

DOI: 10.5846/stxb202204221110

刘付宾, 黄师梅, 谢建冲, 梁军, 苏云, 王晓勤, 王兆锭, 徐建国, 张继武, 时光, 滕丽微, 刘振生. 内蒙古贺兰山冬春季岩羊种群现状及保护. 生态学报, 2023, 43(14): 5829-5839.

Liu F B, Huang S M, Xie J C, Liang J, Su Y, Wang X Q, Wang Z D, Xu J G, Zhang J W, Shi G, Teng L W, Liu Z S. Population status and protection of Blue Sheep in Helan Mountains of the Inner Mongolia, China. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(14): 5829-5839.

## 内蒙古贺兰山冬春季岩羊种群现状及保护

刘付宾<sup>1</sup>, 黄师梅<sup>1</sup>, 谢建冲<sup>1</sup>, 梁军<sup>2</sup>, 苏云<sup>3</sup>, 王晓勤<sup>3</sup>, 王兆锭<sup>3</sup>, 徐建国<sup>3</sup>, 张继武<sup>3</sup>, 时光<sup>3</sup>, 滕丽微<sup>1,4</sup>, 刘振生<sup>1,4,\*</sup>

1 东北林业大学野生动物与自然保护地学院, 哈尔滨 150040

2 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局, 银川 750021

3 内蒙古贺兰山国家级自然保护区管理局, 阿拉善盟 750306

4 国家林业和草原局野生动物保护学重点实验室, 哈尔滨 150040

**摘要:**为调查内蒙古贺兰山国家级自然保护区内岩羊 (*Pseudois nayaur alashanicus*) 的种群现状, 通过样线法在 2017、2018 年冬季, 2018、2019 年春季进行了调查, 利用 R 4.0.3 中的 Distance 1.0.2 对样线观测数据进行分析, 估测保护区内岩羊的种群数量及密度, 分析其种群结构。结果显示, 调查共观测到岩羊 6299 只, 其中, 2018 年冬季种群数量最高, 约为 2654 (2230—3161) 只 (括号内为 95% 数量置信区间), 种群密度为 3.921 (3.293—4.668) 只/km<sup>2</sup>。与 2003 年同季节的调查数据对比发现, 保护区内岩羊的种群数量在 15 年间增长迅速, 岩羊的种群密度累计增长了约 53.17%, 年平均增长 3.54%。岩羊集群形式: 混合群 (88.03%, 80.95%) 为岩羊冬、春最主要的集群形式, 且混合群的数量冬季多于春季, 独羊出现的次数最低 (1.99%, 2.86%), 不同的集群类型在不同的季节的差异极显著 ( $P < 0.001$ ); 岩羊平均群大小: 春季为 (13.439 ± 12.085) 只, 冬季为 (9.011 ± 8.610) 只, 调查季节中集群大小多为 1—10 只, 岩羊的不同季节的群大小差异极显著 ( $P < 0.001$ )。种群成体与幼体比在不同季节的变化范围为 1.411—2.673, 雌雄比在不同季节的变化范围为 0.934—1.469, 种群结构的季节性差异极显著 ( $P < 0.001$ )。集群类型、群大小及群组成的调查表明, 不同季节间岩羊种群结构差异明显。

**关键词:**贺兰山; 岩羊; 种群数量; 种群结构; 种群动态

## Population status and protection of Blue Sheep in Helan Mountains of the Inner Mongolia, China

LIU Fubin<sup>1</sup>, HUANG Shimei<sup>1</sup>, XIE Jianchong<sup>1</sup>, LIANG Jun<sup>2</sup>, SU Yun<sup>3</sup>, WANG Xiaoqin<sup>3</sup>, WANG Zhaoding<sup>3</sup>, XU Jianguo<sup>3</sup>, ZHANG Jiwu<sup>3</sup>, SHI Guang<sup>3</sup>, TENG Liwei<sup>1,4</sup>, LIU Zhensheng<sup>1,4,\*</sup>

1 College of Wildlife and Protected Area, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

2 Administration of Helan Mountain National Natural Nature Reserve in Ningxia, Yinchuan 750021, China

3 Administration of Helan Mountain National Natural Nature Reserve in Inner Mongolia, Alxa League 750306, China

4 Key Laboratory of Conservation Biology, National Forestry and Grassland Administration, Harbin 150040, China

**Abstract:** In order to investigate the current population status of blue sheep (*Pseudois nayaur alashanicus*) in Helan Mountain National Nature Reserve of Inner Mongolia, field work was conducted in the winter of 2017 and 2018 and spring of 2018 and 2019 by using the line transect method. Distance sampling (v1.0.2; R 4.0.3) was used to analyze the observed data to estimate the population size, density and structure of blue sheep in study area. Our results showed that a total of

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目 (32071649, 32070519); 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局资助项目 (NLF2020-93-1, 2022BEG02001-1)

**收稿日期:**2022-04-22; **网络出版日期:**2023-03-23

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhenshengliu@163.com

6299 were observed, of which the highest population size was about 2654 (2230—3161) (The 95% quantity confidence intervals are in parentheses) in the winter of 2018, and the population density was  $3.921/\text{km}^2$  ( $3.293\text{—}4.668/\text{km}^2$ ). Compared with the monitoring data of the same season in 2003, it is found that its population has increased rapidly in the past 15 years, and the population density has increased by approximately 53.17%, with an annual average increase of 3.54% in study area. Meanwhile, different group types of blue sheep were monitored and showed significant differences in variant seasons ( $P<0.001$ ). The mixed group was the main group form of winter (88.03%) and spring (80.95%), and its number in winter was more than that in spring, and the lowest frequency of occurrence was single individual, which lives alone both in winter (1.99%) and in spring (2.86%). There was a significant difference in the population size between winter ( $13.439\pm 12.085$ ) and spring ( $9.011\pm 8.610$ ) ( $P<0.001$ ), and the population size of blue sheep was mostly 1—10 in survey season. The ratio of adult/juvenile and female/male varied from 1.411 to 2.673 and 0.934 to 1.469 in different seasons respectively, which indicated a significant seasonal difference in population composition and structure ( $P<0.001$ ). Based on the results obtained in current study, we demonstrate that the population structure of blue sheep varies significantly among different seasons. In common sense, climate and resources are important drivers of species development, therefore the further study should focus on the factor of phenology and resources.

