

# 洪河自然保护区典型湿地植物群落 组成及物种多样性梯度变化

娄彦景<sup>1,2</sup>, 赵魁义<sup>1,\*</sup>, 马克平<sup>3</sup>

(1 中国科学院东北地理与农业生态研究所湿地生态与环境重点实验室, 长春 130012 2 中国科学院研究生院, 北京 100049;  
3 中国科学院植物研究所植被数量生态重点实验室, 北京 100093)

**摘要:** 以洪河自然保护区两类典型湿地——河漫滩湿地与碟形洼地湿地的植物群落为研究对象, 探讨其物种组成及物种多样性的梯度变化规律。结果表明, 由沼泽至岛状林的梯度上: (1) 各群落建群种、优势种和伴生种的种类及其优势度, 地表覆盖藓类等组成特征均变化明显; (2) 群落的物种丰富度呈逐渐增加格局, 丰富度指数分别为 26、41、51、68 和 82; (3) 群落的  $\alpha$  多样性的变化格局与丰富度格局不太一致, Shannon-Wiener 多样性与 Pielou 均匀度的变化格局基本一致, 呈不规则“N”型格局, Simpson 优势度的变化格局正好与它们相反, 呈不规则倒“N”型格局; 上述格局的两个“拐点”出现在沼泽化草甸群落和湿草甸群落中; (4) 群落的  $\beta$  多样性——相异性系数和 Cody 指数均呈先降后升的格局, 二者的最小值出现在沼泽化草甸群落和湿草甸群落之间, 最大值出现在灌丛草甸和岛状林群落之间; 研究认为, 典型湿地植物群落物种组成和物种丰富度的梯度变化主要于生境的变化有关,  $\alpha$  多样性的变化格局主要与生境的变化和优势种的生物学特性有关,  $\beta$  多样性的格局的原因比较复杂, 尚需进一步探讨。

**关键词:** 物种多样性; 群落组成; 典型湿地; 洪河自然保护区

文章编号: 1000-0933(2007)09-3883-09 中图分类号: Q145; Q16; Q948 文献标识码: A

## Change in floristic composition and species diversity of plant community along environment gradient in Honghe National Nature Reserve, China

LOU Yan-Jing<sup>1,2</sup>, ZHAO Kui-Yi<sup>1,\*</sup>, MA Ke-Ping<sup>3</sup>

1 Institute of Northeast Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

*Acta Ecologica Sinica* 2007, 27(9): 3883~3891

**Abstract** As one of the largest wetland distributed regions in China, The Sanjiang Plain is a globally significant hotspot for wetland biodiversity conservation. However, during the past fifty years, it experienced extensive wetlands loss and degradation, which has directly threatened the regional biodiversity. While knowledge of the structure and function of local wetlands remains poor. In order to protect wetland and its biodiversity more effectively, there is clearly a need for information of basic wetland structure and function. It is, however, evident from the literature on Sanjiang Plain wetlands that there were no attempts to explore plant community composition and diversity along environment gradient in local

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(403001); 东北地理所湿地与环境重点实验室资助项目

收稿日期: 2006-04-05 修订日期: 2007-06-20

作者简介: 娄彦景(1980-), 女, 河南周口人, 博士, 主要从事湿地植物多样性研究. E-mail: louyj@neigae.ac.cn

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: Zhaokuiyi@mail.neigae.ac.cn

**Foundation item:** The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 403001); the Research of Key Lab of Wetland Ecology and Environment, NEIGAE, CAS

**Received date:** 2006-04-05; **Accepted date:** 2007-06-20

**Biography:** LOU Yan-Jing, Ph. D. mainly engaged in wetland plant diversity. E-mail: louyj@neigae.ac.cn

<http://www.ecologica.cn>

wetland Honghe National Nature Reserve (HNNR), an epitome of the Sanjiang Plain has been selected to carry out this study to increase these understandings. This study confirmed two typical wetland, the floodplain wetland and the circled depression. Within each typical wetland, five communities from central marsh to peripheral island forest wetland were distinctly identified along the environmental gradient. The analysis results from aforesaid gradients showed: (1) there exist visible changes in the community composite, including the constructive species and dominant species, companion species and their dominance, and bryophyte species of each community; (2) the species richness gradually increases, the index is 26, 41, 51, 68 and 82 respectively; (3) Alpha diversity has a different fashion compared with species richness, the evenness and Shannon-Winner diversity has a distribution of irregularly "N" shape, while the dominance has opposite trend, two exceptional communities are marsh meadow community and wet meadow community; (4)  $\beta$  diversity gradually decreases and then increases, the low apex value for Jaccard index and Cody index is between marsh meadow and wet meadow, the high apex value is between bush meadow and island forest wetland. The research concludes that the change of community composite and species richness is primarily dominated by the change of habitats, the pattern of Alpha diversity is mainly determined by the habitat and the biologic characters of dominant species, the change of  $\beta$  diversity is correlated with many factors. The specific reason deserve deep researches.

