

云南元江上游石羊江河谷绿孔雀不同 季节觅食地选择

刘 钊¹ 周 伟^{1*} 张仁功² 谢以昌³ 黄庆文³ 文云燕³

1 (西南林学院保护生物学院, 云南省高校森林灾害预警和控制重点实验室, 昆明 650224)

2 (云南省楚雄州自然保护区管理局, 楚雄 675000)

3 (云南省双柏恐龙河自然保护区, 双柏 675107)

摘要: 我们于2007年3–4月和10–11月在云南元江上游石羊江河谷绿孔雀(*Pavo muticus imperator*)的分布区内, 采用样线法和样方法调查了绿孔雀的觅食生境, 测定了21个生态因子。结果表明, 春季的觅食地利用样方距小路距离、乔木种类和藤本密度与对照样方存在显著差异, 而秋季的则不显著。生态因子比较和逻辑斯谛回归分析结果表明, 春、秋季绿孔雀均选择落果多、接近水源、坡度小、乔木的盖度和胸径大的地区作为觅食地。乔木和草本盖度, 距小路、居民点和林缘距离等是影响判别春、秋季觅食地选择的关键因子。概率和空间分布分析结果表明, 春、秋季绿孔雀在研究区内的概率分布呈明显的斑块状, 不同季节觅食活动位点均趋向于聚集分布, 分布区存在分离, 但有部分重叠。生态因子的主成分分析结果表明, 人为干扰对绿孔雀的影响大于安全和食物需求对它们自身的影响。隐蔽条件、食物和水源等关键性生态因子的配置和可获得性决定了绿孔雀的觅食地选择行为, 它对觅食地利用的不均匀是由于可利用资源分布不均匀所致, 而人为干扰压缩了可利用的适宜生境, 降低了利用程度。

关键词: 绿孔雀, 觅食行为, 栖息地选择, 空间分布

Foraging sites selection of green peafowl (*Pavo muticus imperator*) in different seasons in Shiyangjiang Valley of upper Yuanjiang drainage, Yunnan

Zhao Liu¹, Wei Zhou^{1*}, Rengong Zhang², Yichang Xie³, Qingwen Huang³, Yunyan Wen³

1 Faculty of Conservation Biology, Southwest Forestry College, Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control in Yunnan Higher Education Institutions, Kunming 650224

2 Nature Reserve Management Bureau of Chuxiong Prefecture in Yunnan Province, Chuxiong, Yunnan 675000

3 Konglonghe Nature Reserve of Shuangbai in Yunnan Province, Shuangbai, Yunnan 675107

Abstract: From March to April and October to November in 2007, we investigated foraging site selection of green peafowl (*Pavo muticus imperator*) using line transect bird survey and quadrant habitat sampling in Shiyangjiang Valley of upper Yuanjiang drainage in Yunnan Province, China. We measured twenty one habitat and landscape variables at used and random plots. The results suggested that distance to road, tree type, and liana density were different between used and random plots in spring, but were not different in autumn. The logistic regression analysis showed that green peafowl chose locations with abundant fruits, close water resource, gentle slope, higher degree of trees coverage, and larger trees as their foraging sites in both seasons. Foraging sites in spring and autumn could be discriminated by coverage of trees and grasses and distance to road, residential area, and forest edge. The map of distribution probability and spatial analysis indicated that the foraging sites tended to be clumped with partially overlap between spring and autumn. The results from principal component analysis showed that human disturbance affected foraging site selection.

Key words: *Pavo muticus imperator*, green peafowl, foraging behavior, habitat selection, spatial distribution

收稿日期: 2008-04-24; 接受日期: 2008-11-20

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(“973”计划)(2003CB415100), 西南林学院面上科研基金项目(200702M)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: weizhouyn@163.com

绿孔雀(*Pavo muticus imperator*)分布于中国云南、越南、柬埔寨、老挝、泰国和缅甸。国内对其野生种群的生态生物学研究主要限于种群数量和分布现状调查,结果认为,由于人类经济活动对其栖息地的破坏,绿孔雀野生种群数量明显下降,分布区域急剧缩小,形成了小家族群点状隔离分布,濒临灭绝(文贤继等,1995)。国内尚未见有关绿孔雀觅食栖息地的专项研究报道,国外也仅见对越南南部绿孔雀栖息地利用研究,结果表明,它偏好选择接近永久性水源地和无人干扰的生境。居民点扩增、栖息地丧失和水源可获得性是限制绿孔雀栖息地选择的主要因素(Brickle, 2002)。

觅食地是动物获取食物资源的重要场所,为栖息地的一部分,其质量直接关系到动物的生存和繁衍。分布在我国云南的绿孔雀对觅食地是否存在选择性和季节变化规律?开展相关研究,可以探明动物的觅食生境需求及影响其觅食地选择的关键性生态因子,揭示不同季节动物觅食地空间利用格局及变化规律。作者以云南元江上游石羊江河谷野生绿孔雀为研究对象,开展上述内容研究,旨在从理论上探讨绿孔雀取食活动与周围环境的关系及其对环境变化的响应,同时也期盼研究结果可为绿孔雀及其生境保护和管理方案制定提供依据。

