

# 北仑河口国家级自然保护区冬季鸟类多样性水平梯度研究\*

## Study on Horizontal Gradient of Birds Diversity in Winter in National Natural Reserve of Beilun Estuary

李相林<sup>1</sup>,周放<sup>2</sup>,孙仁杰<sup>1</sup>,苏博<sup>3</sup>

LI Xiang-lin<sup>1</sup>,ZHOU Fang<sup>2</sup>,SUN Ren-jie<sup>1</sup>,SU Bo<sup>3</sup>

(1. 广西大学林学院,广西南宁 530004;2. 广西大学动物科学学院,广西南宁 530004;3. 北仑河口国家级自然保护区,广西防城港 535700)

(1. Forestry College, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. College of Animal Science, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 3. National Natural Reserve of Beilun Estuary, Fangchenggang, Guangxi, 535700, China)

**摘要:**在北仑河口国家级自然保护区,根据地貌沿着水平梯度,将鸟类生境划分为滩涂、红树林、虾塘、农田和树林灌丛5种类型,运用 $\alpha$ 、 $\beta$ 多样性指数研究保护区内冬季鸟类的多样性。结果表明,5种生境的鸟类多样性顺序为:树林灌丛>红树林>农田>虾塘>滩涂;同时,随着生境沿着水平梯度由滩涂逐渐向树林灌丛过渡,生境间的物种数呈现出增加的趋势,共有种逐渐减少,而新增加和减少的物种则逐渐增多,反映出沿着水平梯度,生境间的差异是逐渐增大的。

**关键词:**鸟类 多样性 水平梯度 红树林

**中图分类号:**Q959.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2006)04-0305-05

**Abstract:** According to the physiognomy along the horizontal gradient, the birds habitats were divided into beach, mangrove, shrimp pond, farmland and hurst and shrub in National Natural Reserve of Beilun Estuary. The birds diversity in winter was studied using  $\alpha$  and  $\beta$  diversity index. The result showed that the trend of bird diversity in different habitat was exhibited in this order: hurst and shrub > mangrove > farmland > shrimp pond > beach. From the beach to the hurst and shrub along the horizontal gradient, the species between habitats presented a increasing trend. The species in common were decreasing and the species of newly increased and reduced were increasing. The result also showed that the discrepancy between habitats was increscent gradually along the horizontal gradient.

**Key words:** birds, diversity, horizontal gradient, mangrove

Whittaker<sup>[1]</sup>将生物多样性或群落多样性划分为 $\alpha$ 多样性、 $\beta$ 多样性和 $\gamma$ 多样性,一般认为 $\alpha$ 多样性就是物种多样性。物种多样性是指物种种类与数量的丰富程度<sup>[2]</sup>,是一个区域或一个生态系统可以测定的生物学特征<sup>[3]</sup>。 $\beta$ 多样性可以定义为沿着环境梯度物种

的替代程度,或物种的周转速率、物种的替代速率和生物的变化速率等。 $\beta$ 多样性指数用以测度群落的物种多样性沿着环境梯度的变化速率或群落间的多样性,包括不同群落间物种组成的差异。不同群落或生境间的共有种越少, $\beta$ 多样性就越高。

生物多样性沿着环境梯度的变化趋势是生物多样性研究的一个重要领域<sup>[4]</sup>,物种多样性则是最简单有效的描述群落和区域多样性的方法,是生物多样性的本质内容<sup>[5]</sup>。而水平梯度则包含了多种环境因子的梯度效应,因此研究生物多样性的水平梯度格局对于

收稿日期:2006-09-13

作者简介:李相林(1980-),男,广西桂林人,硕士,主要从事动物生态学研究。

\* 联合国环境署、全球环境基金、南中国海项目和防城港红树林示范区项目联合资助。

揭示生物多样性的环境梯度变化规律具有重要意义。

有关生物多样性沿着环境梯度的变化趋势的研究,国内学者多集中在植物方面<sup>[6,7]</sup>,很少有学者研究鸟类多样性沿着环境梯度的变化趋势。为此,以北仑河口自然保护区的冬季鸟类多样性为研究对象,探讨其沿着水平梯度的变化规律,从而为进一步深入研究红树林鸟类群落生物多样性的生态系统功能奠定基础,同时为保护区的综合管理、生物多样性保护提供更具实际意义的理论依据。

