

沙湖自然保护区鹞属鸟类多样性及其影响因子

罗祖奎^{1,2}, 吴法清^{2,*}, 刘家武², 向国祥³, 王天厚^{1,*}

(1. 华东师范大学生命科学学院上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室, 上海 200062;

2. 华中师范大学生命科学学院, 武汉 430070; 3. 仙桃市林业局, 武汉 433000)

摘要:在湖北沙湖湿地自然保护区 4a 的调查中, 发现鹞属 *Circus* 鸟类有白头鹞 *C. a. aeruginosus*、白尾鹞 *C. c. cyaneus*、白腹鹞 *C. s. spilonotus* 3 种, 186 条样线的调查中共记录到 363 只。方差分析表明, 4a 的鹞属鸟类年度间平均数差异不显著。比较鹞属鸟类秋、冬季节平均丰度表明, 秋季显著高于冬季。对鹞属鸟类分别进行秋、冬季节同期平均数比较, 均无显著性差异。不同生境间鹞属鸟类多样性平均数差异极显著, 草甸 > 芦苇 > 水域 > 农田。3 种鹞属鸟类的种间相遇概率及频率指数都是白尾鹞 > 白头鹞 > 白腹鹞。回归模型显示鹞属鸟类数量与环颈雉 *Phasianus colchicus* 的数量呈极显著正相关 ($r^2 = 0.98, P < 0.001$)。草甸面积变化对栖息于草甸的鹞属鸟类数量有极显著的影响。围网对鹞属鸟类在水域生境出现频次无显著影响。

关键词:鹞属; 多样性; 影响因子; 湖北沙湖

文章编号: 1000-0933(2009)05-2331-09 中图分类号: Q16, Q145, Q958 文献标识码: A

Harrier *Circus* biodiversity and its environment impact study in Shahu Nature Reserve in Hubei, China

LUO Zu-Kui^{1,2}, WU Fa-Qing^{2,*}, LIU Jia-Wu², XIANG Guo-Xiang³, WANG Tian-Hou^{1,*}

1 School of Life Sciences, Shanghai Key Laboratory of Urbanization and Ecological Restoration, East China Normal University, Shanghai 200062, China

2 School of Life Sciences, Central China Normal University, Wuhan 430070, China

3 Xiantao Municipality Forestry Bureau, Wuhan 433000, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(5): 2331 ~ 2339.

Abstract: Three species of harrier *Circus* with 363 individuals, including marsh harrier *C. a. aeruginosus*, hen harrier *C. c. cyaneus* and eastern marsh harrier *C. s. spilonotus*, were recorded when we surveyed Shahu Nature Reserve in Hubei within 186 line transects during the four years. The results indicated that the harrier abundance was significantly higher in autumns than that in winters; however, little fluctuation appeared in the harrier abundances of corresponding period of autumns and winters respectively as well as in annual abundances from the four-year survey. There was significant difference among harrier abundance in different habitats as follows: grassland's > reed's > water area's > farmland's. Encountering probability of interspecies and frequency index of harriers were ranked as: hen harrier's > marsh harrier's > eastern marsh harrier's. The regression model showed that harrier *Circus* numbers correlated strongly with pheasant *Phasianus colchicus* abundance ($r^2 = 0.98, P < 0.001$). The reduction of grassland area had a significant impact on the numbers of harriers perching in the grassland, however, fish net setting around the lake had a little impact on the harriers appearance.

Key Words: harrier; biodiversity; impact factor; Shahu in Hubei, China

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30670315); HSBC-WWF 长江资助项目(0876); 湖北省科技基础条件平台建设专项资助项目(2004TZ06); 湖北省林业局资助项目

收稿日期:2008-02-19; **修订日期:**2008-06-01

致谢:感谢湖北省林业局、仙桃市林业局对工作的支持。吴少斌、舒实、楼利高同学参加了大量的野外工作, 在此一并致谢。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: thwang@bio. encu. edu

猛禽是肉食性鸟类,处于食物链顶极,在维持自然界生态平衡中起着不可替代的重要作用^[1],是生态系统健康与否的指标之一^[2],其中,鸮属 *Circus* 鸟类属于控制鼠害、虫害种群密度的益鸟^[3]。

我国的鸮属鸟类所有种全部列为《濒危野生动植物国际贸易公约》(CITES)中的附录-II^[4]和国家Ⅱ级重点保护野生动物^[5],鸮属鸟类所有种在其他一些国家也被列为不同级别的保护物种^[6,7],但是鸮属鸟类的数量在全球范围内正在不断下降^[8~10]。生境破坏被普遍认为是物种数量下降甚至走向灭绝的最主要原因^[11~15]。人类活动引起的生境毁坏或丧失对物种灭绝的影响已有大量研究^[16~25],人类正在快速开垦自然的土地用以满足不断增长的人口需求^[26]。快速开垦导致鸮属鸟类偏爱的生境质量下降或者丧失^[2],鸮属鸟类受到直接或间接的影响^[27,28]。