**Key Words:** Helan Mountains; Blue Sheep; population size; population structure; population dynamics

岩羊 (*Pseudois nayaur*) 又称青羊, 石羊等, 栖息在海拔 2100—6300 m 之间的高山裸岩地带, 具有较强的耐寒性, 但是由于生态环境退化, 生存受到威胁, 已被列为国家 II 级重点保护野生动物<sup>[1]</sup>。岩羊主要分布在我国西部地区以及我国西部毗邻国家和地区<sup>[2]</sup>。由于地理长期隔离, 遗传发生变异, 相关的研究将我国的岩羊类群大致分为三个亚种<sup>[3]</sup>, 其中贺兰山岩羊 (*Pseudois nayaur alashanicus*) 只分布于宁夏和内蒙古交界的贺兰山地区。

自 20 世纪 80 年代贺兰山国家级自然保护区建立以来, 政府采取了一系列积极的保护性措施, 使得当地的植被、环境逐渐得到恢复, 野生动物的数量逐渐增加, 刘振生等<sup>[4]</sup>对贺兰山地区岩羊的种群数量及分布调查显示, 岩羊种群数量已经增长到 12178 (6592—22499) 只, 贺兰山已经成为了岩羊的重要集中分布区域。内蒙古贺兰山保护区的周围被沙漠、城镇及河流所阻断, 环境较为隔离, 野生动物种群数量受到迁入迁出率的影响很小, 因此准确掌握保护区内岩羊的种群数量以及种群结构对保护区内岩羊的进行定期的种群数量和种群结构调查是评估其生存状况的重要手段, 也是自然保护区管理的重要数据支撑<sup>[5—8]</sup>。本文采用样线法对内蒙古贺兰山保护区岩羊的种群数量进行调查, 并对种群数量、结构及动态进行评估, 旨在为保护区对岩羊的保护以及保护区内的生态环境评估提供一定基础的资料。

## 1 研究地区概况

贺兰山属于阴山山系, 囊括了宁夏西北部及内蒙古阿拉善盟东部, 东临银川平原, 西连阿拉善高原, 是我国典型的半荒漠草原与荒漠草原的天然分界线<sup>[9]</sup>。内蒙古贺兰山国家级自然保护区位于内蒙古自治区阿拉善左旗境内 ( $38^{\circ}10'\text{—}39^{\circ}22'\text{N}$ ,  $105^{\circ}41'\text{—}106^{\circ}41'\text{E}$ ) (图 1), 东面以山脊为界与宁夏贺兰山国家级自然保护区毗邻, 保护区大体呈南北走向, 南北长约 250 km, 东西宽 20—40 km<sup>[10]</sup>。保护区平均海拔高度 2700 m, 地形南缓北陡, 沟谷狭窄。保护区气候有明显的垂直分布规律, 山麓与山顶气候温差大, 处于荒漠与半荒漠草原之间, 属于温带大陆性气候特征, 气温寒暑季变化明显, 年平均气温  $8.5^{\circ}\text{C}$ , 干旱少雨, 全年降雨不均匀, 年平均降水为 200—400 mm, 水资源以地下水为主<sup>[11]</sup>。贺兰山具有西北干旱典型特征的森林生态系统、野生动植物种群和自然景观, 高等植物共计 71 科 678 种, 其中国家重点保护珍稀濒危植物 5 种<sup>[11]</sup>。动物区系分布较复杂, 同时具有华北区和蒙新区的特点, 其中国家 I 级保护动物 8 种, II 级保护动物 32 种, 是重要的模式标本产地, 被誉为“天然基因库”<sup>[12]</sup>。

## 2 调查方法

### 2.1 距离取样法

目前有蹄类种群数量的调查方法主要分为两类<sup>[13]</sup>:绝对数量调查法和相对数量调查法。绝对数量调查法指的是通过技术手段将野生动物在某时、某地的数量准确计数,由于此方法在实际应用过程中需要耗费大量的人力、物力,因此绝对数量调查法在实际应用中存在极大的限制:仅在有限的、易观察的野生动物调查中得以应用,若野生动物的生境视野观察受阻或调查范围较大、野生动物活动性较强,该方法得到的数据准确性就会下降。该方法虽然在一定的条件下数据更为精确,但是由于费用较高,并没有得到广泛的应用。相对数量调查法是指借助某种方法来预估野生动物种群数量的方法,按照调查方式的不同又可分为:直接相对数量调查法和间接相对数量调查法。间接相对数量调查法是指通过活动足迹、粪便、巢穴等利用野生动物活动痕迹进行调查,主要适合夜间活动或者隐蔽性强等不易观察的野生动物;直接相对数量调查法是指通过对野生动物实体的观察记录来预估调查样区的种群数量。

本研究所采取的调查方法为直接相对数量调查法,通过在调查样区内均匀设置样线,调查者通过距离取样法得到的数据建立发现概率函数模型来预估贺兰山岩羊的种群数量。相比于传统的随机抽样法统计,距离取样法放宽了传统随机抽样法中样区的选取原则<sup>[13]</sup>,不用统计样区内所有的统计对象,更适合于低密度的流动物种。同时相比于利用足迹、粪便等的间接相对数量调查法,该方法可以统计岩羊种群内性别以及年龄状况,更好的分析野生动物种群的结构。本研究所用的调查方法在针对活动范围固定、可观察性较强、种群密较低的野生动物种群调查中具有很好的效果,可以为有蹄类野生动物种群调查方法研究提供参考。

### 2.2 样线选取

保护区内山势陡峭、地形复杂,样线设置兼顾随机性和可操作性,依据保护区内梳齿型的地形走势,按照沟道东西走向设置样线。样线南北均匀排布,尽量包括主要沟道,起始点接近沟道边缘,样线覆盖岩羊活动的不同海拔及不同生境。岩羊的活动具有明显的家域性<sup>[14-15]</sup>,为了避免同一个体被重复记录,样线之间最小间隔距离为 2 km。岩羊的活动规律表现为晨昏型<sup>[16]</sup>,因此样线观察时间与岩羊的活动时间保持大致相同,每日观察时间为 7:00—12:00 和 15:00—18:00。使用双筒望远镜进行观察记录,记录岩羊的性别、年龄等信息。通过激光测距仪(Bushnell Yardage pro 1000)测量岩羊群与观察者的直线距离,用军用罗盘仪测定样线前进方向与观测点位置所形成的夹角,并通过集思宝全球定位系统 GPS(G120)记录位点信息<sup>[17]</sup>。