我们于2005年8月份到2006年1月份在北仑河口自然保护区对当地鸟类进行观察研究,且从 $\alpha$ 多样性和 $\beta$ 多样性两个尺度研究鸟类群落多样性沿着水平梯度的分布格局。现初步报道如下。

## 1 研究地概况

北仑河口国家级自然保护区位于我国大陆海岸线西南端的广西防城港市西南地带,包括东起防城区江山乡白龙岛,西至东兴市东兴镇罗浮江与北仑河汇集处的滩涂和部分海域。跨越防城区和东兴市的13个自然村。地理坐标为东经 $108^{\circ}00'30''\sim 108^{\circ}16'30''$ ,北纬 $21^{\circ}31'00''\sim 21^{\circ}37'30''$ ,海岸线总长105 km,总面积 $30\text{ km}^2$ 。保护区地理位置特殊,湾内生长着我国大陆海岸连片面积最大的红树林和木榄(*Bruguiera gymnorhiza*)纯林,是典型的海湾红树林和罕见的平均海平面以下大面积的红树林,在我国大陆沿海红树林中具有不可替代的重要性。保护区全年天气1月份最冷,月平均气温 $12.8\sim 14.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,7月份最热,月平均气温为 $27.6\sim 29.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;年降水量为 $2822.9\text{ mm}$ ;春季多吹东北风或东风,夏季多吹西南风,秋、冬季多吹北风或西北风。

## 2 研究方法

### 2.1 调查方法

根据该地地貌沿着水平梯度,从海滩向内陆过渡直到周边的陆生树林灌丛,将鸟类生境大致划分为5种类型:

(1)滩涂。以泥质为主,红树林以外的大片滩涂,人为干扰强度很大。

(2)红树林。主要有白骨壤(*Avicennia marina*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、秋茄(*Kandelia candel*)、木榄(*Bruguiera gymnorhiza*)、红海榄(*Rhizophora stylosa*)等红树植物,大部分都生长在泥质滩涂上。呈连续状分布,人为干扰强度不大。

(3)虾塘。人工围成的虾塘,塘基周围生长有少量乔木和大量的灌木和草本植物,人为干扰强度比较

大。

(4)农田。以水稻田为主,还包括菜地、池塘、小河、小溪和田边或田间少量的树木,人为干扰强度不大。

(5)树林灌丛。陆生乔木树种比较单一,主要的乔木树种是马尾松(*Pinus massoniana*)、柠檬桉(*Lemon eucalyptus*)和厚荚相思(*Acaecia crassicaarpa*),但灌木和草本的类型却相当丰富,人为干扰强度不大。

根据鸟类栖息生境的不同,分别在上述5种生境中各设置1条样带,每条样带的长度大致相当,为 $2.5\sim 3.0\text{ km}$ 。每条样带隔天观察统计1次,以5次的平均值作为统计数据。其中滩涂处的调查在潮水退却,滩涂已经显露 $0.5\text{ h}$ 后进行,调查人员下到滩涂上用8倍望远镜进行观察,统计鸟类的种类、数量、活动状态,并结合使用 $25\sim 40$ 倍望远镜观察滩涂上远距离的鸟类。岸上鸟类的统计,同样使用8倍望远镜观察,统计各样带线路两侧 $25\text{ m}$ 宽范围内的鸟类,记录鸟类的种类、数量以及鸟类活动的具体小生境。为避免统计重复,由监测者之前往后飞的鸟予以统计,由后往前飞的鸟不予统计。