目前,法国、英国、荷兰和波兰等国家对鸮属鸟类的研究涉及到多个方面(如:食物^[29~33]、繁殖^[30,34,35]、生境选择^[10,35]、性二型^[36,37]、种群理论模型^[38,39])。其中,最引人注目的是:英国自 1954 年立法保护猛禽以来,英国政府一直试图解决‘鸮属鸟类-松鸡’的矛盾而产生的系列研究^[40]。但在中国关于鸮属鸟类的研究相对较少,仅见管绍荣等关于贵州省白头鸮迁徙和越冬习性的研究^[41]。

鸮属鸟类在我国虽然分布广,但数量少。我们能在湖北沙湖湿地自然保护区发现相对较多鸮属鸟类的原因主要有以下 3 点:(1)适宜的自然环境。鸮属鸟类偏爱栖息在开阔地带,包括草甸、沼泽湿地、农田、河流、湖泊岸边等处^[42];(2)丰富的食物资源。鸮属鸟类的食物主要有鼠、中小形鸟类、两栖爬行动物、昆虫和鱼^[43],非繁殖季节也捕食环颈雉、白骨顶和野鸭^[42,44];(3)有利的地理位置。该保护区位于洪湖国家级自然保护区和沉湖省级自然保护区之间,并且与两者相距近,在生态地理位置上相当于两者之间的一个生境斑块或者岛屿。

本文以湖北仙桃沙湖湿地自然保护区的鸮属鸟类为研究对象,了解该区域鸮属鸟类种群组成及分布特征,探讨影响其分布的生态因子,找出其偏爱的生境并结合生境特点用生物统计学的方法分析其偏爱某种生境的原因,提供长江中下游流域鸮属鸟类基础数据,为猛禽物种及栖息地保护提供理论依据。

1 自然概况

沙湖湿地自然保护区(图 1)地处湖北仙桃市城区东部(29°58′~30°07′N, 113°39′~113°58′E),在洪湖国家级湿地自然保护区东北 23km,沉湖省级湿地自然保护区西南 9km 处,总面积 66km²。保护区四周均被长江大堤环绕,4 月下旬至 10 月中旬保护区 85%~90% 的面积被水淹没,四季均无固定道路。在 10 月中旬水位下降后,各生境类型及占总面积的百分比为:芦苇 59.8km²(90.6%),草甸 1.32km²(2%),农田 0.96km²(1.46%),水域 3.92 km²(5.94%)。水系主要有东荆河、南武湖、北武湖、稻草湖。其中,东荆河西与汉水相连,向东注入长江,贯穿整个保护区。保护区属于亚热带季风气候,年最高极端气温 38.8℃,最低极端气温 -14.2℃,年平均气温 16.6℃,年降雨量 1211.5mm,年平均日照时数 2002.6h,无霜期 256d。整个保护区为血吸虫高发疫区,区内人烟稀少。

2 研究方法

2.1 野外调查

于 2001、2003、2004、2006 年的秋季(9 月~11 月份)和冬季(12 月~翌年 2 月份)进行调查,将生境划分为芦苇、草甸、农田、水域,每类生境每个季节调查 5~7 条样线,4a 累计样线 186 条,其中:芦苇 47 条,草甸 47 条,农田 46 条,水域 46 条。观察芦苇生境左右两侧 0.1km 内的鸮属鸟类,其它生境观察单侧 0.2km 以内的鸮属鸟类。所有样线设置长 2km,每条样线均用步行观察统计鸮属鸟类数量,步行速度为 1km/h。所用仪器为双筒望远镜(型号:BD42 Series Kowa 10×)和单筒望远镜(型号:Diascope 85 T * FL Carl Zeiss 20-60×)。

每次调查 2~3 人,秋季调查在 10 月份和 11 月份各 1 次,每次 15d;冬季在 12 月和翌年的 1 月份各 1 次,每次 15d。为避开早晚浓雾,一般选择晴天 9:00~11:00,13:00~15:00 进行野外调查。在调查鸮属鸟类的同时也记录环颈雉的数量。

2.2 鸟类记数

所有鸟类的记数均参照 Bibby 的“标准记数”法^[45]。鸮属鸟类:从样线内飞到样线外的或者在样线上空

盘旋的鸟均记数,从样线外飞到样线内的不记数。环颈雉:从样线内飞到样线外的或者在样线内活动的鸟均记数,从样线外飞到样线内的不记数。

2.3 秋季草甸面积人为等级划分

每年 10 月中旬水位开始下降,草甸中放牧有一定数量的牛群。一般在 6~10d 内整个草甸被践踏(被践踏的草只是倒伏,不一定被啃吃),鸕属鸟类的数量随之发生变化。在 2001、2003、2004、2006 年的秋季调查中统计到牛群的数量分别为:18、30、27、32 头(牛群中的个体不记年龄大小)。将未被践踏(未倒伏)的草甸占草甸总面积的百分比人为分成以下 4 个等级: $0.75 < S1 \leq 1$, $0.50 < S2 \leq 0.75$, $0.25 < S3 \leq 0.50$, $0 < S4 \leq 0.25$ 。

