

普氏原羚生境选择的数量化分析

刘丙万 蒋志刚*

(中国科学院动物研究所, 北京, 100080)

摘要: 1998 年 8 月至 1999 年 8 月, 在湖东种羊场地区开展了普氏原羚生境选择的研究。在湖东—克图沙丘和草原交界处沿约 30 km 的样线开展种群调查, 在调查过程中, 共发现 582 只普氏原羚。在研究中选择了 8 类与普氏原羚生境选择相关的生态因子: 植被类型、食物丰富度、草原围栏、隐蔽条件、人为干扰、距公路距离、距沙丘距离和距农业用地距离, 研究了普氏原羚的生境选择。在研究中, 将这些生态因子分别分成 3 个等级, 进行回归分析, 建立普氏原羚在不同生境中出现的概率的预测性方程。通过对生态因子和普氏原羚在不同生境中出现的概率进行方差分析, 判断影响普氏原羚生境选择的主要生态因子是人为干扰和围栏, 其次为食物丰富度、距沙丘距离和农业用地距离, 植被类型、隐蔽条件和与公路距离对普氏原羚生境选择的影响不明显。

关键词: 普氏原羚; 生境选择; 数量化分析; 青海湖

中图分类号: Q958.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1050(2002)01-0015-07

普氏原羚 (*Procapra przewalskii*) 是我国的特产物种, 历史上分布于青海、宁夏和甘肃, 现仅活动在青海省刚察县、海晏县和共和县的环青海湖地区, 是我国一级保护动物、IUCN 红皮书极危级 (CR) 动物^[1]、我国濒危兽类红皮书极危级 (CR) 动物^[2]。现被国家林业局列入 2000~2050 年重点保护野生动植物 15 大工程之一。我国学者开展了普氏原羚历史分布和现状、昼间行为时间分配、活动规律与生境选择、食性的初步研究以及人类活动对普氏原羚生境选择的影响等方面的研究^[3~15]。但是还没有将普氏原羚在不同生境中出现的概率与生态因子结合在一起的研究。为此, 从 1998 年 8 月至 1999 年 8 月在青海省湖东种羊场地区开展了普氏原羚生境选择的实地调查。在对野外收集的数据分析中, 我们利用回归和方差分析对普氏原羚的生境选择进行了定量研究。

1 研究地点与方法

1998 年 8 月至 1999 年 8 月我们在青海省湖东种羊场地区开展了调查研究。该地区

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (G2000046805); 中国科学院创新项目 (C2999082, KSCX2-1-03); 国家杰出青年基金资助项目 (39725005); 国家自然科学基金资助项目 (39725005); 德国物种与种群动物保护协会 (Zoological Society for the Conservation of Species and Population) 资助项目; 美国国家地理学会 (National Geographic Society) 资助项目

作者简介: 刘丙万 (1975-), 男, 博士研究生, 主要从事动物生态学和保护生物学研究。

收稿日期: 1999-11-23; **修回日期:** 2001-09-19

* 通讯作者

位于东经 $99^{\circ}50' \sim 100^{\circ}46'$, 北纬 $36^{\circ}41' \sim 37^{\circ}55'$, 海拔 $3\,036 \sim 3\,226$ m。人口 1 000 人左右, 总面积 $1\,000$ km²左右。该地区属于大陆性高原气候, 气候干燥, 紫外辐射强, 年温差较大, 1 月份气温可达 -30° , 7 月份气温为 28° , 0 的年积温为 $1\,236.6 \sim 1\,491.5$ 。年降水量 380 mm 左右, 蒸发量是降水量的 3.8 倍。风向以西北为主, 年大风日数为 $53.1 \sim 100.4$ d。对于该地的植被情况, 已有详细描述^[6]。该地区地形复杂, 有高低起伏的沙丘, 是普氏原羚的重要栖息场所。广泛分布有芨芨草草原、狼毒草原、金露梅草原等不同的植被, 形成了多样化的生境。沙丘的扩展, 人类活动强度的差异, 增加了生境的异质性。野生动物在不同生境中出现的概率与生态因子密切相关^[15~19]。将普氏原羚在不同生境中出现的概率作为因变量 Y , 其它生态因子作为自变量 X_i ($i = 1, 2, \dots, M$) , M 是自变量的个数。在野外调查中, 采用系统取样: 每天按固定时间, 沿固定路线 (30 km 左右) 进行调查记录。遇到普氏原羚后, 记录普氏原羚出现地的植被类型、草原围栏情况、隐蔽情况、人为干扰强度、与公路距离、与沙丘距离、与农业用地距离等, 并随机剪取地上生物量, 风干后称重:

