

九龙山保护区黑麂栖息地选择的季节变化

陈良¹, 鲍毅新^{1,*}, 张龙龙¹, 程宏毅¹, 张家银², 周元庆²

(1. 浙江师范大学生态研究所, 金华 321004; 2. 九龙山自然保护区, 遂昌 323312)

摘要: 2005年7月至2006年6月,以浙江省九龙山国家级自然保护区上寮坑保护站为中心,在其周围随机设置6条样线,每隔200m地面距离设置固定样方,共设定442个20m×20m的固定样方,并在其中设置灌木测量样方442个,草本植物盖度测量样方2210个。分春、夏、秋、冬4季记录样方的植被类型、乔木盖度、灌木盖度、草本盖度、坡位、坡度、坡向、食物丰富度、海拔、人为干扰距离和水源距离等11类生态因子,并用痕迹法检查样方是否被黑麂利用。通过Vanderloeg选择系数(W_i)和Scavia选择指数(E_i)研究影响黑麂栖息地利用和选择性的各生态因子,并采用主成分分析的方法研究影响黑麂栖息地选择的关键因子,得到了黑麂栖息地选择的主要特征及其季节变化。结果表明:黑麂总体上倾向选择在针阔混交林、乔木盖度>60%—80%、灌木盖度中等(>20%—60%)、草本盖度中等(>20%—60%)、食物丰富度高(>68%)和人为干扰距离远的生境,对海拔高度和坡位的选择表现出季节迁移性。

关键词: 栖息地选择; 栖息地利用; 黑麂; 九龙山自然保护区

文章编号:1000-0933(2009)01-0001-0 中图分类号:Q953;Q959.843 文献标识码:A

Seasonal changes in habitat selection by Black Muntjac (*Muntiacus Crinifrons*) in Jiulong Mountain Nature Reserve

CHEN Liang¹, BAO Yixin^{1,*}, ZHANG Longlong¹, CHENG Hongyi¹, ZHANG Jiayin², ZHOU Yuanqing²

¹ Institute of Ecology, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China

² Jiulong Mountain Nature Reserve; Suichang 323312, China

Abstract: From July 2005 to June 2006, habitat selection and use by black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) were studied in Jiulong Mountain Natural Reserve, Zhejiang Province, China. Sampling plots were located every 200m along six redomly located transects, and a total of 442 plots were sampled. Vegetation type, % tree, shrub, grass cover, position on slope (upper medium, or lower), slope aspect, slope angle, food abundance, elevation, distance to nearest human disturbance, and the distance to nearest water source were recorded. Plots were examined seasonally to determine recent use by black muntjac. Selectivity of black muntjac for each environmental variable was calculated using the Vanderploeg and Scavia selectivity index for spring, summer, autumn and winter. Additionally, Principal Components Analysis (PCA) was done to determine the important factors affecting habitat selection of the black muntjac in all four seasons. In spring, black muntjac preferred to select the environment of mixed forest sites with >60%—80% shrub cover, >20%—40% grass cover, high food abundance (>68%), medium slope position, gentle slope (>15—30°), Altitude between 1000m and 1200m, and human disturbance >1000m. In summer, black muntjac select the environment of mixed forest sites with >20%—60% tree cover, >20%—40% grass cover, high food abundance (>68%), upper slope position, high slope (>30—45°), and elevation >1200m. In autumn, black muntjac select sites with >20%—40% shrub and grass cover, medium and lower slope position, medium slope (>15—30°), high food abundance (>68%), elevation between 1000m and 1200m, and distance to nearest human disturbance and water source >1000m. In winter, black muntjac preferred to select the environment of coniferous forest sites with >60%—80% tree cover, >20%—60% shrub cover, >40%—60% grass

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30370219)

收稿日期: 2009-01-17; **修订日期:** 2009-05-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sky90@zjnu.cn

cover, lower slope position, medium slope ($> 15 - 30^\circ$), southward aspect, high food abundance ($> 68\%$), and distance to nearest water source > 500 m. PCA indicated that % tree cover, slope, food abundance and distance to nearest human disturbance were important factors influencing black muntjac habitat selection in spring. Percent tree cover, slope, aspect, elevation, and distance to nearest human disturbance were important factors in the summer. In the autumn, key factors influencing habitat selection were % tree cover, slope, slope position and food abundance. Percent tree cover, slope, slope position, and distance from water resources were important factors affecting habitat selection in the winter. These results demonstrate seasonal changes in habitat selection by black muntjac and will improve management of endangered black muntjac population.

Key Words: habitat selection; habitat usage; Black muntjac; Jiulong Mountain Nature Reserve

动物对生境利用和选择的能力是动物长期进化的结果。在自然界中,动物总是要利用和选择能满足自己某种需求的场所作为生活环境,使自己的广义适合度达到最大。在有关偶蹄类动物生境利用和选择方面,国内外学者已做了一些研究^[1-9]。

黑麂(*Muntiacus crinifrons*)是中国特有的、典型的亚热带山地森林偶蹄类动物,现仅分布于浙江、安徽及与安徽、浙江接壤的江西和福建少数山区,由于数量稀少,在我国被列为国家一级保护动物,在濒危野生动植物物种国际贸易公约(CITES)和国际自然与自然资源保护联盟(IUCN)名录中被列为易危级(Vulnerable, VU)保护动物。近年来,关于黑麂生态学的研究已有一些报道,郑祥等^[10]对浙江遂昌九龙山和开化古田山自然保护区黑麂的栖息地利用特征采用随机样方法进行了研究;鲍毅新等^[11]运用地理信息系统技术,在分析黑麂栖息地的地形、植被、水系和人为干扰等地理特征的基础上,系统研究了九龙山和古田山自然保护区黑麂栖息地分布、栖息地质量与空间格局。

本研究通过设置固定样方法对浙江省九龙山国家级自然保护区黑麂的栖息地选择特征及其对植被类型、乔木盖度、灌木盖度、草本盖度、坡位、坡度、坡向、食物丰富度、海拔、人为干扰距离和水源距离等 11 类生态因子的选择性进行研究,以期了解黑麂栖息地选择和利用的季节变化规律,探讨影响黑麂栖息地选择的关键因子。固定样方法通过比较利用点与对照点的差异判断黑麂栖息地的利用性与可获得性,能够更大程度地揭示黑麂对栖息地的选择,为九龙山自然保护区黑麂栖息地的科学管理和黑麂的自然保护提供决策依据。