### 2.3 雌雄成幼鉴别

岩羊雌雄间最明显的特征为角的差异,岩羊两性都具角但雄性的角更粗壮,长度一般为 60 cm,而雌性岩羊的角相对较短,仅有 13 cm 左右;雄性岩羊与雌性岩羊相比体型比较大,雄性体重 50—74.5 kg,雌性岩羊体重 35—50 kg;幼体和亚成体岩羊的体型与成体相比较小,没有角或者头上的角较小<sup>[18]</sup>(图 2)。

### 2.4 数据分析

将调查得到的数据进行整理,得到样线长度、岩羊群数量、岩羊群与样线垂直距离(直线距离乘以夹角的

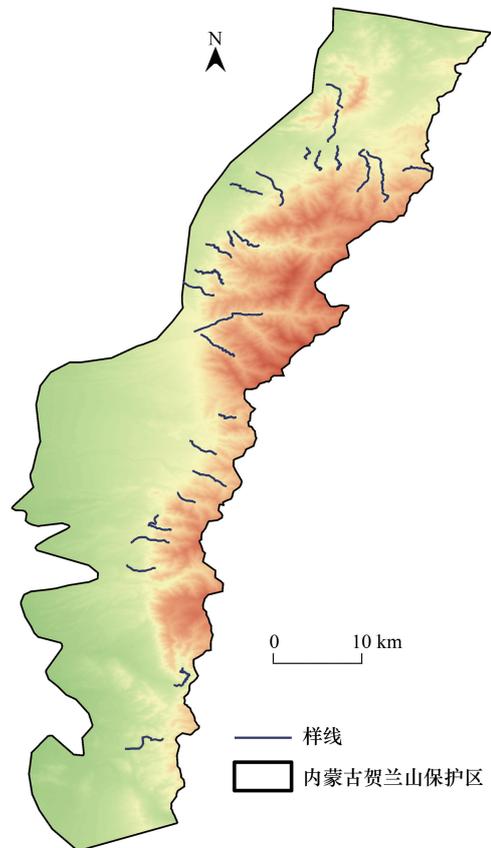


图 1 贺兰山国家级自然保护区

Fig.1 Helan Mountain National Nature Reserve



图2 岩羊个体形态图

Fig.2 Individual morphology of Blue Sheep

正弦值),由 R 4.0.3 进行相关的数据分析,得到每个季节岩羊的种群密度和 95%的置信区间。种群密度的计算公式如下:

$$D = \frac{nf(0)E(s)}{2L}$$

式中, $D$ :种群密度(只/ $\text{km}^2$ ); $n$ :岩羊群数量; $f(0)$ :垂直距离为零的概率密度函数; $E(s)$ :种群大小(一定活动范围内岩羊的数量); $L$ :样线的总长度。

上述公式中 $f(0)$ 的确定取决于获取探测函数 $\varphi(x)$ ,即垂直距离为 $x$ 处动物被发现的概率,若0距离处的所有对象都能被检测到,即 $\varphi(0)=1$ ,根据探测函数,可以估计 $f(0)$ ,公式如下:

$$f(0) = \frac{1}{\int_0^w \varphi(x) dx}$$

式中, $w$ :样线单侧宽度, $x$ :样线垂直距离。

探测函数 $\varphi(x)$ ,包括半正态分布、均匀分布和风险率3种统计分布。利用级数展开,包括余弦、赫米特多项式和简易多项式,调整上述3种统计分布。模型和调整项的最佳拟合程度由赤池信息准则(AIC)确定,选择AIC值最小的模型为探测函数。

首先加载数据分析所需数据包,用 $ds$ 函数读取整理后的数据,设置截断距离为1 km,得到默认的模型拟合数据;探测函数的形式通过 $ds$ 函数中的“key”来指定;调整探测函数的拟合程度,利用模型的AIC值筛选最优模型;最后提取最优模型的详细信息<sup>[19]</sup>。

为了消除距离较远的观测值将数据集中在变化明显的区域,需要将探测函数进行5%的右截断,当距离超过400 m时数据变得很少因此可以将400作为有效观测值的临界点。

根据观测到的岩羊群状况将种群类型按照组成不同划分为:独雄(有且仅有一只成年雄性),独雌(有且仅有一只成年雌性),雄性群(全部由成年雄性组成),雌性群(全部由成年雌性组成),雌幼群(仅由成年雌性和幼体/亚成体组成),混合群(至少由一只成年雄性和一只成年雌性组成),共6种。对观测到的数据采用SPSS 26.0进行统计分析,比较不同年份不同季节间岩羊的集群数量的变化;使用Kruskal-Wallis  $H$ 检验不同季

节间群大小的变化;使用卡方检验不同季节间集群类型、性比、雌幼比的年际变化情况。

### 3 结果

本研究先后于 2017 年冬季,2018 年冬季,2018 年春季,2019 年春季对岩羊种群数量进行 4 次重复调查,春季调查时间为 4—6 月,冬季调查时间为 11—12 月,4 次调查共计样线 112 条,样线总长 544.986 km。

#### 3.1 岩羊种群数量

探测函数  $\varphi(x)$  是根据赤池信息准则的大小来确定模型和调整项的最佳拟合程度(AIC 值越小作为探测函数就越合适)。探测函数和调整项不同组合模型的 AIC 值如下,(表 1)。