植被类型 (X_1) : (1) 沙丘植被; (2) 沙丘 - 草原交错带; (3) 草原。

食物丰富度 (X_2) 用地上生物量来表示: (1) < 50 g/m²; (2) $50 \sim 200$ g/m²之间; (3) 200 g/m²以上。

围栏情况 (X_3) : (1) 围栏内; (2) 围栏附近 (距离 1 km); (3) 没有围栏 (距离 > 1 km)。

隐蔽条件 (X_4) : (1) 地势平坦, 易被敌害发现; (2) 洼地, 四周为高坡, 天敌从外面难发现普氏原羚但普氏原羚能发现敌害。(3) 介于 (1) 与 (2) 两种情况之间。

人为干扰强度 (X_5) 依据人的活动情况: (1) 经常有人活动且有对普氏原羚有重大影响的行为 (如生火做饭); (2) 几乎无人在该地活动, 每天见到人少于 1 次, 人在该地的活动时间少于 15 min.; (3) 介于 (1) 与 (2) 两种情况之间。

距公路距离 (X_6) : (1) 2 km 以内; (2) $2 \sim 4$ km; (3) 4 km 以上。

距沙丘距离 (X_7) : (1) 远离沙丘 (距离 > 500 m); (2) 交界处 (距离 < 500 m); (3) 沙丘中。

距农业用地距离 (X_8) : (1) 2 km 以内; (2) $2 \sim 4$ km 之间; (3) 4 km 以上。

各生态因子依据对普氏原羚生境选择的有利程度大小依次赋值为 1, 2, 3。利用 SPSS 软件进行回归分析, 得到普氏原羚生境选择概率的预测性方程, 求出复相关系数 R_0 , 对复相关系数 R_0 进行 F 检验判断预测性方程是否成立。然后对各生态因子和普氏原羚在不同生境出现概率进行方差分析, 判断影响普氏原羚生境选择的主要生态因子^[20,21]。

2 结果

2.1 数学模型的建立

1998 年 8 月至 1999 年 8 月在湖东种羊场区共发现普氏原羚 77 群, 共 582 只次。利用回归理论分析普氏原羚生境选择: 以遇到普氏原羚的概率为因变量, 各生态因子为自

变量，列出不同生态因子条件下普氏原羚出现概率（表 1），利用计算机 SPSS 软件建立回归方程，预测在不同生境条件下遇到普氏原羚的概率：

$$Y = -0.246 - 0.043 X_1 - 0.019 X_2 + 0.388 X_3 + 0.032 X_4 \\ + 0.090 X_5 + 0.160 X_6 - 0.126 X_7 - 0.217 X_8$$

式中 Y 是遇到普氏原羚的概率； X_i ($i = 1, 2, 3 \dots 8$) 分别为植被类型、地上生物量、围栏情况、隐蔽情况、人为干扰强度、与公路距离、与沙丘距离和与农业用地距离。

已建立数学模型的精度，用复相关系数 R_0 来检验。 R_0 计算公式为：

$$R_0 = \frac{(Y_i - Y_i/8) / [(Y_i - Y_i/8)^2 - (Y_{ip} - y_{ip}/8)^2]^{1/2}}$$

Y_i 为实测值， $Y_i/8$ 为实测值平均值， Y_{ip} 为预测值， $y_{ip}/8$ 为预测值平均值。

用 SPSS 计算得 $R_0 = 0.940 > 0.80$ ，对 R_0 进行 F 检验，用 SPSS 计算得 $F = 10.839 > 5.200 (F_{7,10,0.01})$ ，说明该数学模型成立。

