类活动的干扰,流域湿地景观类型的多样性发生很大变化。从表2和表3发现,挠力河流域到1983年丛桦-小叶章群落已经丧失,到2000年丧失的湿地景观类型增加到3个生态系统类型和7个群落类型,主要是毛果苔草沼泽、漂筏苔草沼泽和甜茅沼泽中的各类群落,芦苇群落也消失,剩余的湿地类型主要是各类型草甸湿地、灌丛湿地和岛状林湿地。与挠力河流域相似,别拉洪河流域各类湿地到2000年减少了10个群落,其中原有的沼泽各类景观完全丧失。

从构成各类型湿地景观和生态系统的面积和斑块数量变化来看,各流域沼泽、湖泊、灌丛湿地和岛状林湿地面积变化发生在草甸湿地变化之后,说明草甸湿地最先受到人类干扰的影响,而其它湿地景观受影响的年限发生在1965年之后,尤其是1983~2000年期间变化最大、受影响最显著。从湿地景观斑块数量变化来看,小斑块类型的湿地(湖泊、岛状林湿地和灌丛湿地)数量不断减少,而大斑块湿地(沼泽和草甸湿地)斑块数量却不断增加,反映了小斑块类型湿地以数量丧失为主,大斑块类型湿地则以破碎化为主。如挠力河流域湖泊数量从1950年到2000年数量丧失了96%,岛状林湿地丧失了89%;而草甸湿地数量增加为原来的26倍面积却减少了80%;沼泽湿地斑块数量在1983年之前增加了1.7倍,到2000年只剩下3块,面积丧失率达98%,说明沼泽湿地经历了一个先破碎后丧失的过程。别拉洪河流域湖泊丧失率为98%,岛状林湿地为92%;草甸湿地斑块数量增加主要发生在1983年以后,增加了123倍,面积则减少了32%;沼泽湿地斑块数量随面积的减少而先增加后丧失。

2.3.2 流域湿地景观多样性指数分析 对两流域湿地景观进行多样性指数和优势度指数计算分析发现,在初始阶段平原型流域-别拉洪河流域的湿地景观多样性高于山区-平原型流域-挠力河流域,其中各类型湿地景观多样性又表现出差异性。挠力河流域沼泽和岛状林湿地景观多样性高于别拉洪河流域,草甸湿地、灌丛湿地和开阔水域的景观多样性则低于别拉洪河流域;而沼泽景观中挠力河流域中的毛果苔草景观多样性高于别拉洪河流域,而塔头苔草沼泽多样性则表现为别拉洪河流域占优势。现状(2000年)阶段则相反,即别拉洪河流域湿地景观多样性指数小于挠力河流域,并且各湿地景观类型多样性均小于挠力河流域,说明了别拉洪河流域湿地景观变化强度大于挠力河流域(表5)。

表5 三江平原湿地景观多样性及其变化

Table 5 Landscape diversity of wetlands and their changes in watershed of the Sanjiang Plain								
景观类型 Landscape type	1950		1965		1983		2000	
	H	D	H	D	H	D	H	D
挠力河流域 Naoli River watershed								
湿地 Wetland	1.337	1.986	1.477	0.855	1.259	1.063	0.713	1.609
开阔水域 Open water	0.856	0.144	0.966	0.034	0.992	0.008	0.523	0.477
沼泽 Marsh	1.861	0.461	1.861	0.461	1.334	0.989	0	0
毛果苔草沼泽 <i>Carax lasiocarpa</i> marsh	0.985	1.015	0.985	1.015	0.114	1.886	0	0
漂筏苔草沼泽 <i>Carex pseudocuraica</i> marsh	0	0	0	0	0	0	0	0
甜茅沼泽 <i>Glyceria spiculosa</i> marsh	0.348	0.652	0.348	0.652	1.0	0	0	0
芦苇沼泽 Reed marsh	0.722	0.278	0.722	0.278	0.861	0.239	0	0
草甸湿地 Wet meadow	1.287	1.035	1.776	0.546	1.593	0.407	1.119	0.881
灌丛湿地 Shrub wetland	0.882	0.118	0.882	0.118	0	0	0	0
岛状林湿地 Forest swamp	0.063	0.937	0.063	0.937	0.127	0.877	0.329	0.671
别拉洪河流域 Bielahong River watershed								
湿地 Wetland	1.835	0.487	1.533	0.789	1.535	0.785	0.301	2.021
开阔水域 Open water	0.965	0.035	0.965	0.035	0.901	0.199	0.249	0.751
沼泽 Marsh	0.28	0.72	0.28	0.72	0.162	0.838	0	0
毛果苔草沼泽 <i>Carax lasiocarpa</i> marsh	0.920	1.080	0.920	1.080	0.786	1.214	0	0
塔头苔草沼泽 <i>Carex meyeriana</i> marsh	1.435	0.150	1.435	0.15	0	0	0	0
草甸湿地 Wet meadow	1.896	0.427	1.969	0.354	1.709	0.613	1.062	0.938
灌丛湿地 Shrub wetland	1.526	0.059	1.548	0.027	0.772	0.813	0	0
岛状林湿地 Forest swamp	0	0	0	0	0	0	0	0