### 2.2 $\alpha$ 多样性指数的测度方法

(1)丰富度指数: $N$ 。

(2)Shanon-Weaner多样性指数:

$$H = - \sum P_i \ln P_i, H_{\max} = \ln S,$$

其中 $H_{\max}$ 为Shanon-Weaner多样性指数的理论最大值;Shanon-Weaner指数( $H$ )综合体现了物种丰富度、物种均匀度,它能较充分的反映各群落、生境物种的多样性<sup>[8]</sup>。

(3)均匀度指数: $E = H/\ln S$ ,

其中: $S$ 为所研究群落中物种总数; $P_i$ 为调查中第 $i$ 个种的个体的比例,即第 $i$ 个物种的个体数与所有物种的总个体数之比, $\ln$ 为自然对数。

### 2.3 $\beta$ 多样性指数的测度方法

#### 2.3.1 二元属性数据测度方法

(1)Cody指数: $\beta_c = [g(H) + l(H)]/2$ ;

(2)Wilso-Shmida指数: $\beta_T = [g(H) + l(H)]/2\alpha$ ,式中 $\alpha$ 为各生境的平均物种数; $g(H)$ 为沿生境梯度( $H$ )增加的物种数; $l(H)$ 为沿生境梯度( $H$ )减少的物种数,即上一个生境中存在而在下一个生境中失去的物种数。

多样性的二元属性数据指标测度是 $\beta$ 多样性的一个重要测度手段,在群落调查中只考虑某个物种的存在与否,而不管其具体个体数目<sup>[9]</sup>。其结果反映群落沿某一环境梯度其物种组成的差异或群落间物种更替的速率。Cody指数和Wilso-Shmida指数都是二

元属性的相异性指数,其值越大,则表示群落间的相异性越大。

### 2.3.2 数量数据测度方法

(1)Bray-Curtis 指数:  $\beta_N = 2jN / (aN + bN)$ ;

(2)Morisita-Horn 指数:  $\beta_{MH} = 2 \sum (ani + bni) / (da + db)aN \cdot bN$ , 式中  $jN$  为生境 A 和生境 B 的共有种中个体数目较小者之和, 即:  $jN = \sum \min(jNa + jNb)$ ;  $aN$  为生境 A 的物种数;  $bN$  为生境 B 的物种数;  $ani$  和  $bni$  为生境 A、B 中第  $i$  种的个体数;  $da = \sum ani / aN^2$ ,  $db = \sum bni / bN^2$ 。

数量数据指标是群落  $\beta$  多样性测度的重要指标。Bray-Curtis 指数和 Morisita-Horn 指数是两个较典型的数量数据相似性系数, 即两样地的物种组成越相似, 个体数越接近, 其值越大。

## 3 结果与分析

### 3.1 $\alpha$ 多样性指数测度

根据调查, 按前述5种生境分别统计鸟类物种数及各个种的个体数如表1所示, 计算出的均匀度指数和 Shanon-Weaner 指数如表2所示。

从表1和表2可以明显地看出, 在水平梯度上, 5种典型的生境中, 由于地形、地貌、植被类型和人为影响的不同, 其鸟类群落结构也各不相同, 形成了各具特点的5种鸟类群落结构, 即红树林鸟类群落、滩涂鸟类群落、虾塘鸟类群落、农田鸟类群落和树林灌丛鸟类群落。

沿着水平梯度, 虽然红树林的物种丰富度要高于其相邻生境的物种丰富度, 但是在总体上, 从滩涂到树林灌丛, 物种丰富度呈现出逐渐增加的趋势。滩涂鸟类群落的物种丰富度最低, 而树林灌丛鸟类群落的物种丰富度最高。这是由于沿着水平梯度, 生境逐渐由湿地向内陆过渡, 各种类型的生境存在着一定程度的差异, 特别是滩涂地带, 完全处于裸露状态, 没有任何植被覆盖, 没有合适的隐蔽条件, 不利于鸟类在其中栖息。同时, 滩涂受人为了的干扰很大, 每到退潮时候, 当地居民就到滩涂上“赶海”捕捉底栖生物, 这样一方面干扰了水鸟的活动, 另一方面也使它们的食物资源大大地减少。根据表2中的  $H$  值, 做出5种生境 Shanon-Weaner 指数柱状图, 见图1。

