

## 白冠长尾雉越冬期栖息地选择的多尺度分析

徐基良<sup>1,2</sup>, 张晓辉<sup>1</sup>, 张正旺<sup>1,\*</sup>, 郑光美<sup>1</sup>, 阮祥锋<sup>3</sup>, 朱家贵<sup>3</sup>, 溪波<sup>3</sup>

(1. 北京师范大学生物多样性与生态工程教育部重点实验室, 生命科学学院, 北京 100875;

2. 北京林业大学自然保护区学院, 北京 100083; 3. 董寨国家级自然保护区, 河南溷港 464236)

**摘要:** 2000 年至 2002 年冬季, 在河南董寨国家级自然保护区对我国特有珍稀雉类白冠长尾雉 (*Syrnaticus reevesii*) 越冬期栖息地进行了调查, 并结合 RS 和 GIS 在多个尺度上对其栖息地选择进行了分析。结果表明, 不同尺度上影响白冠长尾雉越冬期栖息地选择的因素存在差异, 影响因子之间还存在相互作用。在微生境上, 影响因子主要是坡度、乔木盖度以及坡向余弦值与灌木高度的相互作用; 在 115 m 尺度上, 关键因子是灌木林、阔叶林和针叶林的面积; 250m 尺度上, 主要因子是针叶林和阔叶林的面积及针叶林与阔叶林面积的相互作用; 对于距离因素, 到河漫滩和到农田的距离是影响白冠长尾雉越冬期栖息地选择的关键因子。根据回归分析和  $AIC$  及  $AIC_c$  值, 115 m 尺度上栖息地变量对白冠长尾雉越冬期的栖息地选择影响最大。综合分析发现, 在较大的尺度上, 影响白冠长尾雉越冬期栖息地选择的关键因子有针叶林面积、阔叶林面积、针叶林和灌丛面积的相互作用、到河漫滩的距离以及到农田的距离。

**关键词:** 白冠长尾雉; 越冬期; 栖息地选择; 尺度

文章编号: 1000-0933(2006)07-2061-07 中图分类号: Q143, Q958.1 文献标识码: A

## Multi-scale analysis on wintering habitat selection of Reeves' s Pheasant (*Syrnaticus reevesii*) in Dongzhai National Nature Reserve, Henan Province, China

XU Ji-Liang<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiao-Hui<sup>1</sup>, ZHANG Zheng-Wang<sup>1,\*</sup>, ZHENG Guang-Mei<sup>1</sup>, RUAN Xiang-Feng<sup>3</sup>, ZHU Jia-Gui<sup>3</sup>, XI Po<sup>3</sup> (1. Ministry of Education Key Laboratory for Biodiversity Sciences and Ecological Engineering; College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. College of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Dongzhai National Nature Reserve, Segang, Henan 464236, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2061 ~ 2067.

**Abstract:** Reeves' s Pheasants (*Syrnaticus reevesii*) is a threatened species of pheasants, which is endemic to China. The wintering habitat selection by the species was investigated at three scales (10m × 10m, 115m and 250m scale, i. e. 0.01 hm<sup>2</sup>, 4.15 hm<sup>2</sup> and 19.63 hm<sup>2</sup>, correspondingly) in Dongzhai National Natural Reserve from 2000 to 2002. In addition, the characteristics at distance scale were also investigated. At each scale a range of habitat variables were compared between used and control points. At the smallest scale (0.01 hm<sup>2</sup>), the variables influencing wintering habitat selection were slope, tree coverage, and the interaction between the cosine of slope aspect and shrub height. Reeves' s Pheasant preferred sites were those with an aspect exposed to the sun, a gentle slope, higher shrubs, and high tree coverage. At the mid-scale (4.15 hm<sup>2</sup>), the area of

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(30070117); 国家自然科学基金重点资助项目(30330050)

**收稿日期:** 2005-12-14; **修订日期:** 2006-05-10

**作者简介:** 徐基良(1977~), 男, 安徽人, 博士, 主要从事鸟类生态学与自然保护区建设和管理研究. E-mail: xujiliang@bjfu.edu.cn

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zzw@bnu.edu.cn

**致谢:** 在 GIS 数据分析中得到中国科学院张懿铨、刘林山、张伟先生以及北京师范大学贾非、姚长青博士等人的帮助, 在此一并致谢

**Foundation item:** The project was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30070117) and the Key Program of National Natural Science Foundation of China (No. 30330050)

**Received date:** 2005-12-14; **Accepted date:** 2006-05-10

**Biography:** XU Ji-Liang, Ph. D., mainly engaged in ornithology ecology, construction and management of nature reserve. E-mail: xujiliang@bjfu.edu.cn