**Key Words** species diversity; community composite; typical wetland; Honghe National Nature Reserve

生物多样性沿环境梯度的变化规律是生物多样性研究的一个中心议题<sup>[1]</sup>。湿地生态系统由于包含了水分、土壤养分、微地形起伏等梯度变化使得其植被梯度变化现象比其它生态系统更明显<sup>[2]</sup>, 已越来越受到生态学家的关注。目前, 国内有一些相关研究, 譬如, 牟长城等<sup>[3,4]</sup>对长白山沼泽至森林过渡带, 江明喜等<sup>[5]</sup>对香溪河流域植被格局, 这些研究均是在湿地生态系统中进行, 但均不是以植被梯度带的物种多样性特征为研究目地, 可见, 这方面的研究需要加强。三江平原是我国最大的湿地集中分布区和湿地生物多样性保护的关键地区之一, 同时, 又主要发育了碟型洼地湿地和河漫滩湿地两类植被梯度带明显的湿地类型, 因此, 是进行湿地植物物种多样性研究的理想区域。洪河自然保护区保留了三江平原原始湿地生态系统的完整性, 是三江平原的缩影。20世纪70年代初, 中科院长春地理所等单位开始对该保护区植被类型、植物区系及群落的多样性进行调查研究<sup>[6-8]</sup>, 然而, 到目前为止, 对典型湿地环境梯度上物种多样性变化研究尚未见报道。因此, 本研究以洪河自然保护区典型湿地梯度植物群落为研究对象, 主要探讨以下两个问题: (1) 揭示典型湿地从沼泽至岛状林梯度上植物组成的变化; (2) 揭示典型湿地上上述梯度上植物物种丰富度、 $\alpha$ 多样性和 $\beta$ 多样性的变化规律; 其目的, 一方面, 加强生物多样性理论在湿地生态系统中的应用, 另一方面, 深化对湿地生态系统结构和功能的认识, 为本区湿地的恢复与重建、湿地的生物多样性保护等提供科学依据。

## 1 研究区概况

黑龙江省洪河国家级自然保护区, 地理位置为  $47^{\circ}42'18'' \sim 47^{\circ}52'07''N$ ,  $133^{\circ}34'38'' \sim 133^{\circ}46'29''E$ , 总面积  $21835.73 \text{ km}^2$ 。该区属三江温带湿润半湿润气候, 年平均降水量为  $585 \text{ mm}$ ,  $50\% \sim 70\%$  的降水集中在  $7 \sim 9$  月份, 年均蒸发量为  $1166 \text{ mm}$ 。年均气温  $1.9^{\circ}\text{C}$ , 平均海拔  $53 \text{ m}$ , 地面坡降为  $1/5000 \sim 1/10000$ 。土壤主要为白浆土、沼泽土和草甸土壤 3 个类型。区内的碟形洼地、线形洼地和水泡星罗棋布, 地貌可分为冲积平原漫滩和阶地两种类型。

该区植被地理区划属小兴安岭-老爷岭植物区, 穆棱-三江平原亚区<sup>[9]</sup>。地带性植被为红松阔叶混交林, 但因立地条件影响, 形成洪河自然保护区大面积的非地带性植被——沼泽, 同时, 该区原始林被破坏, 形成以山杨 (*Populus davidiana*)、白桦 (*Betula platyphylla*) 为建群种的平原次生林 (原则上也属于非地带性植被), 植物区系属长白植物区系, 植被类型包括岛状林湿地、灌丛、草甸、沼泽和水生植被, 共有野生植物 164 科 423 属 938 种<sup>[8]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与调查方法

在洪河自然保护区, 两类湿地各选取一个固定样地, 河漫滩湿地的样地选在核心区沃绿蓝河北岸, 碟形洼地湿地的样地选在缓冲区的保护区观测站北 7km 处。两类湿地的植被调查均采取由洼地中心向外围或河流中心向远离河岸的方向进行, 即按沼泽 (iv)-沼泽化草甸 (㊸)-湿草甸 (㊹)-灌丛草甸 (㊺)-岛状林湿地 (九) 的梯度进行。采用样线和样方相结合的方法, 每个样地设置 4 条样线, 样线的布设以涵盖上述梯度类型为原则, 样线的长度, 河漫滩湿地约 350m, 碟形洼地湿地约 100m, 每条样线上按上述梯度类型设置样点, 每个样点随机布设 3 个小样方, 对岛状林湿地群落, 在 10m × 10m 样方内调查乔木, 并在其任意对角线设置两个 5m × 5m 灌木样方, 同时每个 5m × 5m 内随机设置 1 个 1m × 1m 的草本样方; 对于灌木群落和草本群落, 小样方面积分别为 2m × 2m 和 1m × 1m 的, 共设置样方 120(8 条样线 × 5 个样点 / 样线 × 3 个样方 / 样点) 个, 在 2004、2005 年的 6~8 月份记录样方中每个种的盖度、多度、高度、密度, 计算用数据为连续 2004、2005 年 8 月份数据的平均值 (选择多次观测主要是为识别植物种所需要)。