不同时段景观多样性指数的变化在两流域也表现出不同特征。在挠力河流域湿地景观多样性从1950年到1965年开始增加,以后逐渐减少,到2000年为最小;从优势度指数看,1950年优势度指数最高,到1965年则减少,而后开始增加,到2000年增加幅度很大。而别拉洪河流域湿地景观多样性指数从1950年到1983年呈减少趋势,但减少幅度很小,到2000年减少幅度为最大;这期间优势度指数则不断增加,到2000年增加最大。可见不同流域不同时段湿地景观多样性指数能够对变化做出反映。但究竟这种变化过程是怎样发生的,还必须从下级更为详细的景观和生态系统中得到反映。通过对表5数据中的草甸湿地和沼泽进一步分析发现,两流域草甸湿地景观多样性指数最先发生变化,并且都经历了一个从1950年到1965年增加而后逐渐减少的过程,说明草甸湿地景观多样性在流域中最早受到人类活动影响而不断变化;沼泽景观在1965年之前多样性指数没有变化,在1965年之后逐渐减少,到2000年多样性指数为0,说明沼泽景观多样性在流域中受影响要在草甸湿地之后,而受影响的主要年限在1983年和2000年之间,并且受影响的程度要比草甸湿地大。

表 5 数据也显示了流域湿地景观多样性变化对生态系统多样性变化和群落多样性变化产生影响。随着湿地景观多样性降低,生态系统多样性和群落多样性也降低,两者变化反映最为敏感。如两流域各沼泽湿地生态系统多样性在 2000 年均变化为 0,说明各群落类型趋于单一化或完全丧失。

2.3.3 流域湿地面积与景观多样性指数关系分析 以上分析表明,自 1950 年到 2000 年湿地景观面积和多样性均发生巨大变化。为了揭示流域内湿地面积与景观多样性关系,将流域内湿地总面积与湿地景观多样性指数、草甸湿地景观多样性指数以及沼泽景观多样性指数进行相关分析,发现两流域湿地总面积与湿地景观多样性呈正相关关系,其中挠力河流域湿地总面积与沼泽景观多样性相关性很好,而别拉洪河流域湿地总面积与草甸湿地景观多样性相关性好于与沼泽的相关性(图 1)。两流域沼泽面积与沼泽景观多样性呈非常好的正相关,相关系数达 90% 以上,说明沼泽景观多样性受面积影响最明显,并且当面积小到一定程度时,景观多样性丧失(图 2)。

2.4 流域湿地景观多样性变化的主导影响因素

2.4.1 历史时期土地开发活动与湿地景观变化 研究表明湿地景观变化与流域历史时期的土地开发活动密切相关[8],但各流域耕地面积变化发生的年代不同,图 3 显示了流域湿地面积和耕地面积的变化过程。其中挠力河流域由于拥有大面积山前倾斜平原,历史上开发较早,耕地变化主要发生在 1965 年以后,到 2000 年耕地面积增加为建国初期的 13 倍,而湿地面积丧失了 87%;别拉洪河流域由于位于三江平原腹地的低洼地带而难于开发,开发的年代较晚,主要在 1983 年以后,但开发强度大,耕地扩大速度快,到 2000 年耕地面积扩大了 48 倍,而湿地面积丧失了 75%。两流域首先开发的湿地类型是季节性积水的草甸湿地,灌丛湿地和岛状林湿地,然后才是常年积水的沼泽湿地。丧失的湿地面积 98% 直接转化为耕地,2% 转化为其它用地。湿地面积的大量丧失导致了各类型湿地景观面积的减少和破碎化,是影响流域景观多样性变化的主要因素。