**Acknowledgement:** We thank Dr. Zhang Yi-Li, Dr. Liu Lin-Shan and Zhang Wei of CAS, Dr. Jia Fei and Dr. Yao Chang-Qing of BNU for the GIS application and data analysis

shrub, broad-leaved forest, and conifer forest were the key factors. Shrub cover was lower around the used points compared to the control points, whereas broadleaf or conifer forest cover was higher. At the largest scale (19.63 hm<sup>2</sup>), broadleaf and conifer forest cover, and there interaction were the key factors. Habitat use was similar at the mid and large-scale, and it seems that a mosaic of habitats is important to Reeves' pheasants. Moreover, the proximity of beach and farmland was important of winter habitat selection. According to the lowest AIC and AIC<sub>c</sub> values at the mid-scale, the characteristics at this scale were stated as the ultimate factors influencing the habitat selection of the bird. When considering a range of habitat variables at all scales within a multivariate regression, the most important variables identified at each scale were conifer forest cover at the mid-scale, broadleaf forest cover and the interaction between the conifer forest cover and shrub cover at the large-scale and distance to beach and farmland. Overall there were differences in habitat selection by Reeves' Pheasant at each scale, and some habitat factors have an interactive effect. These results highlight the important of multi-scale analyses when considering habitat selection by Pheasants.

**Key words:** Reeves' Pheasant; *Syrmaticus reevesii*; wintering; habitat selection; scale

由于植被和景观异质性具有等级特征,因此动物的栖息地选择也因空间尺度不同而存在差异<sup>[1, 2]</sup>。当资源稀少或相对集中时,动物可在较大尺度上做出反应<sup>[3]</sup>。因此,仅仅从一个尺度上研究某种动物的栖息地选择,尤其是当研究尺度是由调查者主观决定(observer-defined)而不是根据研究对象的生物学特性进行确定(organism-defined)时,其结果可能并没有反映其实际情况<sup>[1]</sup>。为了获得详细而可靠的栖息地选择信息,往往需要在多个尺度(multi-scale)上进行研究。

白冠长尾雉(*Syrmaticus reevesii*)是我国特有珍稀雉类,现为国家Ⅱ级重点保护动物<sup>[4]</sup>,并已被列入世界受胁物种名录<sup>[5]</sup>。以往对白冠长尾雉的栖息环境曾有一些定性描述<sup>[6-8]</sup>,直到近几年才有一些定量的专项研究<sup>[9-15]</sup>。但是,冬季一直是白冠长尾雉栖息地选择研究中的薄弱环节。已有研究表明,越冬期的栖息地质量是影响雉类存活率的关键因子之一<sup>[16-18]</sup>。因此,研究白冠长尾雉在冬季的栖息地选择对于该物种的保护工作具有重要意义。

借助无线电遥测技术,徐基良等<sup>[15]</sup>首次分析了雄性白冠长尾雉冬季的活动区和栖息地利用。但是,该项研究主要是针对雄性个体,并且受到研究区域的限制。本文拟在该研究的基础上,借助3S技术,在多个尺度上对董寨国家级自然保护区内的白冠长尾雉越冬期的栖息地选择进行深入研究,以便为制定保护对策提供科学依据。

## 1 研究地区

研究区位于河南省南部大别山西段的董寨国家级自然保护区(114°18'~114°30'E, 31°28'~32°09'N)。该保护区位于北亚热带边缘,气候温暖湿润,四季分明,年平均气温 15.1℃,无霜期 227 d,年降水量 1208.7 mm;地势总体为南部、西部较高,北部和东部较低。研究地区相对高差为 300~500 m,主峰王坟顶海拔 827.7 m。

研究地区植被类型的分布具有明显的南北交汇特征。有关该区的植被组成、优势种特点等详见文献[9]。

## 2 研究方法

### 2.1 研究的尺度

分别选择 10 m × 10 m(以下简称 10 m 尺度)、115 m 尺度和 250 m 尺度。选择 10 m 尺度是因为其在雉类微生境研究中应用较为广泛,并且在以前对白冠长尾雉栖息地分析的应用中也发现该尺度可以较好地揭示其微生境上的信息<sup>[10, 11]</sup>;选择 250 m 和 115 m 尺度,是因为以这两个长度为半径的圆,分别近似等于雄性白冠长尾雉的活动区面积及其核心区面积<sup>①</sup>。

### 2.2 数据收集

#### 2.2.1 栖息地信息

栖息地信息来源于中国科学院地理所信息室,以 1999 年 9 月的 Landsat TM 遥感图像为

① 徐基良. 白冠长尾雉(*Syrmaticus reevesii*)的活动区与栖息地利用研究. 北京师范大学博士论文

基础。根据该遥感图像的分辨能力(30 m × 30 m)及在预查中了解的各种植被对白冠长尾雉的实际影响,在该保护区内共分出灌丛(Shrub)、针叶林(Conifer forest)、阔叶林(Broadleaf forest)、水面(Water)、河漫滩(Beach)、农田(Farmland)、居民点(Resident)、乡间土路(Unpaved road)、公路(Paved road)等类型。

### 2.2.2 栖息地参数的测量

(1)白冠长尾雉活动点的确定 董寨自然保护区内分布有白冠长尾雉和环颈雉(*Phasianus colchicus*)<sup>[19]</sup>。野外调查发现,前者集中分布于保护区的核心区内,而后者主要在保护区的实验区以及周边村庄周围分布,在核心区内没有分布,二者在空间上的隔离相当明显。本次调查是在保护区的核心区内,由于仅有白冠长尾雉栖息,因此可以借助羽毛、粪便、沙浴坑等痕迹来确定其活动点。如果见到实体,只有在其没有受到惊吓的情况下才将该地点确定为活动位点,并用GPS测定。调查时采取样线法。布置样线时考虑地形、植被等因素。