表 1 不同组合模型的赤池信息准则

Table 1 Akaike information criterion for different combinations of models

模型 Models	2017 年冬季 2017 Winter	2018 年春季 2018 Spring	2018 年冬季 2018 Winter	2019 年春季 2019 Spring
半正态分布 Half-normal	2448.632	1422.803	1588.092	1248.533
半正态分布+余弦 Half-normal+ Cosine	2447.163	1417.144	1571.399	1233.634
半正态分布+赫米特多项式 Half-normal+ Hermite polynomial	2448.632	1422.803	1577.461	1248.382
半正态分布+简易多项式 Half-normal+ Simle polynomial	2448.632	1422.803	1585.417	1248.533
均匀分布 Uniform	Error	Error	Error	Error
均匀分布+余弦 Uniform+ Cosine	2446.232	1416.426	1574.097	1236.002
均匀分布+赫米特多项式 Uniform+ Hermite polynomial	2535.929	1451.610	1583.522	1251.363
均匀分布+简易多项式 Uniform+ Simle polynomial	2470.846	1423.845	1583.471	1243.072
风险率 Hazard-rate	2444.352	1415.768	1564.140	1226.812
风险率+余弦 Hazard-rate+ Cosine	2444.352	1415.768	1564.140	1226.812
风险率+赫米特多项式 Hazard-rate+ Hermite polynomial	2444.352	1415.768	1564.140	1226.812
风险率+简易多项式 Hazard-rate+ Simle polynomia	2444.352	1415.768	1564.140	1226.812

结果表明,风险率、风险率+余弦、风险率+赫米特多项式和风险率+简易多项式三种组合所得到的 AIC 值接近,将 2017 年冬季的数据代入计算发现,上述组合中风险率的分析结果与其它三组差别很大且不合理(计算结果为 1901 而其他三个组合的数据都接近 2200),因此未选择风险率作为分析的最优结果。选择最优的分析结果组合应该从风险率+余弦、风险率+赫米特多项式和风险率+简易多项式三种组合中进行挑选,选择其中一种组合分析结果作展示(表 2)。

表 2 R 软件中 DISTANCE 模块估计的内蒙古贺兰山岩羊种群密度和数量

Table 2 Population density and quantity of Helan mountain sheep in Inner Mongolia estimated by DISTANCE module in R software

指标 Index	2017 年冬季 2017 Winter	2018 年春季 2018 Spring	2018 年冬季 2018 Winter	2019 年春季 2019 Spring
最优模型(探测函数+调整项) Optimal model(key+adjustment)	风险率+余弦	风险率+余弦	风险率+余弦	风险率+余弦
密度 Density/(只/km <sup>2</sup> )	3.293	1.796	3.921	2.160
95%密度置信区间 95% confidence interval for density	2.595—4.178	1.277—2.527	3.293—4.668	1.843—2.531
数量 Abundance/个	2229	1216	2654	1462
95%数量置信区间 95% confidence interval for abundance	1757—2829	864—1711	2230—3161	1248—1714

表 3 内蒙古贺兰山岩羊样线数量、长度及观测的基本参数

Table 3 Sampling number, length, and parameters of Blue Sheep observed in Helan Mountain, Inner Mongolia

参数 Index	2017 年冬季 2017 Winter	2018 年春季 2018 Spring	2018 年冬季 2018 Winter	2019 年春季 2019 Spring
样线数 No. of routes/条	33	33	23	23
样线长度 Total length/km	166.17	158.42	118.40	116.70
观测群数 No. of groups observed/群	204	117	148	109
观测个体数 Total No. observed/只	1702	1884	1528	1180
遇见率 Encounter rates/(只/km)	10.243	12.57	12.91	10.11

通过表 2,3 可得,2017 年冬季共观察到岩羊 204 群 1702 只,通过分析得出岩羊种群数量为 2229(1757—2829)只,种群密度为 3.293(2.595—4.178)只/km<sup>2</sup>,遇见率为 10.243 只/km;2018 年春季共观察到岩羊 117 群 1884 只,分析得出岩羊种群数量为 1 216(864—1711)只,种群密度为 1.796(1.277—2.527)只/km<sup>2</sup>,遇见率为 12.574 只/km;2018 年冬季观察到岩羊 148 群 1528 只,分析得出岩羊种群数量为 2 654(2230—3161)只,种群密度为 3.921(3.293—4.668)只/km<sup>2</sup>,遇见率为 12.905 只/km;2019 年春季观察到岩羊 109 群 1180 只,分析得出岩羊种群数量为 1462(1248—1714)只,种群密度为 2.160(1.843—2.531)只/km<sup>2</sup>,遇见率为 10.111 只/km。

