

•研究报告•

麋鹿夜间卧息地选择的季节变化

李 弛¹ 杨道德^{1*} 张玉铭² 宋玉成^{1,3} 李鹏飞² 蒋志刚^{4*}

1 (中南林业科技大学野生动植物保护研究所, 长沙 410004)

2 (湖北石首麋鹿国家级自然保护区管理处, 湖北石首 434400)

3 (湖南东洞庭湖国家级自然保护区管理局, 湖南岳阳 414000)

4 (中国科学院动物研究所, 北京 100101)

摘要: 卧息地选择是野生动物对生态环境的行为适应。为了探讨麋鹿(*Elaphurus davidianus*)夜间卧息地选择的季节变化, 2013年11月至2014年12月, 采用跟踪调查法与直接观察法, 对湖北石首麋鹿国家级自然保护区围栏内麋鹿184个夜间卧息样方和184个对照样方的生态因子信息进行了观测记录。结果表明: 麋鹿春、秋、冬3个季节夜间卧息时均选择隐蔽度较高、草本盖度较高、食物丰富度较高、距隐蔽物(芦苇或树林)较近的林地生境($P < 0.05$), 并且春、秋季夜间选择在距道路距离与距居民点距离上的差异不显著($P > 0.05$); 夏季夜间选择在草本盖度较低、食物丰富度较低、隐蔽度较低、距隐蔽物较近、距道路与居民点距离较远、距水源较近的滩涂生境卧息($P < 0.05$); 冬季夜间选择在风速较小、距道路与居民点较近的生境卧息。判别分析表明: 草本盖度、食物丰富度、距道路距离、隐蔽度、风速、距水源距离以及距隐蔽物距离这7个因子组成的判别函数可区分不同季节麋鹿的夜间卧息地, 且麋鹿在不同季节的夜间卧息地特征存在部分重叠, 这可能与不同季节间食物、水、温度与人为干扰等因子的差异性有关。建议该保护区扩大饲料基地面积、保留麋鹿卧息隐蔽环境、减少人为干扰、控制长江故道水位。

关键词: 麋鹿; 夜间卧息地; 生境选择; 行为适应; 物种重引入; 湖北石首麋鹿国家级自然保护区

Seasonal variation in nocturnal bed-site selection by Milu (*Elaphurus davidianus*) in Hubei Shishou Milu National Nature Reserve, China

Chi Li¹, Daode Yang^{1*}, Yuming Zhang², Yucheng Song^{1,3}, Pengfei Li², Zhigang Jiang^{4*}

1 Institute of Wildlife Conservation, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004

2 Administration Bureau of Hubei Shishou Milu National Nature Reserve, Shishou, Hubei 434400

3 Administration Bureau of Hunan East Dongting Lake National Nature Reserve, Yueyang, Hunan 414000

4 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101

Abstract: Bed-site selection is the behavioral adaptation of wild animals to their ecological environment. In this study, we explored the seasonal variation of nocturnal bed-site characteristics by Milu (*Elaphurus davidianus*, Père David's deer). We used direct and track observation methods to assess nocturnal bed-site selection over different seasons (November 2013 to December 2014) by Milu in Hubei Shishou Milu National Nature Reserve, China. We recorded the ecological characteristics of 184 nocturnal bed-site plots and 184 control plots. Results showed that Milu preferred bed-sites with greater woodland cover, a greater proportion of vegetation, abundant food resources, and proximity to shelter (reeds or woods) during spring, autumn and winter ($P < 0.05$). Moreover, differences in distance to roads and to human settlements in bed-sites selection were not significantly different ($P > 0.05$) during spring and autumn. In summer, the Milu population preferred bedding on bare ground characterized by a low hiding cover, higher herbage coverage, lower food abundance, close proximity to hide and water, and an increased distance to road and human settlement ($P < 0.05$). This is in contrast to winter, as the Milu population preferred bed-sites with lower wind speeds that were closer to roads and human settlements ($P < 0.05$). Stepwise discriminant analysis indicated that seasonal nocturnal bed-site selection by the Milu population could be discriminated with three canonical discriminant

收稿日期: 2016-04-29; 接受日期: 2016-08-24

基金项目: 湖南省自然科学基金(2015JJ2195)和国家自然科学基金(31071946, 31402021)

* 共同通讯作者 Co-authors for correspondence. E-mail: csfuyydd@126.com; jiangzg@ioz.ac.cn

functions. A Fisher discriminant function composed of herbage coverage, food abundance, hiding cover, wind speed, and distance to hide and water could discriminate the seasonal nocturnal bed-site of the Milu population. The characteristics of bed-sites selected by Milu in different seasons had some similarities and differences, most likely as a result of food, water, temperature, and anthropogenic interference. On the basis of our findings, we suggest to expand supplementary feed base, to retain vegetation that provide adequate cover for Milu, to reduce anthropogenic interference and to regulate water levels in the oxbow around the nature reserve for the conservation of Milu in this area.