2.4 数据和图片处理

年度间多样性是指各年份之间的鸕属鸟类平均数差异。

季节多样性是指 4a 中的秋季与冬季的鸕属鸟类之间的平均数差异。

同期多样性是指各年份同一时间段内的鸕属鸟类平均数差异,分别进行了 4a 秋季同期多样性平均数和 4a 冬季同期多样性平均数的比较。

按生境比较鸕属鸟类多样性时方差不齐,采用 Dunnett's T3 进行生境间鸕属鸟类平均数比较。

Hurlbert 种间相遇概率(PIE)^[46]:
$$PIE = \sum_{i=1}^s (n_i/n) [(n - n_i)/(N - 1)]$$

式中, n 为某样带中 3 种鸕属鸟类只数(若 $n = 0$,该组值舍弃), n_i 为某样带中第 i 个物种的只数, s 为调查次数, N 为 3 种鸕属鸟类总只数。

频率指数(RB)^[47]:
$$RB = (d/D) \times (n/D)$$

式中, d 为遇见某种鸕属鸟类的天数, n 为遇见某种鸕属鸟类的总数量, D 为工作总天数,每观察一个样线的 2h 换算成 0.5d。

在影响因子分析中,围网是自 2005 年 12 月在短期内大量迁入保护区,被围网的水面面积占总湖面面积没有构成不同的百分比,所以在分析围网对水域中鸕属鸟类的影响时,把围网期间的鸕属鸟类与未围网期间的鸕属鸟类做比较时用 t -检验(independent-samples T test)。

除了计算鸕属鸟类与环颈雉的回归关系是以一个季节调查的数量累加作为 1 次记数外,所有计算都以单个样线 1 次调查的数量为 1 次记数。

统计分析采用 SPSS 13.0 for Windows 软件包。

图片处理用 Arcgis 9.0 和 Photoshop CS 8.0。

3 结果

3.1 鸕属鸟类多样性

3.1.1 年度间多样性

在沙湖湿地自然保护区 4a 调查中(累计样线 186 条),记录到鸕属鸟类有白头鸕 *C. a. aeruginosus*、白尾鸕 *C. c. cyaneus*、白腹鸕 *C. s. spilonotus* 3 种,累计 363 只,调查结果见图 2。

年度间多样性平均数差异用方差分析: $F = 0.056 < F_{0.05}(3, 185) = 2.66$, $P > 0.05$ 。结果表明:4a 间鸕属鸟类多样性平均数差异不显著。

3.1.2 季节多样性

4a 的季节多样性调查结果见图 3。

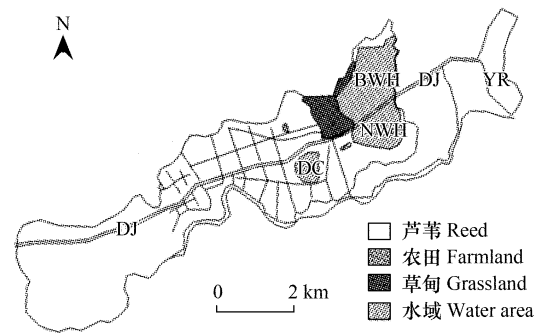


图 1 沙湖湿地自然保护区(秋、冬季节)

Fig. 1 Shahu Everglade Nature Reserve (autumn and winter)

BWL:北武湖;NWL:南武湖;DC:稻草湖;DJ:东荆河;YR:长江
HB:Hubei Province; BWL:Beiwu Lake; NWL:Nanwu Lake; DC: Daocao Lake; DJ:Dongji River; YR:Yangtze River

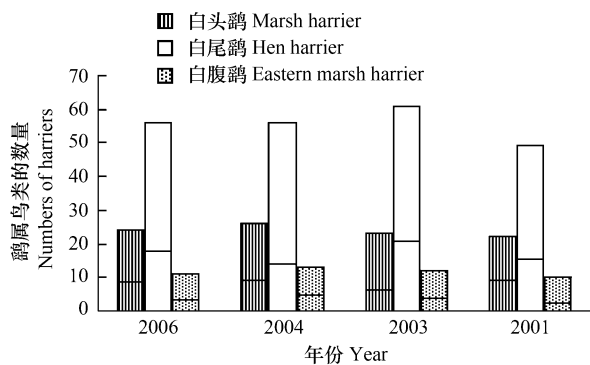


图2 鸮属鸟类4a调查结果

Fig. 2 Numbers of harriers of the four years

条块图的上半部分表示秋季的数量, 下半部分表示冬季的数量

Up-part of each bar chart stands for numbers of harriers of autumn, and down-part for winter's

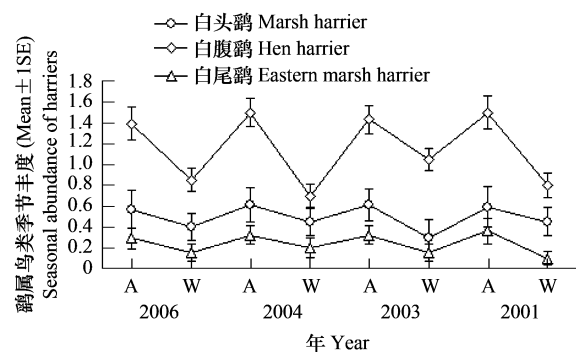


图3 鸮属鸟类4a秋(A)、冬(W)季节丰度(以平均数±标准误差表示)

Fig. 3 Seasonal abundance of autumn (A) and winter (W) of harriers in the four years (Mean ± 1SE)