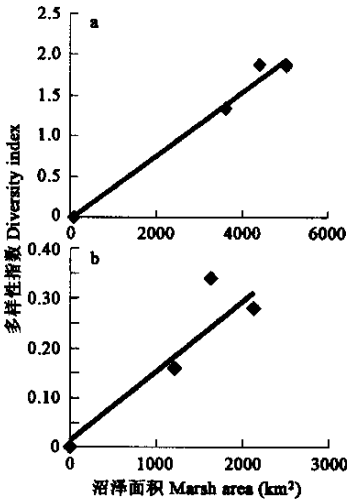


图 2 沼泽面积与沼泽景观多样性指数的关系

Fig. 4 The relationship between area of marsh and its diversity index

a 挠力河流域 Naoli River watershed; b 别拉洪河流域 Bielalong River watershed

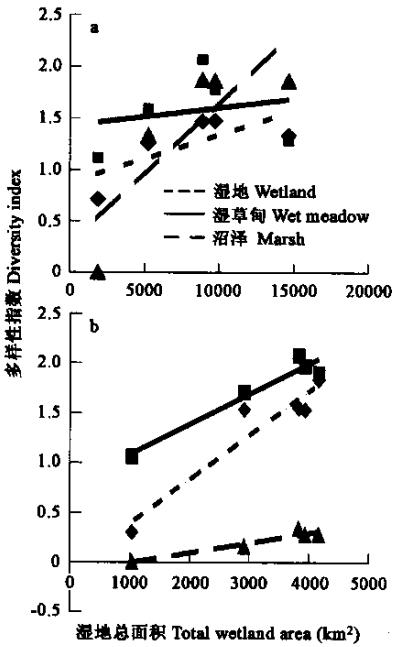


图 1 湿地面积与景观多样性指数的关系

Fig. 1 The relationship between area of wetlands and diversity index

a 挠力河流域 Naoli River watershed; b 别拉洪河流域 Bielalong River watershed

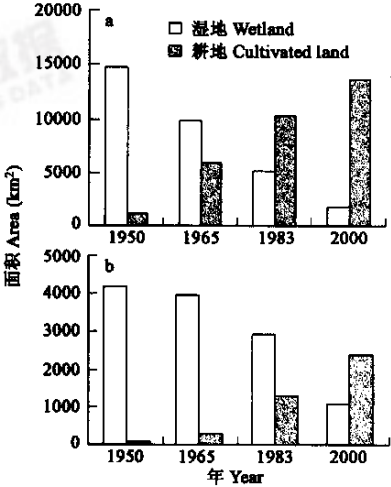


图 3 三江平原流域湿地与耕地面积变化

Fig. 3 Changes in cultivated lands and wetlands in watersheds of the Sanjiang Plain

a 挠力河流域 Naoli River Watershed; b 别拉洪河流域 Bielalong River Watershed

2.4.2 水文情势的人为改变与湿地景观变化 以上分析表明 1983~2000 年是湿地景观多样性变化最为显著的阶段,沼泽湿地多样性的丧失也发生在这一阶段。原因是 1983 年以后,国家进入经济迅速发展时期,湿地开垦活动又进入新的高潮。为了开垦沼泽湿地,国家投入大量资金进行水利工程建设。到 2000 年挠力河流域修建大小水库 42 座,河流堤防 879km,排灌水渠 3474 条、长达 6248km;别拉洪河流域由于修建排水干渠,已将原来完整的一个流域改变成两个小流域,共建水渠 1385 条,长达 2445km。这些水利工程建设改变了原有的湿地水文情势,对湿地景观和生态系统产生巨大影响,已经导致湿地生态系统的退化和演替^[8,9]。研究显示,这期间挠力河流域由沼泽退化为草甸湿地的面积占现有湿地面积的 91%,别拉洪河流域由沼泽退化为草甸湿地的面积占 96%,可见流域水文情势的变化是湿地景观多样性变化的又一主要影响因素。

3 结 语

本文以三江平原典型流域为研究单元,从建国初期的 50 年代开始,以四期数据为基础,较详细的分析了两流域湿地景观多样性特征和景观多样性变化过程,揭示了景观多样性研究受景观分类系统的影响,景观分类越详细,景观多样性指数越能对景观和生态系统类型变化做出敏感的反映。研究结果表明,在详细进行景观分类的基础上,利用景观多样性指数能够正确评价流域湿地景观多样性构成特征与差异性,能够反映流域人类活动干扰的差异性和干扰强度。

本研究也揭示了湿地景观多样性的形成机制与地貌类型多样性极其相关;流域地貌类型结构决定了湿地景观的结构特征,且地貌多样性指数越高,湿地景观多样性指数越大;湿地景观多样性指数还与湿地景观面积呈正相关的关系,即流域湿地面积越大,景观多样性越高。研究还表明湿地景观多样性在流域间的差异性还受水文情势的影响和制约,水文情势变化大的流域,沼泽景观多样性高,但各类型沼泽生态系统多样性较低;而水文情势较稳定的流域沼泽景观多样性较低而各沼泽生态系统多样性较高。本文还分析了导致湿地景观多样性变化的主要影响因素是土地开发和水文情势的人为改变共同作用的结果,而不同时段这两因素作用强度表现出差异性特征。

所以,景观多样性指数不仅能反映景观多样性变化过程,也能反映与地貌类型多样性、与湿地景观面积大小的关系,同时还对导致湿地景观多样性变化的人类活动影响做出反映,而湿地景观分类系统越详细,反映越敏感和具体。

References:

[1] Li X W, Hu Y M, Xiao D N. Landscape ecology and biodiversity conservation. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(3): 399~407.