Key words: *Elaphurus davidianus*; nocturnal bed-sites; habitat selection; behavioral adaptation; species re-introduction; Hubei Shishou Milu National Nature Reserve

野生动物对生境的选择和利用是对栖息环境的一种适应行为,与气候、环境以及动物本身的生理状况等条件密切相关(刘振生等,2004)。卧息地选择是野生动物对不同卧息环境的适应,可能与能量储存(Armstrong et al, 1983)和反捕食策略(Smith et al, 1986)有关,是衡量野生动物行为适应的关键因素之一。对卧息地的研究,可更好地了解野生动物对不同环境的适应性与选择性,以及与人类活动的关系(李弛等,2015)。

目前关于有蹄类卧息地选择的研究报道较多,如马鹿(*Cervus elaphus*) (Millsaugh et al, 1998; 刘振生等, 2009)、狍(*Capreolus capreolus*) (Linnell et al, 1999; Van Moorter et al, 2009; Qin, 2011)、原麝(*Moschus moschiferus*) (吴建平等, 2007)、赤鹿(*Muntiacus muntjak*) (Teng et al, 2004; 谢志刚等, 2007)、盘羊(*Ovis ammon*) (初红军等, 2009)、黑尾鹿(*Odocoileus hemionus*) (Germaine et al, 2004; Horncastle et al, 2013)以及麋鹿(*Elaphurus davidianus*) (邹师杰等, 2013; 李弛等, 2015)等,但关于有蹄类夜间卧息地的研究报道较少(滕丽微等, 2007; Li et al, 2015; 李弛等, 2015),只有李弛等(2015)报道过麋鹿秋季夜间卧息地选择的研究结果。我们通过前期的文献查阅与预调查,发现水源、隐蔽物、食物、植被类型、草本盖度、人为干扰等因子可能影响麋鹿的卧息地选择,为了确定影响麋鹿夜间卧息地选择的主要生态因子,2013年11月至2014年12月,对湖北石首麋鹿国家级自然保护区围栏内麋鹿种群在不同季节的夜间卧息地选择进行了比较研究,以便为重引入麋鹿种群的科学保护和自然保护区的有效管理提供参考。

1 研究地点和研究方法

1.1 研究地区概况

湖北石首麋鹿国家级自然保护区(112°33' E,

29°49' N) (以下简称保护区),位于湖北石首市长江天鹅洲故道旁,总面积为1,567 ha,其中核心区面积730 ha。保护区地势低平,平均海拔35 m。该区属亚热带季风湿润气候,四季分明,水量充足。年均气温17.4℃,年均无霜期286 d,年均降水量1,282.3 mm,年均相对湿度75.4%。保护区南缘天鹅洲故道每年丰水期(5–9月)与长江荆江段相通,最高水位在36–37 m之间;枯水期(10月至翌年4月)水位一般在33 m左右(杨道德等,2013)。故道水温冬季最低5.9℃,夏季最高26.9℃,pH值7.00–7.49。保护区主要植被类型有芦苇(*Phragmites australis*)群落、意杨(*Populus euramevicana*)林、旱柳(*Salix matsudana*)林、狗牙根(*Cynodon dactylon*)群落、牛毛毡(*Eleocharis yokoscensis*)群落、益母草(*Leonurus artemisia*)群落等。

1.2 研究对象

麋鹿属中国特有的大型草食性有蹄类,曾广泛分布于我国长江中下游地区,一度从中国消失,1985年被重引入我国,为国家一级重点保护野生动物。保护区成立于1991年,于1993年和1994年从北京麋鹿苑共引入64头麋鹿,放养于保护区核心区围栏内,建立了湖北石首麋鹿种群(杨道德等,2013)。截至2014年12月,保护区围栏内有麋鹿350头左右。保护区内有麋鹿可采食植物125种,隶属33科87属,如紫云英(*Astragalus sinicus*)、狗牙根、益母草等(李鹏飞等,2015),而分布较广的芦苇群落与意杨林构成了麋鹿的主要隐蔽生境。麋鹿在保护区内没有捕食性天敌,但采芦笋、捡拾鹿角、收割芦苇等人为干扰影响麋鹿的正常行为活动。

1.3 研究方法

1.3.1 调查方法

2013年11月至2014年12月,采用跟踪调查法和直接观察法,分春季(3–5月)、夏季(6–8月)、秋季(9–11月)、冬季(12–翌年2月)分别对石首麋鹿保护区

围栏内麋鹿夜间卧息地选择进行研究, 每月选择无雨的天气实地调查5-7 d。调查之前先确定麋鹿夜间卧息地的地理位置, 即在前一天下午和傍晚对麋鹿群进行跟踪观察, 确定麋鹿夜间卧息的大致位置, 次日7:30开始对麋鹿卧息地进行核查。当发现麋鹿夜间卧息痕迹时先进行GPS定位, 然后以卧迹为中心设置1个10 m × 10 m的样方, 并在该样方的中心和4个角各设置1个1 m × 1 m的小样方; 在每个卧息样方的任一方向250 m处选取相应的10 m × 10 m的对照样方(吴鹏举等, 2004)。最终分别对麋鹿184个夜间卧息样方和184个对照样方的生态因子信息进行观测记录。