对于秋、冬季节多样性平均丰度用 t 检验 (independent-samples T test): $t = 5.07$, $|t| > t_{(0.01)} = 2.62$, $df = 184$, $P < 0.01$ 。说明秋、冬季节鸮属鸟类多样性丰度差异极显著, 秋季显著高于冬季。

3.1.3 同期多样性

4a 秋季同期多样性比较见表1, $F = 0.088 < F_{0.05}(3, 105) = 2.69$, $P > 0.05$ 。结果表明: 4a 秋季同期多样性平均数无显著性差异。冬季同期多样性比较见表2, $F = 0.149 < F_{0.05}(3, 79) = 2.72$, $P > 0.05$ 。结果表明: 4a 冬季同期多样性平均数无显著性差异。

表1 4a 秋季同期多样性平均数比较

Table 1 F-test on harriers in corresponding periods of the four autumns

变异来源 Test resource	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F
秋季间 Between groups	0.66	3	0.22	0.088
秋季内 Within groups	253.99	102	2.49	
总变异 Total	254.65	105		

表2 4a 冬季同期多样性平均数比较

Table 2 F-test on harriers in corresponding periods of the four winters

变异来源 Test resource	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F
冬季间 Between groups	0.30	3	0.10	0.149
冬季内 Within groups	50.90	76	0.67	
总变异 Total	51.20	79		

3.1.4 按生境比较鸮属鸟类多样性

将生境划分为芦苇、草甸、农田、水域, 对不同生境中的鸮属鸟类进行单因素方差分析 (表3)。对不同生境的鸮属鸟类多样性平均数进行多重比较 (表4)。

按生境比较鸮属鸟类多样性平均数表明: 草甸 > 芦苇 > 水域 > 农田; 草甸、芦苇和水域中鸮属鸟类平均数极显著高于农田; 草甸中鸮属鸟类平均数极显著高于芦苇; 芦苇中鸮属鸟类平均数显著高于水域; 草甸中鸮属鸟类平均数显著高于芦苇。

表 3 按生境比较鹞属鸟类多样性平均数方差分析表

Table 3 F-test on harriers in different habitats					
变异来源 Test resource	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F	P
生境间 Between groups	122.13	3	40.71	32.72	<0.01
生境内 Within groups	226.43	182	1.24		
总变异 Total	348.57	185			

表 4 按生境比较鹞属鸟类多样性平均数多重比较表(SSR 法)

Table 4 Multiple comparisons on harriers in different habitats				
生境 Habitats	平均数 Mean	平均数 -0.83 Mean -0.83	平均数 -1.70 Mean -1.70	平均数 -2.19 Mean -2.19
草甸 Grassland	3.06	2.23 **	1.36 **	0.87 *
芦苇 Reed	2.19	1.36 **	0.49 *	
水域 Water area	1.70	0.87 **		
农田 Farmland	0.83			

* * 极显著 Strongly significant, * 显著 Significant

3.1.5 种间相遇概率及频率指数

3 种鹞属鸟类的种间相遇概率及频率指数见图 4。

结果表明:3 种鹞属鸟类的种间相遇概率及频率指数都是白尾鹞 > 白头鹞 > 白腹鹞。

3.2 影响因子分析

3.2.1 鹞属鸟类与环颈雉的回归关系

调查中,发现鹞属鸟类捕食环颈雉的频率较高。对鹞属鸟类-环颈雉进行回归分析(图 5)。

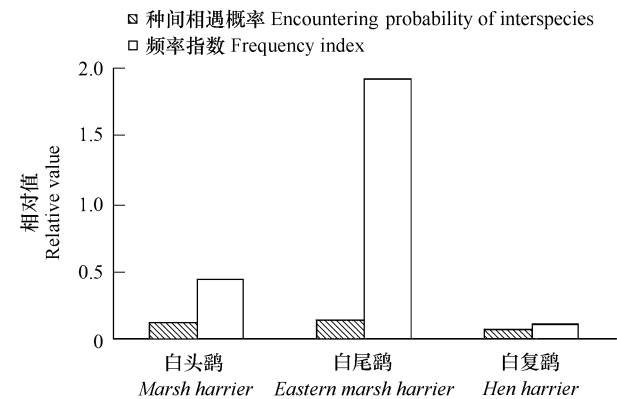


图 4 鹞属鸟类的种间相遇概率及频率指数

Fig.4 Encountering probability of interspecies and frequency index of harriers

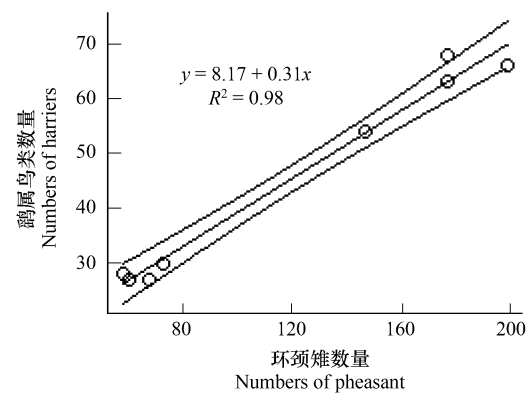


图 5 鹞属鸟类数量与环颈雉数量回归关系

Fig.5 Linear regression with 95% mean prediction interval between harriers and pheasant