通过图1可以看出, 滩涂生境鸟类多样性最低, 树林灌丛生境鸟类多样性最高。虽然红树林生境的鸟类多样性指数值要高于相邻生境的指数值, 但是在总体上, 随着生境逐渐由湿地向内陆过渡,  $H$  值是逐渐地增大。这也是因为随着水域这一限制条件的减少,

表1 鸟类种类以及在各生境的个体数

Table 1 Bird species and number of individuals in every habitat

种名 Bird species	滩涂 Beach	红树 林 Man- grove	虾塘 Shrimp pond	农田 Farm- land	树林 灌丛 Hurst and Shrub
小白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	46	30	80	14	
池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	10	14	17	7	
苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	2	3			
牛背鹭 <i>Bubulcus ibis</i>				33	
黑耳鸢 <i>Milvus lineatus</i>					1
黑翅鸢 <i>Elanus caeruleus</i>				1	
黑水鸡 <i>Gallinula chloropus</i>		2		2	
白胸苦恶鸟 <i>Amaurornis phoenicurus</i>		1		1	
鹤鹑 <i>Tringa erythropus</i>	6	3	2		
环颈鸪 <i>Charadrius alexandrinus</i>	5	5	5		
青脚鹑 <i>Tringa nebularia</i>	15	10	50		
矶鹑 <i>Tringa hypoleucos</i>		6	7		
红脚鹑 <i>Tringa totanus</i>	15	14	33		
扇尾沙锥 <i>Gallinago gallinago</i>			1	27	
黑尾鸥 <i>Larus crassirostris</i>	1				
红嘴鸥 <i>Larus ridibundus</i>	200	15	5		
珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>				5	18
火斑鸠 <i>Oenopelia tranquebarica</i>					3
褐翅鸦鹃 <i>Centropus sinensis</i>					4
绿嘴地鸫 <i>Phaenicophaeus tristis</i>					2
普通翠鸟 <i>Alcedo atthis</i>		3	5		
蚊鹭 <i>Jynx torquilla</i>					1
家燕 <i>Hirundo rustica</i>		9		9	
白鹡鸰 <i>Motacilla alba</i>	5		14	3	
黄鹡鸰 <i>Motacilla flava</i>			1	9	
树鹨 <i>Anthus hodgsoni</i>				8	13
红耳鹎 <i>Pycnonotus jocosus</i>					80
白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>					85
白喉红臀鹎 <i>Pycnonotus aurigaster</i>					65
棕背伯劳 <i>Lanius schach</i>				4	10
丝光椋鸟 <i>Sturnus sericeus</i>				50	
八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>				5	
红嘴蓝鹳 <i>Urocissa erythrorhyncha</i>					15
黑喉石脚鸟 <i>Saxicola torquata</i>				5	6
鹧鸪 <i>Copsychus saularis</i>		4	2		10
长尾缝叶莺 <i>Orthotomus sutorius</i>					10
棕扇尾莺 <i>Cisticola juncidis</i>					4
黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inornatus</i>					4
白腰文鸟 <i>Lonchura striata</i>					5
斑文鸟 <i>Lonchura punctulata</i>					30
黑脸噪鹛 <i>Garrulax perspicillatus</i>					10
黄腹鹪莺 <i>Prinia flaviventris</i>					5
纯色鹪莺 <i>Prinia subflava</i>					10
大山雀 <i>Parus major</i>		1		3	8
暗绿绣眼鸟 <i>Zosterops japonica</i>		5			35
种类总数 Species total	10	16	13	17	24
数量总数 Individual total	305	125	222	186	434

表2 水平梯度  $\alpha$  多样性测度

Table 2  $\alpha$  diversity measure of horizontal gradient

生境 Habitat	<i>N</i>	<i>H</i>	<i>H</i> <sub>max</sub>	<i>E</i>
滩涂 Beach	10	1.234	2.303	0.536
红树林 Mangrove	16	2.483	2.773	0.896
虾塘 Shrimp pond	13	2.045	2.565	0.797
农田 Farmland	17	2.299	2.833	0.811
树林灌丛 Hurst & Shrub	24	2.543	3.178	0.800

