

# 可可西里自然保护区藏羚羊的食性分析

曹伊凡<sup>1</sup> 苏建平<sup>1\*</sup> 连新明<sup>1,2</sup> 张同作<sup>1,2</sup> 崔庆虎<sup>1,2</sup>

(1 中国科学院西北高原生物研究所青藏高原生物进化与适应重点实验室, 西宁 810001)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 2005年7月和2006年1月在可可西里自然保护区内收集藏羚羊的新鲜粪样各33份和55份。利用粪便显微分析法分析了该地区藏羚羊的食物构成及其冷季(1月)和暖季(7月)的变化。结果表明,在藏羚羊粪便中镜检到的可识别植物碎片为15科24种(属)植物,其食物谱构成主要包括禾本科、豆科、菊科、柽柳科及玄参科植物;禾本科是藏羚羊全年的主要食物,它在食物组成中所占的比例为60.5%;莎草科、豆科、菊科、柽柳科及玄参科植物是藏羚羊全年都取食的主要食物,其所占比例分别为16.7%、9.2%、6.4%、4.9%及0.9%。藏羚羊在冷季和暖季的食物构成有显著变化,莎草科和柽柳科在冷季所占比例较低,分别为7.7%和0.8%,而禾本科、豆科和玄参科在冷季所占比例较高,分别达到了70.4%、12.6%和2.4%。

**关键词:** 食性; 粪便显微组织学分析; 可可西里自然保护区; 藏羚羊

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 1050 (2008) 01 - 0014 - 06

## Food habits of Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) in the Kekexili Nature Reserve

CAO Yifan<sup>1</sup>, SU Jianping<sup>1\*</sup>, LIAN Xinming<sup>1,2</sup>, ZHANG Tongzuo<sup>1,2</sup>, CU IQinghu<sup>1,2</sup>

(1 Key Laboratory of Qinghai-Tibetan Plateau Biological Evolution and Adaptation, Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

(2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** We studied the diets of Tibetan antelopes (*Pantholops hodgsoni*) by fecal microhistological analysis and compared the difference of the diets between warm-season (in July) and cold-season (in January) in Kekexili Nature Reserve, Qinghai Province, where we collected fresh fecal samples from Tibetan antelopes (33 in July 2005 and 55 in January 2006). Results showed that a total of 24 species (genera) belonging to 15 families were foraged by antelopes. By checking the frequency of each plant fragments in fecal samples, we found that Gramineae, Cyperaceae, Legume, Compositae, Tamaricaceae and Scrophulariae were the main food items. Gramineae was the main food throughout the year, and accounted for 60.5% of food composition. In addition, antelopes fed on Cyperaceae, Legume, Compositae, Tamaricaceae and Scrophulariae in quite high proportions annually, accounting for 16.7%, 9.2%, 6.4%, 4.9%, and 0.9% respectively. There was significant variation in diet in different seasons. In the cold season, Cyperaceae and Tamaricaceae decreased to 7.7% and 0.8% respectively, while Gramineae, Legume and Scrophulariae increased to 70.4%, 12.6% and 2.4% respectively.

**Key words:** Food habits; Fecal microhistological analysis; Kekexili Nature Reserve; Tibetan antelope

藏羚羊 (*Pantholops hodgsoni*) 隶属于偶蹄目, 牛科, 山羊亚科, 羚羊属, 是青藏高原特有物种 (武素功和冯祚建等, 1996), 主要分布在中国的西藏北部, 新疆南部和青海南部, 国外, 只在印度的拉达克地区有极少量的季节性分布 (Schaller *et al.*, 2006)。近年来, 由于遭到疯狂盗猎, 成为濒危动物, 已被列入中国一级重点保护野生动物和《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录中 (郑

生武, 1994)。

目前, 关于藏羚羊的研究涉及其生物学特征 (Wang *et al.*, 1998)、分布与数量 (冯祚建等, 1980; 冯祚建, 1990; 武素功和冯祚建, 1996; 谷景和, 1987; 郑生武, 1994; Cai *et al.*, 1990; Schaller, 1998; Harris *et al.*, 1999)、种群遗传分化 (Ruan *et al.*, 2005)、生存状况及致危原因 (Schaller *et al.*, 1988, 1991, 1998; 郑中朝, 2001;