(2)10m尺度 以白冠长尾雉的活动点为中心,取10 m × 10 m的样方,测量12个栖息地参数(坡度、坡向、乔木胸径、乔木高度、灌木高度、草本高度、乔木盖度、灌木盖度、草本盖度、1.0 m层盖度、2.0 m层盖度、5.0 m层盖度)。坡度和坡向用指北针测量,乔木胸径(cm)先用卷尺测量胸径断面周长,然后除以6.28获得;乔木、灌木和草本的高度(m)借助已知高度的参照物进行目测;盖度以百分比(%)表示,其中草本和1.0 m层盖度直接通过目测估计,其他盖度的测量则是在10 m × 10 m样方中随机选择10~20个点,估计每点上相应的植被盖度,然后取这些点植被盖度的平均值作为该样方的植被盖度。乔木和灌木的特征在10 m × 10 m样方中测量,草本植物的特征通过1 m × 1 m的小样方获得。具体获取方法是:将10 m × 10 m样方的每条对角线都四等分,在1/4和3/4处各取1个1 m × 1 m的小样方,估计每个小样方中草本植物的特征,取其均值作为10 m × 10 m样方中草本植物的特征。

在东南西北四个方向上随机选择一个方向,并在该方向上的25 m、50 m、75 m和100 m中随机选择一个位置,将其作为对照样方,测量的参数与利用样方相同。

(3)115m和250m尺度 在ArcView GIS 3.2(Environmental Systems Research Institute, 1999)中,计算一个包括所有白冠长尾雉冬季活动点的最小凸多边形;其中有些活动点可能位于该凸多边形边界上,所以又以该凸多边形为基础向外做100 m的缓冲,该凸多边形和缓冲区构成对照区。在对照区内产生74个随机点,其中9个点因落入居民点和水面而被剔除,从而获得65个对照点。将利用点和对照点分别与栖息地资料图相叠加,以各个点为中心,做115 m和250 m的缓冲,并测量参数:115 m缓冲区内灌丛、针叶林和阔叶林的面积,250 m缓冲区内灌丛、针叶林和阔叶林的面积,距水源、河漫滩、农田、居民点、乡间土路和公路的距离。

### 2.3 数据分析

坡向数据属于圆形数据(Circular data)<sup>[20]</sup>,取其正弦值(SIN)和余弦值(COS)<sup>[20]</sup>与其他数据一起分析。由于大部分数据不符合正态分布,且经过转换也不能满足正态分布,因此分析中采用原始数据。分析利用组和对照组的差异时,如果原始数据符合正态分布,则使用独立样本的 $t$ 检验(Independent samples  $t$  test);如果原始数据不符合正态分布,则使用Mann-Whitney  $U$ 检验。差异显著( $p < 0.05$ )的数据进入后续分析。

采用向前筛选的逐步逻辑斯蒂回归<sup>[21]</sup>,确定每个尺度上影响白冠长尾雉的关键因子,其中在分析较大尺度上的栖息地选择时,考虑同一尺度内部变量间的第一级相互作用(First-order interaction)<sup>[22]</sup>。首先对变量及变量间的第一级相互作用进行单变量分析,显著性值大于0.25的变量及变量间的第一级相互作用不再进入后续分析<sup>[21]</sup>。使用Spearman correlation对剩余变量进行相关分析,如果变量高度相关( $|r| > 0.70$ ),则保留具有最大偏差(deviance)的变量,但要兼顾生物学意义<sup>[22]</sup>。以最后剩余的变量和变量间的第一级相互作用作为自变量,以白冠长尾雉的利用点和对照点作为因变量进行回归分析。进一步对115m尺度、250m尺度以及距离因素的变量和变量间相互作用进行回归分析,以全面了解影响白冠长尾雉越冬期栖息地选择的因子。

对每个尺度上的回归结果计算其AIC及AIC<sub>c</sub>值<sup>[23, 24]</sup>。AIC或AIC<sub>c</sub>值越小,则该尺度上的栖息地变量对白冠长尾雉栖息地选择影响越大<sup>[23, 24]</sup>。AIC或AIC<sub>c</sub>值均属于Akaike信息标准,现在广泛应用于模型的选择<sup>[23-25]</sup>。

当  $n/K < 40$  时,一般使用  $AIC_c$  [23]:

$$AIC_c = AIC + 2K(K + 1)/(n - K - 1)$$

式中,  $K$  = 回归变量的个数 + 2,  $n$  为样本总数。

数据采用 Mean  $\pm$  SE 表示,其中 Mean 为算术平均值,SE 为标准误。数据处理在 SPSS10.0(SPSS Inc., 1999)上进行。

### 3 研究结果

本研究调查的样线总长为 27900 m,平均每条长度(845.46  $\pm$  46.37) m( $n = 33$ ),野外共记录到 71 个白冠长尾雉的活动点。