1 研究地点与方法

1.1 研究地概况

研究区位于云南元江(红河)上游石羊江河谷的磨家湾(24.42°–24.45° N, 101.36°–101.39° E),其最低海拔650 m, 最高海拔1,370 m, 面积约16 km², 包括河谷和低山两种地貌类型。河谷大的山脉总体呈东西走向,但小山脊呈南北走向。石羊江的支流小江流经该区南部,并与石羊江主干在东部交汇。绿孔雀在石羊江河谷呈岛屿状零散分布,其中磨家湾有一个约20只的种群,且分布相对集中。研究区处于云南楚雄州双柏恐龙河自然保护区(24°56'–26°09' N, 98°34'–98°50' E)南部(刘伯杨, 2002)^①。

1.2 觅食地调查

2007年3月20–25日为预观察期,通过访问保护区工作人员和当地居民,并结合实地调查,了解绿

孔雀的活动范围、时间、地点、活动痕迹(包括粪便、羽毛、足迹链和取食坑)等。

结合保护区的地形图,在研究区内沿海拔梯度每上升100 m设置1条水平样线,共设置6条,样线长4–6 km,单侧宽为30 m。2007年3月20日至4月21日(春季)和10月25日至11月25日(秋季),每日06:30–12:30和13:30–19:30,两人以2–3 km/h的速度沿样线行走。记录绿孔雀的活动痕迹。遇到活体时,记录个体数量、觅食活动位点的坐标(用GPS-12XL记录)和海拔高度,并观察其觅食行为。每隔3–4 d重复行走1次样线,每个季节每条样线至少重复7次。

以直接观察到绿孔雀觅食行为或取食坑确定和标记取食位点,同一位点不做重复记录。以取食位点为中心,设置1个10 m×10 m的大样方,作为觅食地利用样方,在每个大样方的四角和中心各设置1个1 m×1 m的小样方。参照Young等(1991)的方法,在大样方内测定海拔、坡向、坡位、乔木胸径、乔木高、乔木密度、乔木盖度、灌木高、灌木盖度、灌木密度、藤本密度、距林缘距离、距小路距离、距居民点距离、距水源距离等21个生态因子。在小样方内测定草本盖度、落果密度、种子密度等3个因子。以利用样方中心为参照点,通过随机数字表确定对照样方的中心,设置相同面积的对照样方(Brennan *et al.*, 1987; Fowler *et al.*, 1998)。以相同方法测量对照样方的生态因子。春季调查利用样方与对照样方各36个,秋季各30个。

1.3 数据处理

1.3.1 生态因子比较和主成分分析

检验坡向数据的均匀性,若存在集中趋势,采用Watson-Williams *U*-检验;否则,采用非参数的 U^2 检验。坡位因子为定性因子,为量化分析将上、中、下坡位依次赋值3、2、1。对数据进行正态分布检验,若符合正态分布采用配对样本的*t*检验;当数据不符合正态分布时,采用非参数的Wilcoxon检验(比较春、秋季利用样方与对照样方)或Mann-Whitney *U*检验(比较春、秋季利用样方)(Fowler *et al.*, 1998)。数据处理使用SPSS13.0。

主成分分析时对坡向数据进行预处理,参照李伟等(2006)的划分标准,以正北方向为0°,将坡向分为阴坡(1°–45°, 316°–360°)、半阴坡(46°–90°, 271°–315°)、半阳坡(91°–135°, 226°–270°)和阳坡

^① 刘伯杨(2002)双柏恐龙河州级自然保护区可行性研究方案。双柏县林业局,双柏。

(136°–180°, 181°–225°) 4个等级, 并依次赋值1–4。

1.3.2 逻辑斯谛回归分析

对差异显著的生态因子进行逐步向前的逻辑斯谛回归分析, 找出影响绿孔雀觅食地选择和分化的关键性生态因子。在拟合逻辑斯谛方程之前, 对差异显著的因子进行 Spearman 相关分析。当相关系数的绝对值 $|r| \leq 0.5$ 时, 视为无自相关现象, 变量予以保留; 若变量相关, 则保留单变量逻辑斯谛回归中具有较高对数似然比值的变量, 但兼顾其生物学意义 (Boyce & McDonald, 1999)。将保留的变量纳入回归分析, 确定影响绿孔雀觅食地选择的主要生态因子, 变量进入回归模型的显著性水平设定为 $P < 0.05$ (Hosmer & Lemeshow, 1989)。根据模型的数学等式利用软件 Arc View GIS 3.3 预测绿孔雀在研究区域内的概率分布。

1.3.3 空间分布格局分析

利用 Coorconvert V3.0 将 GPS 实测到的 WGS84 经纬度坐标转换为北京 54 坐标。再用 Arc View GIS 3.3 软件生成绿孔雀在经度—纬度方向上的二维活动位点图层。根据绿孔雀的活动范围, 在活动位点图层上做出网格图层并用 χ^2 检验的方法比较实际观测值与 Poisson 分布理论值的差异, 同时用方差与平均数的比率 (s^2/m) 判断空间分布模式 (Greig-Smith, 1983)。采用单元格子法 (格子的大小为 100 m × 100 m) 生成绿孔雀春、秋季在研究区内的空间分布图。