1.3.2 生态因子描述

通过查阅文献和野外观察, 最终确定10种麋鹿夜间卧息地生态因子。其中生境类型和卧息基底为定性因子, 其余8种为定量因子。(1)生境类型: 分为林地、芦苇地、草地、滩涂地和伐迹地; (2)卧息基底: 分为裸地、草地与枯枝落叶地; (3)草本盖度: 5个小样方的草本盖度平均值, 采用网格目测法评估(秦伟等, 2006); (4)隐蔽度: 在样方中心处竖立1 m长的木杆, 在距样方中心20 m远的东南西北4个方向看到该木杆的长度占总长度的百分比平均值(滕丽微等, 2008); (5)风速: 采用华盛昌DT-82风速仪记录样方的风速平均值; (6)食物丰富度: 以麋鹿可食用草本植物(李鹏飞等, 2015)的覆盖度百分数表示, 估计5个小样方可食用草本植物的覆盖度平均值(朱洪强等, 2013); (7)距水源距离、(8)距道路距离、(9)距居民点距离、(10)距隐蔽物(芦苇群落或杨树林)距离: 应用NIKON Forestry 550 激光测距仪, 分别直接测量样方中心到最近水源边界、最近主干道、最近居民点、最近隐蔽物(芦苇群落或杨树林)的距离, 必要时利用GPS数据在Google地图上进行测算校正。

1.3.3 数据处理

利用卡方检验分析定性因子数据, 并通过Bailey置信区间法(Bailey, 1980; Cherry, 1996)判断麋鹿夜间卧息对不同生境和卧息基底的偏好。采用Kolmogorov-Smirnov Test法对定量因子数据进行检验, 因不符合正态分布, 故采用非参数估计中的Mann-Whitey U检验。对于定量因子采用逐步判别分析(Rice et al, 1983), 确定麋鹿不同季节夜间卧息地选择的关键影响因子, 得出麋鹿不同季节夜间卧

息地选择特征上的重叠与分离情况。所有数据均采用Excel 2003与SPSS 19.0进行处理, 显著水平 α 设置为0.05。

2 结果

2.1 定性因子选择

麋鹿四季夜间卧息时对生境类型具有选择性(春: $\chi^2 = 7.947$, $df = 2$, $P < 0.05$; 夏: $\chi^2 = 20.330$, $df = 3$, $P < 0.05$; 秋: $\chi^2 = 23.480$, $df = 4$, $P < 0.05$; 冬: $\chi^2 = 10.347$, $df = 4$, $P < 0.05$)。麋鹿群体在春季夜间卧息时偏好林地, 对芦苇地与草地随机选择, 避免利用滩涂地; 夏季偏好滩涂, 对芦苇地随机选择, 避免利用草地和林地; 秋季偏好林地, 对芦苇地随机选择, 避免利用草地、滩涂地和伐迹地; 冬季偏好林地, 对芦苇地与草地随机选择, 避免利用伐迹地(表1)。

麋鹿四季夜间卧息时对卧息基底具有选择性(春: $\chi^2 = 8.563$, $df = 2$, $P < 0.05$; 夏: $\chi^2 = 14.168$, $df = 2$, $P < 0.05$; 秋: $\chi^2 = 7.215$, $df = 2$, $P < 0.05$; 冬: $\chi^2 = 11.347$, $df = 2$, $P < 0.05$)。春、秋季偏好草地基底, 夏季偏好裸地基底, 冬季偏好枯枝落叶基底。

2.2 定量因子选择

麋鹿群体春季夜间倾向于选择在草本盖度较高、食物丰富度较大、隐蔽度较高、距隐蔽物较近的生境卧息; 夏季选择在草本盖度较低、食物丰富度较低、隐蔽度较低、距隐蔽物较近、距道路与居民点距离较远、距水源较近的生境卧息; 秋季夜间卧息更倾向于利用隐蔽度较高、草本盖度较大、食物丰富度较大、风速较小、距隐蔽物较近的生境; 冬季夜间倾向于选择在草本盖度较高、食物丰富度较大、隐蔽度较高、距道路与居民点较近、距隐蔽物距离较近以及风速较小的生境卧息(表2)。

通过逐步判别分析发现, $F_{春} = 3.215 \times \text{隐蔽度} + 1.920 \times 4.709 \times \text{草本盖度} - 6.295 \times \text{食物丰富度} - 1.534$, 可有效区分春季夜间卧息地; $F_{夏} = 4.276 \times \text{草本盖度} + 0.10 \times \text{距隐蔽物距离} + 0.06 \times \text{距水源距离} - 0.002 \times \text{距道路距离} - 0.394$, 可有效区分夏季的夜间卧息地; $F_{秋} = 0.026 \times \text{距隐蔽物距离} + 1.920 \times \text{风速} - 3.999 \times \text{食物丰富度} + 1.219$, 可有效区分秋季夜间卧息地; $F_{冬} = 4.003 \times \text{隐蔽度} + 0.004 \times \text{距道路距离} - 7.251 \times \text{草本盖度} - 0.008 \times \text{距隐蔽物距离} + 1.525$, 可有效区分冬季夜间卧息地。