微生境上测量了 59 个利用样方的参数,相应的对照样方也为 59 个。该尺度上,白冠长尾雉冬季活动的地方坡度较缓,向阳,并且灌木层较高,而乔木层盖度较大(表 1)。逐步回归的结果表明,该尺度上的影响因子主要有坡度、乔木盖度以及坡向余弦值与灌木高度的相互作用(表 2)。

表 1 白冠长尾雉越冬期利用点和对照点之间栖息地变量的比较

Table 1 Comparisons of habitat variables between the used points and the control points for Reeves's Pheasants in winter

| 变量<br>Variables  | 利用点<br>Used points   | 对照点<br>Control points | U 值<br>U-value | t 值<br>t-value | 显著性值<br>p-value |
|--|----------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|
| 10 m   | $n = 59$             | $n = 59$              |                |                |                 |
| 坡度 Slope degree (SLD)  | 16.74 $\pm$ 0.87     | 24.07 $\pm$ 1.18      | -4.594         |                | 0.000**         |
| 坡向正弦值 Sine of slope aspect (SIN)                                       | 0.21 $\pm$ 0.08      | -0.02 $\pm$ 0.09      | -1.767         |                | 0.077           |
| 坡向余弦值 Cosine of slope aspect (COS)                                     | -0.45 $\pm$ 0.09     | 0.04 $\pm$ 0.09       | -3.653         |                | 0.000**         |
| 乔木胸径 Tree diameter at the breast height (DBH) (cm)                     | 12.90 $\pm$ 1.17     | 13.64 $\pm$ 1.06      | -0.519         |                | 0.604           |
| 乔木高度 Tree height (TRH) (m)   | 7.73 $\pm$ 0.53      | 7.93 $\pm$ 0.44       | -0.355         |                | 0.723           |
| 乔木盖度 Tree coverage (TRC) (%)   | 39.75 $\pm$ 2.86     | 29.58 $\pm$ 2.71      | -2.371         |                | 0.018*          |
| 灌木高度 Shrub height (SHH) (m)  | 2.55 $\pm$ 0.15      | 2.03 $\pm$ 0.129      | -2.548         |                | 0.011*          |
| 灌木盖度 Shrub cover (SHC) (%)   | 35.25 $\pm$ 2.87     | 28.70 $\pm$ 2.70      | -1.736         |                | 0.083           |
| 草本高度 Herb height (HEH) (m)   | 0.26 $\pm$ 0.04      | 0.26 $\pm$ 0.03       | -0.219         |                | 0.827           |
| 草本盖度 Herb coverage (HEC) (%)   | 23.07 $\pm$ 3.61     | 26.89 $\pm$ 4.19      | -0.507         |                | 0.612           |
| 1.0 m 层盖度 Coverage at height of 1.0 m (C1.0) (%)                       | 49.92 $\pm$ 2.38     | 42.63 $\pm$ 3.19      | -1.481         |                | 0.139           |
| 2.0 m 层盖度 Coverage at height of 2.0 m (C2.0) (%)                       | 44.07 $\pm$ 2.38     | 37.46 $\pm$ 2.66      |                | 1.855          | 0.066           |
| 5.0 m 层盖度 Coverage at height of 5.0 m (C5.0) (%)                       | 41.27 $\pm$ 2.93     | 33.48 $\pm$ 2.98      | -1.739         |                | 0.082           |
| 115 m  | $n = 71$             | $n = 65$              |                |                |                 |
| 115m 缓冲区内灌木丛面积 Area of shrub at 115 m scale (SHR115) (%)               | 28.56 $\pm$ 2.63     | 38.83 $\pm$ 3.28      |                | -2.466         | 0.016*          |
| 115m 缓冲区内阔叶林面积 Area of broadleaf forest at 115 m scale (BRO115) (%)    | 54.25 $\pm$ 2.56     | 26.19 $\pm$ 3.17      |                | 6.933          | 0.000**         |
| 115m 缓冲区内针叶林面积 Area of conifer forest at 115 m scale (CON115) (%)      | 17.13 $\pm$ 1.85     | 9.24 $\pm$ 1.81       | -4.169         |                | 0.000**         |
| 250 m  | $n = 71$             | $n = 65$              |                |                |                 |
| 250m 缓冲区内灌木丛面积 Area of shrub at 250 m scale (SHR250) (%)               | 30.75 $\pm$ 1.94     | 39.79 $\pm$ 2.66      |                | -2.744         | 0.007**         |
| 250m 缓冲区内阔叶林面积 Area of broad-leaved forest at 250 m scale (BRO250) (%) | 49.82 $\pm$ 1.79     | 27.55 $\pm$ 2.79      |                | 6.71           | 0.000**         |
| 250 m 缓冲区内针叶林面积 Area of conifer forest at 250 m scale (CON250) (%)     | 17.46 $\pm$ 1.47     | 9.60 $\pm$ 1.58       | -4.873         |                | 0.000**         |
| 距离 Distance  | $n = 71$             | $n = 65$              |                |                |                 |
| 到水源的距离 Distance to water (DWA) (m)                                     | 591.20 $\pm$ 56.17   | 308.16 $\pm$ 36.31    | -4.041         |                | 0.000**         |
| 到河漫滩的距离 Distance to beach (DBE) (m)                                    | 349.03 $\pm$ 21.90   | 498.99 $\pm$ 39.57    |                | -3.316         | 0.001**         |
| 到农田的距离 Distance to farm (DFA) (m)                                      | 523.01 $\pm$ 42.22   | 176.05 $\pm$ 30.82    | -6.485         |                | 0.000**         |
| 到居民点的距离 Distance to resident (DRE) (m)                                 | 283.44 $\pm$ 19.06   | 192.53 $\pm$ 25.03    |                | 2.918          | 0.004**         |
| 到乡间土路的距离 Distance to unpaved road (DUR) (m)                            | 733.31 $\pm$ 54.68   | 471.04 $\pm$ 51.85    | -3.592         |                | 0.000**         |
| 到公路的距离 Distance to paved road (DPR) (m)                                | 1568.44 $\pm$ 120.55 | 1533.71 $\pm$ 118.41  |                | 0.205          | 0.838           |