1 研究地概况

九龙山自然保护区位于浙江省遂昌县西南部,地处浙、闽、赣三省交界处($E118^\circ49'38''-118^\circ55'03''$, $N28^\circ19'10''-28^\circ24'43''$),总面积 55.25km^2 ,海拔范围 $600-1724\text{m}$ 。该区属武夷山系仙霞岭山脉的主要分支,区内水资源丰富,植被发育良好。保护区属亚热带湿润季风区,受夏季风影响较大,有明显的季节性变化。3—5 月份为春季,平均气温 $14.5-8.0^\circ\text{C}$,6—8 月份为夏季,平均气温 $25.0-18.0^\circ\text{C}$,9—11 月份为秋季,平均气温 $13.5-7.0^\circ\text{C}$,12 月份至翌年 2 月份为冬季,平均气温 $3.8-0^\circ\text{C}$ 。两区内植物种类繁多,区系组成复杂。地带性植被均是常绿阔叶林,以青冈(*Cycloba lanopsis glauca*)为优势种组成的群落最具特色。动物区系属东洋界,华中区东部丘陵平原亚界。本研究区域内无村落、农田和公路,但区域内有许多山民采药、采油茶、放牧和管理员巡山的林间小路以及森林防火道。

2 研究方法

2.1 样线和样方设置

样线和样方设置参考 Mandujano S^[12] 和吴鹏举^[7]的方法,以九龙山国家级自然保护区的上寮坑保护站为中心,在其周围设置 6 条样线(图 1),1—6 号样线的长度分别为 3500、5500、4000、4000、5000m 和 6500m。在调查样线中,每隔 200m 地面距离设立 1 个 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 样方,利用 GPS 定位每个样方的位置并做好标记,便于不同季节对样方进行调查。

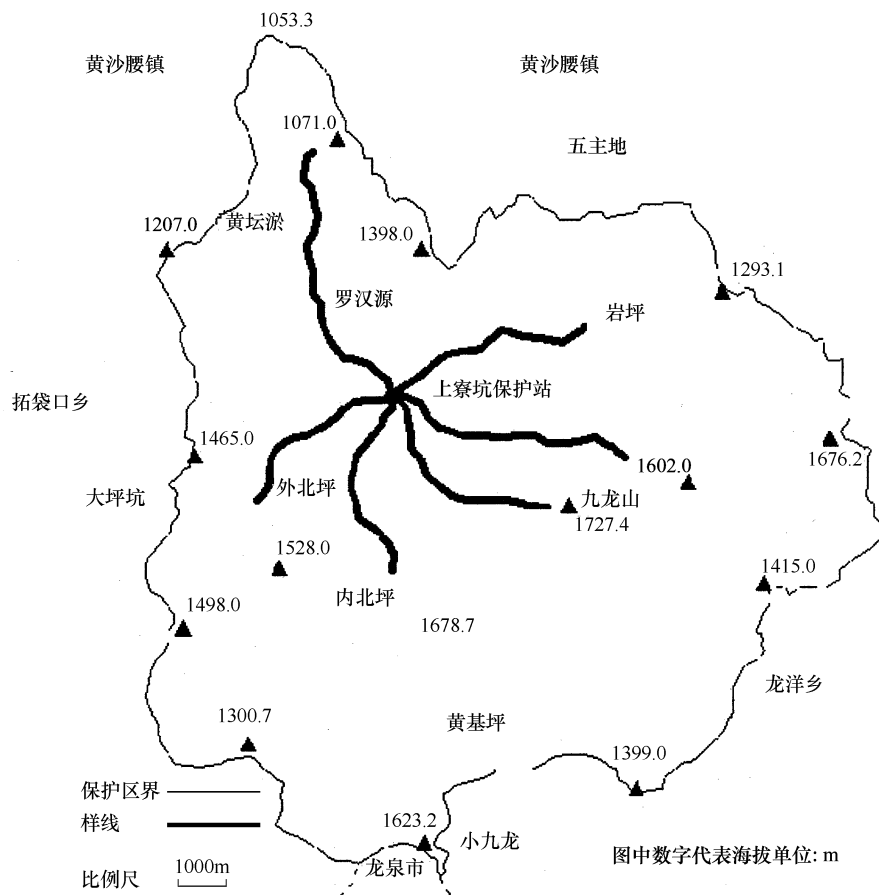


图1 调查样线分布图

Fig. 1 Map of the study transect

图中数字代表海拔/m

2.2 栖息地选择的确定

黑麂在栖息生境内会留下足迹和新鲜粪便等活动痕迹,对栖息生境利用时间越长,在生境内留下的新鲜粪便和足迹链等活动痕迹就越多。九龙山保护区内与黑麂同域分布的有蹄类动物有黄麂 (*Muntiacus reevesi*)、鬃羚 (*Capricornis sumatraensis*) 和毛冠鹿 (*Elaphodus cephalophus*)。黑麂新鲜粪便颜色为深绿色,颗粒大小均匀且表面覆有黏液,结成团;黑麂的足迹较黄麂的足迹大,而毛冠鹿的则介于两者之间;毛冠鹿的粪便较其他鹿种的小而一端多缺“酒窝”;鬃羚足蹄圆钝结实,粪粒较鹿类的大且呈散堆状,故而黑麂的足迹和粪便容易和同域分布的黄麂、毛冠鹿和鬃羚的足迹及粪便相区别^[10]。因此与其他有蹄类动物^[13-14]一样可以利用新鲜粪便和足迹等活动痕迹为间接指标作为判断黑麂有无使用栖息地的依据。

2.3 生态因子的测定

于2005年7月、2005年10月、2006年1月和2006年4月分夏、秋、冬、春4次对所设置的所有样方进行相关生态因子的测定,并根据样方内是否存在黑麂近期活动的痕迹(包括足迹和新鲜粪便等)作为判断黑麂是否对此样方选择和利用的依据。

样方中所测定的生态因子主要有植被类型、乔木盖度、灌木盖度、草本盖度、坡度、坡向、坡位、海拔、食物丰富度、人为干扰和水源距离等11个指标。在因子的选取、划分和测度方面参考郑祥、高中信、张洪海和鲁庆彬等的测定方法^[10,15-17],具体方法如下:

(1) 植被类型及特征 在设置的20 m × 20 m样方中调查乔木种数、乔木数量、乔木枝下高、乔木胸径,确

定乔木层、灌木层、草本层的优势度,便于划分植被类型和生境类型。

(2)乔木盖度 在设置的 20m×20 m 的样方中计算乔木林冠的投影面积与林地面积之比。共分为 5 级,即≤20%、>20%—40%、>40%—60%、>60%—80% 和 >80%。