表1 不同季节麋鹿对生境类型的偏好选择

Table 1 Habitat type preferences by Milu in different seasons

生境类型 Habitat type	季节 Season	期望利用比例 Expected proportion used (P_w)	实际利用率 Actual proportion used (P_i)	P_i 的Bonferroni 95%置信区间 Bonferroni 95% confidence interval for P_i
草地 Grassland	春季 Spring	0.073	0.073	$-0.015 \leq P_i \leq 0.161$ (o)
	夏季 Summer	0.353	0.088	$-0.034 \leq P_i \leq 0.210$ (-)
	秋季 Autumn	0.797	0.576	$0.411 \leq P_i \leq 0.742$ (-)
	冬季 Winter	0.286	0.400	$0.118 \leq P_i \leq 0.682$ (o)
林地 Woodland	春季 Spring	0.200	0.364	$0.201 \leq P_i \leq 0.527$ (+)
	夏季 Summer	0.441	0.235	$0.053 \leq P_i \leq 0.418$ (-)
	秋季 Autumn	0.051	0.288	$0.136 \leq P_i \leq 0.440$ (+)
	冬季 Winter	0.000	0.350	$0.075 \leq P_i \leq 0.625$ (+)
芦苇地 Reed land	春季 Spring	0.091	0.218	$0.078 \leq P_i \leq 0.358$ (o)
	夏季 Summer	0.147	0.147	$-0.006 \leq P_i \leq 0.300$ (o)
	秋季 Autumn	0.034	0.136	$0.021 \leq P_i \leq 0.250$ (o)
	冬季 Winter	0.095	0.300	$0.036 \leq P_i \leq 0.564$ (o)
滩涂地 Mudflat	春季 Spring	0.636	0.345	$0.184 \leq P_i \leq 0.507$ (-)
	夏季 Summer	0.059	0.529	$0.314 \leq P_i \leq 0.744$ (+)
	秋季 Autumn	0.102	0.000	$0.000 \leq P_i \leq 0.000$ (-)
	冬季 Winter	-	-	-
伐迹地 Clear-cutting reed sites	春季 Spring	-	-	-
	夏季 Summer	-	-	-
	秋季 Autumn	0.034	0.000	$0.000 \leq P_i \leq 0.000$ (-)
	冬季 Winter	0.619	0.000	$0.000 \leq P_i \leq 0.000$ (-)

“+”表示偏好利用; “o”表示随机选择; “-”表示避免利用。

“+” preferred; “o” random selection; “-” avoided.

2.3 不同季节夜间卧息地选择差异

对不同季节麋鹿卧息地特征的逐步判别分析发现: 有3个典型判别函数可有效区分各个季节, 其中3个函数对区分不同季节麋鹿的夜间卧息地均差异显著。按照贡献率的大小, 判别各个季节卧息地的因子依次为草本盖度、食物丰富度、距道路距离、隐蔽度、风速、距水源距离以及距隐蔽物距离(表3), 由这7个因子构成的判别函数对各个季节卧息地的判别正确率为79.8%。其中春季为70.9%, 夏季为94.1%, 秋季为83.1%, 冬季为70.0%。由前两个函数组成的判别分类图(图1)表明, 麋鹿在4个季节的夜间卧息地存在着不同程度的重叠与分离, 其中秋冬二季重叠较多, 其他季节间重叠较少。

3 讨论

3.1 麋鹿夜间卧息地选择特征的重叠

麋鹿在不同季节的夜间卧息地选择特征上存在部分重叠(图1)。这可能与该保护区内相对稳定的食物、隐蔽物与水源环境等因素有关。首先, 麋鹿

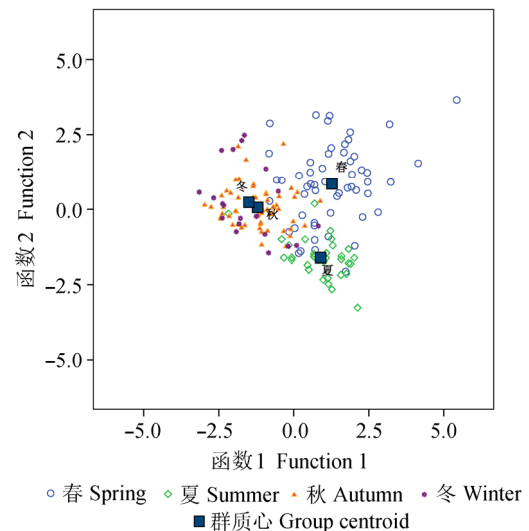


图1 不同季节麋鹿夜间卧息地判别分类图

Fig. 1 Discriminant plot of nocturnal bed-sites of Milu in different seasons

的主要隐蔽物杨树林的位置在不同季节并没有大的变动, 且保护区内设有专门的补饲基地, 可缓解

表2 不同季节麋鹿夜间卧息样方与对照样方定量因子比较(平均值±标准差)