[2] Fu B J, Chen L D, Ma K M, *et al.* *Principle and Application of Landscape Ecology*, Beijing: Science Press, 2001. 126~130.

[3] Ma K M, Fu B J. Measurement of Biodiversity: affinity analysis of pattern diversity. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, **18**(1):10~15.

[4] Liu H Y, Lu X G. A study on classification system of wetland landscape mapping in the Sanjiang Plain. *Scientia Geographica Sinica*, 1999, **19**(5): 432~435.

[5] Xiao D N. Index system of landscape spatial structure and methods. In : Xiao D N. *Theory, method and application of landscape ecology*. Beijing: China Forestry Publishing House,1991. 92~98.

[6] Li F. A comparative researches on landscape diversity changes in two typical desertification areas-impacts of landscape matrices. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(9): 1507~1511.

[7] Chui B S, Liu X T. An analysis on ecological character changes of wetlands of Naolihe Drainage Basin in the Sanjiang Plain. *Journal of Natural Resources*, 2001,**16**(2): 107~114.

[8] Liu H Y, Zhang S K, LU X G. Processes of Wetland landscape Changes in Naoli River Basin Since 1980's of 20 Century. *Journal of Natural Resources*, 2002,**17**(6): 698~706.

[9] Fu B J. Landscape diversity analysis and mapping. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, **15**(4) :345~350

参考文献:

[1] 李晓文,胡远满,肖笃宁. 景观生态学与生物多样性保护. 生态学报,1999, **19**(3): 399~407.

[2] 傅伯杰,陈立顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用,北京: 科学出版社,2001. 126~130.

[3] 马克明,傅伯杰. 景观多样性测度: 格局多样性的亲和度分析. 生态学报,1998, **18**(1):10~15.

[4] 刘红玉,吕宪国. 三江平原湿地景观生态制图分类系统研究. 地理科学, 1999, **19**(5): 432~435.

[5] 李锋. 两个典型荒漠化地区景观多样性的比较——景观基质的影响. 生态学报, 2002, **22**(9) :1507~1511.

[6] 傅伯杰. 景观多样性分析及其制图研究. 生态学报, 1995, **15**(4) :345~350.

[7] 肖笃宁. 景观空间结构的指标体系和研究方法. 见:肖笃宁主编. 景观生态学理论、方法和应用. 北京: 中国林业出版社, 1991. 92~98.

[8] 刘红玉,张世奎,吕宪国. 20 世纪 80 年代以来挠力河流域湿地景观变化过程研究. 自然资源学报, 2002,**17**(6):698~706.

[9] 崔保山,刘红玉. 三江平原挠力河流域湿地生态特征变化研究. 自然资源学报, 2001, **16**(2): 107~114.

刘红玉，等：三江平原流域湿地景观多样性及其 50 年变化研究

LIU Hong-Yu, *et al*: Landscape biodiversity of wetlands and their changes in 50 years in watersheds of the Sanjiang Plain