### 2.2 统计分析

#### 2.2.1 重要值

$$IV = 1/3(\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对密度})$$

#### 2.2.2 物种丰富度

丰富度指数

$$S = \text{样地内出现的物种数}$$

#### 2.2.3 $\alpha$ 多样性测定方法

Shannon-Wiener 多样性指数

$$H' = - \sum_{j=1}^n p_j \ln p_j$$

Pielou 均匀度指数

$$E = H' / \ln S$$

Simpson 优势度指数

$$D = \sum_{j=1}^n p_j^2$$

式中,  $P_i$  为第  $i$  种的重要值;  $S$  为样方内出现的物种数。

#### 2.2.4 $\beta$ 多样性测定方法

相异性系数

$$CD = 1 - 2c/a + b$$

Cody 指数

$$\beta_c = [g(H) + l(H)] / 2 = (a + b - 2c) / 2$$

其中,  $a$  和  $b$  分别为两群落的物种数,  $c$  为两群落的共有物种数。

采用单因子方差分析 (ANOVA) 对典型湿地环境梯度上群落物种多样性的差异性进行检验。ANOVA 以群落特征为自变量, 以群落的  $H$ ,  $D$  和  $J$  为因变量; 所有数据分析工作均在 SPSS11.0 软件上进行。

## 3 结果与分析

### 3.1 沼泽至岛状林梯度上物种组成的变化

沼泽群落, 该群落以毛苔草 (*Carex lasiocarpa*) 和漂筏苔草 (*Carex pseudocuraica*) 为优势种, 二者重要值之和达 56.4%, 以狭叶甜茅 (*Glyceria spiculosa*)、睡菜 (*Najas trifoliata*)、东北沼菱菱菜 (*Comarum palustre*)、燕子花 (*Iris laevigata*) 为伴生种, 同时地表覆盖有藓层, 盖度约 30%, 主要为仰叶细湿藓 (*Campyllum stellatum*)、稀齿细湿藓 (*Campyllum sarnesfettii*)、狭叶沼羽藓 (*Helodium paludosum*)、镰刀藓短叶变种 (*Drepanocladus aduncus* var. *kneffii*) 和薄网藓 (*Loptodictyum riparium*)。沼泽化草甸群落, 建群种为灰脉苔草 (*Carex appendiculata*) (形成草丘) 和小叶章 (*Calamagrostis angustifolia*), 二者重要值之和为 56.3%, 伴生种为小白花地榆 (*Sanguisorba parviflora*)、驴蹄草 (*Caltha palustris* var. *sibirica*)、越桔柳 (*Salix myrtilloides*)、毛水苏 (*Stachys baicalensis*) 等, 丘间地表覆盖藓层, 主要有阔叶泥炭藓 (*Sphagnum platyphyllum*)、泛地泥炭藓 (*Sph. inundatum*) 和钩枝镰刀藓密枝变型 (*Drepanocladus uncinatus* f. *plumulosum*)。湿草甸群落, 以小叶章为单优势种, 其优势度为 50.8%, 伴生种为小白花地榆、驴蹄草、山黧豆 (*Lathyrus palustris* var. *pilosus*)、二歧银莲花

(*Anemone dichotoma*)等。灌丛草甸群落,该群落灌木层以柴桦(*Betula fruticosa*)、水冬瓜(*Alnus sibirica*)等为群落建群种,以沼柳(*Salix rosmarinifolia* var *brachypoda*)、柳叶绣线菊(*Spiraea salicifolia*)等为伴生种,草本层以小叶章为优势种,以返顾马先蒿(*Pedicularis resupinata*)、北方拉拉藤(*Galium boreale*)为伴生种。岛状林群落,该群落乔木层以山杨、白桦为建群种,二者重要值之和为 30.5%,同时伴生有蒙古栎(*Quercus mongolica*)、家榆(*Ulmus japonica*)、茶条槭(*Acer ginnala*)等,灌木层种类较少,主要有绣线菊、刺五加(*Acanthopanax senticosus*)、血红山柃(*Craetegus sanguinea*)等,草本层主要有山尖子(*Cacalia hastata*)、朝鲜唐松草(*Thalictrum ichangense*)等;地表覆盖藓层,主要有尖叶提灯藓(*Mnium cuspidatum*)、垂蒴真藓(*Bryum uliginosum*)和沼泽皱蒴藓(*Aulacomnium palustre*)。各梯度群落重要值前五位的物种见表 1。