Table 2 Comparison of quantitative ecological factors between nocturnal bed-sites of Milu population and control plots in different seasons (Mean ± SD)

生态因子 Ecological factors	春季 Spring			夏季 Summer			秋季 Autumn			冬季 Winter		
	卧息样方 Bed-sites	对照样方 Control plots	P	卧息样方 Bed-sites	对照样方 Control plots	P	卧息样方 Bed-sites	对照样方 Control plots	P	卧息样方 Bed-sites	对照样方 Control plots	P
草本盖度 Herbage coverage (%)	68.8±19.45	57.00±23.80	<0.05	55.62±27.00	81.75±14.25	<0.05	79.58±10.52	58.09±20.39	<0.05	71.71±15.27	50.63±26.69	<0.05
食物丰富度 Food abundance (%)	56.68±19.68	43.03±22.89	<0.05	45.00±25.72	66.43±14.51	<0.05	67.61±10.59	46.61±18.65	<0.05	44.00±24.12	27.29±19.92	<0.05
隐蔽度 Hiding cover (%)	42.21±29.79	64.16±26.61	<0.05	47.94±41.62	38.31±35.31	0.260	60.30±23.44	87.82±26.03	<0.05	27.30±27.07	51.31±33.97	<0.05
风速 Wind speed (m/s)	0.66±0.51	0.80±0.65	0.281	0.11±0.16	0.16±0.22	0.289	0.12±0.14	0.24±0.16	<0.05	0.27±0.36	0.65±0.55	<0.05
距隐蔽物距离 Distance to hide (m)	75.42±135.37	126.16±170.06	<0.05	52.18±67.43	55.26±82.25	0.870	11.20±13.29	43.54±30.02	<0.05	14.10±26.84	71.62±124.86	<0.05
距道路距离 Distance to road (m)	1,543.58±312.28	1,600.38±303.24	0.360	1,787.24±207.19	1,615.18±265.23	<0.05	1,208.78±177.70	1,195.18±111.76	0.306	1,119.95±304.58	1,454.38±249.67	<0.05
距居民点距离 Distances to human settlement (m)	1,628.42±292.75	1,683.09±292.23	0.327	1,838.97±176.67	1,708.18±263.74	<0.05	1,260.68±192.82	1,286.30±129.07	0.258	1,220.65±310.50	1,535.71±246.57	<0.05
距水源距离 Distance to water (m)	329.62±217.45	345.95±201.31	0.684	104.50±44.48	164.68±119.73	<0.05	221.81±174.24	188.54±142.21	0.255	167.45±88.11	179.29±75.21	0.646

冬季食物的匮乏;其次,从春季到冬季是一个逐步变化的过程,包括温度的升降、降雨量、日照的变化等(武正军等, 2012),故有些麋鹿个体在不同季节变换卧息地也可能需要有一个较长的反应时间,这点可从麋鹿秋冬季重叠较多看出。

3.2 麋鹿夜间卧息地选择特征的分

不同季节间,麋鹿夜间卧息地特征分离。季节间的差异可能源于内在与外在两个因素。内在因素主要是麋鹿的不同生理时期,如发情期、产仔期等,比如发情期的麋鹿大部分时间由于交配,相应的采食与卧息时间减少(杨道德等, 2013);外因则主要是指食物、温度、水源与人为干扰等因素,比如麋鹿春季喜好卧息于食物较丰富、距水源较近、隐蔽避风的场所。不同季节间食物的量与分布的变化、温度的升降、水源的远近、人为活动频率的变化等均可引起麋鹿夜间卧息地特征的变化。

3.2.1 食物因素

食物可能导致动物的种群分布、生境选择等方面的行为变化(Crampton et al, 2011; Santicchia et al, 2015)。保护区内麋鹿一年四季的食物均较丰富,仅在植物群落组成和空间分布上存在差别。春季,新生的芦笋多;夏季,长江故道滩涂上的短尖藁草(*Carex brevicuspis*)等湿生植物较多;秋季芦苇嫩叶与短尖藁草减少,草地中绿色草本植物较多;冬季麋鹿可食植物大多枯萎,但保护区备用的小麦饲料可缓解麋鹿食物的匮乏。这些食物的变化可能导致麋鹿在夜间卧息时选择利用或者靠近有食物的生境。

3.2.2 水源因素

保护区内有长江故道,常年水源丰富,麋鹿并不缺水,但长江洪水可降低食物丰富度,导致动物被动迁移并影响其生境选择(Hawes & Peres, 2014; Bennitt et al, 2014),故夏季长江汛期可能影响麋鹿的行为活动。每年5-9月份的长江汛期,受到长江涨水的影响,保护区大部分芦苇生境被淹没,这可能是大部分麋鹿个体夏季夜间很少利用芦苇生境的原因之一。