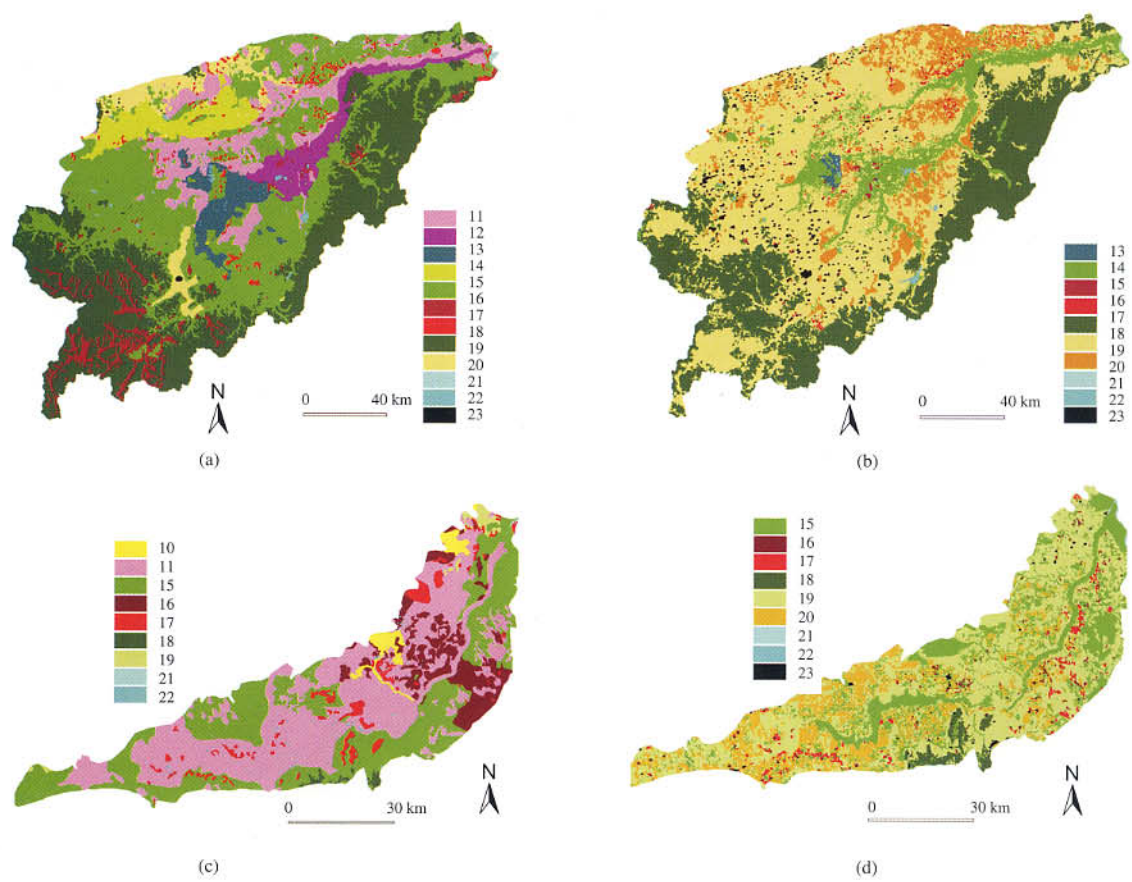


图 I 三江平原流域土地利用 / 湿地景观分布图
Plate I Distribution map of land use / cover in watersheds of the Sanjiang Plain

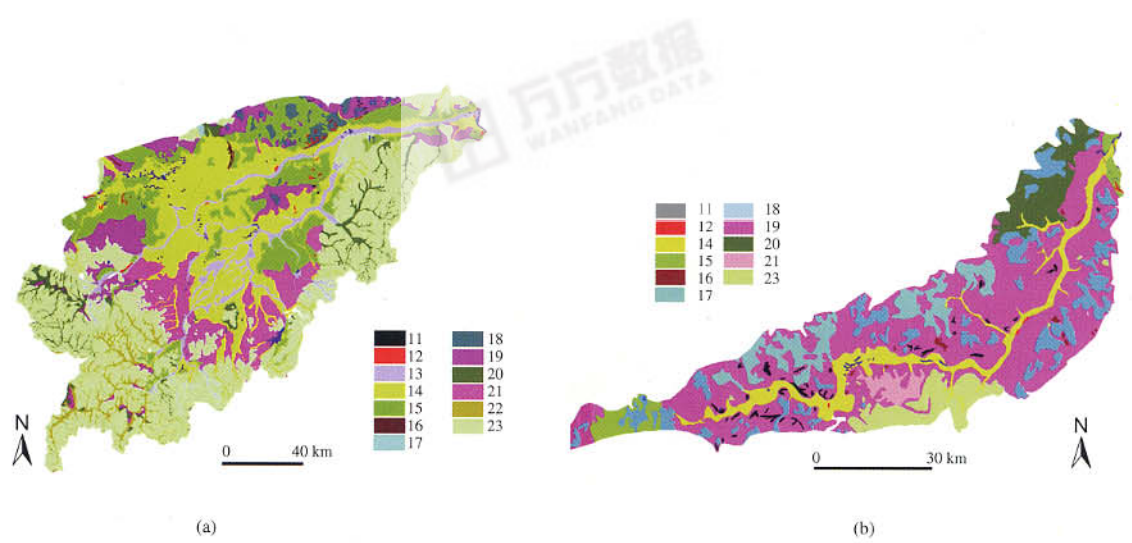


图 II 三江平原流域地貌类型图
Plate II Geomorphologic in watersheds of the Sanjiang Plain