2 结果

2.1 觅食生境选择

2.1.1 生态因子的选择性

圆形统计分析表明, 绿孔雀春季利用样方和对照样方的坡向分别为 190.06° 和 191.91°, 二者坡向差异不显著 ($t = 0.19, P > 0.05$)。秋季利用样方和对照样方的坡向分别为 140.56° 和 140.55°, 二者差异亦不显著 ($t = 0.0007, P > 0.05$)。春、秋季绿孔雀均选择阳坡觅食, 但春季利用样方的坡向与秋季的有显著差异 ($t = 4.71, P < 0.01$)。

春季利用样方的乔木胸径、乔木盖度、落果密度、藤本密度和乔木种类显著大于对照样方, 距小路距离、距水源距离和坡度显著小于对照样方。秋季利用样方的乔木胸径、乔木盖度、落果密度和落叶盖度显著大于对照样方, 距水源距离和坡度显著

小于对照样方。春季利用样方的距小路距离、草本盖度、种子密度、距居民点距离、乔木盖度、距林缘距离、落果密度、乔木密度、乔木种类和灌木盖度显著小于秋季, 灌木高显著大于秋季 (表1)。

2.1.2 因子的综合影响

生态因子主成分分析的前8个主成分累计贡献率达 72.86% (表1)。第1主成分中距小路距离、草本盖度和种子密度等因子的相关系数较大, 它们集中反映了人为干扰和食物条件; 第2主成分和第7主成分中海拔、坡位、距居民点距离和坡度因子的相关系数较大, 体现了地形和人为干扰条件; 第3和第4主成分中乔木高、乔木胸径、距水源距离、乔木密度和乔木盖度等因子的相关系数较大, 显示了隐蔽和水源条件; 第5主成分中藤本密度和落果密度的相关系数较大, 表现了食物条件; 第6和第8主成分中灌木盖度、灌木密度和灌木高的相关系数较大, 表明了灌木条件。

配对样本 t 检验结果表明, 春季利用样方的第1 ($t = 2.25, P < 0.05$)、第3 ($t = 3.48, P < 0.01$) 和第7主成分分值 ($t = 2.95, P < 0.01$) 显著大于对照样方, 第8主成分 ($t = -2.09, P < 0.05$) 显著小于对照样方, 表明人为干扰和食物、隐蔽条件和水源及地形对春季觅食地选择有影响; 秋季利用样方的第3 ($t = 2.27, P < 0.05$)、第4 ($t = 2.36, P < 0.05$)、第5 ($t = 2.73, P < 0.05$) 和第7 ($t = 2.48, P < 0.05$) 主成分分值显著大于对照样方, 表明隐蔽条件和水源、食物及地形对秋季觅食地选择有影响; 独立样本 t 检验结果表明, 春季利用样方的第1 ($t = -6.20, P < 0.01$)、第4 ($t = 3.87, P < 0.01$) 和第8主成分分值 ($t = -3.00, P < 0.01$) 显著小于秋季, 反映人为干扰和食物及隐蔽条件是引起春、秋季觅食地差异的因素。从图1所示的主成分分值图可以看出不同类型样方间的差异。

2.2 觅食生境预测

逻辑斯谛回归分析结果显示, 乔木盖度、乔木胸径和坡度对绿孔雀春、秋季的觅食地选择均有显著影响 ($P < 0.05$); 距小路距离和距居民点距离对春、秋季觅食地的变化有显著影响 ($P < 0.05$) (表2)。

根据回归模型, 预测绿孔雀在研究区内的出现概率。从图2可以看出, 不同概率预测区间的预测区域呈不均匀交错分布, 且预测概率较大的区域呈不连续小斑块状隔离分布。春、秋季利用样方均出现在预测概率较大的区域, 表明预测准确率较高。

表 1 绿孔雀栖息地生态因子主成分分析和不同样方之间的生态因子比较

Table 1 Result of principal component analysis of habitat variables of plots used by *Pavo muticus imperator* and comparisons of means of habitat variables of different sampling plots