\*\*  $p < 0.01$ ; \*  $p < 0.05$

在 115 m 和 250 m 尺度上,白冠长尾雉选择的区域中灌木林面积较小,而阔叶林和针叶林面积较大(表 1)。逐步回归的结果表明,115 m 尺度上,灌木林、阔叶林和针叶林面积是影响白冠长尾雉越冬期栖息地选择的关键因子,而在 250 m 尺度上,针叶林和阔叶林面积及针叶林与阔叶林面积的相互作用对越冬期的栖息地选择有重要影响(表 2)。

在距离因素上,白冠长尾雉选择的区域距水源、农田、居民点及乡间土路较远,而距河漫滩较近(表 1)。逐步回归的结果也表明,到河漫滩和到农田的距离显著影响白冠长尾雉越冬期的栖息地选择(表 2)。

表 2 白冠长尾雉越冬期栖息地的逻辑斯蒂回归分析

Table 2 Stepwise logistic regressions for wintering habitat of Reeve's Pheasants

| 尺度<br>Scales             | 栖息地变量*<br>Habitat types*                                      | K | 偏差<br>Deviance | AIC    | AIC <sub>c</sub> |
|--------------------------|---|---|----------------|--------|------------------|
| 10 m                     | SLD (-), TRC (+), COS × SHH (-)                               | 5 | 124.97         | 134.97 | 135.53           |
| 115 m                    | SHR115 (+), CON115 (+), BRO115 (+)                            | 5 | 118.76         | 128.76 | 129.22           |
| 250 m                    | CON250 (+), BRO250 (+), CON250 × SHR250 (+)                   | 5 | 122.67         | 132.67 | 133.13           |
| 距离 Distance              | DBE (-), DFA (+)  | 4 | 144.26         | 152.26 | 152.57           |
| 115 m × 250 m            | SHR115 (+), CON115 (+), BRO115 (+)                            | 5 | 118.76         | 128.76 | 129.22           |
| 115 m × Distance         | CON115 (+), BRO115 (+), CON115 × SHR115 (+), DBE (-), DFA (+) | 7 | 92.05          | 106.05 | 106.92           |
| 250 m × Distance         | CON250 (+), BRO250 (+), CON250 × SHR250 (+), DBE (-), DFA (+) | 7 | 98.12          | 112.12 | 113.00           |
| 115 m × 250 m × Distance | CON115 (+), BRO250 (+), CON250 × SHR250 (+) DBE (-), DFA (+)  | 7 | 89.09          | 103.09 | 103.97           |

\* 表中变量缩写含义与表 1 相同 The references of the abbreviations in Table 2 are same to those in Table 1

根据单尺度(single-scale)分析的 AIC 和 AIC<sub>c</sub> 值,115 m 尺度上的栖息地变量对白冠长尾雉越冬期的栖息地选择的影响最大(表 2)。115m 和 250m 尺度数据的交叉分析结果表明,115 m 尺度的针叶林面积、250 m 尺度的阔叶林面积、250 m 尺度的针叶林和灌丛面积的相互作用、到河漫滩和到农田的距离对白冠长尾雉的栖息地选择有显著影响。

## 4 讨论

### 4.1 微生境

地形因素和植被结构是决定白冠长尾雉在某一尺度上栖息地选择的关键因子,这不仅表现在其越冬期的栖息地选择上,而且也表现在对夜栖地选择<sup>[10]</sup>及其育雏期栖息地<sup>[11]</sup>上。对苍鹰(*Accipiter gentilis atricapillus*)<sup>[22]</sup>、白颈长尾雉(*Syrnaticus ellioti*)<sup>[26]</sup>、黄腹角雉(*Tragopan caboti*)<sup>[27]</sup>和红腹锦鸡(*Chrysolophus pictus*)<sup>[28]</sup>的研究也有了类似的结论。植被结构上,乔木盖度和灌丛高度是在微生境上影响白冠长尾雉越冬期栖息地选择的关键因子:白冠长尾雉活动的区域,乔木盖度较大而灌木高度较高。以前的研究曾经发现,白冠长尾雉夜栖地<sup>[10]</sup>和育雏期的栖息地<sup>[11]</sup>中乔木盖度都比较大,这可能与较高的植被盖度有助于降低被天敌捕食的风险有关,因为在董寨自然保护区,白冠长尾雉主要受到黑鸢(*Milvus migrans*)、普通鸢(*Buteo buteo*)、雀鹰(*Accipiter nisus*)和豹猫(*Prionailurus bengalensis*)等天敌的威胁。至于灌木高度,野外调查发现,灌木较高时,其林下植被常常比较空旷,这就形成了“亮脚林”<sup>[29]</sup>,便于白冠长尾雉活动。