表 1 沿沼泽到岛状林湿地方向各梯度类型重要值排前 5 位的植物种

Table 1 Top five of the plant species by important value in each type along environment gradients from marsh to forest wetland

iv	(i)	(ii)	(iii)	(iv)
毛苔草 <i>Carex lasiocarpa</i> 0.438151	灰脉苔草 <i>Carex appendiculata</i> 0.378621	小叶章 <i>Calamagrostis angustifolia</i> 0.508216	柴桦 <i>Betula fruticosa</i> 0.215244	山杨 <i>Populus davidiana</i> 0.203018
漂筏苔草 <i>Carex pseudocurcivata</i> 0.125922	小叶章 <i>Calamagrostis angustifolia</i> 0.18448	苔草一种 <i>Carex</i> sp. 0.06767	小叶章 <i>Calamagrostis angustifolia</i> 0.177065	白桦 <i>Betula platyphylla</i> 0.104221
狭叶甜茅 <i>Glyceria spiculosa</i> 0.077466	越桔柳 <i>Salix myrtilloides</i> 0.095252	柳叶绣线菊 <i>Spiraea salicifolia</i> 0.069935	苔草一种 <i>Carex</i> sp. 0.132967	球子蕨 <i>Onoclea sensibilis</i> 0.067567
睡菜 <i>Menyanthes trifoliata</i> 0.054052	小白花地榆 <i>Sanguisorba bapariiflora</i> 0.081455	狭叶甜茅 <i>Glyceria spiculosa</i> 0.058306	沼泽蕨 <i>Thelypteris lunstris</i> 0.102755	糠椴 <i>Tilia mandshurica</i> 0.067119
乌拉苔草 <i>Carex meyeriana</i> 0.052279	甜茅 <i>Glyceria spiculosa</i> 0.046867	细叶沼柳 <i>Salix brachypoda</i> 0.034441	细叶沼柳 <i>Salix rosmarinifolia</i> 0.097464	茶条槭 <i>Acer ginnala</i> 0.062875

### 3.2 沼泽至岛状林梯度上物种丰富度的变化

这里的物种丰富度指样地内出现的物种数。典型湿地从沼泽至岛状林每个梯度所调查的 8 个样地 24 个样方中出现的物种数如图 1A 所示,可以看出,在上述梯度上,群落的物种丰富度呈逐渐增加的格局。沼泽群落的物种丰富度最低,出现 26 个物种,岛状林群落的物种丰富度最高,出现 82 个物种,中间 3 个梯度的植物群落—沼泽化草甸、湿草甸群落、灌丛草甸的物种丰富度分别为 41、51、68。

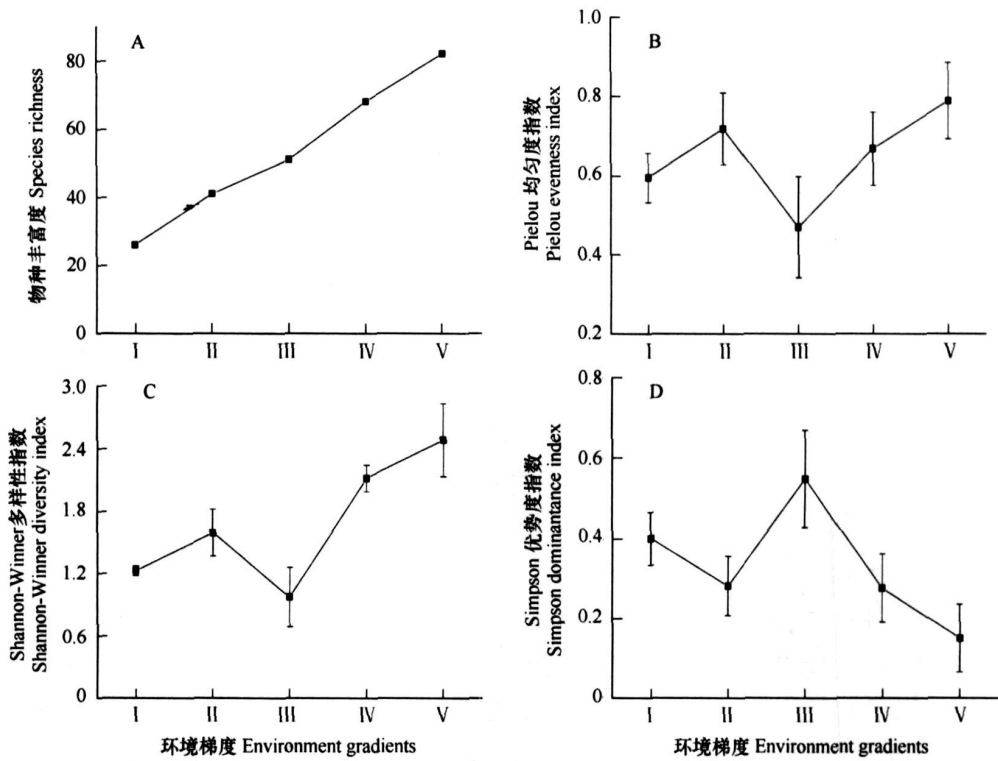
### 3.3 沼泽至岛状林梯度上 $\alpha$ 多样性的变化

典型湿地从沼泽至岛状林梯度上,群落的均匀度、多样性和优势度变化如图 1B、C、D。可以看出, $\alpha$  多样性的变化格局与丰富度的变化格局不太一致。多样性与均匀度的变化格局基本一致,表现为升—降—升的格局形式,优势度的变化趋势正好与均匀度、多样性相反,表现为降—升—降的格局形式。同时,需要指出的是,上述格局的两个“拐点”出现在沼泽化草甸群落和湿草甸群落中。