生态因子 Ecological factor	主成分 Principle components								春季 Spring			秋季 Autumn			春季对秋季利用样方 Spring used plots vs. Autumn used plots <i>t</i> (z)
	1	2	3	4	5	6	7	8	利用样方 Used plots <i>n</i> =30	对照样方 Control plots <i>n</i> =30	<i>t</i> (z)	利用样方 Used plots <i>n</i> =36	对照样方 Control plots <i>n</i> =36	<i>t</i> (z)	
距小路距离 (DR) (m)	0.78	-0.16	-0.08	-0.09	-0.08	0.09	-0.11	0.20	18.40 ± 5.05	25.38 ± 7.41	-1.98*	154.66 ± 25.20	153.17 ± 22.95	0.08	-5.34**
草本盖度 (CG) (%)	0.67	-0.21	-0.12	0.06	-0.25	-0.02	0.24	-0.27	11.53 ± 2.32	10.06 ± 2.85	-0.80	31.17 ± 4.36	32.50 ± 3.55	-0.26	4.16**
种子密度 (DSE) (grain/m ²)	0.67	0.03	-0.01	-0.07	0.16	0.21	0.29	0.03	10.86 ± 3.08	9.83 ± 1.64	-0.43	22.16 ± 1.93	21.40 ± 2.11	0.40	-4.53**
坡向 (AS) (°)	-0.59	-0.19	-0.08	-0.25	0.24	-0.16	0.06	-0.29	—	—	—	—	—	—	—
海拔 (AL) (m)	0.02	0.92	-0.10	0.11	-0.09	-0.15	-0.01	0.13	902.47 ± 20.30	912.53 ± 20.30	-1.89	896.87 ± 16.78	915.40 ± 17.21	-1.82	-0.21
坡位 (POS)	-0.04	0.90	-0.10	0.01	0.00	-0.06	-0.02	0.10	1.69 ± 0.08	1.72 ± 0.08	-1.00	1.57 ± 0.09	1.63 ± 0.09	-0.82	-1.07
距居民点距离 (DSC) (m)	0.19	-0.61	-0.10	0.23	-0.15	-0.01	0.30	0.31	1,044.84 ± 60.0	1,009.90 ± 65.40	-1.24	1,595.14 ± 96.21	1,380.26 ± 87.01	1.98	-4.47**
乔木高 (HT) (m)	-0.09	-0.15	0.80	0.08	0.11	-0.15	0.12	0.18	7.90 ± 0.36	7.23 ± 0.43	1.78	7.83 ± 0.33	7.12 ± 0.31	1.55	-0.14
乔木胸径 (DBT) (cm)	-0.16	0.10	0.75	-0.23	0.36	-0.19	0.15	0.18	12.65 ± 0.67	10.54 ± 0.48	3.01**	11.08 ± 0.55	9.30 ± 0.31	2.65*	-1.76
距水源距离 (DSW) (m)	0.12	0.21	-0.54	-0.09	0.13	-0.26	-0.13	0.38	162.02 ± 28.20	253.75 ± 38.09	-4.84**	194.67 ± 32.98	274.83 ± 43.86	-3.40**	0.77
乔木密度 (DT) (plant/100m ²)	-0.12	0.02	-0.16	0.86	-0.07	0.01	0.13	0.00	23.70 ± 1.87	32.19 ± 2.75	-1.03	30.27 ± 1.84	26.50 ± 2.42	1.26	2.23*
乔木盖度 (CT) (%)	0.22	0.02	0.49	0.55	0.29	-0.07	0.12	0.02	55.25 ± 4.02	42.79 ± 3.75	2.97**	75.17 ± 2.51	51.83 ± 4.02	5.61**	4.01**
距林缘距离 (DFE) (m)	-0.02	-0.02	0.05	0.54	0.30	0.18	0.54	0.25	114.08 ± 17.38	118.08 ± 19.20	-1.09	227.67 ± 22.65	163.33 ± 25.44	1.78	4.04**
乔木种类 (TT) (species/100m ²)	0.29	-0.11	0.47	0.53	0.18	0.09	-0.23	-0.04	4.14 ± 0.20	3.47 ± 0.24	2.75**	5.07 ± 0.40	4.33 ± 0.25	1.68	2.14*
落叶盖度 (TS) (%)	-0.36	0.07	0.22	0.48	0.48	-0.03	-0.12	-0.01	64.86 ± 3.44	66.58 ± 3.94	-0.48	57.17 ± 4.40	42.50 ± 4.25	2.74*	-1.40
藤本密度 (DL) (plant/100m ²)	-0.07	-0.08	0.05	0.03	0.85	0.00	-0.02	-0.07	4.11 ± 0.89	2.02 ± 0.59	-2.25*	2.13 ± 0.41	1.10 ± 0.26	-1.83	-0.97
落果密度 (DF) (grain/m ²)	0.27	0.19	0.31	0.12	0.43	-0.28	0.30	0.07	5.20 ± 1.61	1.31 ± 0.38	-2.69**	6.17 ± 0.92	2.87 ± 0.53	-3.78**	-3.42**
灌木盖度 (CS) (%)	0.24	0.02	-0.01	0.19	-0.13	0.83	0.00	0.07	32.25 ± 3.58	34.87 ± 3.83	-0.58	45.28 ± 3.54	48.32 ± 4.61	-0.60	2.57*
灌木密度 (DS) (plant/100m ²)	-0.04	-0.18	-0.12	-0.17	0.09	0.80	0.27	0.11	104.21 ± 12.86	92.71 ± 10.93	0.82	105.31 ± 10.14	117.57 ± 12.25	-0.93	0.07
坡度 (SL) (°)	-0.04	0.08	-0.14	0.00	0.07	-0.13	-0.77	0.10	25.89 ± 1.27	30.92 ± 1.25	-2.88**	23.53 ± 1.35	28.33 ± 1.32	-2.63*	1.27
灌木高 (HS) (m)	-0.02	-0.03	-0.13	0.00	0.06	-0.14	0.03	-0.86	1.75 ± 0.05	1.68 ± 0.05	0.97	1.59 ± 0.05	1.53 ± 0.05	0.85	-2.25*
贡献率 (PVE)	16.14	15.33	11.00	8.05	6.87	5.72	4.90	4.86	—	—	—	—	—	—	—
累积贡献率 (CPE)	16.14	31.47	42.47	50.52	57.39	63.11	68.01	72.86	—	—	—	—	—	—	—

DR, distance to road; CG, coverage of grasses; DSE, density of seed; AS, aspect; AL, altitude; POS, position on slope; DSC, distance to countryside; HT, Tree height; DBT, Diameter at the breast-height of trees; DSW, distance to water; DT, density of trees; CT, coverage of trees; DFE, distance to forest edge; TT, type of trees; TS, thickness of shatter; DL, density of liana; DF, density of fruits; CS, coverage of shrub; DS, density of shrub; SL, slope; HS, Shrub height; PVE, percentage of variance explained; CPE, cumulative percentage.