灌丛与坡向余弦值的相互作用对白冠长尾雉的栖息地选择有负作用,即坡向余弦值较大时,即使灌丛较高,白冠长尾雉也不一定选择灌丛。这是因为余弦值增大,该处逐渐偏离阳坡,这可能导致栖息地微气候发生改变,如湿度增加、积雪较厚,给其觅食和活动带来不便。因此,与灌丛因子相比,坡向对白冠长尾雉越冬期栖息地选择的影响更大。

### 4.2 115m 和 250m 尺度

董寨国家级自然保护区核心区的主要植被类型是针叶林,其次是阔叶林和灌丛。针叶林具有较好的隐蔽性,是白冠长尾雉冬季偏好的植被类型之一<sup>[10, 11]</sup>,尤其是在冬季<sup>[9, 15]</sup>。灌丛在保护区中所占面积比例相对较低,而在野外调查中也发现,与针叶林距离较近的灌丛被白冠长尾雉利用的概率较高,即灌丛的利用程度在很大程度上取决于其与针叶林的距离,这反映在灌丛与针叶林面积的相互作用对白冠长尾雉越冬期栖息地选择具有明显的正效应上。因此,灌丛与森林的距离也是影响冬季白冠长尾雉栖息地选择的关键因子之一,这在环颈雉冬季栖息地选择的研究中也有发现<sup>[17, 30, 31]</sup>。

阔叶林一直被认为是白冠长尾雉的主要栖息地之一<sup>[8, 29]</sup>,因为其可以提供相对丰富的食物资源,尤其是在繁殖期为雌性个体提供营巢<sup>①</sup>和育雏的场所<sup>[11]</sup>。但是,由于阔叶林冬季树叶脱落,增加了白冠长尾雉被天敌捕食的风险,无线电遥测的结果<sup>[15]</sup>也表明,对于跟踪的雄性白冠长尾雉,阔叶林并不是其冬季理想的栖息

① 孙全辉. 白冠长尾雉的集群行为与栖息地利用研究. 北京师范大学硕士论文, 2001. Sun, Q. H. The aggregating behaviour and habitat use of Reeves's Pheasant in Henan Province. MSc thesis, Beijing Normal University, China, 2001

地。但是,在 115m 和 250m 尺度上,白冠长尾雉冬季栖息地中阔叶林面积较大,这种不一致可能反映了白冠长尾雉栖息地选择的个体差异,因为本次调查对象不仅包括雄性个体,也包括雌性和不同年龄的个体,而动物的栖息地选择不仅具有种间差异,即使是同种动物的不同个体也可能存在差异<sup>[32]</sup>。在董寨自然保护区,白冠长尾雉冬季活动的区域距农田较远,表明该保护区内农田并不是其重要的栖息地,这一现象也在无线电跟踪的雄性个体上有所发现<sup>[15]</sup>。

研究揭示了冬季白冠长尾雉栖息地选择中的一些共性的信息:地形因素、植被结构、栖息地景观结构是其重要的影响因子<sup>[15]</sup>。在制定保护策略时,应加强现有适宜栖息地的保护,并通过人工措施改变大面积的灌丛,以改善栖息地的空间布局,扩大适宜栖息地面积。

### 4.3 尺度的重要性

在不同的空间尺度上,影响白冠长尾雉越冬期栖息地选择的因子之间存在差异。在较大的尺度上,白冠长尾雉越冬期栖息地选择较多地受到植被类型及其面积以及人为干扰的影响,而在微生境上,地形因素和植被结构是重要的影响因子。栖息地选择的多尺度格局在其他鸟类中也存在。红翅黑鹇(*Agelaius phoeniceus*)在沼泽地区营巢,在大尺度的巢址选择方面主要受水深的影响,而在小尺度上,猫尾草的密度则成为最重要的因素<sup>[33]</sup>。McGrath 等<sup>[22]</sup>的研究表明,在 1 hm<sup>2</sup> 尺度上,影响苍鹰巢址选择的因素主要是地形,而在 10 hm<sup>2</sup> 以上的 6 个景观尺度中,30 hm<sup>2</sup> 尺度上的因素是影响其巢址选择的主要因素。本次调查也发现,对白冠长尾雉越冬期栖息地选择影响最大的是 115m 尺度,随着尺度的扩大,栖息地因素对白冠长尾雉越冬期栖息地选择的影响程度也在降低,这与 McGrath 等<sup>[22]</sup>对苍鹰巢址选择的研究结果有相同的趋势。

