

藏原羚集群行为的初步研究

连新明^{1 2} 苏建平^{1 *} 张同作^{1 2} 曹伊凡¹

1(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

2(中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 2002年10月至2003年12月,在可可西里对藏原羚(*Procapra picticaudata*)的集群行为进行了初步研究。将其集群划分为雌性群、雄性群、母仔群、雌雄混群和独羚5种类型。共统计藏原羚924群次,计3643只次。其中雌性群525群次,占56.8%,为最多的集群类型;其余为独羚(26.1%)、雄性群(11.0%)、母仔群(3.0%)和雌雄混群(3.0%)。不同大小集群的比例亦有极显著差异,其中2–10只的集群占70.0%,独羚占26.1%,其余为3.9%,最大集群为17只。另外,选择2–8只的集群的个体数占72.9%,选择8只以上集群的个体数为20.5%,独羚仅占6.6%,选择不同大小集群的个体数的差异也极为显著($P < 0.001$)。除独羚外,其余4种集群类型的集群大小存在极显著差异。独羚作为一种特殊的集群类型,其雄性个体的比例占到68.1%,这说明雄性个体比雌性更容易形成独羚。总体而言,藏原羚的集群以雌性群为主,最适集群大小为2–8只。

关键词: 可可西里, *Procapra picticaudata*, 集群类型, 集群大小

中图分类号: Q958

文献标识码: A

文章编号: 1005–0094(2004)05–0488–06

Grouping behavior of the Tibetan gazelle (*Procapra picticaudata*) in Hoh Xil region, China

LIAN Xin-Ming^{1 2}, SU Jian-Ping^{1 *}, ZHANG Tong-Zuo^{1 2}, CAO Yi-Fan¹

1 Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001

2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039

Abstract: The Tibetan gazelle (*Procapra picticaudata*) is an endangered species inhabiting the Qinghai-Tibetan Plateau. From October 2002 to December 2003, we observed 924 groups (3643 individuals) of Tibetan gazelles in Hoh Xil region. These groups could be classified into five types. Female groups (525) were the major type, accounting for 56.8%. Solitary gazelle (a special group type), male groups, mother-calf groups and mixed groups made up 26.1%, 11.0%, 3.0% and 3.0%, respectively. Group size ranged from one to 17 individuals. Groups of 2–10 individuals, solitary gazelle groups and larger groups (>10 individuals) accounted for 70.0%, 26.1% and 3.9%, respectively. 72.9% of gazelles were observed in group with sizes of 2–8 individuals, while 20.5% were observed in group sizes >8 and 6.6% were solitary. A chi-square test showed that the frequencies of individuals in different group sizes were significantly different ($P < 0.001$). Group sizes varied significantly among different group types (Kruskal-Wallis H test, $P < 0.001$). There were significantly more males (68.1%) than females ($P < 0.001$) in solitary groups. To sum up, female group was the main group type of Tibetan gazelles, and the optimal group size was 2–8 individuals.

Key words: Hoh Xil region, Tibetan gazelle, group type, group size

集群现象在动物生态学研究占据重要地位 (Jarman, 1974)。许多研究表明,随着集群的增大,个体的捕食风险降低 (Burger *et al.*, 2000; 孙儒泳, 2001),警戒时间减少 (Barnard & Thompson, 1985;

Elgar, 1989; Dehn, 1990; Lima, 1995; Roberts, 1995, 1996; McNamara & Houston, 1992),从而允许个体将更多的时间用于其他行为以增强自身的适合度 (Lagory, 1986; Beauchamp, 2003)。但是,集群

规模并不能无限制地增大(Lima, 1990; Quenette, 1990), 集群过大容易引起天敌的注意、疾病的传播以及食物资源的竞争(孙儒泳, 2001)。近年来, 由于人类活动强度的加大、环境的变迁、非法盗猎的猖獗、草原的退化以及缺乏科学的管理等因素, 野生动物的分布区不断缩小, 种群数量亦不断下降(Schaller & Ren, 1988; Harris *et al.*, 1996; 沈渭寿等, 2000; 何池全和赵魁义, 1999)。因此, 了解动物的集群行为, 可以为其他研究提供基础资料, 从而提出科学有效的保护对策。