3.2.3 人为干扰因素

人为干扰可能会使野生动物丧失栖息地,影响动物的生境选择(Mace & Waller, 1996; Stevens & Boness, 2003; Luo et al, 2014)。保护区围栏内的麋鹿虽有围栏阻隔,且保护区并不对外来人员开放,但

表3 不同季节麋鹿夜间卧息地数值型生态因子的逐步判别分析结果

Table 3 Results of stepwise discriminant analysis of quantitative ecological factors of nocturnal bed-sites of Milu in different seasons

变量 Variable	判别函数系数 Discriminant function coefficient			Wilks' Lambda	F	P
	函数1 Function 1	函数2 Function 2	函数3 Function 3			
隐蔽度 Hiding cover	-0.803	0.257	0.701	0.651	29.246	<0.05
草本盖度 Herbage coverage	-1.285	0.719	-0.312	0.434	28.103	<0.05
食物丰富度 Food abundance	0.641	-0.189	0.957	0.322	26.002	<0.05
距道路距离 Distance to road	0.819	-0.348	0.357	0.259	23.683	<0.05
距隐蔽物距离 Distance to hide	0.382	-0.066	0.064	0.197	23.663	<0.05
距水源距离 Distance to water	0.588	0.439	0.464	0.155	23.319	<0.05
风速 Wind speed	0.359	0.757	-0.277	0.144	20.853	<0.05
Wilks' Lambda	0.144	0.361	0.645	-	-	-
F, df, P	313.027, 21 <0.05	164.739, 12 <0.05	70.782, 5 <0.05	-	-	-
特征值 Eigenvalue	1.505	0.789	0.550	-	-	-
贡献率 Explained variance (%)	52.90	27.80	19.30	-	-	-
累计贡献率 Cumulative variance (%)	52.90	80.70	100.0	-	-	-

麋鹿仍面临较强的人为活动干扰,特别是每年春季采芦笋、夏季捕鱼、秋季收割芦苇与冬季捡鹿角等活动均对麋鹿造成了影响,使麋鹿选择距道路与居民点更远的地点卧息,而回避利用人为干扰较强的生境。

3.2.4 环境温度

环境温度是影响动物生理状态与生态进程的决定因素之一(Huey, 1991; Koussoroplis & Wacker, 2016)。保护区内四季分明,季节间存在一定的温差,特别是冬夏。温度因素可能和隐蔽物、风速等因素协同产生影响。这可能是导致麋鹿夏季避免利用林地裸地基底,而冬季偏好利用林地枯枝落叶基底的原因,结果导致夏冬两季麋鹿夜间卧息地特征重叠最少,这均与麋鹿选择温度合适的卧息环境有关。

根据本研究结果,建议石首麋鹿保护区从以下几个方面加强自然保护区和麋鹿种群的管理:(1)扩大饲料基地面积,确保麋鹿冬季食物的供给;(2)尽可能保证麋鹿夜间卧息的隐蔽环境,每年春秋季节植被改造时,保留或改造一定面积的芦苇群落与意杨林;(3)增加执法力度与保护宣传,减少保护区内采收芦笋、收割芦苇与捡拾鹿角等活动,减少对麋鹿种群的干扰;(4)加强保护区水源治理,避免故道在汛期水位异常升高,影响麋鹿的正常活动。

致谢: 湖北石首麋鹿国家级自然保护区温华军主任、张爱民科长、蔡家奇科长,以及杨涛、刘志高

等工作人员对野外工作给予了大力支持,在此表示感谢!

参考文献

- Armstrong E, Euler D, Racey G (1983) Winter bed-site selection by white-tailed deer in central Ontario. *Journal of Wildlife Management*, 47, 880–884.
- Bailey BJR (1980) Large sample simultaneous confidence intervals for the multinomial probabilities based on transformation of the cell frequencies. *Technometrics*, 22, 583–589.
- Bennitt E, Bonyongo MC, Harris S (2014) Habitat selection by African buffalo (*Syncerus caffer*) in response to landscape-level fluctuations in water availability on two temporal scales. *PLoS ONE*, 9, e101346.
- Cherry S (1996) A comparison of confidence interval methods for habitat use-availability studies. *Journal of Wildlife Management*, 60, 653–658.
- Chu HJ, Jiang ZG, Qi YJ, Tao YS, Li B (2009) Winter bed-site selection by argali *Ovis ammon sairensis*, *O. a. darwini* in Mt. Kekesen and Mt. Kalamaili in southern Altai Mountains. *Acta Theriologica Sinica*, 29, 125–132. (in Chinese with English abstract) [初红军, 蒋志刚, 戚英杰, 陶永善, 李斌 (2009) 阿尔泰山南部科克森山和卡拉麦里山盘羊冬季卧息地的选择. *兽类学报*, 29, 125–132.]
- Crampton LH, Longland WS, Murphy DD, Sedinger JS (2011) Food abundance determines distribution and density of a frugivorous bird across seasons. *Oikos*, 120, 65–76.
- Germaine SS, Germaine HL, Boe SR (2004) Characteristics of mule deer day-bed and forage sites in current-condition and restoration-treated ponderosa pine forest. *Wildlife Society Bulletin*, 32, 554–564.
- Hawes JE, Peres CA (2014) Fruit–frugivore interactions in Amazonian seasonally flooded and unflooded forests. *Jour-*