Frost 等<sup>[34]</sup>认为,为了解一个物种的栖息地所面临的压力,需要确定一个恰当的尺度,以便从中最大限度地获取关于该物种栖息地方面的信息。根据  $AIC$  和  $AIC_c$  值,115 m 尺度上的因素是决定越冬期白冠长尾雉栖息地选择的主要因素。本次调查也表明多尺度研究的重要性,而且也证实栖息地选择在某些尺度上可能更为显著;有些因素对栖息地选择可以产生相互作用,并且这种作用具有尺度特异性<sup>[22]</sup>。

### References:

- [ 1 ] Kotliar N B, Wiens J A. Multiple scales of patchiness and patch structure: a hierarchical framework for the study of heterogeneity. *Oikos*, 1990, 59: 253 ~ 260.
- [ 2 ] Orians G H, Wittenberger J F. Spatial and temporal scales in habitat selection. *The American Naturalist*, 1991, 137: S30 ~ S49.
- [ 3 ] O'Neill R V, Milne B T, Turner M D. Resources utilization scales and landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1988, 2: 63 ~ 69.
- [ 4 ] Zheng G M, Wang Q S. *China Red Data Book of Endangered Animals (Aves)*. Beijing: Science Press, 1998. 182 ~ 184.
- [ 5 ] IUCN. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. Available on <http://www.iucnredlist.org> online.
- [ 6 ] Wu Z K. Ecology of Reeves's Pheasant. *Chinese Journal of Zoology*, 1979, 3: 16 ~ 18.
- [ 7 ] Xu Y G, Yin Z H, Lei F M, et al. The status of Reeves's Pheasant and suggestions for conservation. *Acta Zoologica Sinica*, 1996, 42: S155.
- [ 8 ] Fang C L, Ding Y H. Over-wintering ecology of the white-crowned long-tailed pheasant. *Chinese Journal of Ecology*, 16(2): 67 ~ 68.
- [ 9 ] Sun Q H, Zhang Z W, Ruan X F, et al. Studies on flocking behavior of Reeves's Pheasant in Dongzhai Nature Reserve, Henan Province. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science Edition)*, 2001, 37(1): 111 ~ 116.
- [ 10 ] Sun Q H, Zhang Z W, Zhu J G, et al. Roosting behavior and factors affecting roost-site used by Reeves's Pheasant (*Syrnaticus reevesii*). *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2002, 38 (1): 108 ~ 112.
- [ 11 ] Xu J L, Zhang X H, Zhang Z W, et al. Brood habitat characteristics of Reeves's Pheasant (*Syrnaticus reevesii*) in Dongzhai National Nature Reserve. *Zoological Research*, 2002, 23 (6): 471 ~ 476.
- [ 12 ] Sun Q H, Zhang Z W, Zheng G M, et al. Ranging behavior of territorial male Reeves's Pheasants in the breeding season. *Acta Zoologica Sinica*, 2003, 49 (3), 318 ~ 324.
- [ 13 ] Zhang X H, Xu J L, Zhang Z W, et al. Flocking behavior of Reeves's Pheasants (*Syrnaticus reevesii*) at two sites in Henan and Shaanxi. *Zoological Research*, 2004, 25(2): 89 ~ 95.
- [ 14 ] Zhang X H, Xu J L, Zhang Z W, et al. A study on the incubation behaviour of Reeves's Pheasant (*Syrnaticus reevesii*) by radiotelemetry. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2004, 40(2): 255 ~ 259.
- [ 15 ] Xu J L, Zhang X H, Zhang Z W, et al. Home range and habitat use of male Reeves's Pheasant (*Syrnaticus reevesii*) in winter in Dongzhai National Nature Reserve, Henan Province. *Biodiversity Science*, 2005, 13(5): 416 ~ 423.