藏原羚(*Procapra picticaudata*)属于偶蹄目牛科羚羊亚科, 是国家二级保护动物, 主要分布于青海、新疆和西藏三省(自治区), 甘肃省和四川省也有少量分布(郑生武, 1995; 蒋志刚等, 2003; 张洪茂和胡锦涛, 2002; 张泽钧, 2001)。国内外对藏原羚的研究主要集中于数量调查、形态分类、区系划分、生境选择等方面(Fox *et al.*, 1991; Harris *et al.*, 1999; 蔡桂全等, 1992; 郑生武等, 1994; Harris & Miller, 1995; Cai *et al.*, 1990), 对其他方面尤其是集群行为的研究较少(冯祚建等, 1996; 谷景和, 1987; Schaller, 1998)。

2002 年 10 月至 2003 年 12 月, 作者在可可西里对藏原羚的集群行为进行了研究, 目的在于了解其集群类型、集群大小、个体对集群大小的选择、以及集群类型和大小之间的相互关系, 分析集群行为的利弊, 估计藏原羚的最适集群大小, 为保护工作提供参考。

1 研究地区和方法

本研究在青海省可可西里国家级自然保护区(90°03′-94°12′ E, 33°32′-35°55′ N)进行。本地区的地理状况和气候条件已有介绍(胡东生, 1992; 张琳, 1992)。该地区野生动植物资源较为丰富, 主要植被类型有高寒草原、高寒草甸和高寒冰缘植被, 少量分布有高寒荒漠草原、高寒垫状植被和高寒荒漠等植被(黄荣福, 1994)。

实验根据可可西里的自然状况分为春季(3-5 月)、夏季(6-8 月)、秋季(9-11 月)和冬季(12 月至次年 2 月)进行。利用 10-70×70 双筒望远镜记录样线两侧视野范围内所有藏原羚集群的特征, 如集群的类型、大小、组成比例等。

根据角的有无及形状、体型、毛色等, 将个体区

分为成体雄性、亚成体雄性、雌性和幼体, 划分标准如下:

成体雄性: 有角且粗大, 向后弯转成镰刀状, 体型较大。

亚成体雄性: 有角但纤细, 不弯曲或者稍稍后弯, 体型较成体小。

雌性: 无角, 体型较大。

幼体: 无角, 体型明显较雌性小。

大部分数据采集于昆仑山口至沱沱河之间的青藏公路两侧, 另有部分数据来自可可西里腹地的考察资料。所得数据采用 SPSS 11.0 进行统计分析。

2 结果

2.1 藏原羚的集群类型

根据藏原羚集群的组成, 将其分为雌性群、雄性群、母仔群、雌雄混群和独羚 5 种类型。

雌性群: 全部由雌性个体组成。

雄性群: 由雄性个体组成。

母仔群: 由雌性个体和幼体组成。

雌雄混群: 主要由成年雄性和雌性个体组成, 偶尔可见亚成体雄性。

独羚: 单独的藏原羚个体。

2.1.1 集群类型的频率分布

本文共统计藏原羚 924 群次, 计 3643 只次, 每群平均个体数为 3.9 ± 0.10 只, 最大集群 17 只, 最小为独羚。其中, 雌性群 525 群次(56.8%), 2657 只次; 雄性群 102 群次(11.0%), 336 只次; 母仔群 28 群次(3.0%), 219 只次; 雌雄混群 28 群次(3.0%), 190 只次; 独羚共 241 只次(26.1%)。卡方检验结果表明, 不同集群类型出现频率的差异极显著($\chi^2 = 946.552$, $df = 4$, $P < 0.001$)。