结果表明:鹞属鸟类数量与环颈雉数量存在强的正相关, $r^2=0.98$, $P<0.001$ 。

3.2.2 草甸面积变化对草甸中鹞属鸟类的影响

草甸面积变化对鹞属鸟类数量影响见表 5,草甸面积变化对鹞属鸟类数量影响多重比较见表 6。

结果表明:草甸面积变化对草甸中鹞属鸟类数量影响平均数间差异显著性为: $S1>S2>S3>S4$;除了草甸面积占总面积的 0.25~0.50 与 0~0.25 之间,以及在 0.75~1 与 0.75~0.50 之间对鹞属鸟类数量影响不显著以外,草甸面积变化在其它各层次之间对鹞属鸟类数量影响都极显著。

表 5 草甸面积变化对草甸中鹞属鸟类数量影响方差分析表

Table 5 *F*-test on harriers in left grassland proportions

变异来源 Test resource	平方和 Sum of squares	自由度 <i>df</i>	均方 Mean square	<i>F</i>	<i>P</i>
面积间 Between groups	77.45	3	25.82	34.20	<0.001
面积内 Within groups	12.83	17	0.76		
总变异 Total	90.29	20			

表 6 草甸面积变化对草甸中鹞属鸟类数量影响多重比较 (SSR 法)

Table 6 Multiple comparisons on numbers of harriers in different left grassland proportions

草甸面积 Left grassland	平均数 Mean	平均数 - 1.00 Mean - 1.00	平均数 - 2.83 Mean - 2.83	平均数 - 5.40 Mean - 5.40
0.75 < S1 ≤ 1	5.80	4.80 **	2.97 **	0.40 ns
0.50 ≤ S2 < 0.75	5.40	4.40 **	2.57 **	
0.25 ≤ S3 < 0.50	2.83	1.83 ns		
0 < S4 < 0.25	1.00			

* * 极显著 Strongly significant; ns: 不显著 Not significant

3.2.3 围网对水域中鹞属鸟类的影响

从 2005 年 12 月, 洪湖国家级湿地自然保护区的围网全部被强制拆除, 有部分围网迁移到沙湖湿地自然保护区。南武湖和稻草湖全部布满围网, 北武湖 1/2 面积被围网, 总围网面积占湖面总面积约 80%, 围网高度高出水面 0.5 ~ 1m。把围网期间的鹞属鸟类与未围网期间的鹞属鸟类做比较, 检验围网对水域中鹞属鸟类的影响。

$t = -0.33, |t| < t_{(0.05)} = 1.97, df = 184, P > 0.05$ 。结果表明: 围网对鹞属鸟类在水域生境出现频次无显著影响。

4 讨论

4.1 干扰对鹞属鸟类的影响

湖北沙湖湿地自然保护区的草甸放牧、芦苇砍割、围网等事件都属于干扰。“中度干扰假说”认为: 中等程度的干扰水平能维持高生物多样性^[48]。

4.1.1 草甸放牧

将 4a 秋季有牛群干扰期间草甸中的鹞属鸟类做方差分析, 发现牛群数量变化对草甸中鹞属鸟类数量影响不显著 ($F = 0.292 < F_{0.05}(3, 23) = 3.03, P > 0.05$)。有研究表明: 适度放牧对维持草甸生态平衡有利^[49], 过低或者消除放牧会导致鹞属鸟类的数量下降^[50]。从调查分析, 研究区域草甸仅在 6 ~ 10d 内全部被践踏, 干扰引起生境变化的时间远远短于该地区鹞属鸟类每年在此停留的时间, 说明每年的放牧强度都超过中度干扰水平。

4.1.2 围网

围网对鹞属鸟类在水域生境出现频次无显著影响, 可能的原因有两种: (1) 围网对鹞属鸟类的活动确实不造成明显障碍; (2) 水作为鹞属鸟类生存的必须物质基础而没有替代品, 即使围网对鹞属鸟类的活动已经形成了很大障碍, 可能鹞属鸟类努力克服了这种障碍, 使围网对鹞属鸟类在水域生境出现频次无显著影响的结论实质上是一种不真实反映。从调查分析, 围网是在短期内大量进入保护区, 80% 的湖面被围网, 鹞属鸟类没有别的选择, 只能到有围网的地方饮水。不妨假设围网的面积每年有变化, 即被围网的水面面积占总湖面面积构成不同的百分比, 再对不同年份的鹞属鸟类数量进行分析比较, 就有可能得出与本文相反的结论, 即围网对鹞属鸟类在水域中的活动影响显著。