基金项目: 青海省重大科技攻关项目 (2002 - N - 105); 中国科学院知识创新工程领域前沿项目 (CXLY - 2002 - 3)

作者简介: 曹伊凡 (1965 - ), 男, 助研, 主要从事保护生物学研究。

收稿日期: 2007 - 03 - 06; 修回日期: 2007 - 08 - 12

\* 通讯作者, correspondence author, E - mail: jpsu@nwipb.ac.cn

裘丽丽和冯祚建, 2004; 杨奇森等, 2005; Fox and Bardsen, 2005) 和社群行为 (连新明, 2005) 等方面。虽然 Harris 和 Miller (1995) 以及 Schaller (1998) 分别对青海野牛沟地区和西藏羌塘地区藏羚羊的食性进行了研究, 但仅将食物构成分为禾本科、非禾本科和杂类草植物 3 大类。由于藏羚羊主要分布在西藏的羌塘、青海的可可西里和新疆的阿尔金山自然保护区, 而不同的地理区域藏羚羊的食物构成可能存在不同。

本研究于 2005 年 7 月 (暖季) 和 2005 年 1 月 (冷季), 通过收集藏羚羊粪便, 利用粪便显微组织分析法, 对可可西里地区藏羚羊的食性进行了分析。主要目的是探讨藏羚羊在可可西里地区的食物组成及其在冷季和暖季的食性变化, 积累和丰富藏羚羊在不同地理区域的食物谱构成, 为进一步了解和开展藏羚羊迁徙的生物学特征研究及其保护提供科学依据。

## 1 研究地点

### 1.1 研究地点

本研究在青海省可可西里国家级自然保护区 (89°25' ~ 94°05' E, 34°19' ~ 36°16' N) 进行。该地区位于青藏高原西北部, 北邻昆仑山, 南依唐古拉山, 是西藏自治区、新疆维吾尔自治区和青海省三省区交汇处。可可西里保护区除南北两条著名山脉之外, 中部多是一些中小起伏的山丘、中高山峰、台地和台原地貌, 最高山峰为布格达坂峰 6 860 m, 平均海拔高度 5 000 m 以上。全年平均温度为  $-4.1 \sim -10.0$  (东南部高, 西北部低), 暖季 (6~8 月) 的平均气温为  $2 \sim 7.7$ , 夜间气温常在零下, 此期雨水占全年降水量的 70%, 这种水热组合也是植物生长的主要季节。而最寒冷的季节 (1~2 月) 平均气温为  $-15.5 \sim -16.9$ ; 全年大风频繁, 风速最高可达 24 m/s, 该地区气候总的特征是温度低、降水少、大风多 (李柄元等, 1996)。

可可西里地区由于受到地理位置、地势高低、地形坡向及地表组成物质等各种水热条件的影响而分为暖季和冷季, 暖季雨水集中, 也是植物的主要生长期, 一般从 6 月中旬至 9 月上旬; 而冷季却极为干燥而漫长, 于当年的 9 月下旬至次年的 6 月初 (李柄元等, 1996)。该区内有高等植物近 200 种, 分属 29 科 73 属。其中菊科 11 属 25 种, 禾本科 10 属 18 种, 十字花科 9 属 13 种, 豆科 3 属 16 种。

在群落中起主要作用的是禾本科、莎草科、豆科和菊科 (郭柯, 1993) 类植物。

## 2 研究方法

### 2.1 藏羚羊粪便及参照植物样品的野外收集

在可可西里地区, 分别于 2005 年 1 月和 7 月在藏羚羊集聚地点随机收集其新鲜粪样各 33 份和 55 份。并由此将取样时间称为冷季和暖季。在粪便收集过程中, 将每一堆粪样单独保存在塑料袋内, 并用永久记号笔在塑料袋上记录取样地、生境和取样时间。

2003 年、2004 年和 2005 年的 6~7 月在进行藏羚羊行为观察的同时, 采集其活动区域内的所有植物种类, 经鉴定为 25 科 117 种植物, 取每种植物的花、茎、叶、秆用于制作显微分析的标准切片。