2.1.2 集群类型的季节变化

从图 1 得出, 雌性群每个季节均为主要类型, 而母仔群和雌雄混群的比例最少, 独羚和雄性群的比例季节间存在变化。卡方检验结果表明, 每个季节不同集群类型出现的频率差异极显著(春季 $\chi^2 = 13.739$, $df = 2$, $P < 0.001$; 夏季 $\chi^2 = 146.389$, $df = 4$, $P < 0.001$; 秋季 $\chi^2 = 175.817$, $df = 4$, $P < 0.001$; 冬季 $\chi^2 = 412.652$, $df = 3$, $P < 0.001$)。

2.2 藏原羚的集群大小

2.2.1 集群大小的频率分布

由图 2 可知, 924 群次藏原羚集群中, 独羚(241

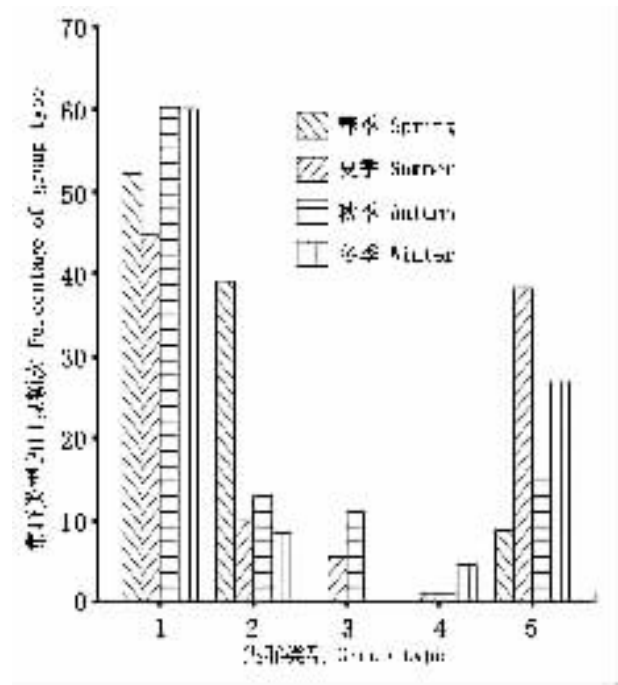


图1 藏原羚集群类型的出现频率(%)
1 雌性群 2 雄性群 3 母子群 4 雌雄混群 5 独羚
Fig.1 Percentage of group types of the Tibetan gazelle
1 , Female groups ; 2 , Male groups ; 3 , Mother-calf groups ; 4 , Mixed groups ; 5 , Solitary gazelle

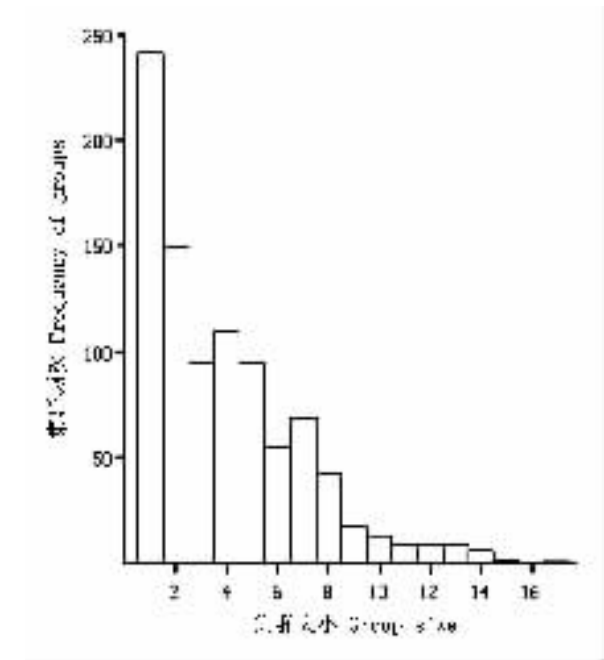


图2 藏原羚不同大小集群的出现频次
Fig.2 Frequency of the Tibetan gazelle groups in different group sizes