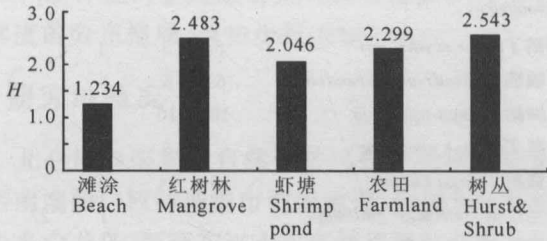


图1 各生境 Shanon-Weaver 指数柱状图

Fig. 1 The histogram of Shanon-Weaver index of each habitat

鸟类群落的种类也逐渐由水鸟向林鸟过渡,而到了树林灌丛,几乎都是由林鸟组成。从整个保护区来看,林鸟的种类远远超过了水鸟的种类。

此外,生境异质性的差异决定了各生境鸟类多样性指数的大小不同。树林灌丛在5种生境中,其异质性是最复杂的,其中灌木、草本种类相当丰富,鸟类多样性与植被的多样化及环境的复杂性是直接相关的。除了树林灌丛外,Shanon-Weaver 指数最高的就是红树林鸟类群落,这同样与红树林生境的异质程度有直接关系。多种红树植物共同生长在一起,占据不同的生态空间,构成一个相当复杂的生态系统,为鸟类提供了一个相当便利的取食和栖息环境。由于红树林生境的特殊性,其中的生物量也比较丰富,除了常见的水鸟在红树林栖息和取食外,诸如大山雀、鹌鹑等山林鸟类也到里面取食,珠颈斑鸠、火斑鸠还到红树林里做巢,普通翠鸟等鸟类更是经常出入红树林中。因此,*H* 值在红树林生境中出现了一定程度的波动,是有其内在原因的,但是它并不影响整个水平梯度的总体变化趋势。

### 3.2 $\beta$ 多样性指数测度

沿着水平梯度,应用二元属性和数量数据对彼此相邻生境鸟类的多样性进行测度的结果,见表3。

#### 3.2.1 物种数的变化规律

由表3可以看出,随着生境沿着水平梯度的变

化,相邻生境的鸟类物种数呈现出逐渐增加的变化趋势。直接原因就是,由滩涂向树林灌丛过渡,各生境的物种数,总体上是不不断增加的,这就导致了相邻生境间的鸟类物种数不断地增加。

可以从表3看出,相邻生境间的共有物种数,总体上,呈现出减少的趋势,而新增加物种数  $g(H)$  和减少物种数  $l(H)$  总体上均逐渐增多,反映了生境间的差异是逐渐增大的,特别是从农田过渡到树林灌丛,它们之间的  $g(H)$  和  $l(H)$  都达到了最大值。这是因为,从农田到树林灌丛,各种生境的鸟类种类都有了相当大程度地变化,从滩涂一直过渡到农田,这4种生境都有大片的水域面积存在,而到了树林灌丛生境,相比上述4种生境要干旱得多,几乎没有明显的水域面积存在。湿地生境与陆地生境存在着明显的差异。

表3 水平梯度  $\beta$  多样性测度

Table 3  $\beta$  diversity measure of horizontal gradient

生境* Habitat	物种 总数 Species total	共有物 种数 Mutual species	$g(H)$	$l(H)$	$\beta_C$	$\beta_T$	$\beta_N$	$\beta_{MH}$
滩-红 B&M	18	8	8	2	5.0	0.38	0.38	0.14
红-虾 M&S	19	10	3	6	4.5	0.30	0.76	0.53
虾-农 S&F	25	5	12	8	10.0	0.67	0.67	0.15
农-林 F&H	36	5	19	12	15.5	0.74	0.54	0.03

\* 滩-红表示滩涂与红树林2种生境;红-虾表示红树林与虾塘2种生境;虾-农表示虾塘与农田2种生境;农-林表示农田与树林灌丛2种生境。

\* B&M indicates the Beach and Mangrove; M&S indicates the Mangrove and Shrimp pond; S&F indicates the Shrimp pond and Farmland; F&H indicates the Farmland and Hurst & shrub.