- [16] Young L, Zheng G M, Zhang Z W. Winter movements and habitat use by Cabot's Tragopan *Tragopan caboti* in southeastern China. *Ibis*, 1991, 133: 121 ~ 126.
- [17] Perkins A L, Clark W R, Terry Z, et al. Effects of landscape and weather on winter survival of Ring-necked Pheasant hens. *Journal of Wildlife Management*, 1997, 61 (3): 634 ~ 644.
- [18] Homan H J, Linz G M, Bleier W J. Winter habitat use and survival of female ring-necked pheasants (*Phasianus colchicus*) in Southeastern North Dakota. *The American Midland Naturalist*, 2000, 143 (2): 463 ~ 480.
- [19] Song C S, Qu W Y. Scientific investigation on Dongzhai National Nature Reserve. Beijing: Chinese Forestry Press, 1996.
- [20] Zar J H. Biostatistical analysis. New Jersey, USA: Prentice-Hall. Inc., 1999. 592 ~ 663.
- [21] Hosmer D W, Lemeshow S. Applied logistic regression. New York: John Wiley & Sons, 1989.
- [22] McGrath M T, DeStefano S, Riggs R A, et al. Spatially explicit influences on northern goshawk nesting habitat in the interior Pacific Northwest. *Wildlife Monographs*, 2003, 154: 1 ~ 63.
- [23] Burnham K P, Anderson D R. Model selection and inference: a practical information-theoretic approach. New York: Springer-Verlog, 1998. 76 ~ 81.
- [24] Boyce M S, Vernier P R, Nielsen S E, et al. Evaluating resource selection functions. *Ecological Modelling*, 2002, 157: 281 ~ 300.
- [25] Jia F, Wang N, Zheng G M. Habitat selection and spatial distribution of white eared-pheasant *Crossoptilon crossoptilon* during early breeding period. *Acta Zoologica Sinica*, 2005, 51(3): 383 ~ 392.
- [26] Zhu G Y, Ding P. Elliot's Pheasant (*Syrnaticus ellioti*). In: Lu T C, Liu R S, He F Q, eds. The rare and endangered gamebirds in China. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 1991.
- [27] Ding C Q, Zheng G M. The nest site selection of the yellow-bellied tragopan (*Tragopan caboti*). *Acta Zoologica Sinica*, 1997, 43(1): 27 ~ 33.
- [28] Shao C. Wintering habitat selection of golden pheasant. *Chinese Journal of Zoology*, 1998, 33(2): 38 ~ 44.
- [29] Xu W S, Wu Z K, Li Z M. Reeves's Pheasant (*Syrnaticus reevesii*). In: Lu T C, Liu R S, He F Q, eds. The rare and endangered gamebirds in China. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 1991. 328 ~ 338.
- [30] Leptich D J. Winter habitat use by hen pheasants in southern Idaho. *Journal of Wildlife Management*, 1992, 56: 376 ~ 380.
- [31] Smith S A, Stewart N J, Gates J E. Home ranges, habitat selection and mortality of Ring-necked Pheasant (*Phasianus colchicus*) in north-central Maryland. *The American Midland Naturalist*, 1999, 141 (1): 185 ~ 192.
- [32] Van Horne B. Density as a misleading indicator of habitat quality. *Journal of Wildlife Management*, 1983, 47: 893 ~ 901.
- [33] Pribil S, Picman J. The importance of using proper methodology and spatial scale in the study of habitat selection by birds. *Can. J. Zool.*, 1997, 75 (11): 1835 ~ 1844.
- [34] Frost T M, Ulanowicz R E, Blumenshine S C, et al. Scaling issues in experimental ecology: freshwater ecosystems. In: Gardner R H, Kemp W M, Kennedy V S, et al. eds. Scaling relations in experimental ecology. New York: Columbia University Press, 2001. 253 ~ 580

#### 参考文献:

- [4] 郑光美, 王岐山. 中国濒危动物红皮书(鸟类). 北京: 科学出版社, 1998. 182 ~ 184.
- [6] 吴志康. 白冠长尾雉的生态. *动物学杂志*, 1979, 3: 16 ~ 18.
- [7] 徐延恭, 尹祚华, 雷富民, 等. 白冠长尾雉的现状与保护对策. *动物学报*, 1996, 42: S155.
- [8] 方成良, 丁玉华. 白冠长尾雉的越冬生态. *生态学杂志*, 1997, 16(2): 67 ~ 68.
- [9] 孙全辉, 张正旺, 阮祥锋, 等. 白冠长尾雉集群行为的初步研究. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2001, 37(1): 111 ~ 116.
- [10] 孙全辉, 张正旺, 朱家贵, 等. 白冠长尾雉冬季夜栖行为与夜栖地利用影响因子的研究. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2002, 38(1): 108 ~ 112.
- [11] 徐基良, 张晓辉, 张正旺, 等. 白冠长尾雉育雏期的栖息地选择. *动物学研究*, 2002, 23(6): 471 ~ 476.
- [12] 孙全辉, 张正旺, 郑光美, 等. 繁殖期白冠长尾雉占区雄鸟的活动区. *动物学报*, 2003, 49(3): 318 ~ 324.
- [13] 张晓辉, 徐基良, 张正旺, 等. 陕西河南两地白冠长尾雉的集群行为. *动物学研究*, 2004, 25(2): 89 ~ 95.
- [14] 张晓辉, 徐基良, 张正旺, 等. 白冠长尾雉孵卵行为的无线电遥测研究. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2004, 40(2): 254 ~ 259.
- [15] 徐基良, 张晓辉, 张正旺, 等. 白冠长尾雉雄鸟冬季的活动区与栖息地利用研究. *生物多样性*, 2005, 13(5): 416 ~ 423.
- [19] 宋朝枢, 瞿文元. 董寨鸟类自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 1996.
- [25] 贾非, 王楠, 郑光美. 白马鸡繁殖早期栖息地选择和空间分布. *动物学报*, 2005, 51(3): 383 ~ 392.
- [26] 诸葛阳, 丁平. 白颈长尾雉. 见: 卢汰春, 刘如笋, 何芬奇主编. 中国珍稀濒危野生鸡类. 福州: 福建科学技术出版社, 1991.
- [27] 丁长青, 郑光美. 黄腹角雉的巢址选择. *动物学报*, 1997, 43(1): 27 ~ 33.
- [28] 邵晨. 红腹锦鸡的冬季栖息地. *动物学杂志*, 1998, 33(2): 38 ~ 44.
- [29] 许维枢, 吴志康, 李筑眉. 白冠长尾雉. 见: 卢汰春, 刘如笋, 何芬奇主编. 中国珍稀濒危鸡类. 福州: 福建科学技术出版社, 1991. 328 ~ 338.