群次)最多,占总群次的 26.1% ;15 只(2 群次 , 0.2%)、16 只(0 群次)和 17 只(1 群次 , 1.1%)的

集群最少。卡方检验结果显示 ,不同大小的集群频率差异极显著($\chi^2 = 1168.537$, $df = 15$, $P < 0.001$) ;不同季节集群大小的出现频率亦有极显著差异(春季 $\chi^2 = 30.043$, $df = 10$, $P < 0.01$;夏季 $\chi^2 = 322.133$, $df = 13$, $P < 0.001$;秋季 $\chi^2 = 116.000$, $df = 15$, $P < 0.001$;冬季 $\chi^2 = 580.809$, $df = 13$, $P < 0.001$)。

2.2.2 不同大小集群的个体频次

从表 1 可知 ,藏原羚个体偏好选择 2 – 8 只的集群。卡方检验结果显示 ,选择不同大小集群的个体数差异极显著($\chi^2 = 1602.800$, $df = 15$, $P < 0.001$)。各季节不同大小集群的个体数亦存在极显著差异(春季 $\chi^2 = 67.667$, $df = 10$, $P < 0.001$;夏季 $\chi^2 = 70.867$, $df = 13$, $P < 0.001$;秋季 $\chi^2 = 230.149$, $df = 15$, $P < 0.001$;冬季 $\chi^2 = 1020.299$, $df = 13$, $P < 0.001$)。

表 1 藏原羚不同大小集群的个体频次
Table 1 Frequency of the Tibetan gazelle individuals in different group sizes

集群大小 Group sizes	个体数 No. of individuals	个体比例(%) Percentage of individuals
1	241	6.62
2	298	8.18
3	285	7.82
4	440	12.08
5	475	13.04
6	330	9.06
7	483	13.26
8	344	9.44
9	162	4.45
10	130	3.57
11	99	2.72
12	108	2.96
13	117	3.21
14	84	2.31
15	30	0.82
16	0	0
17	17	0.47

独羚的个体数为 241 只次 ,其中雄性个体 164 只次 雌性个体 77 只次 ,卡方检验结果表明 ,选择独羚这一特殊集群类型的雌雄个体数差异极显著($\chi^2 = 31.407$, $df = 1$, $P < 0.001$)。

2.3 藏原羚集群类型和集群大小的关系

从全年的情况看,集群大小与集群类型有关。母仔群最大,为 7.8 ± 0.71 (平均值 \pm 标准误,下同)只,其次为雌雄混群 6.8 ± 0.56 只;雌性群 5.1 ± 0.12 只;雄性群 3.3 ± 0.18 只。Kruskal-Wallis H 检验显示,除独羚外,不同集群类型的大小存在极显著差异($\chi^2 = 79.332$, $df = 3$, $P < 0.001$)。同样,不同季节集群类型(不包含独羚)的大小也存在极显著差异(春季 $\chi^2 = 9.566$, $df = 1$, $P < 0.01$;夏季 $\chi^2 = 23.933$, $df = 3$, $P < 0.001$;秋季 $\chi^2 = 19.865$, $df = 3$, $P < 0.001$;冬季 $\chi^2 = 31.517$, $df = 2$, $P < 0.001$) (图 3)。