对上述梯度上 5 个群落的均匀度、多样性和优势度的单因素方差分析表明(结果见表 2), Shannon-W inner 指数、Pielou 指数、Simpson 指数在上述梯度的 5 个群落间的差异均达极显著水平,这说明上述梯度上 5 个群落的组成结构发生了很大的变化。这与上述物种组成的分析相一致。同时,又对所调查的 8 条样线的均匀度、多样性和优势度进行了单因素方差分析(见表 3),结果表明 Shannon-W inner 指数、Pielou 指数、Simpson 指数在 8 条样线间的差异均不显著,这说明每条样线上的格局并没有太大变化,从而进一步说明了上述两类湿地间格局的一致性。

### 3.4 沼泽至岛状林梯度上 $\beta$ 多样性的变化

这里的  $\beta$  多样性用相异性系数和 Cody 指数来表达。图 2 表明,沼泽至岛状林梯度上群落的相异性系数和 Cody 指数的表现形式完全相同,均呈先降后升的格局,二者的最小值(0.261 和 12)均出现在沼泽化草甸和

图 1 沿沼泽至森林湿地梯度群落  $\alpha$  多样性的变化Fig. 1  $\alpha$  diversity of community along environment gradients from marsh to forest wetland

湿草甸群落之间, 最大值均出现在灌丛草甸和岛状林群落之间 (0.732和 0.55)。

表 2 环境梯度的多样性方差分析

Table 2 Tests of diversity index for environment gradients

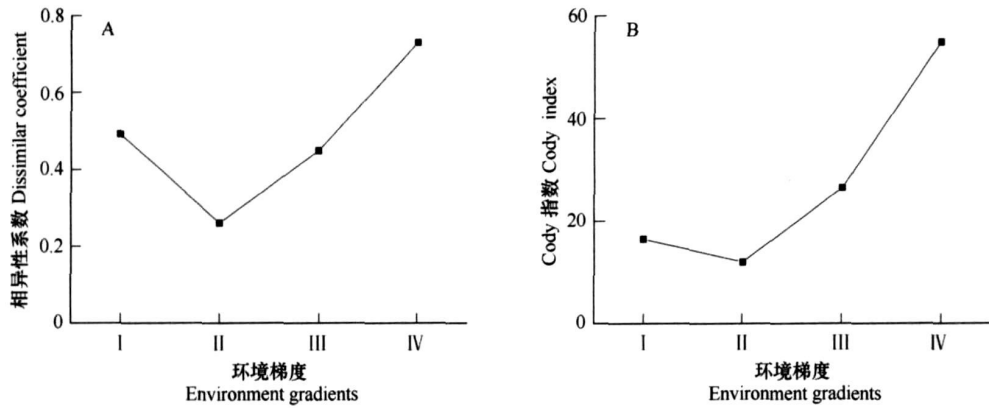
自变量 Independent variable	来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 MS	F	P
Shannon-W iener 指数	组间	37.130	4	9.282	104.949	0.000**
SW diversity index	组内	10.171	115	0.088		
Pielou 均匀度指数	组间	1.436	4	0.359	29.925	0.000**
Pielou evenness index	组内	1.379	115	0.012		
Simpson 指数	组间	2.161	4	0.540	43.434	0.000**
Simpson index	组内	1.430	115	0.012		

\*\*  $P < 0.01$

表 3 样线的多样性方差分析

Table 3 Tests of diversity index for sampling line

自变量 Independent variable	来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 MS	F	P
Shannon-W iener 指数	组间	1.906	7	0.272	0.672	0.696
SW diversity index	组内	45.395	112	0.405		
Pielou 均匀度指数	组间	0.195	7	0.028	1.122	0.354
Pielou evenness index	组内	2.774	112	0.025		
Simpson 指数	组间	0.066	7	0.009	0.282	0.960
Simpson index	组内	3.763	112	0.034		

图 2 沿沼泽至森林湿地梯度群落  $\beta$  多样性的变化Fig. 2  $\beta$  diversity of community along environment gradients from marsh to forest wetland