(3)灌木盖度 在 20 m×20 m 大样方中随机选取 1 个 10m×10 m 的样方,在 10m×10 m 的样方中计算灌木的投影面积与林地面积之比作为样方的灌木盖度,分为 5 级,即≤20%、>20%—40%、>40%—60%、>60%—80% 和 >80%。

(4)草本盖度 在 20 m×20 m 大样方中随机设置 5 个 1 m×1 m 草本植物调查小样方,在每个小样方中计算草本的投影面积与林地面积之比,取其平均值作为样方的草本盖度,分为 5 级,即≤20%、>20%—40%、>40%—60%、>60%—80% 和 >80%。

(5)坡度 样方所处地的坡度大小,分为 4 级,≤15°、>15°—30°、>30°—45° 和 >45°

(6)坡向 样方所处地的坡向,分为 3 级,即阳坡(测定标准为 S67.5°E—S22.5°W)、半阴半阳坡(测定标准为 N22.5°E—S67.5°E 和 S22.5°W—N67.5°W)、阴坡(测定标准为 S67.5°W—N22.5°E)。

(7)坡位 样方所处地的坡位,分为 3 级,即坡上位(山岗和坡上部)、坡中位(山腰和坡中部)、坡下位(山谷和坡下部)。

(8)海拔 样方所处地的海拔高度,分为 3 级,即<1000 m、1000—1200 m、>1200 m。

(9)食物丰富度 调查样方中光叶菝葜(*Smilax sp.*),三尖杉(*Cephalotaxus fortunei*),矩形鼠刺(*Itea chinensis*),马银花(*Rhododendron ovatum*),南五味子(*Kadsura longipedunculata*)及爬岩红(*Veronicastrum axillare*)5 种黑麂的主食植物^[18]资源量,自然风干后统计 5 种主食植物的总生物量(干重),并划为 3 个等级:≤500 g 记为≤33%,7500—1000 g 记为>33%—68%,>1000 g 记为>68%。

(10)人为干扰距离 以林间小路、山民采药、采油茶、放牧、砍伐等人为活动离调查样方的直线距离为标准。划分为:>1000 m、500—1000 m、<500 m。

(11)水源距离 水源主要指泉水和溪水。估算样方到水源的垂直距离。分为 2 级,即≤500m 和 >500 m。

2.4 数据处理

资源选择函数被广泛运用于栖息地喜好程度的分析,如 Neu 分析法^[19]、Ivlev's 选择指数^[20-21]、Vanderploeg 选择系数和 Scavia 选择指数^[22-24]、选择比率或选择指数^[25]等。本研究采用 Vanderloeg 选择系数(W_i)和 Scavia 选择指数(E_i)作为衡量黑麂对栖息地各因子喜好程度的指标。计算公式为:

$$W_i = (r_i/p_i) / \sum (r_i/p_i)$$

$$E_i = (W_i - 1/n) / (W_i + 1/n)$$

式中, i 为特征值; n 为具体生态因子的特征值项目总数; P_i 为环境中具 i 特征的样方数; r_i 为黑麂所选择的具有 i 特征的样方数; E_i 值介于 -1—+1 之间。若 $E_i < -0.1$ 表示不偏好, $E_i = -1$ 表示完全不选择, $E_i = 1$ 表示完全选择, $-0.1 \leq E_i \leq 0.1$ 表示几乎随机选择, $E_i = 0$ 为随机选择, $E_i > 0.1$ 为偏好^[24]。

另外,采用多元统计分析中的主成分分析法对影响黑麂栖息地利用的关键生态因子进行分析。

3 结果

本次调查共设置 20 m×20 m 样方 442 个,并在其中设置灌木测量样方 442 个,草本植物测量样方 2210 个。

3.1 黑麂栖息地生境类型

本研究调查发现九龙山黑麂栖息地生境类型可分为:阔叶林、针阔混交林、针叶林、灌木丛和竹林 5 种类型。阔叶林生境分布最为广泛,可分为常绿阔叶林、落叶常绿阔叶混交林、落叶阔叶林、山地矮曲林 4 个植被型,优势种主要为薄叶润楠(*Symplocos anomala*)、鹅掌楸(*Liriodendron chinensis*)、虎皮楠(*Daphniphyllum oldhamii*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、黄山木兰(*Magnolia cylindrica*)、乌岗栎(*Quercus phillyraeoides*);针阔混交林生境分布海拔较高,属温性针阔混交林类型,优势种主要为黄山松(*Pinus taiwanensis*)、杉木

(*Cunninghamia lanceolata*)、木荷(*Schima superba*)、甜槠(*Castanopsis eyrei*)、福建柏(*Fokienia hodginsii*)等;针叶林生境一般分布在山岗及近山脊的山坡上,优势种主要为黄山松、柳杉(*Cryptomeria fortunei*)、马尾松(*Pinus massoniana*)和杉木等;灌木林生境多分布于近山顶的山岗或山坡上,优势种主要为鹿角杜鹃(*Rhododendron latoucheae*)、云锦杜鹃(*Rhododendron fortunei*)和圆锥绣球(*Iargdrangea paniculam*)等;竹林生境的优势种主要为毛竹(*Phyllostachys pubescens*)和玉山竹(*Yushania niitakayamensis*),毛竹林分布于海拔 1000m 以下,玉山竹林分布于海拔 1550m 以上的山脊线上,成密集块状分布。