### 2.2 植物表皮结构的标准玻片制作

植物标准玻片的制备主要参照 Anthony 和 Smith (1974) 的方法, 将植物阴干后, 分别将每种植物的花、茎、叶、秆粉碎, 放入试管中, 按 1:1 加入 5%  $\text{HNO}_3$  和 5%  $\text{H}_2\text{G}_4\text{O}_4$ , 酒精灯加热煮沸约 3 min, 倒入 200 目的网筛中冲洗, 将筛上物用水冲入平皿中。用吸管将碎片置入载玻片上并覆以盖玻片。制作的标准玻片均在生物数码显微镜的 20 倍物镜下观察和拍照, 并对植物表皮细胞进行了测量, 包括表皮细胞的形状 (细胞的大小、密度及细胞壁的特征), 气孔 (气孔器的类型、数量和大小的), 表皮毛 (单一细胞毛、多列细胞毛或腺毛的形状, 长度和密度)。表皮细胞的性状特征及鉴别特征参照康乐和陈永林 (1992)、蔡联炳 (1991)、李正理 (1983) 的描述。

### 2.3 粪样植物碎片制备

藏羚羊新鲜粪便在 60℃ 条件下烘干 24 h, 每堆粪样取 2 g 经粉碎机粉碎, 将粉碎的材料依次经 20 目、60 目、100 目网筛筛选, 使碎片大小介于 0.15 mm 和 0.30 mm 之间。取 100 目的筛上物自来水冲洗约 2 min, 控去多余水分后, 移入平皿, 加入次氯酸钠并用解剖针搅拌, 漂白 3 h 倒入 200 目的网筛中自来水冲洗 3 min, 洗除漂白液、尘土或极小的植物碎片, 筛上物作为待检材料。每份粪样装片 2 张, 装片方法详见曹伊凡和苏建平 (2006), 计数每张载玻片中的全部可识别植物种类表皮碎片数, 通过可识别的每种植物碎片占可识别的全部植物种类碎片的比例来计算藏羚羊的食物构成。

## 2.4 统计分析

用 Pearson  $\chi^2$  检验分析藏羚羊在暖季和冷季的食性组成变化。全部分析由统计软件 SPSS for Windows 11.0 完成。

## 3 结果

### 3.1 藏羚羊食物组成

在青藏高原可可西里藏羚羊分布区, 共采集 25 科 117 种植物, 拍摄标准植物图片 1 695 张。利用粪便显微分析法, 在暖季和冷季所收集的全部藏羚羊粪样中, 共镜检到 15 科 24 种 (属) 植物碎

片 (表 1)。其中, 禾本科占全部镜检植物的 60.5%, 其次为莎草科, 占 16.7%, 再次为豆科、菊科、柽柳科及玄参科等植物, 分别占 9.2%、6.4%、4.9% 及 0.9%。上述 6 科植物共占全部粪样可识别植物的 98.6%。在 24 种 (属) 植物中, 早熟禾 (*Poa* spp.)、针茅 (*Stipa* spp.) 及嵩草 (*Kobresia* spp.) 分别占镜检植物的 33.4%、17.9% 及 12.8%。表明, 禾本科、莎草科, 以及豆科、菊科、柽柳科和玄参科等 6 科植物为藏羚羊的主要食物类群, 其中, 早熟禾和针茅等禾本科植物为其最喜食食物, 其次为莎草科的嵩草植物。