在“*t* (z)”栏黑体斜排的数据为非参数检验结果 The bold and italic data in columns *t* (z) are results of nonparametric tests. **P*<0.05; ***P*<0.01.

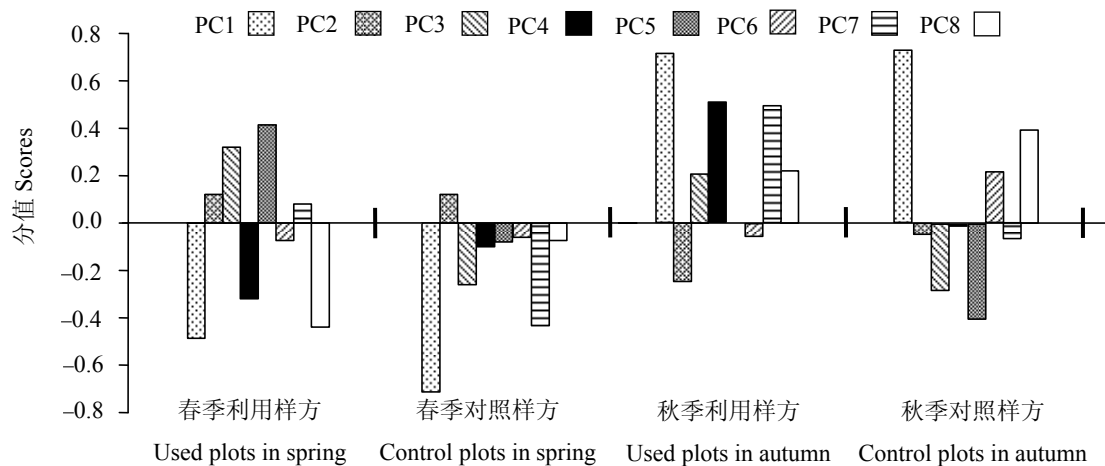


图1 绿孔雀春、秋季觅食地利用样方和对照样方生态因子的主成分分值比较
Fig. 1 Comparisons of principal component scores of ecological factors between used and control plots of *Pavo muticus imperator* in spring and autumn

表2 绿孔雀春、秋季对觅食地选择的逻辑斯蒂回归分析结果
Table 2 The results by logistic regression for foraging sites selection of *Pavo muticus imperator* in spring and autumn

样方 Plots	生态因子 Ecological factors	回归系数 Coefficient (B)	标准误 S.E.	Wald χ^2	显著性 Sig.
春季利用样方对对照样方 Spring used plots vs. control plots	乔木盖度 \times 乔木胸径 (CT \times DBT)	0.002	0.001	6.896	0.009
	坡度 (SL)	-0.089	0.036	5.961	0.015
	常数 Constant	1.372	1.105	1.542	0.214
秋季利用样方对对照样方 Autumn used plots vs. control plots	乔木盖度 \times 乔木胸径 (CT \times DBT)	0.006	0.002	11.508	0.001
	坡度 (SL)	-0.113	0.054	4.293	0.038
	常数 Constant	-0.798	1.597	0.249	0.617
春季利用样方对秋季利用样方 Spring used plots vs. autumn used plots	乔木盖度 (CT)	0.063	0.034	3.373	0.066
	草本盖度 (CG)	0.057	0.029	3.823	0.051
	距小路距离 (DR)	0.020	0.009	4.746	0.029
	距居民点距离 (DSC)	0.003	0.001	6.098	0.014
	距林缘距离 (DFE)	0.008	0.005	2.778	0.096
	常数 Constant	-12.368	3.738	10.950	0.001

英文缩写同表1 The abbreviations are the same as in Table 1.