3.2 黑麂对栖息地生态因子的选择性

利用 Vanderloeg 选择系数(W_i)和 Scavia 选择指数(E_i)分析黑麂对栖息地各生态因子的选择性(表 1)。

表 1 黑麂栖息地生态因子的利用及其选择性的季节变化

Table 1 Seasonal changes of habitat selectivity indices of the black muntja

栖息地变量 Habitat variables	项目 Item	春季 Spring			夏季 Summer		
		pi	ri	Ei	pi	ri	Ei
植被(生境)类型	针阔混交林 Mixed forest	89	19	0.21	89	24	0.26
Vegetation type	阔叶林 Broadleaf	171	30	0.12	171	17	0.11
	针叶林 Coniferous	154	14	-0.21	154	15	-0.07
乔木盖度 Tree cover	灌木 Shrub	22	1	-0.51	22	3	0.09
	竹林 bamboo	6	1	0.09	6	0	-1.00
	≤20%	22	2	-0.16	18	1	-0.37
	>20%—40%	18	2	-0.06	19	3	0.14
	>40%—60%	93	14	0.09	91	11	0.00
灌木盖度 Shrub cover	>60%—80%	206	37	0.18	206	32	0.13
	>80%	103	10	-0.13	108	12	-0.04
	≤20%	123	15	0.03	119	14	0.07
	>20%—40%	257	40	0.15	259	37	0.16
	>40%—60%	52	9	0.20	54	7	0.11
草本盖度 Grass cover	>60%—80%	8	1	0.04	8	1	0.10
	>80%	2	0	-1.00	2	0	-1.00
	≤20%	280	38	-0.01	253	36	0.01
	>20%—40%	76	18	0.26	86	13	0.15
	>40%—60%	50	7	0.00	56	7	0.05
坡位 Position on slope	>60%—80%	26	1	-0.57	31	1	-0.54
	>80%	10	1	-0.16	16	2	0.22
	上坡位 Upper position	156	20	-0.08	156	31	0.20
	中坡位 Middle position	138	31	0.20	138	19	0.02
	下坡位 Lower position	148	14	-0.22	148	9	-0.37
坡度 Slope angle	≤15°	102	10	-0.19	102	9	-0.18
	>15°—30°	108	24	0.21	108	14	0.02
	>30°—45°	145	22	0.03	145	28	0.21
	>45°	87	9	-0.16	87	8	-0.16
坡向 Slope aspect	阳坡 Southward	162	28	0.08	162	19	-0.07
	半阴半阳坡 North-Southward	154	20	-0.06	152	24	0.08
	阴坡 Northward	126	17	-0.04	126	16	-0.03
	食物丰富度	≤33%	208	27	-0.08	198	25
Food abundance	>33%—68%	136	20	-0.02	137	19	0.01
	>68%	98	18	0.19	107	15	0.12
海拔 Elevation/m	<1000	166	22	-0.05	166	15	-0.20
	1000—1200	143	26	0.10	143	20	0.01
	>1200	133	17	-0.07	133	24	0.14
人为干扰	<500	63	5	-0.23	63	3	-0.40
Human disturbance/m	500—1000	132	16	-0.02	132	17	0.07
	>1000	247	44	0.17	247	39	0.17
水源距离 Water source/m	≤500	251	37	0.00	251	37	0.06
	>500	191	28	0.00	191	22	-0.07

续表

栖息地变量 Habitat variables	项目 Item	秋季 Autumn			冬季 Winter		
		p_i	r_i	E_i	p_i	r_i	E_i
植被(生境)类型 Vegetation type	针阔混交林 Mixed forest	89	26	0.09	89	19	0.01
	阔叶林 Broadleaf	171	19	-0.08	171	30	-0.09
	针叶林 Coniferous	154	34	0.11	154	41	0.12
	灌木 Shrub	22	3	-0.13	22	5	0.04
	竹林 bamboo	6	1	-0.03	6	1	-0.11
乔木盖度 Tree cover	≤20%	19	2	-0.22	23	2	-0.37
	>20%—40%	18	3	0.01	19	4	0.06
	>40%—60%	91	14	-0.03	98	21	0.07
	>60%—80%	206	45	0.14	203	52	0.15
	>80%	108	19	0.03	99	17	-0.05
灌木盖度 Shrub cover	≤20%	124	23	0.15	141	28	0.07
	>20%—40%	259	52	0.19	238	53	0.12
	>40%—60%	51	7	0.00	57	14	0.17
	>60%—80%	6	1	0.09	5	1	0.07
	>80%	2	0	-1.00	1	0	-1.00
草本盖度 Grass cover	≤20%	295	46	-0.04	314	17	-0.11
	>20%—40%	82	26	0.32	105	20	-0.06
	>40%—60%	37	8	-0.05	18	38	0.21
	>60%—80%	21	4	-0.07	5	9	0.11
	>80%	7	1	-0.28	0	2	-0.09
坡位 Position on slope	上坡位 Upper position	156	21	-0.17	156	17	-0.34
	中坡位 Middle position	138	33	0.11	138	35	0.07
	下坡位 Lower position	148	29	0.02	148	44	0.15
坡度 Slope angle	≤15°	102	10	-0.30	102	19	-0.06
	>15°—30°	108	35	0.28	108	33	0.18
	>30°—45°	145	29	0.05	145	34	0.05
	>45°	87	9	-0.27	87	10	-0.29
坡向 Slope aspect	阳坡 Southward	162	37	0.10	162	45	0.13
	半阴半阳坡 North-Southward	152	26	-0.04	152	30	-0.04
	阴坡 Northward	126	20	-0.08	126	21	-0.12
食物丰富度 Food abundance	≤33%	227	27	-0.29	303	34	-0.50
	>33%—68%	123	31	0.08	92	41	0.14
	>68%	92	25	0.12	47	21	0.14
海拔 Elevation/m	<1000	166	27	-0.08	166	43	0.11
	1000—1200	143	31	0.07	143	32	0.02
	>1200	133	25	0.00	133	21	-0.15
人为干扰 Human disturbance/m	<500	63	8	-0.14	63	13	-0.01
	500—1000	132	21	-0.03	132	24	-0.07
	>1000	247	54	0.13	247	59	0.07
水源距离 Water source/m	≤500	251	31	-0.23	251	31	-0.31
	>500	191	52	0.16	191	65	0.19

3.2.1 黑鹿对植被(生境)类型的选择

在植被类型上,黑鹿在春季和夏季偏好针阔混交林和阔叶林,在秋季和冬季对针叶林的选择性较强(表1)。由于研究区域生境类型的划分以植被类型为依据,故该结果也反映了黑鹿对栖息地不同生境类型的选

择性。

3.2.2 黑麂对盖度的选择

乔木盖度方面,黑麂在春季偏好 $>60\%$ — 80% 处,对 $>20\%$ — 60% 处几乎随机选择,对 $\leq 20\%$ 和 $>80\%$ 处不偏好;在夏季喜欢在盖度 $>20\%$ — 40% 和 $>60\%$ — 80% 处,对 $>80\%$ 和 $>40\%$ — 60% 处表现为随机选择,不喜欢在 $\leq 20\%$ 的地方活动;秋季和冬季喜欢在盖度 $>60\%$ — 80% 处,不喜欢在 $\leq 20\%$ 的地方活动,其余表现为随机选择。在灌木盖度方面,黑麂春季、夏季和冬季均喜欢在盖度 $>20\%$ — 60% 处活动,对 $>80\%$ 处完全不选择,其余表现为随机选择;在秋季则喜欢在 $\leq 20\%$ 和 $>20\%$ — 40% 处活动,对 $>80\%$ 处完全不选择,其余表现为随机选择。在草本盖度方面,黑麂春季和秋季均选择在 $>20\%$ — 40% 处活动,对 $>60\%$ — 80% 处不偏好,其余表现为随机选择;夏季喜欢选择 $>20\%$ — 40% 和 $>80\%$ 处活动,其它为随机选择或不偏好;冬季喜欢选择 $>40\%$ — 80% 处,对盖度太高或太低 ($>80\%$ 或 $<40\%$) 处表现为随机选择或不偏好。