表 1 藏羚羊在暖季与冷季的食物谱

Table 1 Food items of Tibetan antelope in the warm-season and cold-season

食物种类 Food species	食物总比例 % Plant of total proportions (%)	暖季 % Warm-season (%)	冷季 % Cold-season (%)
禾本科 Gramineae	60.5	55.6	70.4
针茅属 <i>Stipa</i> spp.	17.9	9.6	34.1
羊茅属 <i>Festuca</i> spp.	2.2	2.1	2.4
早熟禾属 <i>Poa</i> spp.	33.4	36.9	26.3
扇穗茅 <i>Littledalea racemosa</i>	0.6	0.6	0.5
绒茅属 <i>Puccinellia</i> spp.	0.1	0.2	0.1
梭落草 <i>Kengyilia thordiana</i>	2.0	1.2	3.6
矮野青茅 <i>Deyeuxia tibetica</i>	4.4	4.9	3.4
莎草科 Cyperaceae	16.7	21.2	7.7
嵩草属 <i>Kobresia</i> spp.	12.8	16.3	5.7
苔草属 <i>Carex</i> spp.	3.9	4.9	2.0
菊科 Compositae	6.4	6.7	6.0
风毛菊属 <i>Saussurea</i> spp.	4.7	5.4	3.3
弱小火绒草 <i>Leontopodium pusillum</i>	1.7	1.2	2.7
豆科 Leguminosae	9.2	7.6	12.6
黄芪属和棘豆属 <i>Astragalus</i> spp. and <i>Oxytropis</i> spp.	9.2	7.6	12.6
玄参科 Scrophulariaceae	0.9	0.1	2.4
短穗兔耳草 <i>Lagotis bruchystachya</i>	0.9	0.1	2.4
毛茛科 Ranunculaceae	0.1	0.2	0.0
翠雀属 <i>Delphinium</i> spp.	0.1	0.1	0.0
唐松草 <i>Thalictrum aquilegifolium</i>	0.04	0.1	0.0
伞形科 Umbelliferae	0.2	0.3	0.0
垫状棱子芹 <i>Pleurospermum hedinii</i>	0.2	0.3	0.0
十字花科 Cruciferae	0.2	0.0	0.2
葶苈属 <i>Dryas</i> spp.	0.2	0.0	0.2
石竹科 Caryophyllaceae	0.1	0.1	0.1
无心菜属 <i>Arenaria</i> spp.	0.1	0.1	0.1
龙胆科 Gentianaceae	0.1	0.1	0.0
龙胆属 <i>Gentiana</i> spp.	0.1	0.1	0.0
报春花科 Primulaceae	0.5	0.8	0.0
点地梅属 <i>Androsace</i> spp.	0.5	0.8	0.0
紫草科 Boraginaceae	0.01	0.0	0.0
西藏微孔草 <i>Microula tibetica</i>	0.01	0.0	0.0
百合科 Liliaceae	0.3	0.3	0.3
镰叶韭 <i>Allium carolinianum</i>	0.3	0.3	0.3
景天科 Crassulaceae	0.01	0.0	0.0
唐古特红景天 <i>Rhodiola algida</i>	0.01	0.0	0.0
柽柳科 Tamaricaceae	4.9	7.2	0.3
准格尔红砂 <i>Reaumuria soongarica</i>	4.9	7.2	0.3

### 3.2 藏羚羊在冷季和暖季的食性变化

暖季藏羚羊粪样中镜检到 15 科 24 种 (属) 植物碎片, 冷季镜检到 10 科 18 种 (属)。藏羚羊的上述 6 科主要食物类群分别占暖季和冷季粪样可识别植物碎片总数的 98% 和 99% (图 1), 且各科百分比依冷暖季的不同而不同。暖季依次为: 禾本科 (55.6%) > 莎草科 (21.2%) > 豆科 (7.6%) > 柽柳科 (7.2%) > 菊科 (6.7%) > 玄参科 (0.1%)。冷季则为: 禾本科 (70.4%) > 豆科 (12.6%) > 莎草科 (7.7%) > 菊科 (6.0%) > 玄参科 (2.4%) > 柽柳科 (0.3%)。

就藏羚羊粪样中可识别植物所属的比例而言, 暖季和冷季间具有显著性差异 (Pearson  $\chi^2 = 2558.65$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0.001$ )。在暖季, 早熟禾在藏羚羊粪样可识别植物碎片中所占比例最高, 为 36.9%, 其次为嵩草, 占 16.3%, 再次为针茅、黄芪和棘豆 (*Astragalus* spp. and *Oxytropis* spp.)、准格尔红砂 (*Reaumuria songarica*) 及凤毛菊 (*Saussurea* spp.) 等, 分别为 9.6%、7.6%、7.2% 和 5.4%。而冷季其粪样可识别植物碎片中所占比例最高的为针茅, 占 34.1%, 其次为早熟禾, 占 26.3%, 再次为黄芪和棘豆, 以及嵩草, 分别为 12.6% 和 5.7%。