2.3 空间分布格局

χ^2 检验结果显示, 绿孔雀春、秋季在经度—纬度方向上的空间分布实际观测值分别与Poisson分布理论预测值差异显著或接近显著(春季: $\chi^2 = 26.25$, $P < 0.001$; 秋季: $\chi^2 = 5.82$, $P = 0.054$), 春季非随机分布, 秋季随机分布的趋势也不明显。从 s^2/m 的值来看, 春、秋季的分布模式均趋向于聚集分布, 其中春季的集中趋势大于秋季(春季: $s^2/m=3.843$; 春季: $s^2/m=3.622$)。春季绿孔雀有一个集中分布区; 秋季有两个相对分离的集中分布区, 其中一个与春季不重叠, 另一个与春季略呈重叠分布(图3)。

3 讨论

3.1 觅食地选择策略

人为干扰、水源和食物影响春季绿孔雀的觅食地选择。与各自的对照样方相比, 春季利用样方存在差异的生态因子多于秋季的(表1)。差异的因子主要是距小路距离、乔木种类和藤本密度。它们是影响绿孔雀春季觅食地选择的因子, 但对秋季的影响不显著。春季收获农作物, 居民多在农田活动, 林区小路附近人为活动少, 沿路又有水源分布。这时绿孔雀在接近林区小路的水源附近觅食有利于繁

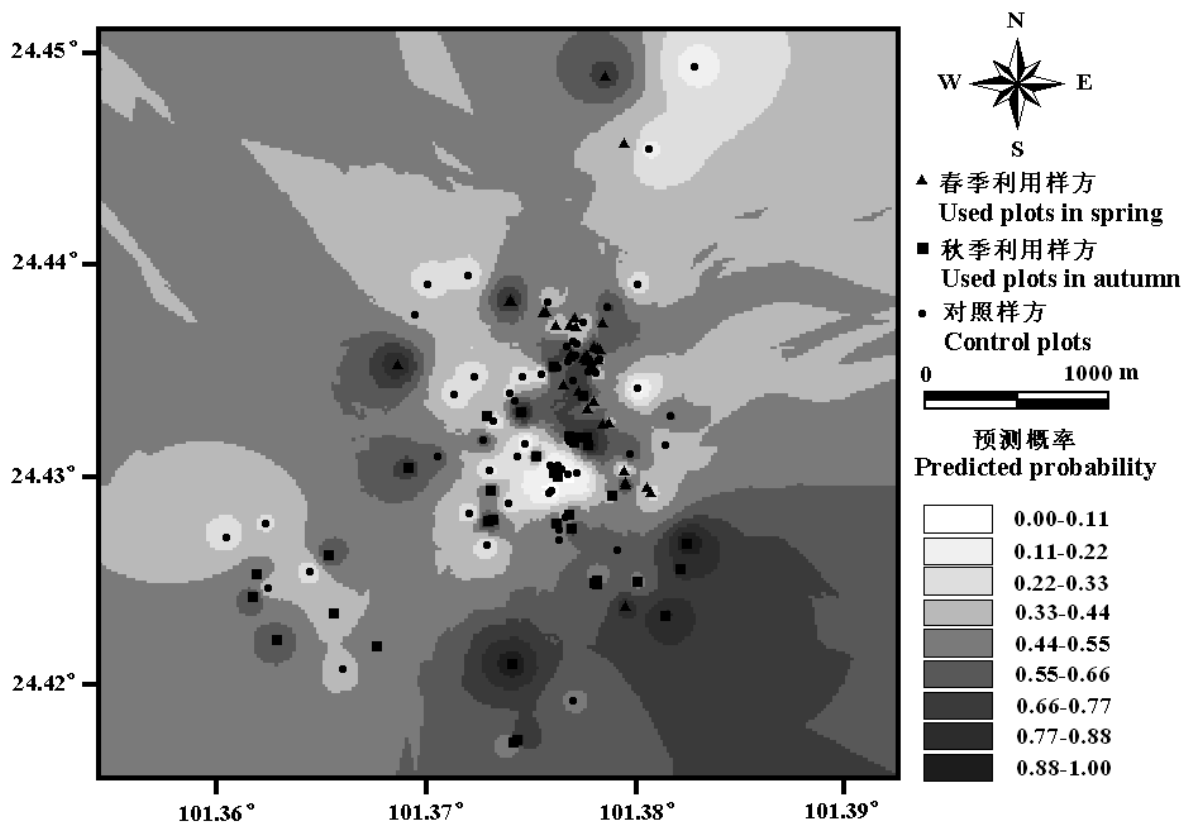


图2 基于逻辑斯谛回归模型的绿孔雀在研究区域的概率分布图
Fig. 2 The map of probability distribution of *Pavo muticus imperator* based on logistic regression models in study area.

殖期获得水分。这与对越南绿孔雀的研究结果相似 (Brickle, 2003)。春季绿孔雀觅食地的乔木种类和藤本密度显著大于对照样方(表1)。春季绿孔雀除取食乔木落果外, 还喜食藤本果实, 乔木丰富度高和藤本多的地区能够提供较多的食物。主成分分值比较结果亦表明, 人为干扰、水源和食物影响春季绿孔雀的觅食地选择。

春、秋季绿孔雀对少数关键因子稳定选择是觅食地选择策略之一。它们一致选择落果多、接近水源、坡度小、乔木盖度和胸径大的地区作为觅食地(表1)。其中后3个生态因子是判别春、秋季利用样方与各自的对照样方的重要生态因子(表2)。春、秋季利用样方与各自的对照样方间均有4个主成分分值存在差异(图1), 表明食物、水源、地形和隐蔽条件对春、秋季绿孔雀觅食地选择均有影响。