4.1.3 芦苇砍割

每年 11 月中旬大面积芦苇砍割加上 10 月中旬开始的草甸放牧牛群干扰活动可能是秋、冬季节鹞属鸟类

多样性平均丰度差异极显著的主要原因之一。芦苇砍割和草甸放牧破坏了鹈属鸟类的生境,必然导致鹈属鸟类数量减少。

4.2 生态因子对鹈属鸟类的影响

4.2.1 食物

有研究表明鹈属鸟类在繁殖季节的主要食物是鼠类^[10]或者雀形目小形鸟类^[51],但在非繁殖季节它们的食物变得多元化^[3],并逐渐捕食更多的鸟类^[51~53],包括环颈雉^[53]。研究表明:鹈属鸟类数量随环颈雉数量变化而变化,二者数量上存在强的正相关($r^2 = 0.98, P < 0.001$)。因此,环颈雉是鹈属鸟类的密度制约因子之一^[54]。在对草甸的调查中,很少发现鼠类或者其洞穴,主要与该区域直到 10 月中旬水位才开始下降,并且整个研究区域四周被长江大堤环绕,鼠类很难在短期内迁入有关。在草甸的调查中发现雀形目小鸟数量也少,这就表明在草甸中鹈属鸟类的食物很单一,可能仅局限于环颈雉。有研究表明:只有某一种食物存在时,鹈属鸟类也可以维持较高密度^[33,55]。

4.2.2 生境类型

不同生境鹈属鸟类丰富度不同^[49]。研究表明:4 种生境中,草甸中鹈属鸟类多样性平均数最高(表 6),按同样的生境划分,对环颈雉做多样性平均数比较,同样是草甸中环颈雉多样性平均数最高($F = 51.96 > F_{0.01}(3, 185) = 3.90, P < 0.01$)。说明不同生境中鹈属鸟类丰富度不同可能与食物分布有密切的联系。

4.2.3 生境结构

从表 6 的结论,草甸面积变化对鹈属鸟类数量影响平均数间差异显著性为: $S_1 > S_2 > S_3 > S_4$ 。对相应 4 个面积等级的草甸中环颈雉进行方差分析表明:不同面积等级的草甸中环颈雉多样性平均数差异极显著($F = 15.72 > F_{0.01}(3, 20) = 4.94, P < 0.01$; $S_2 > S_1 > S_3 > S_4$)。这说明:(1)在 S_1 时鹈属鸟类丰富度最高,而环颈雉丰富度是在草甸剩余 S_2 时最高;(2)在 S_3 和 S_4 时,鹈属鸟类和环颈雉的丰富度都较低。由此可以进行以下推论:(1)生境结构与物种的丰富度有密切的联系,不同物种对同样生境结构变化反应不同^[35,56,57];(2)生境结构发生不适宜猎物生存的变化会导致猎物为降低捕食风险而逃离高风险生境,猎物下降最终引起捕食者的丰富度相应发生变化^[58~60]。

4.3 鹈属鸟类生境偏爱

研究区域四种生境中,草甸中鹈属鸟类平均数指标最高(表 6),中位数两侧分布对称性最好(图 6),但其变异系数($C \cdot V$)比较大(农田: $C \cdot V = 68.97\%$, $S = 0.57$, $\bar{X} = 0.83$;草甸: $C \cdot V = 57.51\%$, $S = 1.76$, $\bar{X} = 3.06$;芦苇: $C \cdot V = 46.26\%$, $S = 1.01$, $\bar{X} = 2.19$;水域: $C \cdot V = 40.99\%$, $S = 0.70$, $\bar{X} = 1.70$)。这说明该区域草甸为鹈属鸟类最偏爱的生境,但生活在草甸中的鹈属鸟类遭受较强的干扰。从以上分析可以看出:食物的可获得性可能是鹈属鸟类偏爱草甸的主要原因之一^[59,60],而过度放牧引起鹈属鸟类数量大幅度波动。

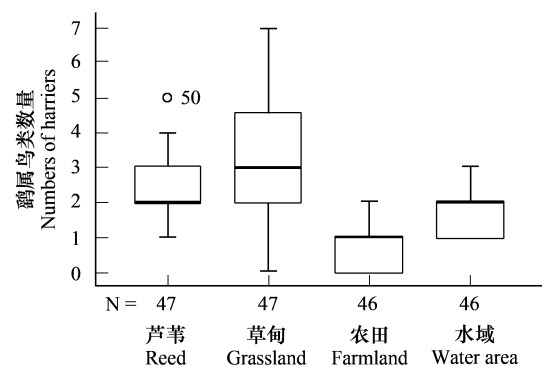


图 6 4 种生境中鹈属鸟类数量分布

Fig. 6 Quantity distribution of harriers in the four habitats

References:

- [1] Li X T, ed. Raptors of China. Beijing: China Forestry Publishing House, 2004.
- [2] Gao W, ed. Ecology of Falcon Order in China. Beijing: Science Press, 2002.
- [3] Stephen M R, Simon J T. Field vole *microtus agrestis* abundance and hen harrier *circus cyaneus* diet and breeding in Scotland. Ibis, 2002, 144: 33 — 38.
- [4] China Wildlife Propagation Institution for Protection, ed. The Law of Wild Animal Protection of People's Republic of China · List of Wild Animals under National Protection. Beijing: China Legal Press, 1989.