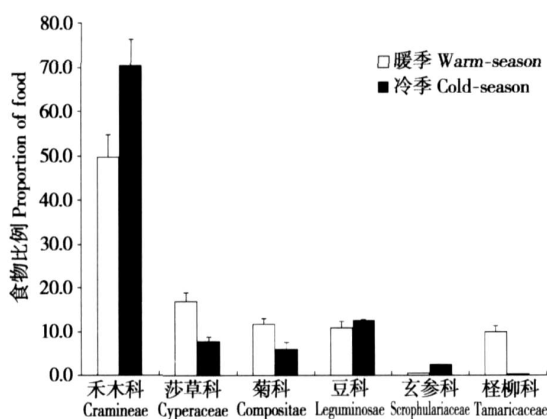


图 1 藏羚羊在暖季与冷季主要食物类群的比例 (Mean  $\pm$ SE)

Fig. 1 Main food categories of Tibetan antelope in the warm-season and cold-season (M  $\pm$ SE)

## 4 讨论

有蹄类动物的采食对策包括对食物种类、采食时间和采食地的选择 (Nagy, 1987, 1994; 孙濡泳, 2001; 刘丙万和蒋志刚, 2002), 而这种对策的形成是长期进化、适应环境的结果 (Krebs and

Davies, 1993; 蒋志刚, 2004)。本研究主要分析了可可西里地区藏羚羊的食性, 结果表明, 可可西里地区藏羚羊的食物主要由禾本科、莎草科、豆科、菊科、柽柳科和玄参科等植物组成 (表 1, 图 1); 其中, 禾本科是其最主要的食物类群, 分别占暖季和冷季食物谱的 55.6% 和 70.4%。Schaller 等 (1998, 2006) 对西藏羌塘地区藏羚羊食性依据其粪便显微组织和胃内容物的研究表明, 藏羚羊食性主要由禾本科、非禾本科和灌木组成, 其中, 禾本科植物在暖季和冷季分别占其食物构成的 40% 和 50%。这与本研究结果相似。

本研究结果还表明, 藏羚羊在暖季和冷季的食物组成 (图 1) 有变化, 这种变化可能与食物种类、植物营养成分、次生化合物含量以及植物适口性的季节性变化有关。食物的多样性不仅使动物能够获取必要的营养还可减少对植物次生化合物的摄取 (Arceo *et al.*, 2005)。在暖季, 可可西里地区的食物资源相对丰富, 非禾本科草本植物与禾本科绿色植物的幼芽嫩叶有较高的营养且不易消化的成分含量少, 能给动物提供大量可消化的蛋白质和能量 (Schaller and Ren, 1988); 灌木的根比禾本科和非禾本科植物的根长得更深, 使之能够在土壤深层吸收养分, 因此, 作为食物, 灌木的质量较好 (Boutton *et al.*, 1988)。因而藏羚羊暖季的食物谱中禾本科、莎草科以及矮灌木柽柳科均占有一定的比例 (图 1)。在冷季, 可可西里地区食物资源相对匮乏, 藏羚羊觅食的植物种类也相应减少, 此期植物的纤维含量增加, 养分含量、可吸收率以及适口性也降低 (Schaller and Ren, 1988), 此期由于大多数非禾本科草本植物变得干枯脆硬, 不便取食, 导致藏羚羊对其采食量下降, 但此期的豆科植物因具有高粗蛋白、高粗脂肪 (武素功和冯作建, 1996; Schaller and Ren, 1988) 的特点, 使其在藏羚羊的食物谱中所占的比例有所上升 (图 1)。

本研究采用粪便显微分析法分析了藏羚羊食性。该方法是食草动物食性研究中的常规方法 (Hansen, 1974; 陈化鹏和萧前柱, 1989; Alpaou *et al.*, 1992; 刘丙万和蒋志刚, 2002; Sandoval *et al.*, 2005; Mellado *et al.*, 2005; Arceo *et al.*, 2005; Guo and Zhang, 2005; Zheng and Bao, 2007), 具有易于取样和对动物干扰小的优点, 在食草动物食性研究中得到广泛应用, 也是唯一被用来确定珍稀和濒危动物食性的技术 (Putman, 1984)。它的基本原理是根据粪便中未被消化的植