表 1 不同生境中普氏原羚的出现概率

Table 1 Visiting probabilities by *Procapra przewalskii* in different habitat types

样地编号 Sample No.	植被型 Vegetation type	食物丰富度 Food abundance	围栏 Pasture fence	隐蔽条件 Shelter condition	人类干扰 Human disturbar nce	与公路 距离 Distance from road	与沙丘距离 Distance from sand bank	与农业 用地距离 Distance from agricultural land	普氏原羚 出现的概率 Probability of visiting by <i>Procapra prezawalskii</i>
1	3	3	3	3	3	2	1	3	0.9000
2	3	3	3	3	1	2	1	3	0.6667
3	2	2	2	2	2	3	2	3	0.1000
4	2	1	2	2	2	3	2	3	0.3333
5	2	3	3	2	3	1	2	3	0.4667
6	2	2	3	2	1	1	2	3	0.3333
7	2	3	1	1	3	3	2	2	0.1111
8	2	2	1	1	1	3	2	2	0.0667
9	3	3	3	3	3	1	1	3	0.6000
10	3	2	3	3	2	1	1	3	0.4815
11	3	3	2	1	3	2	1	2	0.5333
12	3	3	2	1	1	2	1	2	0.2963
13	1	1	1	1	3	3	3	2	0.1111
14	1	1	1	1	2	3	3	2	0.0667
15	1	1	2	2	3	2	3	3	0.2222
16	1	1	2	2	2	2	3	3	0.1111
17	1	1	3	3	3	1	3	3	0.3333
18	1	1	3	3	2	1	3	3	0.2222

2.2 普氏原羚生境选择的生态因子分析

利用 SPSS 进行相关分析和方差分析，判断植被类型、地上生物量、围栏情况、隐蔽情况、人为干扰强度、距公路距离、距沙丘距离和距农业用地距离对普氏原羚生境选择的影响（表 2）。

表 2 普氏原羚生境因子 F 值及相关系数Table 2 F values and correlation coefficients of the ecological factors affecting habitat selection by *Procapra przewalskii*

生态因子 Ecological factors	相关系数 Correlation coefficient	F 值 F value	P 值 P value
植被型 X_1 Vegetation type	0.713	3.025	0.093
食物丰富度 X_2 Food abundance	0.595	7.757	0.032 *
围栏 X_3 Pasture fence	0.714	18.542	0.005 **
隐蔽条件 X_4 Shelter condition	0.597	3.025	0.093
人类干扰 X_5 Human disturbance	0.782	13.980	0.009 **
与公路距离 X_6 Distance from road	- 0.487	4.457	0.079
与沙丘距离 X_7 Distance from sandbank	0.610	3.025	0.049 *
与农业用地距离 X_8 Distance from agricultural land	- 0.713	6.038	0.049 *

** 主要影响因子 Main factor; * 次要影响因子 Secondary factor

影响普氏原羚生境选择的主要生态因子是人为干扰和围栏，其次是食物丰富度、与沙地距离和与农业用地距离。植被类型、隐蔽条件尤其引人注意的是公路对普氏原羚生境选择的影响则较弱（表 2）。