#### 3.2.2 $\beta$ 多样性的二元属性数据指标测度

根据表3中  $\beta_C$  和  $\beta_T$  的具体数值,我们做出不同生境  $\beta_C$  和  $\beta_T$  的指数变化图,见图2。

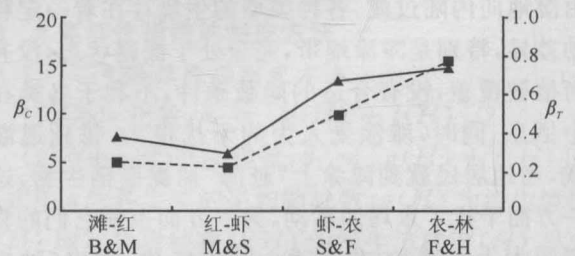


图2 不同生境  $\beta_C$  和  $\beta_T$  指数的变化

Fig. 2 The variation of  $\beta_C$  and  $\beta_T$  index of different habitats

▲:  $\beta_T$ ; ■:  $\beta_C$

从图2可以看出,相邻生境间的  $\beta_C$  和  $\beta_T$  值,总体上,都是递增的。只是在从红树林过渡到虾塘的时候,  $\beta_C$  和  $\beta_T$  值都有不同程度的减小,到达各自最小值。二

者数值降低,说明红树林生境和虾塘生境之间的差异最小。首先,红树林生境和虾塘生境之间的共有种的种类是最多的,其值达到了10种,而且它们之间增加的和减少的物种数又相对较小,因此从二者间的物种数来看,它们之间的差异仍最小。其次,从鸟类对生境的选择来看,二者之间有着密切的联系,冬季,虽然虾塘暂停养殖而且不蓄水,但由于其底部凹凸不平,仍保留有一些积水的地方,从而残留有许多小鱼和小虾,因此吸引了许多鸟类到虾塘里取食和休息;虾塘在地理位置上,紧靠着红树林,多数水鸟就可以在两个生境中,比较容易的来回觅食,特别是当虾塘里的水鸟受到惊吓时,它们也可以在最短的时间内,飞到红树林里躲避敌害。此外,可以看到 $\beta_C$ 和 $\beta_T$ 所反映的总体趋势是一致的。 $\beta_C$ 只是通过新增加和失去的物种数目进行对比,并没有考虑到所对比的不同生境的物种总数变化,因而只是对生境梯度中的物种变化规律作了一个粗略的描述。而 $\beta_T$ 指数为梯度上物种增加和减少的数量的均值除以各样地的平均物种数,因此 $\beta_T$ 指数的计算就要比 $\beta_C$ 的精确一点。Wilson<sup>[10]</sup>曾从不同角度对 $\beta$ 多样性二元属性数据指数进行评价得出 $\beta_T$ 指数能体现群落更替的直观性、可加性,同时既能独立于 $\alpha$ 多样性,又能独立于样本的大小,是一个应用广泛的指数。

### 3.2.3 $\beta$ 多样性的数量数据指标测度

根据表3中的 $\beta_N$ 和 $\beta_{MH}$ 的具体数值,我们做出不同生境 $\beta_N$ 和 $\beta_{MH}$ 的指数变化图(图3)。从图3可以看出, $\beta_N$ 和 $\beta_{MH}$ 值的总体变化规律与 $\beta_C$ 和 $\beta_T$ 值的变化规律几乎是相反的。