物角质表皮碎片的细胞结构, 鉴定动物取食种类。但该技术的难点之一是植物碎片的识别, 尤其是残留于粪便中的植物碎片识别 (Holechek, 1982)。目前, 显微组织分析法的粪样植物碎片装片大多采用 Sparks 和 Malechek (1968) 的方法。然而, 由于该方法在装片过程中使用了高粘度的 Hoyer s 装片介质, 致使植物碎片很难均匀地分开, 并常常发生卷曲和重叠, 从而影响了植物碎片的识别, 而本实验室采用没有粘性的饱和 NaCl 溶液代替 Hoyer s 装片介质进行装片和镜检, 显著地减少了植物碎片卷曲率和重叠率, 有效提高了植物碎片的识别效果 (曹伊凡和苏建平, 2006)。

作为食性定量分析方法, 粪便分析方法存在一定范围的偏差, 而这与动物对各种植物的不同消化程度和食草动物自身的生理差异有关 (Plum tre, 1995)。曹俊虎等 (2007) 研究发现藏羚羊对牧草的消化率高于其它反刍动物, 这有可能增加对粪样中植物碎片的识别难度, 虽然有些植物种类的表皮细胞因具有特定的形态结构可以识别到种, 如矮野青茅、弱小火绒草、镰叶韭和准格尔红砂等, 而多数植物只能识别到属, 如早熟禾属的 5 个种、针茅属的 3 个种以及豆科的 10 个种均不能得到有效识别。尽管如此, 目前显微组织分析在测定各种食物的大致比率和说明其季节变化时仍是十分有效的实用方法 (Schaller and Ren, 1988)。

综上所述, 可可西里地区藏羚羊的食物主要由禾本科、莎草科、豆科、菊科、柽柳科和玄参科等植物组成, 其食物谱的组成在冷暖季有明显变化。其中, 禾本科植物在藏羚羊的全年食物谱中占有较大的比例, 而藏羚羊冷暖季的食物种类多寡以及采食比例的变化则可能与植物的营养成分、次生化合物含量和适口性有关。

致谢: 感谢中国科学院西北高原生物研究所卢学峰博士给予植物标本鉴定, 蔡联炳研究员在植物细胞结构识别上给予指导, 中国科学院动物研究所徐爱春博士在野外帮助采集样本。