3.2.3 地形因素

黑麂春季喜欢选择中坡位(海拔 1000 — 1200m),对下坡位不偏好(海拔 $<1000\text{m}$);夏季选择上坡位(海拔 $>1200\text{m}$),对下坡位不偏好 ($<1000\text{m}$);秋季喜欢选择中坡位(海拔 1000 — 1200m),冬季选择下坡位 ($<1000\text{m}$),两季对上坡位(海拔 $>1200\text{m}$)不偏好。春、秋、冬 3 季黑麂均喜欢选择坡度 >15 — 30° 处,夏季选择 >30 — 45° 处,对较缓和陡坡均为不偏好或几乎随机选择。对坡向黑麂春、夏、秋 3 季几乎随机选择,而冬季选择阳坡,对阴坡不偏好。

3.2.4 食物丰富度

黑麂在春、夏、秋和冬 4 季偏好选择食物丰富度较高处 ($>68\%$),冬季对食物丰富度中等 ($>33\%$ — 68%) 处也表现出偏好,秋、冬 2 季对食物丰富度较低 ($\leq 33\%$) 处表现为不偏好。

3.2.5 距离因素

春、夏、秋 3 季黑麂偏好选择远离人为干扰 ($>1000\text{m}$) 处,对人为干扰较近 ($<500\text{m}$) 处不偏好,对 500 — 1000m 处随机选择;冬季黑麂对人为干扰距离表现为随机选择。黑麂对水源距离春、夏 2 季为随机选择,而秋、冬季偏好距离水源较远 (>500) 处。

3.3 黑麂栖息地因子的主成分分析

对影响黑麂栖息地选择的各生态因子的数字化参数或变量(共 11 个参数)进行主成分分析,其结果见表 2。在不同季节,前 4 个主成分的特征根均大于 1,前 4 个主成分累计贡献率春季为 62.727;夏季为 69.200;秋季为 70.545;冬季为 70.009,累计贡献率均已达到 60% 以上。

表 2 黑麂不同季节栖息地选择的特征值表

Table 2 Eigenvalue on habitat selection for balck muntjac in different seasons

主成分 Principle component	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter	
	特征根 Total	累计贡献率 Cumulative/%	特征根 Total	累计贡献率 Cumulative/%	特征根 Total	累计贡献率 Cumulative/%	特征根 Total	累计贡献率 Cumulative/%
1	2.187	19.882	2.787	25.336	2.324	21.127	2.672	24.291
2	1.868	36.864	1.866	42.300	2.166	40.818	2.169	44.009
3	1.611	51.509	1.658	57.373	2.069	59.627	1.758	59.991
4	1.234	62.727	1.301	69.200	1.201	70.545	1.102	70.009

对前 4 个主成分的特征向量进行分析(表 3),可以看出:

在春季,食物丰富度和人为干扰距离对第 1 主成分的贡献率最大;坡位和海拔对第 2 主成分的贡献率最大;植被类型和草本盖度对第 3 主成分的贡献率最大;灌木盖度对第 4 主成分的贡献率最大。影响黑麂春季栖息地选择的关键因子是:食物丰富度、人为干扰距离、坡位、海拔、植被类型、草本盖度和灌木盖度等 7 个因子。

表 3 黑麂不同季节栖息地主成分特征向量

Table 3 Component Matrix of environmental factors for black muntjac in different seasons

栖息地变量 Habitat variables	春季 Spring				夏季 Summer			
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC1	PC2	PC3	PC4
植被(生境)类型 Vegetation type	-0.40	0.08	0.90	-0.19	-0.21	-0.02	0.98	-0.04
乔木盖度 Tree cover	0.52	-0.03	-0.78	0.36	0.56	0.75	0.01	-0.36
灌木盖度 Shrub cover	0.07	-0.01	-0.07	0.99	0.05	0.05	0.99	-0.04
草本盖度 Grass cover	0.12	0.21	0.94	0.26	0.04	0.08	-0.08	0.99
坡位 Position on slope	-0.27	0.96	0.08	-0.06	-0.99	0.14	-0.06	0.01
坡度 Slope angle	0.57	0.63	0.52	0.03	0.90	-0.02	-0.07	0.41
坡向 Slope aspect	-0.84	-0.54	-0.02	-0.08	0.19	0.98	-0.01	0.12
食物丰富度 Food abundance	0.96	-0.22	-0.16	0.02	0.88	0.48	-0.02	-0.01
海拔 Elevation	-0.01	0.99	0.10	-0.04	0.96	0.24	-0.07	-0.11
人为干扰 Human disturbance	0.98	-0.03	-0.18	-0.03	0.89	0.44	-0.10	-0.10
水源距离 Water source	-0.56	-0.82	-0.06	-0.05	-0.41	-0.90	-0.04	-0.14
栖息地变量 Habitat variables	秋季 Autumn				冬季 Winter			
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC1	PC2	PC3	PC4
植被(生境)类型 Vegetation type	-0.53	-0.75	0.39	0.083	0.03	0.67	0.70	-0.27
乔木盖度 Tree cover	0.55	0.77	0.22	-0.24	0.96	0.06	-0.03	-0.28
灌木盖度 Shrub cover	-0.04	0.05	-0.01	0.99	0.02	0.99	-0.03	-0.02
草本盖度 Grass cover	-0.07	-0.02	-0.02	0.99	0.10	0.98	0.15	0.06
坡位 Position on slope	0.97	0.13	0.20	-0.01	0.98	-0.01	0.17	0.13
坡度 Slope angle	0.89	-0.45	0.11	-0.04	0.64	-0.05	-0.23	0.74
坡向 Slope aspect	-0.20	0.96	-0.07	0.18	0.19	-0.01	-0.12	0.97
食物丰富度 Food abundance	0.80	0.14	0.58	-0.09	-0.80	-0.12	-0.36	-0.23
海拔 Elevation	0.99	0.11	0.04	0.04	-0.69	-0.12	-0.70	-0.12
人为干扰 Human disturbance	0.38	0.08	0.91	-0.15	0.05	0.04	0.98	-0.16
水源距离 Water source	0.27	-0.25	0.92	0.13	0.92	-0.05	-0.35	0.19