3 讨论

普氏原羚曾分布于青海湖沿岸。由于人口增加，家畜与普氏原羚对食物资源的竞争加剧，非法狩猎严重，到 1986 年，普氏原羚仅存 350 只左右。到 1994 年，普氏原羚的数量已不足 300 只。目前，普氏原羚的栖息生境不断恶化，是普氏原羚面临灭绝的重要原因^[4,22~25]。因此，什么样的生境适合普氏原羚的生存，是必须研究的一个课题。合适的生境能满足野生动物繁殖、取食、休息、隐蔽和扩散的需要。根据目前对生境的研究结果，主要影响因素如下：食物丰富度、隐蔽条件、水源、竞争、植被、地形地貌、人为干扰、气候、卧息地和道路^[6,8,24]。因此，植被类型、地上生物量、围栏情况、隐蔽情况、人为干扰强度、与公路距离、与沙丘距离、与农业用地距离等 8 类是影响普氏原羚生境选择的因子。普氏原羚的生境选择受各种生态因子的综合作用的影响，不是单一生态因子作用的结果^[6,16~19,21~27]。但是其中可能有影响其生境选择的主导因子，研究证明了这一点。人类干扰和围栏是影响普氏原羚生境选择的最重要生态因子。围栏限制了普氏原羚的生境选择，生境破碎，成为普氏原羚向外扩散的障碍，妨碍普氏原羚躲避敌害。人类干扰对普氏原羚生境选择的影响显而易见，因为中小型有蹄类动物都胆小

怕人。其次影响普氏原羚生境选择的生态因子为食物丰富度、与沙丘距离和与农业用地距离。食物是动物生存的必备条件之一，冬季食物缺乏时，动物为了生存，会冒险到食物丰富度高的地方采食^[16,22]。

沙丘是普氏原羚躲避敌害的场所，与沙丘距离决定了普氏原羚能否尽快到沙丘中躲避敌害，因此，普氏原羚多在沙丘—草原交界处采食。农业用地人的活动较频繁，于是普氏原羚不到农业用地内活动。但是在农业用地附近土地肥沃，食物资源丰富，普氏原羚较多选择在农业用地附近的生境。因此在相关分析中，与农业用地距离表现为负相关（表 2）。

虽然 1998 年修建的简易公路横穿沙丘，但是对普氏原羚的生境选择却没有显著的影响。原因可能是：近来无人狩猎，人与普氏原羚的关系改善；车辆少，尤其是夜间几乎没有车辆通行，冬季这条公路处于时断时通状态；公路上尤其是沙丘中的公路段人为活动少，公路两侧的隐蔽条件好。因此，在相关分析中，与公路距离表现为负相关。不过这条公路对普氏原羚生境选择的长远影响，还有待于进一步调查和研究。

在湖东种羊场区，地形多样，隐蔽条件差异很大。但是隐蔽条件对普氏原羚的生境选择没有显著影响，这可能是因为近几年来人与普氏原羚的关系改善，或者是因为生境条件的恶化，使普氏原羚不能选择有良好隐蔽条件的生境。因为隐蔽条件好的地方往往食物丰富度比较低。食物丰富度是影响普氏原羚生境选择的重要生态因子。

水源是影响干旱地区有蹄类动物生境选择的关键生态因子。但文中没有将与水源距离列入影响普氏原羚的重要生态因子是因为样地之间距离太近（2~50 km），普氏原羚运动能力强，奔跑速度可达 60 km/h。因此对于普氏原羚来说，与水源距离不会成为影响普氏原羚生境选择的重要因子。

通过以上对普氏原羚生境选择的定量分析，为了保护普氏原羚这一珍稀物种，创造一个有利其生存的栖息生境，建议：建立自然保护区，减少人在普氏原羚生境选择区的活动，禁止在普氏原羚生境选择区挖掘麻黄，防止荒漠化，提高普氏原羚的食物丰富度；废除草库仑制度，即去除围栏，让普氏原羚有较大的活动空间，尽量避免生境的破碎化；在食物缺乏季节，可采用补饲的办法来提高普氏原羚的生存力；减少农业用地，禁止将草原开辟为油菜地；利用分子粪便学技术开展研究，解决样品不足问题，拓宽普氏原羚的研究领域。

致谢：感谢中国科学院西北高原生物研究所蔡联炳研究员、张金霞副研究员、师治贤研究员、陈世龙研究员、李来兴副研究员、张同作、周党卫和中国科学院动物所贾志云、李春旺、彭建军、曾岩的帮助。