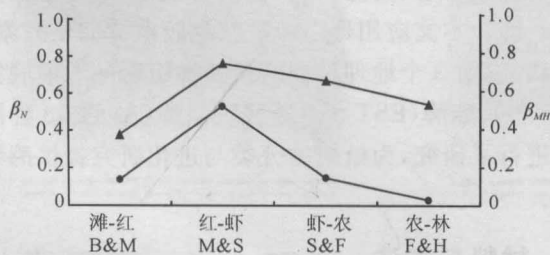


图3 不同生境 $\beta_N$ 和 $\beta_{MH}$ 指数的变化

Fig. 3 The variation of  $\beta_N$  and  $\beta_{MH}$  index of different habitats

▲:  $\beta_N$ ; ●:  $\beta_{MH}$

因为 Wilson-Shmida 指数和 Cody 指数则是相异性系数,而 Bray-Curtis 指数和 Morisita-Horn 指数是相似性系数,它们是统计共有种的两个测度方法,共有种越多, $\beta_N$ 和 $\beta_{MH}$ 值越大, $\beta$ 多样性则越小。所以当 $\beta_N$ 和 $\beta_{MH}$ 处于峰值时, $\beta_C$ 和 $\beta_T$ 则处于最低值。而当 $\beta_N$ 和 $\beta_{MH}$ 达到最低值时, $\beta_C$ 和 $\beta_T$ 则处于峰值。即 $\beta_N$

和 $\beta_{MH}$ 指数变化图先上升后下降,而 $\beta_C$ 和 $\beta_T$ 指数变化图则先下降后上升。因此 $\beta_N$ 和 $\beta_{MH}$ 指数在反映群落多样性的诸多信息方面基本上与二元属性数据指数一致,说明了数量数据指数 $\beta_N$ 和 $\beta_{MH}$ 也是描述群落多样性的良好指标。

## 4 讨论

运用 $\alpha$ 多样性指数对鸟类多样性沿着水平梯度的变化进行分析,能综合体现物种的丰富度、物种均匀度的同时又能充分反映各群落、生境物种的多样性。Shanon-Weaner 指数( $H$ )沿着水平梯度,从滩涂到树林灌丛,其值总体上是递增的,但是红树林生境的鸟类多样性指数值,却在一定程度上,偏离了总体的递增趋势,即红树林的鸟类多样性指数都要高于相邻生境的鸟类多样性指数值,其主要原因与红树林生境的异质程度有直接关系。与相邻的生境相比,红树林的异质程度要高得多,而且它受人为的干扰程度也很小,所以它更适合鸟类的活动与栖息,许多水鸟甚至一些林鸟都会到红树林里面取食和栖息。因此,红树林的 Shanon-Weaner 指数值要高于其相邻生境的指数值。

两种不同属性的 $\beta$ 多样性指数(二元属性指数和数量属性指数),可以用来指示群落内的生境异质性,比较不同群落地段的物种多样性。在本次研究中,我们发现,尽管两种不同属性指数的变化呈现出完全相反趋势,但是它们所反映的实质内容却是相同的,即沿着水平梯度, $\beta$ 多样性指数基本上呈现出递增的总趋势,这就说明,随着共有种的逐渐减少,新增加物种数和减少物种数逐渐增多,生境间的鸟类物种的替代速率是逐渐增高。其主要原因是,在鸟类的种类组成上,其种类逐渐由水鸟过渡到林鸟,特别是在树林灌丛生境,鸟类种类几乎全部由林鸟组成,所以从农田生境过渡到树林灌丛生境时, $\beta$ 多样性指数达到了最大值。由此可见,陆地生境与湿地生境存在着明显的差异。

虽然两种不同属性的 $\beta$ 多样性指数所反映的总体趋势是一致的,但是具体比较它们随环境梯度变化而变化的速率和趋势时,它们却有一定的差别。二元属性数据仅对物种的存在与否进行测度,其测度结果随环境梯度的变化而变化的趋势比较一致,曲线的波动幅度较小,即对环境梯度变化的反映是不敏感的。而数量属性数据不仅对物种的存在与否,而且对物种的个体数量特征进行测度,所以其曲线变化的幅度较

(下转第 315 页 Continue on page 315)