食物及水源的可获得性与能量消耗影响着对觅食地的选择。春、秋季绿孔雀的觅食地多位于坡度较缓的山坳, 这些地区往往植被覆盖良好, 落果

较多, 能提供隐蔽和食物。而在坡度较陡的山脊附近很少发现取食痕迹或个体, 陡坡和复杂的地形不利于觅食时节省能量。春、秋季绿孔雀觅食地多接近水源, 有利于觅食后满足饮水需求。小江河河谷地区虽然水源充足, 但绿孔雀活动痕迹不多, 因为两岸地形陡峭, 不利于绿孔雀饮水后的扩散。动物总是选择使能量消耗尽可能减小, 而净收益尽可能获得最大的觅食对策(Kacelnik, 1984)。

隐蔽条件较好的觅食地降低了绿孔雀被捕食的风险。研究期间曾发现一只雌性绿孔雀被动物捕食的残骸。根据残骸推断, 该绿孔雀是在开阔坡地行走时被动物伏击。在居民点附近的山路上还发现被猛禽捕食的家鸡残体。这些现象表明, 开阔地缺少隐蔽, 雉鸡类易遭动物袭击。而绿孔雀的觅食地多为乔木胸径和盖度较大的林区, 乔木的隐蔽条件是躲避敌害的天然屏障, 降低了捕食风险。植被的盖度和高度能为雉类提供抵御捕食者的良好隐蔽条件。

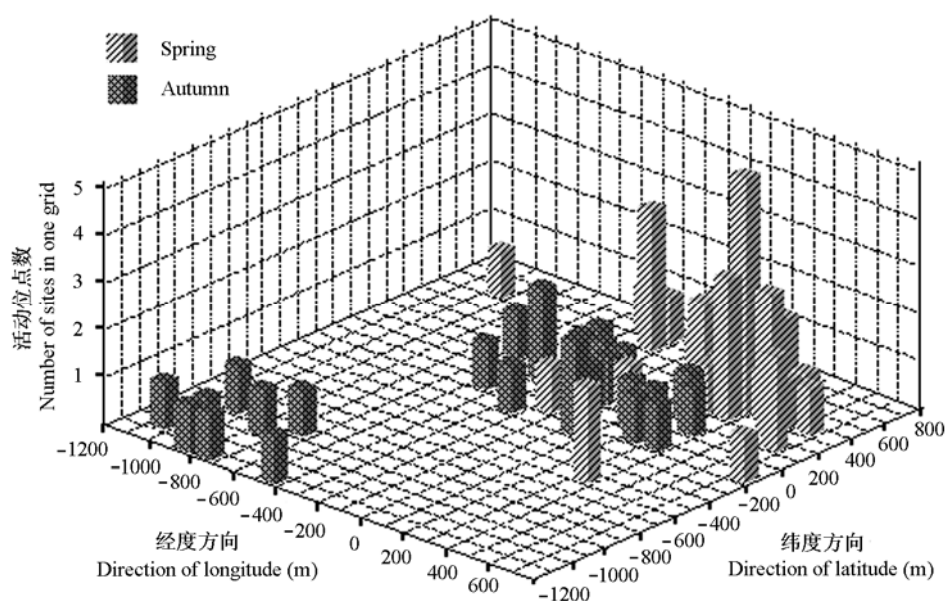


图3 绿孔雀春、秋季在研究区内的空间分布格局

Fig. 3 Spatial distribution of *Pavo muticus imperator* at study area in spring and autumn

3.2 觅食地生境季节变化及成因

绿孔雀觅食地的生态因子存在明显的季节变化。判别春、秋季觅食地样方的5个生态因子为乔木和草本盖度, 距小路、居民点和林缘距离(表2); 春、秋季利用样方间3个主成分的分值差异显著, 在上述5个判别因子中, 除距居民点距离外, 剩余的4个因子包含在其中的2个主成分中, 且它们对所在主成分的贡献率也较大(图1, 表1)。这两方面的结果表明, 隐蔽条件和人为干扰是导致绿孔雀觅食地季节变化的两个主要原因。

植被的季相变化和食物需求是觅食地季节变化的另一主要原因。秋季的乔木和草本盖度较春季大(表1), 主要与植被的季相变化有关。而秋季乔木的果实和草本种子也多成熟, 能提供较好的隐蔽和更多的食物。春季觅食地距林缘较秋季近(表1), 林缘的草本生长茂盛, 有许多昆虫, 观察发现绿孔雀常在林缘附近捕食昆虫以补充动物蛋白。多样性较高的草本除能为鸟类提供食物外, 还为多种昆虫的生存创造了条件, 而昆虫也是雉类的食物资源(徐基良等, 2002)。秋季觅食地较春季远离居民点和小路(表1)。秋季放牧活动频繁, 绿孔雀多在人为干扰小且隐蔽的林缘深处觅食。春季发现绿孔雀在居

民点附近的农耕地取食谷物, 觅食地距居民点较近与方便取食农作物有关。白颈长尾雉也有在山间农田取食谷物种子的习性(石建斌和郑光美, 1997)。

春、秋季绿孔雀均选择阳坡, 但坡向不同。因在不同季节绿孔雀所需的植物性食物分布在不同坡向, 故它们在不同的坡向觅食。由于南坡和东坡光照充足, 植物形成较高的生产力, 能为绿孔雀提供隐蔽和食物。白冠长尾雉和白颈长尾雉也主要利用阳坡作为其栖息地(杨月伟等, 1999; 徐基良等, 2002)。鸟类对栖息地的偏好存在着季节变化, 食物资源和植被特征共同决定了对栖息地的选择。