#### 4 讨论

本研究对典型湿地从沼泽至岛状林梯度上植物群落物种组成的探讨发现,各群落的建群种、优势种和伴生种的种类及其优势度,地表覆盖藓类等组成特征均有明显差异。造成这种差异的原因,主要于各群落的生境有关。从沼泽至岛状林梯度,水分汇积量减少,积水期变短,地下水位下降,适应这种生境的变化,各群落建群种和优势种按沼生-湿生-湿、中生-灌木-乔木的序列分布;各群落伴生种由燕子花、毒芹等长期积水环境中生长的物种,逐渐过渡到球尾花、千屈菜等较湿润生境中生长的物种,再过渡到二歧银莲花、林茜草等相对干旱生境的物种;各群落优势种和伴生种的优势度也在发生变化,如毛苔草、漂筏苔草等在沼泽群落中处于绝对优势,在沼泽化草甸或湿草甸群落中基本上属于被压状态。地表覆盖藓类,沼泽群落中的细湿藓、沼羽藓,沼泽化草甸群落中的泥炭藓,岛状林群落中的提灯藓、真藓,基本按由湿到干的生境梯度分布<sup>[10-12]</sup>。当然,除了生境的干湿差异外,可能水质化学、土壤化学、光照、温度等也对上述变化有一定影响,具体原因尚需进一步研究。

本研究得出典型湿地从沼泽至岛状林梯度上群落的物种丰富度呈逐渐增加的格局。分析这种格局的成因,主要是在沼泽群落中,长期积水的生境使得只有少数能长期适应厌氧环境的物种生存,而远离沼泽向岛状林方向,生境逐渐旱化,适应这种生境的变化,从而使得湿生植物种类与数量逐渐减少,而旱生植物种类与数量逐渐增加,且旱生植物类群在种类和数量上多于湿生植物类群,因此,旱生植物种类增加的趋势大于湿生植物种类减少的趋势,结果势必导致物种丰富度逐渐升高。另外,本研究的结论与牟长城<sup>[4]</sup>、Heather<sup>[13]</sup>的研究结论基本一致,与Burk<sup>[14]</sup>、Senerchia等<sup>[15]</sup>的结论不同,这可能与研究地的气候环境、优势种的生物学特性、研究区湿地的成因等有关。

$\alpha$ 多样性是指某个群落或生境内部的物种多样性<sup>[16-17]</sup>。本研究得出典型湿地从沼泽至岛状林梯度群落的 $\alpha$ 多样性格局与丰富度的格局不太一致,出现这种格局的原因主要于两个“拐点”——沼泽化草甸群落和湿草甸群落的建群种的生物学特性有关,前者建群种灰脉苔草形成“草丘”形式的微生境(5~30cm),正是这种微生境提供了一个直接的温度、湿度和高度梯度,从而提供了不同的环境生态位,使得在非常小的面积上共存更多的物种;而后者建群种小叶章,多年生禾草,分生能力强,在竞争中处于绝对优势,势必导致其它的种不易进入;结果就造成多样性和均匀度前者明显高而后者明显低的格局。

$\beta$ 多样性可以定义为群落间的多样性,也可以定义为沿着某一环境梯度物种替代的程度或速率、物种周转率等<sup>[16-17]</sup>。相异性系数和Cody指数分别从上述两个角度反映物种多样性沿环境梯度的分布格局及变化规律,均很好地表达了 $\beta$ 多样性的含义。本研究得出的相异性系数的最小值出现在沼泽化草甸和湿草甸之间,而最大值出现在灌丛草甸和岛状林之间的格局说明由沼泽至岛状林梯度上,群落的生境异质性以沼泽化

草甸和湿草甸之间为最小, 以灌丛草甸和岛状林之间为最大。出现这种格局的原因, 可能与地形地貌和地下水水位有关, 具体原因尚需进一步研究。本研究得出的 Cody 指数的变化格局说明由沼泽至岛状林梯度上, 物种的替代先减慢而后逐渐加快, 而物种的替代与生态位的状况有关, 因此, 本研究出现的这种格局可能与基质化学成分和地表水、地下水的水位及化学成分有关, 一定的物种可能与一定的基质水平和地球化学参数相一致, 因此, 环境参数的联合可能产生的梯度是决定物种替代快慢的决定因素。但这些关系尚需进一步的研究。

洪河自然保护区典型湿地植物群落组成及物种多样性的梯度变化格局是三江平原典型湿地植物群落沿环境梯度变化格局的一个缩影, 因此, 本研究对分析三江平原湿地的植被分布格局很有参考价值, 特别是在三江平原湿地面积日益缩小, 地下水水位逐渐下降的当前, 更是如此。