#### 参考文献:

- Alipauo D, Valdez R, Holechek J. 1992. Evaluation of microhistological analysis for determining ruminant diet botanical composition *J Range Manage*, **45** (2): 148 - 152.
- Anthony R G, Smith N S. 1974. Comparison of rumen and fecal analysis to describe deer diets *J Wild Manage*, **38**: 535 - 540.
- Arceo G, Mandujano S, Gallina S, Perez-Jimenez L A. 2005. Diet diversity of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in a tropical dry forest in Mexico *Mammalia*, **69** (2): 159 - 168.
- Boutton T, Tieszen L, Inbamba S. 1988. Biomass dynamics of grassland vegetation in Kenya *African Journal of Ecology*, **26**: 89 - 102.
- Cai G Q, Liu Y S, O 'Gara B W. 1990. Observations of large mammals in the Qaidam Basin and its peripheral mountainous areas in the People 's Republic of China *Canadian Journal of Zoology*, **68**: 2021 - 2024.
- Cai L B, Wang S J, Li J H. 1991. A study on the common types and taxonomic values of the epidermal cells and the epidermal appendages on the leaf blades in the major plants of Chinese Gramineae *Acta Biologica Plateau Sinica*, **10**: 1 - 14. (in Chinese)
- Cao J H, Xu S X, Zhao X Q, Yu M S. 2007. Herbage utilization of Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) during cold season *Acta Theriologica Sinica*, **27** (2): 206 - 208. (in Chinese)
- Cao Y F, Su J P. 2006. A new technique for temporary slide mounting in microhistological herbivore fecal analysis *Acta Theriologica Sinica*, **26** (4): 407 - 410. (in Chinese)
- Chen H P, Xiao Q Z. 1989. Winter food-habits of red deer in Dailing *Acta Theriologica Sinica*, **9** (1): 8 - 15. (in Chinese)
- Feng Z J, Zheng C L, Cai G Q. 1980. On mammals from southeast Xizang (Tibet). *Acta Zoologica Sinica*, **26** (1): 91 - 97. (in Chinese)
- Feng Z J. 1990. On the status and conservation of the wild animal resources in the Karkorum - Kunlun Mountains region *China Journal of Natural Resources*, **5** (4): 343 - 353. (in Chinese)
- Fox J, Bardsen B J. 2005. Density of Tibetan antelope, Tibetan wild ass and Tibetan gazelle in relation to human presence across the Chang Tang Nature Reserve of Tibet *Acta Zoologica Sinica*, **51**: 586 - 597.
- Gu J H. 1987. Hoofed animals in eastern Kunlun Mountain and Altun Mountains of Xinjiang *Arid Zone Research*, **4** (3): 56 - 68. (in Chinese)
- Guo G P, Zhang E D. 2005. Diet of the Chinese water deer (*Hydropotes inermis*) in Zhoushan Archipelago, China *Acta Theriologica Sinica*, **25** (2): 122 - 130.
- Guo K. 1993. Vegetation of qinghai Hoh Xil region *Acta Phytocoecologica et Geobotanica Sinica*, **17** (2): 120 - 132. (in Chinese)
- Harris R B, Miller D J. 1995. Overlap in summer habitats and diets of Tibetan plateau ungulates *Mammalia*, **59**: 197 - 212.
- Harris R B, Pletscher K H. 1999. Status and trend of Tibetan plateau mammalian fauna, Yenuigou China *Biological Conservation*, **87**: 13 - 19.
- Hansen L M. 1974. Plant fragments in the feces of bighorns as indicators of food habits *J Wild Manage*, **37** (3): 363 - 366.
- Holechek J L. 1982. Sample preparation techniques for microhistological analysis *J Range Manage*, **35** (2): 267 - 268.
- Krebs J R, Davies N B. 1993. An introduction to behavioural ecology (Third edition). Cambridge: Blackwell scientific publications, 48 - 76.
- Lian X M, Su J P, Zhang T Z, Cao Y F. 2005. The characteristics of social groups of the Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) in the