- [5] Xiao H F, ed. Atlas of Important Protected Wildlife of Hubei. Wuhan: Hubei Technology Press, 1996.
- [6] Threatened Birds of Asia: The Birdlife International Red Data Book. Cambridge, UK: Birdlife International, 2001.
- [7] Gruson E, ed. A Checklist of the Birds of the World. London: William Collins Sons & Co. Ltd., 1976.
- [8] Tucker G M, Heath M F. Birds in Europe: their conservation status. Cambridge birdlife international, 1994.
- [9] Norris K, ed. Conserving Bird Biodiversity: General Principles and Their Application. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- [10] Ben J K, Christiane T, Erik G V, *et al.* Do voles make agricultural habitat attractive to montagu's harrier *Circus pygargus*? Ibis, 2007, 149: 575 — 586.
- [11] Osvaldo E S. Almost all about biodiversity. Science, 2003, 299(7): 1521.
- [12] Hanski I. Metapopulation dynamics. Nature, 1998, 396: 41 — 49.
- [13] Pimm S L, Raven P. Extinction by numbers. Nature, 2000, 403: 843 — 845.
- [14] Newton I. Population limitation in migrants. Ibis, 2004, 146: 197 — 226.
- [15] Owens I P F, Bennett P M. Ecological basis of extinction risk in birds: habitat loss versus human persecution and introduced predators. Proc. Natl Acad. Sci USA, 2000, 97: 12144 — 12148.
- [16] Liang R J, Lin Z S, Chen L L. The competition model of species at different types of habitat and simulation studies and applications. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(10): 3308 — 3316.
- [17] Chen L L, Lin Z S, Liang R J. Impact of wetland loss on meta-population with the Allee-like effect and the strategy: a study case of Yancheng in Jiangsu Province. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(11): 4507 — 4515.
- [18] Lin Z S. Simulating unintended effects restoration. Ecol. Model, 2003, 164: 169 — 175.
- [19] Lin Z S, Qi X Z, Li B L. Can best competitors avoid extinction as habitat destruction? Ecol. Model, 2005, 182: 107 — 112.
- [20] Tilman D, Lehman C L, Yin C. Habitat destruction, dispersal, and deterministic extinction in competitive communities. Am. Nat., 1997, 149: 407 — 435.
- [21] Ricard V S, David A, Joan S. Habitat fragmentation and biodiversity collapse in neural communities. Ecological Complexity, 2004, 1: 65 — 75.
- [22] Lin Z S. The ecological order of persisting species during habitat destruction. Ecol. Model, 2005, 184: 249 — 256.
- [23] Liu H Y, Lin Z S, Zhang M Y. How species responses to different habitat destruction caused by human activities. Acta Pytoechologica Sinica, 2005, 29(3): 429 — 435.
- [24] Liu H Y, Lin Z S, Zhang M Y. The dynamical simulation of the effects of human activities on species diversity: a case study of the effects of human-caused habitat destruction on waterfowls' species diversity in Honghu wetland. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(2): 432 — 438.
- [25] Lin Z S, Wang S G. Study on the relation between the animal species extinction and habitat destruction. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(4): 533 — 540.
- [26] Chris S E. Functional equivalency between rice fields and semi-natural wetland habitats. Conservation Biology, 2000, 14(1): 181 — 191.
- [27] Simon J, Thirgood S J, Stephen M, *et al.* Do habitat characteristics influence predation on red grouse? Journal of Applied Ecology, 2002, 39: 217 — 225.
- [28] Arjun A, Beatriz A, Eric M, *et al.* Influence of habitat on breeding performance of hen harriers *circus cyaneus* in Orkney. Ibis, 2007, 147: 4 — 9.
- [29] Hamerstrom F. Effect of prey on predator-voles and harriers. Auk, 1979, 96: 370 — 374.
- [30] Redpath S M, Thirgood S J, Clarke R. Field vole *microtus agrestis* abundance and hen harrier *circus cyaneus* diet and breeding in Scotland. Ibis, 2002, 144: 33 — 38.
- [31] Salamolard M, Butet A, Leroux A, *et al.* Responses of an avian predator to variations in prey density at a temperate latitude. Ecology, 2000, 81: 2428 — 2441.
- [32] Schipper W J. A comparison of prey selection in sympatric harriers *circus* in Western Europe. Le Gerfaut, 1973, 63: 17 — 120.
- [33] Andersson M, Erlinge S. Influence of predation on rodent populations. Oikos, 1977, 29: 591 — 597.
- [34] Watson D, ed. The Hen Harrier. Berkhamsted: Poyser Press, 1977.
- [35] Stephen M, Redpath S M, Simon J. Numerical and functional responses in generalist predators: hen harriers and peregrines on Scottish grouse moors. Journal of Animal Ecology, 1999, 68: 879 — 892.
- [36] Arroyo B. Sex-biased nestling mortality in the montagu's harrier *circus pygargus*. Journal of Avian Biology, 2002, 33: 455 — 460.
- [37] Kitowski I. Sibling conflict in montagu's harrier *circus pygargus* during the post-fledging period in south-east Poland. Acta Zoologica Sinica, 2002, 51(5): 790 — 796.
- [38] Hanski I, Hansson L, Henttonen H. Specialist predators, generalist predators and the microtine vole cycle. Journal of Animal Ecology, 1991, 60: 353 — 367.
- [39] Murdoch W W, Oaten A. Predation and population stability. Advances in Ecological Research, 1975, 9: 11 — 31.