- 脱氢酶(LDH)同工酶分比较研究[J]. 两栖爬行动物学研究, 1995(4,5):245-251.
- [4] 李新红, 赵文阁. 黑龙江省七种蛇乳酸脱氢酶合酯酶同工酶比较研究[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 1998, 14(1):64-70.
- [5] 沈建伟, 陆佩洪, 陈宜峰. 壁虎属三种壁虎几种组织中LDH同工酶的比较[J]. 南京师范大学:自然科学版, 1996, 19(4):45-51.
- [6] 聂刘旺, 郭超文, 吴孝兵. 游蛇科五种蛇组织LDH同工酶凝胶电泳的分析[J]. 动物学研究, 1995, 16(1):31-36.
- [7] 贾守菊, 张永普, 陈艳乐, 等. 中国石龙子的同工酶[J]. 动物学杂志, 2002, 37(5):22-27.
- [8] 张永普, 贾守菊, 陈艳乐, 等. 丽纹龙蜥不同组织的同工酶[J]. 河南师范大学学报:自然科学版, 2003, 1(4):89-94.
- [9] 胡能书, 万国贤. 同工酶技术及应用[M]. 长沙:湖南科学技术出版社, 1985:70-125.
- [10] 张青青, 唐业忠, 黄永成, 等. 蛤蚧地理变异的初步研究[J]. 动物学杂志, 1997, 32(5):44-46.

(责任编辑:韦廷宗)

(上接第 309 页 Continue from page 309)

大,即对环境变化的反映是相当敏感的。这与山地草甸多样性的研究结果是一致的<sup>[11]</sup>。

此外,我们发现,无论是物种数还是均匀度指数或者 Shanon-Weaner 指数,在 5 种生境中,滩涂都是最小的。其中的原因除了跟滩涂本身的条件相关外,很大一部分原因还跟人为的干扰有关。每到退潮的时候,当地居民都到滩涂上去捕捉底栖生物,人类频繁地、高强度的活动导致鸟类可食的资源受限,极大地干扰了鸟类的活动。滩涂上鸟类的种类和多样性都是最小的。滩涂是保护区内相当重要的一部分,当地政府应该适当控制当地居民对滩涂湿地的捕捞强度,特别是在春秋鸟类迁徙高峰季节,更应该加强对滩涂湿地的管理,降低捕捞的密集度和开发强度,尽可能减少捕捞对水鸟造成的影响。

#### 致谢:

感谢北仑河口国家级自然保护区石角保护站工作人员的大力支持。

#### 参考文献:

- [1] WHITTACKER R H. Evolution of species diversity in land communities[M]//HECHT M K, STEERE W C, WALLACE B, eds. Evolutionary Biology. New York: Plenum, 1977:1-67.
- [2] 王伯荪, 彭少麟. 植被生态学——群落与生态系统[M]. 北京:中国环境科学技术出版社, 1997:5-12.
- [3] 王献溥, 刘玉凯. 生物多样性的理论与实践[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1994:1-67.
- [4] KRATOCHWIL A. Biodiversity in ecosystems; some principles[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999:5-38.
- [5] MAGURAN A E. Ecological diversity and its measurement[M]. Princeton: Princeton University Press, 1988.
- [6] 唐志尧, 方精云. 植物物种多样性的垂直分布格局[J]. 生物多样性, 2004, 12(1):20-28.
- [7] 陈睿, 洪伟, 吴承祯. 闽北常绿阔叶林物种多样性海拔梯度分析[J]. 福建林学院学报, 2004, 24(1):12-16.
- [8] PEILOU E C. 数学生态学[M]. 卢泽愚, 译. 第 2 版. 北京:北京科学出版社, 1985:65-84.
- [9] 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II:  $\beta$  多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1995, 3(2):38-43.
- [10] WILSON M V. Measuring beta diversity with presence absence data[J]. J Ecol, 1984, 72(3):1055-1064.
- [11] 高贤明, 马克平. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 XI: 山地草甸  $\beta$  多样性[J]. 生态学报, 1998, 18(1):24-32.

(责任编辑:邓大玉 凌汉恩)