3.3 资源异质性与分布

绿孔雀对栖息地的利用在时间和空间上均表现出不均匀性。在研究区内, 绿孔雀出现概率较高与较低的区域呈交错分布, 并呈明显的斑块状(图2)。这反映了绿孔雀对资源利用的不均匀性。春季, 觅食地主要分布在乔木覆盖良好山谷地区, 这里落果较多, 接近水源。绿孔雀多在山间溪流和泉眼等水源附近觅食。秋季, 绿孔雀向磨家湾西南地区扩散, 这里植物的果实和种子成熟, 食物丰富。因此, 活动区域和空间分布也随之发生变化(图3)。不同季节食物资源分布的不均匀性影响绿孔雀对觅食地

的利用和分布。白颈长尾雉不同季节对栖息地利用也是不均匀的(石建斌和郑光美, 1997)。

春、秋季绿孔雀的空间分布存在分离, 这是避免对资源过度利用的取食策略。春、秋季绿孔雀的觅食活动位点均趋向于聚集分布, 但两个季节分布区存在分离, 只有部分重叠(图3)。不同季节觅食地的空间分离, 既有利于找到更丰富的食物, 又可以避免对资源的过度利用。但研究区内的公路、居民点、农田和放牧等人为活动频繁, 干扰压缩了绿孔雀可利用生境, 降低了其对适宜生境的利用程度, 造成分布区的部分重叠。主成分分析结果表明, 距小路和居民点距离在前两个主成分中相关系数均在0.6以上, 而乔木密度、盖度和落果密度在第4、5主成分中相关系数较大, 表明人为干扰对绿孔雀的影响大于安全和食物需求对它们自身的影响(表1)。对越南绿孔雀栖息地利用研究亦表明, 人类干扰是绿孔雀主要受胁因素, 农田和城镇的扩张压缩了绿孔雀的可利用生境(Brickle, 2003)。

致谢: 野外调查得到云南楚雄州恐龙河自然保护区全体工作人员的大力协助, 磨家湾赵同荣一家提供了食宿条件, 在此一并表示感谢!

参考文献

- Boyce MS, McDonald LL (1999) Relation population to habitats using resource selection functions. *Trends in Ecology and Evolution*, **14**, 268–272.
- Brennan LA, Block WM, Gutierrez RJ (1987) Habitat use by mountain quail in northern California. *Condor*, **89**, 66–74.
- Brickle NW (2002) Habitat use, predicted distribution and conservation of green peafowl *Pavo muticus* in Dak Lak Province, Vietnam. *Biological Conservation*, **105**, 189–197.
- Fowler J, Cohen L, Jarvis P (1998) *Practical Statistics for Field Biology*, 2nd edn. Open University Press, West Sussex.
- Greig-Smith P (1983) *Quantitative Plant Ecology*, 3rd edn. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Hosmer DW, Lemeshow S (1989) *Applied Logistic Regression*. John Wiley & Sons, New York.
- Kacelnik A (1984) Central place foraging in starlings (*Sturnus vulgaris*). I. Patch residence time. *Journal of Animal Ecology*, **53**, 283–299.
- Li W (李伟), Zhou W (周伟), Zhang XY (张兴勇), Cao M (曹明), Zhang RG (张仁功) (2006) Spring foraging sites of three pheasants at Nanhua part in Ailaoshan National Nature Reserve. *Zoological Research (动物学研究)*, **27**, 495–504. (in Chinese with English abstract)
- Shi JB (石建斌), Zheng GM (郑光美) (1997) The seasonal changes of habitats of Elliot's pheasant. *Zoological Research (动物学研究)*, **18**, 275–283. (in Chinese with English abstract)
- Wen XJ (文贤继), Yang XJ (杨晓君), Han LX (韩联宪), Yang L (杨岚), Wang WM (王为民) (1995) Investigations on the current status of the distribution of green peafowl in China. *Chinese Biodiversity (生物多样性)*, **3**, 46–51. (in Chinese with English abstract)
- Xu JL (徐基良), Zhang XH (张晓辉), Zhang ZW (张正旺), Zheng GM (郑光美) (2002) Brood habitat characteristics of Reeve's pheasant (*Syrnaticus reevesii*) in Dongzhai Nature Reserve. *Zoological Research (动物学研究)*, **23**, 471–476. (in Chinese with English abstract)
- Yang YW (杨月伟), Ding P (丁平), Jiang SR (姜仕仁), Zhuge Y (诸葛阳) (1999) Factors affecting habitat used by Elliot's pheasant in mixed coniferous and broadleaf forest. *Acta Zoologica Sinica (动物学报)*, **45**, 279–286. (in Chinese with English abstract)
- Young L, Zheng GW, Zhang ZW (1991) Winter movements and habitat use by Cabot's tragopan in southeastern China. *Ibis*, **133**, 121–126.

(责任编辑: 王勇 责任编辑: 闫文杰)