PC1 第 1 主成分; PC2 第 2 主成分; PC3 第 3 主成分; PC4 第 4 主成分

在夏季,坡位、海拔、坡度、食物丰富度和人为干扰距离对第 1 主成分的贡献率最大;坡向和水源距离对第 2 主成分的贡献率最大;植被类型和灌木盖度对第 3 主成分的贡献率最大;草本盖度对第 4 主成分的贡献率最大。可以认为,影响黑麂夏季栖息地选择的关键因子是:坡位、海拔、坡度、坡向、食物丰富度、人为干扰距离、水源距离、植被类型、灌木盖度和草本盖度等 10 个因子。

在秋季,海拔和坡位对第 1 主成分的贡献率最大;坡向对第 2 主成分的贡献率最大;水源距离和人为干扰距离对第 3 主成分的贡献率最大;灌木盖度和草本盖度对第 4 主成分的贡献率最大。可以认为,影响黑麂秋季栖息地选择的关键因子是:坡位、海拔、坡度、坡向、水源距离、人为干扰距离、灌木盖度和草本盖度等 8 个因子。

在冬季,乔木盖度、坡位和水源距离对第 1 主成分的贡献率最大;灌木盖度和草本盖度对第 2 主成分的贡献率最大;人为干扰距离对第 3 主成分的贡献率最大;坡向对第 4 主成分的贡献率最大。可以认为,影响黑麂冬季栖息地选择的关键因子是:乔木盖度、坡位、水源距离、灌木盖度、草本盖度、人为干扰距离和坡向等 7 个因子。

综合黑麂栖息地选择的主成分分析结果和黑麂对栖息地生态因子的选择性结果(表 1),得到不同季节黑麂栖息地选择的主要特征。黑麂春季栖息地选择的主要特征是:食物丰富度高(>68%)、距离人为干扰远(>1000m)、中坡位、中海拔(1000—1200m)、针阔混交林、草本盖度>20%—40%、灌木盖度>40%—60%的

栖息生境;夏季栖息地选择的主要特征是:上坡位、高海拔(>1200 m)、食物丰富度高(>68%)、距离人为干扰远(>1000m)、坡度>30—45°、针阔混交林、灌木盖度>20%—80%和草本盖度>20%—40%的栖息生境;秋季栖息地选择的主要特征是:中下坡位、海拔1000—1200 m、坡度>15—30°、距离水源较远>500 m、距离人为干扰远(>1000m)、灌木盖度>20%—40%和草本盖度>20%—40%处;冬季栖息地选择的主要特征是:乔木盖度>60%—80%、灌木盖度>20%—60%、草本盖度>40%—60%、下坡位、阳坡、距离水源较远(>500 m)处。充分体现了黑麂栖息地选择特征的季节变化。

4 讨论

4.1 黑麂对栖息地的选择性

生境指动物生活的地方,生境只有提供动物赖以生存的食物、水源和隐蔽地等基本的生存资源,而且动物能够与当地的气候、竞争者和捕食者等生态因子相适应,动物才能在相应环境中长久地生存^[23],衡量动物生境指标包括食物丰富度、水源、气候、地形地貌和人为干扰等因素^[24]。同时动物对栖息地的选择与动物的生活习性、食物资源的分布等密切相关^[7]。

黑麂对植被因素的选择最重要的是对植被类型的选择,植被类型综合反映了栖息地的食物丰富度、温度、光照、隐蔽度、地形和地貌等因子的特征,最大程度上满足了动物的生理生态需求,因而成为不同季节影响很多野生动物栖息地选择的重要生态因子^[26-29]。黑麂是林栖动物,栖息于海拔800m以上的高山密林地带^[18],主要取食木本植物(低矮小乔木和灌木)^[18,31],光叶菝葜(*Smilax* sp.)、三尖杉(*Cephalotaxus fortunei*)、矩柄鼠刺(*Itea chinensis*)、马银花(*Rhododendron ovatum*)和南五味子(*Kadsura longipedunculata*)5种黑麂的主食植物^[18,31]主要分布于阔叶林、针阔混交林和针叶林中。不同季节间黑麂对植被类型利用存在显著差异($\chi^2 = 22.075$, $df = 12$, $P < 0.05$),黑麂在春季和夏季偏好针阔混交林和阔叶林,在秋季和冬季对针叶林的选择性增加,与郑祥等对黑麂栖息地利用的研究结果一致^[10],而不同季节对于灌木林和竹林表现为完全不选择、随机选择或不偏好。这主要是由于黑麂的主要食物资源分布于阔叶林、针阔混交林和针叶林中,并且针叶林在层次结构上,郁闭度往往较低,有利于栖息环境积温^[30],这种栖息地在温度相对较低的冬季能为黑麂提供一定的食物资源和热量。竹林中黑麂的可利用食物资源较贫乏,而灌木林无法满足黑麂对隐蔽条件的要求,从而造成对两者的完全不选择、随机选择或不偏好。由此可见,黑麂对植被因素的选择主要与其食物资源分布、林栖的生活习性和隐蔽性有关,食物资源是其中最为重要的影响因素^[33],这也与本研究主成分分析的结果相同(表3)。

地形因素主要包括坡位、坡度、坡向和海拔高度。生活于山地中的偶蹄类动物存在季节迁移现象^[33,34],主要表现在栖息地坡位和海拔高度选择的变化,多数学者认为垂直迁移与动物的食物资源分布变化有关^[7,10]。黑麂春季到冬季依次选择中坡位(1000—1200m)——上坡位(>1200m)——中坡位(1000—1200m)——下坡位(<1000m)(表1),存在季节间迁移。春、秋、冬季黑麂主要以获得丰富食物作为生境选择的重要因素,海拔较低的中下坡位由于温度相对于高海拔地区高,食物资源较丰富,故而春、秋、冬季黑麂选择中下坡位海拔较低处;夏季由于各个海拔高度食物资源均较为丰富,黑麂主要以获得良好的隐蔽条件作为主要因素,因此选择海拔较高(>1200m)的上坡位。坡向可以影响地面获得能量的多少,进而对野生动物栖息地微环境造成影响^[30],九龙山地处亚热带,平均温度较高,对坡向的利用不存在显著差异($\chi^2 = 3.815$, $df = 6$, $P > 0.05$),但是冬天气温转凉后黑麂对阳坡表现为偏好,对阴坡表现为不偏好。黑麂对地形因素的选择是基于食物可获得性、温度和隐蔽性因素的结果。