- Kekexili region. *Acta Ecologica Sinica*, **25**: 1341 - 1346. (in Chinese)
- Liu B W, Jiang Z G. 2002. Foraging strategy of Przewalski's gazelle (*Procapra przewalskii*). *Acta Zoologica Sinica*, **48** (3): 309 - 316. (in Chinese)
- Mellado M, Olvera A, Quero A. 2005. Diets of prairie dogs, goats and sheep on a desert rangeland. *J Range Manage*, **58** (4): 373 - 379.
- Nagy K A. 1987. Field metabolic rate and food requirement scaling in mammals and birds. *Ecol Monogr*, **57**: 111 - 128.
- Nagy K A. 1994. Field bioenergetic of mammals: what determined field metabolic rates. *Aust J Zoo*, **42**: 43 - 53.
- Plumptre A. 1995. The chemical composition of montane plants and its influence on the diet of the large mammalian herbivores in the Parc National des Volcans, Rwanda. *Journal of Zoology*, London, **235**: 323 - 337.
- Putman R J. 1984. Facts from faeces. *Mammal Rev*, **14**: 79 - 97.
- Qiu L, Feng Z J. 2004. Effect of traffic during daytime and other human activities on the migration of Tibetan antelope along the Qinghai-Tibet Plateau. *Acta Zoologica Sinica*, **50** (4): 669 - 674. (in Chinese)
- Ruan X, He P, Zhang J, Wan Q, Fang S. 2005. Evolutionary history and current population relationships of the chiru (*Pantholops hodgsonii*) inferred from mtDNA variation. *J Mammal*, **86**: 881 - 886.
- Sandoval L, Holecek J, Biggs J. 2005. Elk and mule deer diets in north-central New Mexico. *J Range Manage*, **58** (4): 366 - 372.
- Schaller G B, Ren J R. 1988. Effects of a snowstorm on Tibetan antelope. *Journal of Mammalogy*, **69**: 631 - 634.
- Schaller G B, Ren J, Qiu M. 1991. Observations on the Tibetan antelope (*Pantholops hodgsonii*). *Applied Animal Behaviour Science*, **29**: 361 - 378.
- Schaller G B. 1998. *Wildlife of the Tibetan steppe*. Chicago: University of Chicago Press.
- Schaller G B, Kang A I, Cai X B, Liu Y I. 2006. Migratory and calving behavior of Tibetan antelope population. *Acta Theriologica Sinica*, **26** (2): 105 - 113.
- Sparks D R, Malecek J C. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscopic technique. *Journal of Range Management*, **21**: 264 - 265.
- Wang S, Yang C F, Zheng G M. 1998. China red data book of endangered animal (Mammalia). Beijing: Science Press, 341 - 344.
- Yang Q S, Xia L, Wu X M. 2005. Qinghai-Tibet railway crossing of the wild animals with Tibetan antelopes of protection. *Biological Bulletin*, **40**: 15 - 17. (in Chinese)
- Zheng Z C. 2001. Fiber characteristics of Tibetan antelope. *China herbivorous*, **3**: 14 - 16. (in Chinese)
- Zheng R Q, Bao Y X. 2007. Seasonal food habits of the black muntjac *Muntiacus crinifrons*. *Acta Zoologica Sinica*, **53** (2): 201 - 207.
- 冯祚建, 郑昌林, 蔡柱全. 1980. 西藏东部兽类区系调查. *动物学报*, **26**: 91 - 97.
- 冯祚建. 1990. 喀喇昆仑山-昆仑山地区兽类资源的现状与保护. *自然资源学报*, **5**: 343 - 353.
- 刘丙万, 蒋志刚. 2002. 普氏原羚的采食对策. *动物学报*, **48** (3): 309 - 316.
- 孙濡泳. 2001. *动物生态学原理* (第三版). 北京: 北京师范大学出版社.
- 李正理, 张新英. 1983. *植物解剖学*. 北京: 高等教育出版社.
- 李柄元, 顾国安, 李树德. 1996. 青海可可西里地区自然环境. 北京: 科学出版社.
- 连新明, 苏建平, 张同作, 曹伊凡. 2005. 可可西里地区藏羚羊的社群特征. *生态学报*, **25**: 1341 - 1346.
- 杨奇森, 夏霖, 吴晓民. 2005. 青藏铁路线上的野生动物通道与藏羚羊保护. *生物学通报*, **40**: 15 - 17.
- 陈化鹏, 萧前柱. 1989. 带岭林区马鹿冬季食性研究. *兽类学报*, **9** (1): 8 - 15.
- 武素功, 冯祚建主编. 1996. 青海可可西里地区生物与人体高山生理. 北京: 科学出版社.
- 谷景和. 1987. 新疆东昆仑-阿尔金山地区的有蹄类动物. *干旱区研究*, **4**: 56 - 68.
- 郑生武. 1994. *中国西北地区珍稀濒危动物志*. 北京: 中国林业出版社.
- 郑中朝. 2001. 藏羚羊纤维特性的研究. *中国草食动物*, **3**: 14 - 16.
- 郭柯. 1993. 青海可可西里地区的植被. *植物生态学与地植物学报*, **17** (2): 120 - 132.
- 康乐, 陈永林. 1992. 草原蝗虫食料植物叶片表皮显微结构的研究. *草原生态系统研究*, 第4集. 北京: 科学出版社, 125 - 139.
- 曹伊凡, 苏建平. 2006. 一种用于食草动物粪便显微组织分析的临时装片新技术. *兽类学报*, **26** (4): 407 - 410.
- 曹俊虎, 徐世晓, 赵新全, 于民胜. 2007. 藏羚羊冷季对干物质的消化效率. *兽类学报*, **27** (2): 206 - 208.
- 蒋志刚. 2004. *动物行为原理与物种保护方法*. 北京: 科学出版社, 102 - 124.
- 裘丽, 冯祚建. 2004. 青藏公路沿线白昼交通运输等人类活动对藏羚羊迁徙的影响. *动物学报*, **50** (4): 669 - 674.
- 蔡联炳, 王世金, 李建华. 1991. 中国主要禾本科植物叶片表皮细胞、表皮附属物的常见类型及其分类价值的初步探讨. *高原生物学集刊*, 第10集. 北京: 科学出版社, 1 - 14.