当距离为 100—200 m 时岩羊的发现率最高,表明样线比较接近岩羊的活动范围,所得到的数据较为贴近保护区的真实情况(图 3)。

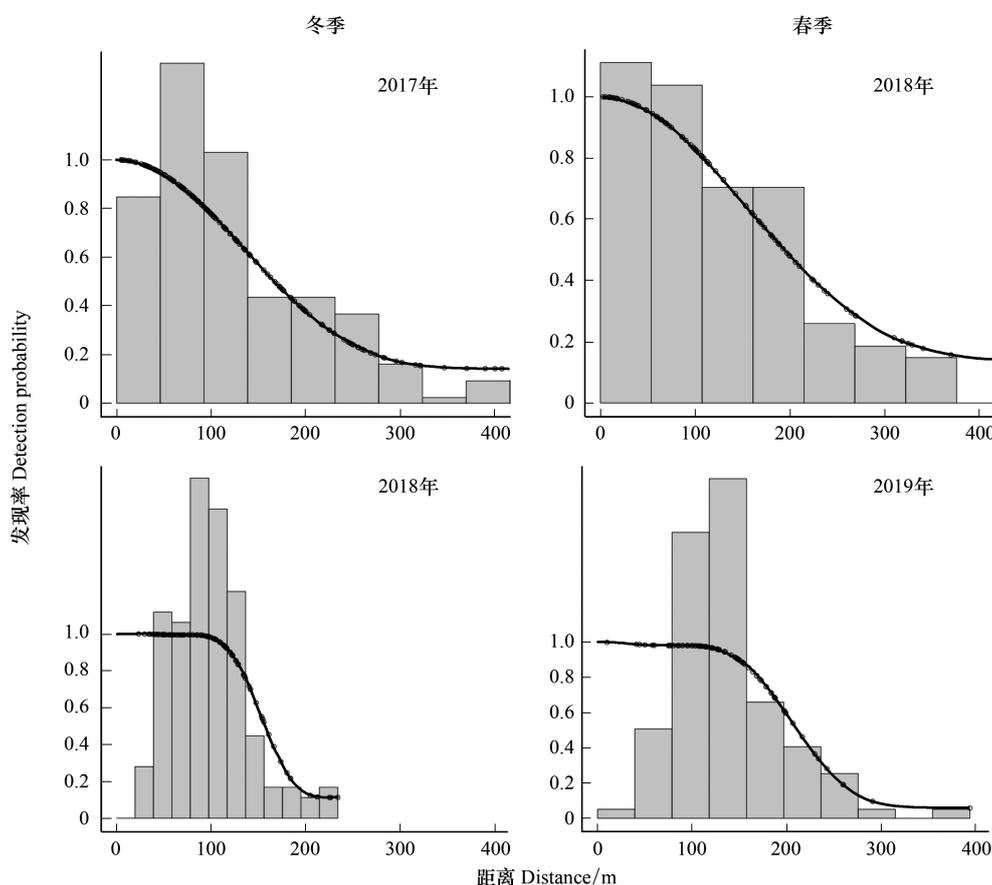


图 3 岩羊的垂直距离和探测函数的直方图/个

Fig.3 The histogram of distance and detection function of Blue Sheep

### 3.2 岩羊种群结构

在 4 次重复调查研究中,共发现岩羊 587 群,其中可以识别群类型的岩羊群共 561 群。冬季和春季岩羊的主要集群方式都为混合群(81.05%),而独羊出现的次数相对最少,在四次调查中均没有发现独雌。通过对比冬季与春季混合群的数量发现,冬季混合群的数量明显高于春季(表 4)。

表 4 不同季节观测到的不同类型岩羊群数量/个

Table 4 The number of different types of Blue Sheep observed in different seasons

集群类型 Different types	2017 年冬季 2017 Winter	2018 年春季 2018 Spring	2018 年冬季 2018 Winter	2019 年春季 2019 Spring
混合群 Mixed group/群	168	84	141	86
雄性群 Male group/群	3	4		
雌性群 Female group/群	2	1		
雌雄群 Male and female group/群	5	8		1
雌幼群 Male and juvenile group/群	18	12	7	8
独雄 Single male/群	7	6		
独雌 Single female/群				

2017 年冬季岩羊集群平均大小为(8.088±7.736)只,2018 年春季岩羊集群平均大小为(15.885±22.240)只,2018 年冬季集群平均大小为(10.287±4.755)只,2019 年春季集群平均大小为(10.778±7.601)只。将不同季节的混合群的大小进行检验,得到混合群的群大小在不同季节的差异极显著( $\chi^2 = 45.781, df = 3, P < 0.001$ ),说明了春季的混合群明显大于冬季,该现象与冬季混合群数量明显高于春季的现象相关。除此之外,将不同季节的集群大小经过 Kruskal-Wallis  $H$  检验发现,所有群的群大小在不同季节的差异均极显著( $\chi^2 = 39.300, df = 3, P < 0.001$ )(表 5,图 4)。

表 5 不同季节不同类型集群岩羊的平均群大小/只

Table 5 The average group size of Blue Sheep in different types of groups in different seasons

集群类型 Different types	2017 年冬季 2017 Winter	2018 年春季 2018 Spring	2018 年冬季 2018 Winter	2019 年春季 2019 Spring
混合群 Mixed group/只	9.400	20.917	10.610	11.512
雄性群 Male group/只	2.000	2.750		
雌性群 Female group/只	3.500	2.000		
雌雄群 Male and female group/只	3.000	4.625		3.000
雌幼群 Male and juvenile group/只	2.778	3.75	4.571	3.125

将调查的岩羊种群按照大小分成四个组将调查的岩羊种群按照群大小分成四个组:1—5 只、6—10 只、11—15 只和>15 只(表 6,图 4),2017 年冬季岩羊种群的大小集中在 1—10 只,2018 年冬季的岩羊种群大小集中在 6—15 只,将卡方检验对不同季节不同分组的集群大小进行分析,结果显示不同分组在不同季节的差异极显著( $\chi^2 = 129.860, df = 12, P < 0.001$ )。

表 6 不同季节不同集群大小的岩羊群数量/个

Table 6 The number of Blue Sheep group with different group sizes in different seasons

集群大小 Different group size	2017 年冬季 2017 Winter	2018 年春季 2018 Spring	2018 年冬季 2018 Winter	2019 年春季 2019 Spring
1—5 只	85	37	18	22
6—10 只	76	26	62	36
11—15 只	33	18	51	36
>15 只	17	38	17	15

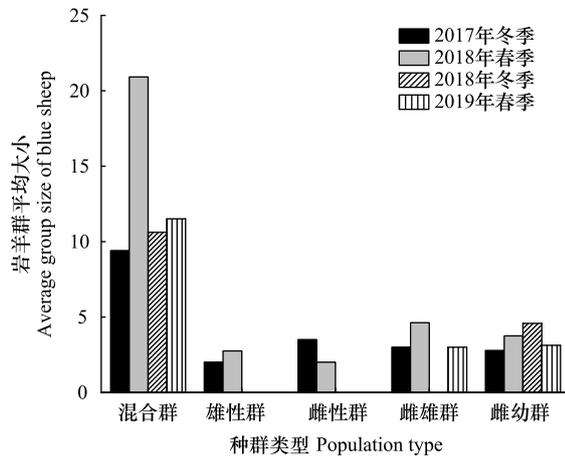


图 4 不同类型岩羊集群的平均群大小

Fig.4 The average group size of different types of Blue Sheep clusters

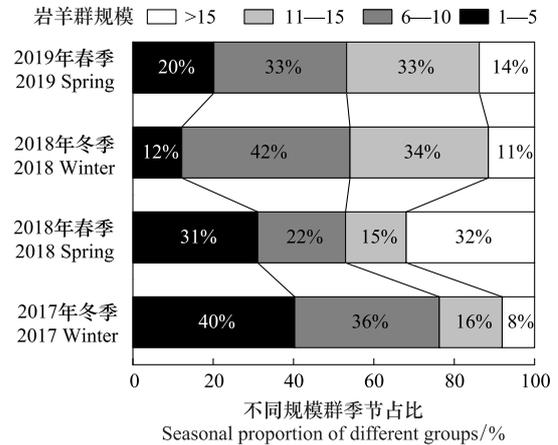


图 5 不同季节不同集群大小的岩羊群占比

Fig.5 Different seasons of different cluster size of Blue Sheep accounted

春季的成幼比高于冬季,而雌雄比低于冬季,卡方检验表明,岩羊群不同组成成分的季节性差异极显著 ( $\chi^2 = 98.019, df=6, P<0.001$ ) (表 7)。