- nal of Tropical Ecology, 30, 381–399.
- Horncastle VJ, Yarborough RF, Rosenstock SS (2013) Summer habitat use by adult female mule deer in a restoration-treated ponderosa pine forest. *Wildlife Society Bulletin*, 37, 707–713.
- Huey RB (1991) Physiological consequences of habitat selection. *The American Naturalist*, 137, S91–S115.
- Koussoroplis AM, Wacker A (2016) Covariance modulates the effect of joint temperature and food variance on ectotherm life-history traits. *Ecology Letters*, 19, 1–11.
- Li C, Yang DD, Zhang YM, Song YC, Li PF (2015) Autumn nocturnal bed-site selection by two populations of Milu (*Elaphurus davidianus*) in Shishou County of Hubei Province, China. *Chinese Journal of Ecology*, 34, 2855–2860. (in Chinese with English abstract) [李弛, 杨道德, 张玉铭, 宋玉成, 李鹏飞 (2015) 湖北石首散放麋鹿与野化麋鹿秋季夜间卧息地选择. *生态学杂志*, 34, 2855–2860.]
- Li PF, Yang T, Zhang YM, Cai JQ, Wang JF (2015) Habitats of edible plants for wild Milu population in Shishou and its restoration approach. *Journal of Yangtze University (Natural Science Edition)*, 12(15), 48–50. (in Chinese with English abstract) [李鹏飞, 杨涛, 张玉铭, 蔡家奇, 王建国 (2015) 石首野生麋鹿种群采食植物生境及其修复途径. *长江大学学报(自科版)*, 12(15), 48–50.]
- Li Y, Yu YQ, Shi L (2015) Foraging and bedding site selection by Asiatic ibex (*Capra sibirica*) during summer in Central Tianshan Mountains. *Pakistan Journal of Zoology*, 47, 1–6.
- Linnell JDC, Nijhuis P, Teurlings I, Andersen R (1999) Selection of bed-sites by roe deer *Capreolus capreolus* fawns in a boreal forest landscape. *Wildlife Biology*, 5, 225–231.
- Liu ZS, Cao LR, Zhai H, Hu TH, Wang XM (2004) Winter habitat selection by red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in Helan Mountain, China. *Zoological Research*, 25, 403–409. (in Chinese with English abstract) [刘振生, 曹丽荣, 翟昊, 胡天华, 王小明 (2004) 贺兰山区马鹿对冬季生境的选择性. *动物学研究*, 25, 403–409.]
- Liu ZS, Zhang MM, Li ZG, Hu TH, Zhai H (2009) Feeding and bedding habitat selection by red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) during winter in the Helan Mountains, China. *Acta Theriologica Sinica*, 29, 133–141. (in Chinese with English abstract) [刘振生, 张明明, 李志刚, 胡天华, 翟昊 (2009) 贺兰山马鹿冬季取食和卧息生境选择. *兽类学报*, 29, 133–141.]
- Luo Z, Liu B, Liu S, Jiang Z, Halbrook RS (2014) Influences of human and livestock density on winter habitat selection of Mongolian gazelle (*Procapra gutturosa*). *Zoological Science*, 31, 20–30.
- Mace RD, Waller JS (1996) Grizzly bear distribution and human conflicts in Jewel Basin Hiking Area, Swan Mountains, Montana. *Wildlife Society Bulletin*, 24, 461–467.
- Millspaugh JJ, Raedeke KJ, Brundige GC, Willmott CC (1998) Summer bed sites of Elk (*Cervus elaphus*) in the Black Hills, South Dakota: considerations for thermal cover management. *The American Midland Naturalist*, 139, 133–140.
- Qin W, Zhu QK, Zhang XX, Li WH, Fang B (2006) Review of vegetation covering and its measuring and calculating method. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry (Natural Science Edition)*, 34, 163–170. (in Chinese with English abstract) [秦伟, 朱清科, 张学霞, 李文华, 方斌 (2006) 植被覆盖度及其测算方法研究进展. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 34, 163–170.]
- Qin X (2011) Summer bed-site selection by roe deer in a predator free area. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 22, 269–279.
- Rice J, Ohmart RD, Anderson BW (1983) Habitat selection attributes of an avian community: a discriminant analysis investigation. *Ecological Monographs*, 53, 263–290.
- Santicchia F, Romeo C, Martinoli A, Lanfranchi P, Wauters LA, Ferrari N (2015) Effects of habitat quality on parasite abundance: do forest fragmentation and food availability affect helminth infection in the Eurasian red squirrel? *Journal of Zoology*, 296, 1–7.
- Smith HD, Oveson MC, Pritchett CL (1986) Characteristics of mule deer beds. *Western North American Naturalist*, 46, 542–546.
- Stevens MA, Boness DJ (2003) Influences of habitat features and human disturbance on use of breeding sites by a declining population of southern fur seals (*Arctocephalus australis*). *Journal of Zoology*, 260, 145–152.
- Teng LW, Liu ZS, Song YL, Zeng ZG (2004) Forage and bed sites characteristics of Indian muntjac (*Muntiacus muntjak*) in Hainan Island, China. *Ecological Research*, 19, 675–681.
- Teng LW, Liu ZS, Zhang ED, Ma JZ (2007) Winter bed-site selection of *Capreolus capreolus* in low mountain areas of southern Xiaoxing'anling Mountains. *Chinese Journal of Ecology*, 26, 213–218. (in Chinese with English abstract) [滕丽微, 刘振生, 张恩迪, 马建章 (2007) 小兴安岭南低山丘陵地区狍冬季卧息地选择. *生态学杂志*, 26, 213–218.]
- Teng LW, Wang L, Ma JZ, Sun YL, Liu ZQ (2008) Microhabitat selection by *Capreolus capreolus* in winter in Liangshui National Nature Reserve. *Journal of Northeast Forestry University*, 38, 95–98. (in Chinese with English abstract) [滕丽微, 王磊, 马建章, 孙云龙, 刘志奇 (2008) 凉水国家级自然保护区狍冬季对微生境的选择. *东北林业大学学报*, 38, 95–98.]
- Van Moorter B, Gaillard JM, McLoughlin PD, Delorme D, Francois K, Boyce MS (2009) Maternal and individual effects in selection of bed sites and their consequences for fawn survival at different spatial scales. *Oecologia*, 159, 669–678.
- Wu JP, Zhang HL, Zhang Y (2007) The habitat selection of Siberian Musk Deer in winter in Daxing'an Mountains. *Chinese Journal of Zoology*, 42(4), 45–50. (in Chinese with English abstract) [吴建平, 张海龙, 张勇 (2007) 大兴安岭原麝冬季的生境选择. *动物学杂志*, 42(4), 45–50.]
- Wu PJ, Zhang ED (2004) Habitat selection and its seasonal change of serow (*Capricornis sumatraensis*) in Cibagou