参考文献：

- [1] Baillie J, Groombridge B. IUCN/SSC. IUCN Red List of Threatened Animals [M]. IUCN - The World Conservation Union, Gand, Switzerland, 1996.
- [2] 汪松（主编）. 中国濒危动物红皮书（兽类）[M]. 北京：科学出版社，1999. 352 - 354.
- [3] Jiang Z, Li D. Antelopes in China [J]. *Bulletin of Russian Academy of Sciences*, 1998, 4: 368 - 371.
- [4] 蒋志刚，冯祥建，王祖望，陈立伟，蔡平，李永波. 普氏原羚的历史生境选择与现状 [J]. 兽类学报，1995, 15 (4): 241 - 245.

- [5] 陈立伟, 冯祚建, 王祖望, 李永波, 陈洪舰, 蒋志刚. 普氏原羚昼间行为时间分配的研究 [J]. 兽类学报, 1997, **17** (3): 172 - 183.
- [6] 李迪强, 蒋志刚, 王祖望. 普氏原羚的活动规律与生境选择 [J]. 兽类学报, 1999, **19** (1): 17 - 24.
- [7] 李迪强, 蒋志刚, 王祖望. 普氏原羚的食性分析 [J]. 动物学研究, 1999, **20** (1): 74 - 77.
- [8] 蒋志刚, 李迪强. 土地覆盖变化与普氏原羚和麋鹿的保护 [J]. 自然资源学报, 1999, **14** (4): 334 - 339.
- [9] Jiang Z, Feng Z, Wang Z. Przewalski's Gazelle in China [J]. *Conservation Biology*, 1996, **13**: 324 - 325.
- [10] Jiang Z, Feng Z, Wang Z, Chen L, Cai P, Li Y. Saving the Przewalski's gazelle [J]. *Species*, 1994, **15** (1): 59 - 60.
- [11] 李迪强, 蒋志刚, 王祖望. 人类活动对普氏原羚的影响 [J]. 生态学报, 1999a, **19** (6): 890 - 896.
- [12] Jiang Z, Li D, Wang Z. Proximate Factors accounting for the population declining in the Przewalski's gazelle in Qinghai Lake region [J]. *Oryx*, 1999, **34** (2): 129 - 135.
- [13] 蒋志刚, 李迪强, 王祖望, 朱申武, 魏万红. 青海湖地区普氏原羚的种群结构 [J]. 动物学报, 2001, **47** (2): 158 - 162.
- [14] 中国科学院西北高原生物研究所. 青海经济动物志 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1989. 649 - 650.
- [15] 郑生武. 中国西北地区珍稀濒危动物志 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1994. 156 - 158.
- [16] 孙儒泳. 动物生态学原理 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1994. 18 - 23, 204 - 253.
- [17] Paul B, McCullough D. Factors influencing white-tailed deer activity patterns and habitat use [J]. *Wildlife Monographs*, 1990, **109**: 5 - 51.
- [18] Andre D. Sex, dominance and microhabitat use in wintering Black-capped Chickadees: a field experiment [J]. *Ecology*, 1989, **70** (3): 636 - 645.
- [19] Facure KG, Monteiro E A. Feeding habits of the Crab-eating fox *Cerdocyon thous* (Carnivora Canidae) in Suburban area of Southeastern Brazil [J]. *Acta Soc Zool Beha*, 1996, **60** (1): 147 - 149.
- [20] 杜荣騞. 生物统计学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1999. 177 - 251.
- [21] 卢纹岱, 朱一力, 沙捷, 朱红兵. SPSS for windows 从入门到精通 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1997. 318 - 357, 444 - 467.
- [22] 尚玉昌. 行为生态学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1999. 20 - 57.
- [23] 蔡桂全, 刘永生, 冯祚建, 林永烈, 高行宜, 赵疆宁. 青海省有关地区哺乳类考察报告 [A]. 高原生物学集刊 [C]. 北京: 科学出版社, 1992. 11: 80 - 81.
- [24] 李迪强, 蒋志刚, 王祖望. 青海湖地区生物多样性的空间特征和 GAP 分析 [J]. 自然资源学报, 1999a, **14** (1): 47 - 54.
- [25] Jiang Z, Wang S. China. In Antelopes. Global Survey and Regional Action Plans. Part 4 [M]. IUCN. Gand. 2000.
- [26] Michael L M, Bruce GM, William R M. Wildlife-habitat Relationships [M]. The University of Wisconsin Press, 1992. 98 - 178.
- [27] 陈化鹏, 高中信. 野生动物生态学 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1992. 187 - 208.

QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE HABITAT SELECTION BY *PROCAPRA PREZWALSKII*

LIU Bingwan JIANG Zhigang

(Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080)

Abstract: Habitat selection by *Procapra przewalskii* was studied from August 1998 to August 1999 in the Hudong - Ketu region, Qinghai province, China. We set out transects of about 30 km long in the ecotone of the Hudong - Ketu desert and carried out field surveys along those transects. During our field surveys, we found 582 *PrezwalSKI* s

gazelles. We recorded the probability of *Procapra przewalskii* using a specific habitat and the habitat parameters such as vegetation type, food abundance, pasture fence, shelter condition, human disturbance, distance from road, distance from sandbank, distance from agricultural land during the field investigations. The information was used to establish mathematical model to forecast gazelles visiting probabilities to those habitats. These habitat factors were divided into three ranks and analyzed by using the multiple regressions. Based on the analyses, we concluded: (1) Among the eight ecological factors, the pasture fence and the human disturbance were the two main factors that influenced the habitat selection by *Procapra przewalskii*; (2) Food abundance, distance from sandbank or the distance from the agricultural land were ranked as the secondary factors that influenced habitat selection by *Procapra przewalskii*; and (3) Vegetation type, shelter condition, especially a new road had little influence on the habitat selection by *Procapra przewalskii*.

Key words: Przewalski's gazelle (*Procapra przewalskii*); Ecotone; habitat selection; Quantitative analysis; Qinghai Lake

“野生动物生态与管理”学术研讨会在桂林召开

由中国生态学会动物生态专业委员会和中国动物学会兽类学分会主办、广西师范大学承办的“野生动物生态与管理学术研讨会”于2001年11月5日至11月8日在风景秀丽的桂林召开。参会代表77名，来自全国17个省、市、自治区的科研院所和高等院校。大会共征集论文99篇。研讨会做了4个大会报告，即：中国科学院动物研究所张知彬研究员的“中国动物生态学的研究与回顾”，华东师范大学陆健健教授的“民航机场飞行区的野生动物生态和管理”，广西师范大学黄乘明教授的“白头叶猴和黑叶猴的生态与保护”和中国科学院动物研究所王德华研究员的“我国小型兽类的生理生态学研究”。还有36名代表在研讨会上做了报告。这次研讨会主要有以下几个特点：1) 论文涉及面广，几乎涉及了动物生态学和兽类学的各个领域和当今国际动物生态学研究的前沿领域，研究层次从分子生态学到全球气候变化，包含了生理生态学、行为生态学、种群生态学、群落生态学、保护生物学等分支学科；涉及了昆虫、蟹、虾等无脊椎动物和脊椎动物的各个类群；2) 研究水平明显提高，前沿性研究较多；3) 分子生物学技术在动物生态学和保护生物学中的应用得到进一步加强；4) 参会代表年轻化，代表中年轻学者的比例明显增加，其中博士、硕士和研究生的比例占大多数。大会上宣读了第四届中国生态学会动物专业委员会成员名单。整个大会充满了团结、和谐、上进的气氛，在热烈的掌声中落下了帷幕。这次研讨会得到了国家自然科学基金委员会的资助，得到了中国科学院动物研究所和中国生态学会的支持。

罗晓燕（兽类学报编辑部）