表 7 内蒙古贺兰山岩羊不同性别观测数据及性比

Table 7 Observation data and sex ratio of different genders of Blue Sheep in Helan Mountain, Inner Mongolia

性别 Sex	2017 年冬季 2017 Winter	2018 年春季 2018 Spring	2018 年冬季 2018 Winter	2019 年春季 2019 Spring
雄性 Male/只	439	595	379	366
雌性 Female/只	645	760	522	342
幼体/亚成体 Juvenile/只	574	507	625	417
成幼比 Adult- Juvenile	1.889 : 1	2.673 : 1	1.441 : 1	1.698 : 1
雌雄比 Sex ratio	1.469 : 1	1.277 : 1	1.377 : 1	0.934 : 1
雌幼比 Ratio of female to juvenile	1.124 : 1	1.499 : 1	0.835 : 1	0.820 : 1

## 4 讨论

### 4.1 内蒙古贺兰山岩羊的种群数量

贺兰山自然保护区的外围封闭,岩羊具有很强的家域性<sup>[14]</sup>,种群的迁入迁出率极低,因此,岩羊的种群数量变动主要取决于出生率和死亡率。鉴于岩羊的繁殖行为<sup>[18-19]</sup>,岩羊种群数量应在春季较高,而调查结果显示,冬季岩羊的种群数量多于春季,与理论预测结果相悖,可能原因:岩羊的分布范围包括从山麓到山顶的所有适宜生境,在不同的季节,由于天气状况以及配偶等原因,岩羊的栖息地发生垂直迁移<sup>[20]</sup>;冬季迫于食物压力,岩羊需下降到低海拔区域觅食和饮水<sup>[21]</sup>;冬季气温较低,岩羊对卧息地具有明显的选择性,通常选择在坡度大、接近裸岩地区,裸岩可以起到隐蔽色的作用,此外裸岩还能抵挡一部分寒风,一定程度上达到保温作用减少热量损耗<sup>[21]</sup>;春季食物资源丰富,岩羊倾向于隐蔽度较高的区域,岩羊的观测区域多为植被稀疏的山坡,植被茂密的区域观察难度增加,尤其是隐蔽性较好的深谷地区极难观察,因此,调查结果显示岩羊在冬季数量大于春季数量。为了避免季节差异性,在进行种群数量调查对比时应当保证调查时间、调查方法的一致性,同时鉴于春季的种群数量调查极易受到观察影响,因此,进行数量对比时应当尽量选择冬季为参考。

将 2018 年冬季的岩羊种群数量与刘振生等<sup>[4]</sup>于 2003 年对贺兰山岩羊的调查结果进行对比,15 年内蒙

古贺兰山岩羊的种群数量由 2003 年的冬季种群密度 2.532 只/km<sup>2</sup> 增长到 3.921 只/km<sup>2</sup>, 增长了 53.17%, 年均增长 3.54%, 表明了内蒙古贺兰山自然保护区的岩羊的种群数量仍然保持着增长的趋势。岩羊种群数量的增加反映了在当地的保护性政策下, 该地区的生态环境得到了一定的恢复, 生态环境的承载力增强。人为因素减少(禁止放牧)使得岩羊的同域竞争者数量减少, 可利用生境范围增大, 生态位扩展<sup>[22-24]</sup>, 增加了种群扩散的机会和条件, 生存条件较为优越, 种群数量得到快速增长。

#### 4.2 内蒙古贺兰山岩羊的种群结构

集群是动物适应特定时间, 特定生存环境所采取的一种行为对策, 也是有蹄类动物的重要特征之一, 有利于躲避天敌, 获取资源和配偶<sup>[25]</sup>。

调查发现, 混合群是岩羊最主要的集群类型(86.44%)。冬季混合群的数量高于春季而群平均大小则相反, 调查结果与 2005 年的两季调查相近<sup>[20]</sup>。可能原因: 岩羊的发情期为冬季(11—12 月份)<sup>[26]</sup>, 雄性岩羊的社群状态与发情行为呈正相关, 繁殖高峰期过后单独活动的雄羊数量迅速减少导致岩羊种群的平均大小增加。冬季食物条件匮乏, 为更好的获取食物被迫通过分散的方式减少群内竞争来增加获取食物的几率<sup>[27]</sup>; 春季随岩羊数量的增加, 岩羊最佳的活动范围变得拥挤, 为增加同一区域利用率, 迫使岩羊由小的集群向大的集群类型发生转变<sup>[28-30]</sup>; 春季受保护区内茂密的植被影响, 在进行观察时由于视野的限制将多个临近的小集群误认为一个大集群。

种群结构分析发现雌幼比较以往调查数据小。可能原因: 该研究将亚成体与幼体归为一种类型, 导致在进行统计时雌幼比数据减小<sup>[8]</sup>; 春季亚成体成长为成年个体导致幼体/亚成体所占的比例下降; 冬季的环境严酷, 幼体与亚成体的环境适应能力较弱, 容易夭折, 死亡率较高; 同时, 冬季又是岩羊的发情交配的季节, 雄性个体为了争夺交配机会将花费大量的能量和时间, 雄性岩羊的死亡率也会上升<sup>[26]</sup>。因此, 结果中岩羊的种群结构中不同组分的占比在不同的季节间差异极其显著。