- Nature Reserve, Tibet. *Acta Theriologica Sinica*, 24, 6–11. (in Chinese with English abstract) [吴鹏举, 张恩迪 (2004) 西藏慈巴沟自然保护区鬣羚生境选择的季节性变化. 兽类学报, 24, 6–11.]
- Wu ZJ, Dai DL, Ning JJ, Huang SM, Yu H (2012) Seasonal differences in habitat selection of the crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) in Luokeng Nature Reserve, Guangdong. *Acta Ecologica Sinica*, 32, 4691–4699. (in Chinese with English abstract) [武正军, 戴东亮, 宁加佳, 黄乘明, 于海 (2012) 广东罗坑自然保护区鳄鱼生境选择的季节性差异. 生态学报, 32, 4691–4699.]
- Xie ZG, Liu ZT, Song YL, Zhao WG, Li SY, Zhang H, Fu YN (2007) Bedding-site characteristics of *Muntiacus muntjak* at enclosure in its natural habitat. *Chinese Journal of Zoology*, 42(4), 40–44. (in Chinese with English abstract) [谢志刚, 刘志涛, 宋延龄, 赵文阁, 李善元, 张海, 符运南 (2007) 半散放条件下赤麂卧息地特征分析. 动物学杂志, 42(4), 40–44.]
- Yang DD, Li ZY, Li PF, Jiang ZG (2013) Diurnal activity time budget of Père David's deer in Hubei Shishou Milu National Nature Reserve, China. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 1397–1404. (in Chinese with English abstract) [杨道德, 李竹云, 李鹏飞, 蒋志刚 (2013) 湖北石首麋鹿昼间活动时间分配. 生态学报, 33, 1397–1404.]
- Zhu HQ, Ge ZY, Liu G, Jiang CY, Zhang DD, Zhang XD, Chang SH, Mao ZX (2013) Winter bed-site selection by roe deer (*Capreolus capreolus*) in Huangnihe Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 2054–2061. (in Chinese with English abstract) [朱洪强, 葛志勇, 刘庚, 姜春燕, 张冬冬, 张香东, 常素惠, 毛之夏 (2013) 黄泥河自然保护区狍冬季卧息地选择. 生态学报, 33, 2054–2061.]
- Zou SJ, Song YC, Yang DD, Li PF (2013) Winter bed-site microhabitat selection by Père David's deer (*Elaphurus davidianus*) in Hubei Shishou Milu National Nature Reserve, South-central China. *Chinese Journal of Ecology*, 32, 899–904. (in Chinese with English abstract) [邹师杰, 宋玉成, 杨道德, 李鹏飞 (2013) 湖北石首麋鹿国家级自然保护区麋鹿冬季卧息地微生境选择. 生态学杂志, 32, 899–904.]

(责任编辑: 李义明 责任编辑: 闫文杰)