距离因素主要是指黑麂栖息地距离人为干扰和水源的距离,黑麂生性机警、胆小,对人为干扰较为敏感^[18]。本研究表明黑麂对人为干扰距离的利用季节间差异不显著($\chi^2 = 3.603$, $df = 6$, $P > 0.05$),春、夏、秋3季黑麂偏好选择远离人为干扰(>1000m)的栖息地,而在冬季由于食物压力被迫对人为干扰距离几乎随机选择,以便到海拔较低、离道路较近处觅食。偶蹄类动物奔跑能力强,栖息地的最适水源距离可达到几公里^[35],水源往往不成为偶蹄类活动的限制因素。本研究表明,黑麂在春、夏季对水源为随机选择,而秋、冬季偏好选

择离水源较远处,与以往研究存在差异^[35]。黑麂春、夏季选择针阔混交林和阔叶林,这两种生境中水源比较丰富,黑麂对水源距离的选择表现为随机型;而秋、冬季黑麂偏好选择离水源较远的针叶林生境,造成黑麂秋、冬季偏好选择离水源较远处。本研究结果表明黑麂对水源距离的选择可能与其栖息生境中的水源丰富度有关。

4.2 黑麂栖息地选择的季节变化

伴随着四季更替,有蹄类对栖息地选择亦相应的变化,甚至有垂直迁移等规律^[6-7,10],这与动物的生活习性、食物资源的季节分布等密切相关^[7]。黑麂在不同季节对栖息地的选择受多个因子影响,但是各个因子的影响力不同。通过主成分分析可以找到少数几个因子来代替众多因子,也即找出影响黑麂的栖息地选择的关键因子。结合黑麂不同季节对各栖息地因子的选择性,即可得出不同季节黑麂栖息地选择的主要特征,便于综合分析不同季节黑麂栖息地选择的主要特征。通过本研究结果得到了黑麂栖息地选择的季节变化,并得出了影响黑麂栖息地选择的关键因子。黑麂总体上倾向选择在针阔混交林、乔木盖度>60%—80%、灌木盖度中等(>20%—60%)、草本盖度中等(>20%—60%)、食物丰富度高(>68%)和人为干扰距离远的生境,对海拔高度和坡位的选择表现出季节迁移性。本研究发现,在春、夏、秋和冬4季影响黑麂栖息地选择的关键因子分别为7个、10个、8个和7个(表3),反映了不同季节黑麂栖息地选择的严格程度,夏季由于食物资源相对丰富而加强了对栖息地的选择严格度,进一步证明了食物对动物栖息地选择的影响。

在九龙山黑麂的保护工作中,应针对栖息地的这些关键因子进行相应的管理,并要针对不同季节栖息地选择的主要特征,制定切实的保护计划。由于时间和人力限制,本研究仅就一个年度各季节黑麂的栖息地选择特征进行了研究,在以后的工作中可对黑麂的栖息地选择特征进行多年度的研究,以综合分析黑麂栖息地选择的季节变化和年际变化。

致谢:参加本项工作的还有周襄武和胡知渊,在野外工作中得到九龙山自然保护区陈卫新站长、廖承川主任等人的大力帮助,阿肯色州立大学,鱼类与野生动物研究中心,生物科学系 Dan, Mangoulick 教授和 John Ludlam 博士以及阿德莱德大学黄春元先生对写作给予帮助,在此一并致谢。

References:

- [1] Haering R, Fox B J. Habitat utilization patterns of sympatric populations of *Pseudomys gracilicaudatus* and *Rattus lutreolus* in coastal heathland: a multivariate analysis. *Australia Ecology*, 1995, 20(3): 411-427.
- [2] Jim Latham. Interspecific interactions of ungulates in European forests: an overview. *Forest Ecology and Management*, 1999, 120(1-3):13-21.
- [3] Myserud A, Larsen P K, Ostbye E. Habitat selection by roe deer and sheep: Does habitat ranking reflect resource availability. *Canadian Journal of Zoology*, 1999, 77(5): 776-783.
- [4] Poole K G, Heard D C, Mowat G. Habitat use by woodland caribou near Takla Lake in central British Columbia. *Canadian Journal of Zoology*, 2000, 78(9):1552-1561.
- [5] Myserud A, Larsen P K, Ostbye E. Habitat selection by roe deer and sheep: Does habitat ranking reflect resource availability. *Canadian Journal of Zoology*, 1999, 77(5): 776-783.
- [6] Zhang E D, Teng L W, Wu Y B. Habitat selection of the Chinese water deer (*Hydropotes inermis*) in Yancheng Reserve, Jiangsu Province. *Acta Theriologica Sinica*, 2006, 26(1):49-53.
- [7] Wu P J, Zhang E D. Habitat selection of takin (*Budorcas taxicolor*) in Cigagou Nature Reserve of Tibet, China. *Acta Theriologica Sinica*, 2006, 26(1):49-53.
- [8] Li Y K, Zhang M H, Jiang Z G. Habitat selection by wapiti (*Cervus elaphus xanthopygus*) in the Wandashan Mountains based on habitat availability. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(10):4619-4628.
- [9] Luo Z H, Liu B W, Liu S T. Spring habitat selection of Mongolian gazelle (*Procapra gutturosa*) around Dalai Lake, Inner-Mongolia. *Acta Theriologica Sinica*, 2008, 28(4):342-352.
- [10] Zheng X, Bao Y X, Ge B M. Seasonal changes in habitat use of black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) in Zhejiang. *Acta Theriologica Sinica*, 2006, 26(2):201-205.
- [11] Bao Y X, Zheng X, Ge B M. An assessment and protective strategy of black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) habitat in Zhejiang Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(8):2425-2432.
- [12] Mandujano S, Gallina S. Comparison of deer censusing methods in tropical dry forest. *Wildlife Society Bulletin*, 1995, 23(2):180-186.
- [13] Ma K T, Zheng S F, He B S, Sun Y C. Habitat Selection of the Golden Takins during Summer and Autumn in Changqing Nature Reserve,