将种群结构与 2003 年冬季调查数据对比<sup>[1]</sup>: 2003 年冬季贺兰山岩羊种群大小为(5.290±2.030)只, 2018 年冬季贺兰山岩羊种群大小为(9.011±8.610)只, 贺兰山岩羊种群大小在 15 年间累计增长了约 70%。自然选择有利于 1:1 的出生性比, 但是由于天敌捕食、生存环境、人为干扰等因素, 不同地区的性比存在一定的差异。尼泊尔地区雌雄比相当(甚至雄性稍多), 而贺兰山地区以往的调查结果中雌性占据大多数<sup>[18]</sup>, 该调查中 2018 年冬季雌雄比为 1.377:1 符合其原有特点, 并且与 2003 年调查结果(1.360:1)相比差异较小; 调查中 2018 年冬季岩羊种群中幼体/亚成体数量占总数的 40.96%, 而在 2003 年的调查结果中幼体/亚成体的数量约占总数的 40%, 两者数据相近说明了岩羊的种群结构变化不大, 进一步证明了张明春<sup>[30]</sup>和刘振生<sup>[1]</sup>对贺兰山岩羊种群动态的推测: 贺兰山岩羊种群从 1995 年经过十年的发展变化, 岩羊寿命与 1995 年相比已经有了很大的延长, 不同年龄阶段个体的占比已经趋于稳定。贺兰山岩羊的种群数量已经接近环境容纳量, 种群结构也已经进入相对稳定的时期, 正常状态下种群结构不会再发生较大的变动。

#### 4.3 内蒙古贺兰山岩羊种群保护现状

自内蒙古贺兰山自然保护区建立以来, 当地管理机构采取了一系列的措施用于保护当地的生境以及物种状况, 1997—2001 年, 贺兰山保护区禁止放牧, 将数十万的家畜全部从贺兰山迁出<sup>[24]</sup>, 在一定程度上消除了由

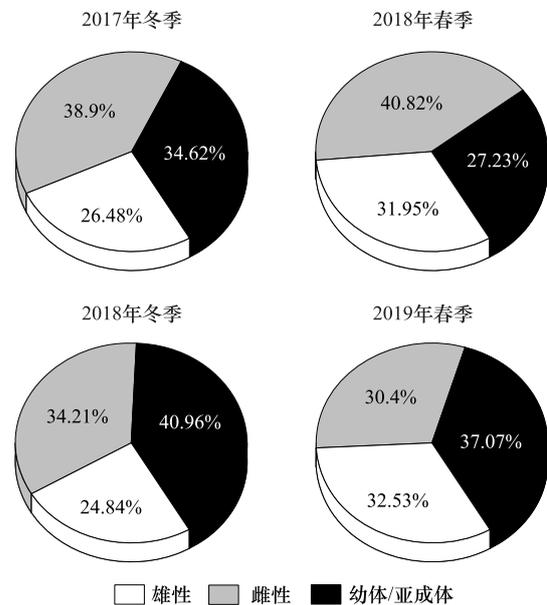


图 6 内蒙古贺兰山岩羊不同季节性比变化

Fig. 6 Variation of different seasonal ratios of blue sheep in Helan Mountain, Inner Mongolia

于家畜与岩羊食性的高度重叠产生的竞争,逐渐恢复的贺兰山生境为岩羊的栖息繁衍提供了优越的条件。此外,严格禁止偷猎盗猎等违法行为<sup>[6]</sup>,保护区内豹、狼等猛兽基本灭绝、也是使得岩羊数量增加的重要原因。1983—2003年,对贺兰山岩羊种群的监测表明<sup>[1]</sup>;2003年冬季岩羊种群密度与1983年相比在20年间累计增长了657.73%,与1997年相比,岩羊的种群密度在6年间累计增长了64.18%。而将我们的数据代入对比发现,从2003年冬季至2018年冬季15年间贺兰山岩羊的种群密度只增长了53.17%,岩羊种群结构也与2003年冬季差异不大,调查证明,经过30多年的发展,贺兰山岩羊的种群已经度过了快速增长期,种群数量在近15年只有少量的增长,种群结构趋于稳定,雌性、雄性、幼体/亚成体的比例虽有一定的变化,但是总体而言,近15年间种群结构变化较小,贺兰山保护区内岩羊种群正处在一个比较稳定的状态。

## 5 结论与展望

经过30多年的有效管理,岩羊已经成为贺兰山的优势物种,内蒙古贺兰山自然保护区内岩羊的种群数量已经由保护区建立之初的快速增长期进入一个比较稳定的时期,种群结构处在一个稳定的状态。岩羊种群数量的恢复说明了在野生动物种群数量的恢复工作中,保护区良好的管理措施发挥着极为重要的作用。但由于岩羊种群的自身调节能力较低,不能及时淘汰生存适应能力较低的个体,并且缺少捕食者的调控,随着岩羊种群数量的不断增加,可能会增加传染病爆发的概率,对其种群产生不利的影响。岩羊种群数量的暴增导致在其相同生态位上与其它物种之间的关系发生严重的失衡,例如,在保护区内与其同域分布的马麝(*Moschus chrysogaster*)<sup>[16,31-34]</sup>,由于岩羊和马麝的生态位高度重叠,两者之间存在利用性竞争,马麝在竞争中处于劣势地位,岩羊种群数量增加导致马麝食物来源减少,进而威胁马麝的生存状况;另一方面,岩羊数量激增<sup>[35-36]</sup>导致两者的捕食者赤狐(*Vulpes vulpes*)数量的增长,进而影响到马麝种群数量。因此,岩羊的种群数量不断增加对大型兽类组成相对单一的贺兰山生态系统来说必然会产生一系列的变化。

针对目前的状况,在贺兰山岩羊的保护研究和管理工作中,应当将目光放在贺兰山岩羊的环境容纳量和遗传多样性等问题中,更好的保护保护区内野生动物的生存条件,针对岩羊与其它物种的种间竞争关系以及岩羊种群数量增长导致贺兰山生态环境与野生动物的相互作用还需要更多的研究和探讨。