- [40] Redpath S M, Arroyo E M, Leckie E M, *et al.* Using decision modeling with stakeholders to reduce human-wildlife conflict: a raptor-grouse case study. *Conservation in Practice*, 2004, 18(2): 350–359.
- [41] Guan S R, Tian Y Z, Li S. An initial observation of the migration ecological and overwintering habits of marsh harriers. *Sichuan Journal of Zoology*, 1997, 16(1): 25–26.
- [42] Huang M P, ed. *Fauna Liaoningica Aves*. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press, 1989.
- [43] Niu H X, Lv J Q, Lu J Q. Survey on the carnivorous birds in Henan Province. *Chinese Journal of Zoology*, 2002, 37(1): 36–38.
- [44] Wang Y J, ed. *Birds Protected in Shanghai*. Shanghai: Xuelin Press, 1986.
- [45] Bibby C J, ed. *Bird Census Techniques*. London: Academic Press, 1992.
- [46] Ding P, Zhu G Y, Jiang S R. Community ecology birds on area of Gu Tian Mountain, Zhejiang Province. *Acta Ecologica Sinica*, 1989, 9(2): 121–127.
- [47] Song X J, Lin P. Bird communities in four mangrove wetlands in Fujian. *Chinese Journal of Ecology*, 2002, 21(6): 5–10.
- [48] Charles J K, ed. *Ecology*. Beijing: Science Press, 2002.
- [49] Smith A A, Redpath S M, Campbell S T, *et al.* Meadow pipits, red grouse and the habitat characteristics of managed grouse moors. *Journal of Applied Ecology*, 2001, 38: 390–400.
- [50] Thirgood S, Redpath S, Newton I, *et al.* Raptors and red grouse: conservation conflicts and management solutions. *Conservation Biology*, 2000, 14: 95–104.
- [51] Barnard P, Macwhirter B, Simmons R, *et al.* Timing of breeding and the seasonal importance of passerine prey to northern harriers *Circus cyaneus*. *Can. J. Zool.*, 1987, 65: 1942–1946.
- [52] Simmons R E, Barnard P, Macwhirter B, *et al.* The influence of microtines on polygyny, productivity, age, and provisioning of breeding Northern Harriers: a 5-year study. *Can. J. Zool.*, 1986, 64: 2447–2456.
- [53] Marquiss M. Habitat and diet of male and female hen harriers in Scotland in winter. *Br. Birds*, 1980, 73: 555–560.
- [54] Sun R Y, ed. *The Principles of Animal Ecology* (3rd). Beijing: Beijing Normal University Press, 2001.
- [55] Thirgood S J, Redpath S M, Rothery P, *et al.* Raptor predation and population limitation in red grouse. *Journal of Animal Ecology*, 2000, 69: 504–516.
- [56] Simmons R E, ed. *Harriers of the World: Their Behaviour and Ecology*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- [57] Jacob J. Short-term effects of farming practices on populations of common voles. *Agriculture, Ecosystems Environ*, 2003, 95: 321–325.
- [58] Ferguson S H, Bergerud A T, Ferguson R. Predation risk and habitat selection in the persistence of a remnant caribou population. *Oecologia*, 1988, 76: 236–245.
- [59] Norrdahl K, Korpimäki E. Fear in farmlands: how much does predator avoidance affect bird community structure? *Journal of Avian Biology*, 1998, 29: 79–85.
- [60] Suhonen J, Norrdahl K, Korpimäki E. Avian predation risk modifies breeding bird community on a farmland area. *Ecology*, 1994, 75: 1626–1634.

参考文献:

- [1] 李湘涛, 主编. 中国猛禽. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [2] 高玮, 主编. 中国隼形目鸟类生态学. 北京: 科学出版社, 2002.
- [4] 中国野生动植物保护司, 主编. 中华人民共和国野生动物保护法·国家重点保护野生动物名录. 北京: 中国法制出版社, 1989.
- [5] 肖华方, 主编. 湖北省重点保护野生动物图谱. 武汉: 湖北科技出版社, 1996.
- [23] 刘会玉, 林振山, 张明阳. 物种演化对人类活动作用下不同性质栖息地毁坏的响应. *植物生态学报*, 2005, 29(3): 429–435.
- [24] 刘会玉, 林振山, 张明阳. 人类活动效应对物种多样性影响的动力模拟—以洪湖湿地生境破坏对水鸟物种多样性的影响为例. *生态学报*, 2006, 26(2): 432–438.
- [25] 林振山, 汪曙光. 栖息地破坏与动物物种灭绝关系的模拟研究. *生态学报*, 2002, 22(4): 533–540.
- [41] 管绍荣, 田应洲, 李松. 白头鸕迁徙和越冬习性的初步观察. *四川动物*, 1997, 16(1): 25–26.
- [42] 黄沐朋, 主编. 辽宁动物志·鸟类. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1989.
- [43] 牛红星, 吕九全, 路纪琪. 河南省猛禽的调查. *动物学杂志*, 2002, 37(1): 36–38.
- [44] 王义炯, 主编. 上海的保护鸟类. 上海: 学林出版社, 1986.
- [46] 丁平, 诸葛阳, 姜仕仁. 浙江古田山自然保护区鸟类群落生态研究. *生态学报*, 1999, 9(2): 121–127.
- [47] 宋晓军, 林鹏. 福建红树林湿地鸟类区系研究. *生态学报*, 2002, 21(6): 5–10.
- [54] 孙儒泳, 主编. 动物生态学原理(第三版). 北京: 北京师范大学出版社, 2001.