- Shaanxi. Chinese Journal of Zoology, 2001, 36(4):66-69.
- [14] Wu H, Hu J C. A comparison in spring and winter habitat selection of Takin, Swtowa and Goral in Tangjiahe, Sichuan. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(10):1627-1633.
- [15] Gao Z X, Zhang H H, Hu R B. Winter bedding site selection of ussurian wide pig in the lesser Khing-an mountains. Acta Theriological Sinica, 1995, 15(10):25-30.
- [16] Zhang H H, Ma J Z. A preliminary study on the habitat selection of sable (*Martes zibellina*) in the autumn. Acta Ecologica Sinica, 2000, 21(1):150-154.
- [17] Lu Q B, Yu J A, Gao X, Yang X Y, Zhou Q, Zhang L B, Zhang S Y. Winter habitat selection of Reeves' s muntjac and wild boars in the Qingliangfeng Mountains. Acta Theriological Sinica, 2007, 21(1):45-52.
- [18] Sheng H L. China deer family. Shanghai: East China Normal University Press, 1992:149-159.
- [19] Neu C W, Byers C R, James M P. A technique for analysis of utilization availability data. Journal of Wildlife Manage, 1974, 38(3):541-545.
- [20] Ivlev, V S. Experimental ecology of the feeding of Fishes. New Haven: Yale University Press, 1961.
- [21] Johnson T L, Swift D M. A text of a habitat elevation procedure for Rocky Mountain bighorn sheep. Restoration Ecology, 2000, 8(4s):47-56.
- [22] Vanderploeg H A, Scavia D. Calculation and use of selectivity coefficients of feeding: zooplankton grazing. Ecology Modeling, 1979, 7(2):135-149.
- [23] Morrison M L, Marcot B G, Mannan R W. Wildlife-habitat relationships: Concepts and Applications. Madison: Wisconsin University Press, 1992.
- [24] Lechowicz M J. The sampling characteristics of selectivity indices. Ecology, 1982, 63(1):22-30.
- [25] Manly B F, Miller P, Cook L M. Analysis of a selective predation experiment. American Naturalist, 1972, 106(952):719-736.
- [26] Chen H P, Gao Z X. Animals ecology. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1992:86-99.
- [27] Chang H, Xiao Q Z. Selection of winter habitat of red deer in Dailing region. Acta Theriological Sinica, 1988, 8(2):81-88.
- [28] Zhang H M, Xiao Q Z. A study on feeding and bedding habitat selection by red deer in winter. Acta Theriological Sinica, 1990, 10(4):175-183.
- [29] Zhang Z J, Hu J C, Wu H. Comparison of habitat selection of giant pandas and red pandas in the Qionglai Mountains. Acta Theriological Sinica, 2002, 22(3):161-168.
- [30] Altoff D P, Storm G L, Dewalle D R. Day time habitat selection by cottontails in central Pennsylvania. Journal of Wildlife Manage, 1997, 61(2):450-459.
- [31] Zhen R Q, Bao Y X. Seasonal food habits of the black muntjac *Muntiacus crinifrons*. Acta Zoologica Sinica, 2007, 53(2):201-207.
- [32] Langavatr R, Hantley T A. Feeding patch-choice by red deer in relation to foraging efficiency. Oecologia, 1993, 95(2):164-170.
- [33] Ager A A, Johnson B K, Kern J W. Daily and seasonal movements and habitat use by female Rocky Mountain elk and mule deer. Journal of Mammalogy, 2003, 84(3):1076-1088.
- [34] Herrero J, Grarin I, Garcia S A, Garcia G R. Habitat use in a Rupicapra pyrenaica pyrenaica forest population. Forest Ecology and Management, 1996, 88(1-2):25-29.
- [35] Turner J C, Weaver R A. Water/Monson G, Sumner L eds. The desert Bighorn: Its life History, Ecology and management. Tucson: University Arizona Press, 1980:100-112.

参考文献:

- [6] 张恩迪, 藤丽微, 吴咏蓓. 江苏盐城保护区獐的栖息地选择. 兽类学报, 2006, 26(1):49-53.
- [7] 吴鹏举, 张恩迪. 西藏慈巴沟自然保护区羚牛栖息地选择. 兽类学报, 2006, 26(2):152-158.
- [8] 李言阔, 张明海, 蒋志刚. 基于生境可获得性的完达山地区马鹿 (*Cervus elaphus xanthopygus*) 冬季生境选择. 生态学报, 2008, 28(10):4619-4628.
- [9] 罗振华, 刘丙万, 刘松涛. 内蒙古达赉湖地区蒙原羚的春季生境选择. 兽类学报, 2008, 28(4):342-352.
- [10] 郑祥, 鲍毅新, 葛宝明. 黑麂栖息地利用的季节变化. 兽类学报, 2006, 26(2):201-205.
- [11] 鲍毅新, 郑祥, 葛宝明. 浙江黑麂栖息地评价及保护对策. 生态学报, 2006, 26(8):2425-2432.
- [13] 麻奎太, 郑松峰, 何百锁, 孙延昌. 夏秋季羚牛对长青自然保护区境内栖息地的选择初报. 动物学杂志, 2001, 36(4):66-69.
- [14] 吴华, 胡锦涛. 四川唐家河羚牛、鬃羚、斑羚春冬季生境选择比较研究. 生态学报, 2001, 21(10):1627-1633.
- [15] 高中信, 张洪海, 胡瑞滨. 小兴安岭地区野猪冬季卧息地选择的初步研究. 兽类学报, 1995, 15(10):25-30.
- [16] 张洪海, 马建章. 紫貂秋季生境选择的初步研究. 生态学报, 2000, 21(1):150-154.
- [17] 鲁庆彬, 于江傲, 高欣, 杨仙玉, 周圻, 张良斌, 章叔岩. 冬季清凉峰山区小鹿和野猪的生境选择及差异. 兽类学报, 2007, 21(1):45-52.
- [18] 盛和林, 中国鹿科动物. 上海: 华东师范大学出版社, 1992:149-159.
- [26] 陈化鹏, 高中信. 野生动物生态学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1992:86-99.
- [27] 常弘, 萧前柱. 带岭地区马鹿冬季对生境的选择性. 兽类学报, 1988, 8(2):81-88.
- [29] 张泽均, 胡锦涛, 吴华. 邛崃山系大熊猫和小熊猫生境选择的比较. 兽类学报, 2002, 22(3):161-168.
- [28] 张明海, 萧前柱. 冬季马鹿采食生境和卧息生境选择的研究. 兽类学报, 1990, 10(4):175-183.