## 参考文献(References):

- [1] 刘振生. 岩羊(*Pseudois nayaur*)生态学研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2006.
- [2] 姜智亮, 米玛旺堆. 岩羊(*Pseudois nayaur*)研究概述. 生态学杂志, 2020, 39(7): 2426-2435.
- [3] Gao H, Li N N, Huang Y J, Qiao F J, Li J L, Li Z Z, Li Y X, Wang Z H, Teng L W, Liu Z S. Taxonomic status of Chinese blue sheep (*Pseudois nayaur*): new evidence of a distinct subspecies. Integrative Zoology, 2020, 15(3): 202-212.
- [4] 刘振生, 王小明, 李志刚, 翟昊, 胡天华. 贺兰山岩羊的数量与分布. 动物学杂志, 2007, 42(3): 1-8.
- [5] Wang X, Schaller G B. Status of large mammals in western Inner Mongolia, China. Journal of East China Normal University: Natural Science. 1996, 12: 93-104.
- [6] 王小明, 刘振生, 李新庆, 李志刚. 贺兰山雄性岩羊种群两个时期生命表的比较. 动物学研究, 2005, 26(5): 467-472.
- [7] 费荣梅. 中国野生动物和自然保护区合理开发利用研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2003.
- [8] 刘楚光, 王艳. 宁夏贺兰山自然保护区岩羊种群数量变化调查. 陕西师范大学学报:自然科学版, 2006, 34(S1): 159-162.
- [9] 陈发虎, 吴绍洪. 为什么说贺兰山是我国重要地理分界线. 学习时报, 2020-09-14(07) [2022-04-16]. [http://paper.cntheory.com/html/2020-09/14/nw.D110000xxsb\\_20200914\\_2-A7.htm](http://paper.cntheory.com/html/2020-09/14/nw.D110000xxsb_20200914_2-A7.htm)
- [10] 贾金山, 沈学芳. 内蒙古贺兰山国家级自然保护区环境评价. 内蒙古石油化工, 2013, 39(6): 50-52.
- [11] 梁存柱, 朱宗元, 王炜, 裴浩, 张韬, 王永利. 贺兰山植物群落类型多样性及其空间分异. 植物生态学报, 2004, 28(3): 361-368.
- [12] 璩向宁, 汪一鸣. 近一千年来贺兰山积雪和气候变化. 地理研究, 2006, 25(1): 35-42.
- [13] 刘辉, 姜广顺, 李惠. 北方冬季有蹄类动物4种数量调查方法的比较. 生态学报, 2015, 35(09): 3076-3086.
- [14] 杜茜, 闫兴富. 贺兰山植被类型多样性及空间分布特征. 安徽农业科学, 2010, 38(7): 3666-3667.
- [15] 崔多英. 贺兰山岩羊(*Pseudois nayaur*)的家域、活动规律和采食生态学研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2007.
- [16] 刘鹏, 刘振生, 高惠, 李宗智, 张致荣, 滕丽微. 基于红外相机技术的贺兰山同域分布阿拉善马鹿和岩羊活动规律研究. 生态学报,

- 2019, 39(24): 9365-9372.
- [17] Liu Z S, Wang X M, Teng L W, Cui D Y, Li X O. Estimating seasonal density of blue sheep (*Pseudois nayaur*) in the Helan Mountain region using distance sampling methods. *Ecological Research*, 2008, 23(2): 393-400.
- [18] 张明明. 贺兰山岩羊(*Pseudois nayaur*)性别分离机制研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2013.
- [19] 邓强. 岩羊的繁殖行为学研究. *动物科学与动物医学*, 2000, 17(3): 29-30.
- [20] 曹丽荣, 刘振生, 王小明, 胡天华, 李涛, 翟昊, 侯建海. 春冬两季贺兰山岩羊集群特征的比较. *动物学杂志*, 2005, 40(2): 28-33.
- [21] 刘振生, 王小明, 李志刚, 崔多英, 李新庆. 贺兰山岩羊冬春季取食生境的比较. *动物学研究*, 2005, 26(6): 580-589.
- [22] Buckland S T, Anderson D R, Burnham K P, Laake J L. *Distance Sampling Estimation Abundance of Biological Population*. London: Chapman and Hall, 1993.
- [23] Buckland S T, Anderson D R, Burnham K P, Laake J L, Borchers D L, Thomas L. *Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Oxford: Oxford University Press, 2001.
- [24] 吴淑改, 乔永祥. 贺兰山自然保护区将全面实施退牧还林. *内蒙古林业*, 1999, (12): 22-22.
- [25] Wilson P. Ecology and habitat utilisation of blue sheep (*Pseudois nayaur*) in Nepal. *Biological Conservation*, 1981, 21(1): 55-74.
- [26] 姚绪新. 宁夏贺兰山岩羊发情期行为与其社群状态关系[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2018.
- [27] 刘振生, 李新庆, 王小明, 李志刚, 胡天华, 翟昊. 贺兰山岩羊(*Pseudois nayaur*)集群特征的季节变化. *生态学报*, 2009, 29(6): 2782-2788.
- [28] Filla M, Lama R P, Ghale T R, Signer J, Filla T, Aryal R R, Heurich M, Waltert M, Balkenhol N, Khorozyan I. In the shadows of snow leopards and the Himalayas: density and habitat selection of blue sheep in Manang, Nepal. *Ecology and Evolution*, 2020, 11(1): 108-122.
- [29] Liu Z S, Zhu Z L, Gao H, Zhao C, Sun Y J, Teng L W. Comparative analysis of winter diets and habitat use by the sympatric blue sheep (*Pseudois nayaur*) and Alashan red deer (*Cervus alashanicus*) in the Helan Mountains, China. *Folia Zoologica*, 2018, 67(1): 43-53.
- [30] 张明春. 贺兰山岩羊的种群动态及警戒行为研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2012.
- [31] 张明春, 李志刚, 胡天华, 王继飞, 王小明. 宁夏贺兰山国家级自然保护区马鹿分布及集群特征的初步研究. *兽类学报*, 2012, 32(4): 318-324.
- [32] 杨云天, 杨玉萍, 娜荷芽, 额尔登, 袁丽丽. 贺兰山西坡马麝生存现状研究. *农业与技术*, 2017, 37(8): 31-31.
- [33] 刘志霄, 盛和林, 李元广, 王绍旋, 赵登海, 杜和平. 贺兰山林区马麝隔离种群的生存现状及保护. *生态学报*, 2000, 20(3): 463-467.
- [34] 骆颖. 贺兰山岩羊(*Pseudois nayaur*)和马鹿(*Cervus elaphus alxaicus*)的食性及生境选择比较研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2011.
- [35] 赵唱. 贺兰山马麝的营养采食策略和微生境选择及评价研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2017.
- [36] Holt R D, Bonsall M B. Apparent Competition. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2017, 48: 447-471.