## References

- [ 1 ] Kratochvil A. Biodiversity in ecosystems: some principles. Kluwer Academic Publishers, 1999: 5-38
- [ 2 ] Pollock M M. Patterns of plant species richness in emergent and forested wetland of southeast Alaska. Washington: Washington University Press, 1995: 6-40
- [ 3 ] MU C C, Song H W, Su P, *et al.* Distribution patterns of plant biodiversity on the *Ahusjirsuta* and *Betula platyphylla*-swamps ecotones in Changbai Mountains. Chinese Journal of Natural Resources, 2005, 20(2): 258-265
- [ 4 ] MU C C, Luo J X. Plant diversity of ecotone community between forest and swamp in Changbai Mountains. Chinese Biodiversity, 1998, 6(2): 132-137
- [ 5 ] Jiang M X, Deng H B, Tang T, *et al.* On spatial pattern of species richness in plant communities along riparian zone in Xiangxi River watershed. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(5): 628-635
- [ 6 ] Yi F K, Li C H, *et al.* Study of the vegetation type in the Sanjiang Plain. Science Geographica Sinica, 1982, 2(4): 375-384
- [ 7 ] Lou Y J, Zhao K Y. Study on species diversity of typical wetland plant community in Sanjiang Plain. Chinese Journal of Ecology, 2006, (4): 364-368
- [ 8 ] Wang C K, Lu X G, Liu H Y. Conservation of Biodiversity in the Honghe National Nature Reserve. Geography and Territorial Research, 2001, 17(3): 63-67
- [ 9 ] Zhou Y L. Geography of the vegetation in northeast China. Beijing: Science Press, 1997: 322-323
- [ 10 ] Vitt D H, Belland R J. The bryophytes of peatlands in continental western Canada. Fagnenta Floristica et Geobotanica, 1995, 40: 339-348
- [ 11 ] Vitt D H, Slack N G. Analysis of vegetation of Sphagnum-dominated kettle-hole bogs in relation to environmental gradients. Canadian Journal of Botany, 1975, 53(12): 2776-2795
- [ 12 ] Slack N G, Vitt D H, Horton D G. Vegetation gradients of microtopographically rich fens in western Alberta. Canadian Journal of Botany, 1980, 58(2): 330-350
- [ 13 ] Heather E W, Suzanne E B. Vegetation patterns and biodiversity of peatland plant communities surrounding mid-boreal wetland ponds in Alberta, Canada. Canadian Journal of Botany, 2005, 83(5): 621-637
- [ 14 ] Burk C J. A four year analysis of vegetation following an oil spill in a freshwater marsh. Journal of Applied Ecology, 1977, 14(4): 515-522
- [ 15 ] Senerchia N P, Holland M M. Floristic comparison of two tidal wetlands in the Connecticut River estuary. Newsletter of the Connecticut Botanical Soc, 1985, 13(3): 1-6
- [ 16 ] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement. New Jersey: Princeton University Press, 1988
- [ 17 ] Ma K P. The measurement of community diversity. In: Qian, Y. Q. and Ma K. P. Principle and Methodologies of Biodiversity Studies. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1994: 141-165

## 参考文献:

- [ 3 ] 牟长城, 宋洪文, 苏平, 等. 长白山毛赤杨和白桦/沼泽交错带植物多样性分布格局. 自然资源学报, 2005, 20(2): 258-265
- [ 4 ] 牟长城, 韩士杰, 罗菊香, 等. 长白山岛状林湿地/沼泽生态交错带群落和环境梯度分析. 应用生态学报, 2001, 12(1): 1-7
- [ 5 ] 江明喜, 邓红兵, 唐涛, 等. 香溪河流域河岸带植物群落物种丰富度格局. 生态学报, 2002, 22(5): 628-635
- [ 6 ] 易富科, 李崇皓, 等. 三江平原植被类型的研究. 地理科学, 1982, 2(4): 380
- [ 7 ] 娄彦景, 赵魁义. 三江平原典型植物群落物种多样性研究. 生态学杂志, 2006, 20(4): 364-368
- [ 8 ] 王长科, 吕宪国, 等. 洪河自然保护区生物多样性保护. 地理学与国土研究, 2001, 17(3): 63-67
- [ 9 ] 周以良. 中国东北植被地理. 北京: 科学出版社, 1997: 322-323
- [ 17 ] 马克平. 生物多样性的测度方法. 见: 钱迎倩, 马克平主编. 生物多样性研究的原理和方法. 北京: 科学出版社, 1994: 141-165

附录 1 沿沼泽至岛状林湿地方向 6 个梯度群落出现的主要植物种

Appendix 1 The primary plant species present in six communities from marsh to forest wetland

植物种类 Plant Species	群落 Community				
	I	II	III	IV	V
茶条槭 <i>Acer ginnala</i>					*
色木槭 <i>Acer mono</i>					*
元宝槭 <i>Acer truncatum</i>					*
轮叶沙参 <i>Adenophora tetraphylla</i>					*
大叶银莲花 <i>Anemone udensis</i>				*	*
水冬瓜赤杨 <i>Alnus sibirica</i>				*	
异叶车叶草 <i>Aster maximowiczii</i>				*	
中华蹄盖蕨 <i>Athyrium sinense</i>				*	*
湿地黄耆 <i>Astragalus uliginosus</i>				*	*
风桦 <i>Betula costata</i>					*
柴桦 <i>B. fruticosa</i>				*	
白桦 <i>B. papyrylla</i>					*
山尖子 <i>Cacalia hastata</i>				*	*
忽略野青茅 <i>Calamagrostis neglecta</i>	*				
驴蹄草 <i>Caltha palustris</i> var. <i>sibirica</i>	*	*	*		
灰脉苔草 <i>Carex appendiculata</i>		*	*	*	
毛苔草 <i>C. lasiocarpa</i>	*	*	*	*	
漂筏苔草 <i>C. pseudocurica</i>	*	*	*	*	
湿苔草 <i>C. humida</i>	*	*	*		
沼苔草 <i>C. limosa</i>	*				
细叶毒芹 <i>Cicuta virosa</i> f. <i>angustifolia</i>	*				
褐毛铁线莲 <i>Clematis fusca</i>					*
棉团铁线莲 <i>Clematis hexapetala</i>					*
东北沼萎陵菜 <i>Comarum palustre</i>	*				
榛 <i>Corylus heterophylla</i>					*
中华鳞毛蕨 <i>Dryopteris chinensis</i>					*
柳叶菜 <i>Epilobium hirsutum</i>			*	*	
无枝水问荆 <i>Equisetum fluviale</i> f. <i>linnaeanum</i>	*	*	*		
细杆羊胡子草 <i>Eriophorum gracile</i>	*				
翻白蚊子草 <i>Filipendula intermedia</i>			*	*	*
东北拉拉腾 <i>Galium manshuricum</i>	*	*	*	*	*
小叶拉拉腾 <i>Galium trifidum</i>	*			*	
龙胆 <i>Gentiana scabra</i>		*		*	
狭叶甜茅 <i>Glyceria spiculosa</i>	*	*	*		
手掌参 <i>Gymnadenia conopsea</i>		*	*		
鳞毛羽节蕨 <i>Gymnocarpium dryopteris</i>					*
十字兰 <i>Habenaria sagittifera</i>		*	*		
短柱金丝桃 <i>Hypericum gebleri</i>				*	
玉蝉花 <i>Iris ensata</i>			*	*	
燕子花 <i>Iris laevigata</i>	*				
胡桃楸 <i>Juglans mandshurica</i>					*
山黧豆 <i>Lathyrus palustris</i> var. <i>pilosus</i>		*	*	*	
半边莲 <i>Lobelia sessilifolia</i>		*	*		
地瓜苗 <i>Lycopus lucidus</i>		*	*	*	
异叶地瓜苗 <i>L. lucidus</i> var. <i>maackianus</i>		*	*	*	



## 续表

植物种类 Plant species	群落 Community				
	I	II	III	IV	V
狼尾花 <i>Lysinachia barystachys</i>				*	
黄连花 <i>L. daurica</i>			*		
球尾花 <i>L. thyrsoiflora</i>	*	*	*	*	
千屈菜 <i>Lythrum salicaria</i>		*	*		
山槐 <i>Maackia amurensis</i>				*	*
舞鹤草 <i>Maianthemum dilatatum</i>					*
睡菜 <i>Najas trifoliata</i>	*				
败酱 <i>Patrinia scabiosaefolia</i>				*	
大野苏子马先蒿 <i>Pedicularis grandiflora</i>		*			
密花舌唇兰 <i>Platanthera hologlottis</i>		*	*		
水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>	*	*			
山杨 <i>Populus davidiana</i>					*
球子蕨 <i>Onclea sensibilis</i>				*	*
蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>					*
林茜草 <i>Rubia cordifolia</i> var. <i>sylvestica</i>					*
崖柳 <i>Salix floderusii</i>				*	
越桔柳 <i>Salix myrtilloides</i>	*	*	*	*	
沼柳 <i>Salix rosmarinifolia</i> var. <i>brachypoda</i>				*	
小白花地榆 <i>Sanguisorba parviflora</i>		*	*	*	
黄芩 <i>Scutellaria baicalensis</i>		*	*	*	
纤弱黄芩 <i>Scutellaria dependens</i>		*		*	
泽芹 <i>Sim. suave</i>	*	*	*	*	
柳叶绣线菊 <i>Spiraea salicifolia</i>		*	*	*	*
毛水苏 <i>Stachys baicalensis</i>		*	*	*	
细叶繁缕 <i>Stellaria filicaulis</i>	*	*	*		
伞繁缕 <i>Stellaria longifolia</i>			*	*	
毛叶沼泽蕨 <i>Thelypteris palustris</i>	*				
紫椴 <i>Tilia amurensis</i>					*
糠椴 <i>Tilia mandshurica</i>					*
地耳草 <i>Triadenum japonicum</i>		*			
长瓣金莲花 <i>Trollius macropetalus</i>				*	
家榆 <i>Ulmus japonica</i>					*
北纈草 <i>Valeriana fauriei</i>		*	*	*	*
东方野豌豆 <i>Vicia japonica</i>			*		
白花堇菜 <i>Viola mandshurica</i>	*	*	*		*