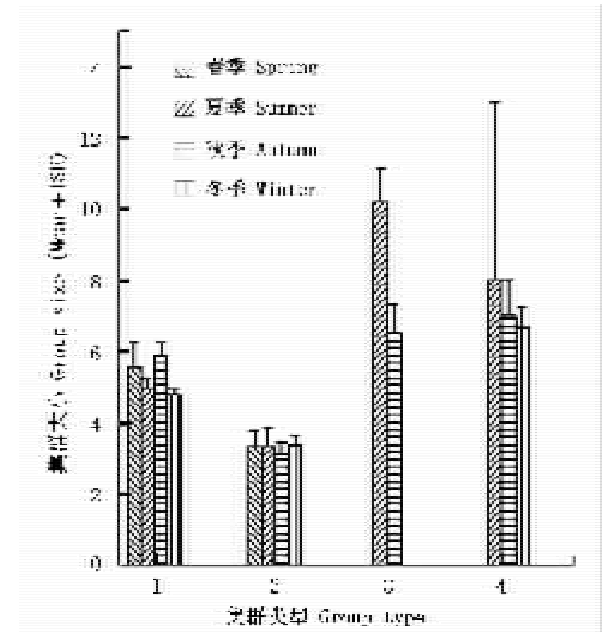


图 3 藏原羚不同集群类型的集群大小(平均值 + 标准误)的季节差异
1 雌性群 2 雄性群 3 母仔群 4 雌雄混群
Fig.3 Group sizes (Mean + 1SE) in different group types of the Tibetan gazelle
1 , Female groups ; 2 , Male groups ; 3 , Mother-calf groups ; 4 , Mixed groups

3 讨论

3.1 影响藏原羚集群类型出现频率的因素

野外观察显示,春季雌性群占 52.2%,夏季为 44.8%,秋季为 60.4%,冬季为 59.7% (图 1)。由此可见,雌性群为藏原羚集群的主要类型,也意味着雌性个体通常比雄性个体更喜欢集群活动,选择独羚的雄性个体(68.1%)明显多于雌性个体也间接说明了这一点。Schaller(1998)的观察结果与本文

刚好相反,其原因尚不清楚。

7 月下旬至 8 月中旬是藏原羚的产羔盛期(郑生武,1994),虽然其没有类似藏羚(*Pantholops hodgsoni*)的大规模长距离迁徙习性(Schaller,1998),但也会寻觅人类干扰小的地方产仔,因此见到雌性群的几率有所下降。雄性个体远离雌性群和母仔群,以保证雌性和幼体充足的食物资源,被发现的机会没有明显变化。春季,雄性群的比例相对较高,这可能由于雄性个体在交配中消耗了过多的体力,防御敌害的能力减弱,因此形成相对集中的集群,可以共同防御天敌,见到的几率较高。

母仔群和雌雄混群的比例偏低,是由于两种集群类型具有明显的季节特征,母仔群出现于产羔季节,由于幼体生长较快,4 个月左右的幼体和成体在体型上很难区分,造成了冬季和春季母仔群的数据缺乏。

雌雄混群仅出现于每年 12 月至次年 1 月(郑生武,1994)的交配季节。雌雄个体在交配季节来临时,成年雄性追赶雌性形成雌雄混合群,交配过后,两性个体又分离(Schaller,1998),因此,雌雄混群在全年中出现的时间短,所占比例较低。

综上所述,藏原羚集群类型的季节变化可能与两性的生物学特征以及一年一度的周期性繁殖过程密切相关。

3.2 影响藏原羚集群大小的因素

许多研究表明,集群规模的增加可以降低个体的捕食风险(Burger *et al.*, 2000; 孙儒泳, 2001),减少个体的警戒时间(Barnard & Thompson, 1985; Elgar, 1989; Dehn, 1990; Lima, 1995; Roberts, 1995, 1996; McNamara & Houston, 1992),从而增加个体的适合度(Lagory, 1986; Beauchamp, 2003)。但是,太大的集群容易招引天敌的注意,加大对可利用资源的竞争(Jarman, 1974),并易导致疾病的传播(孙儒泳, 2001)。

藏原羚多营小群生活。谷景和(1987)认为,藏原羚多单独或集小群活动,未见超过 7 只的群体,平均每群为 2.11 只。Schaller(1998)发现,尽管独羚非常普遍,但是藏原羚通常集成 5-7 只的集群,最大集群 25-26 只,且极罕见。冯祚建等(1996)报道,藏原羚 2-10 只的集群占到总集群的 90.0%, 11-20 只的集群占 6.6%, 20 只以上集群仅占 3.4%。但是,也有观察认为藏原羚最大集群可以达

到 30 只,甚至百只以上(Kaji *et al.* , 1993 ;鲁庆彬和王小明, 2003)。上述观察结果的差异,可能与观察地域、时间及天敌种类和数量等多方面因素的不同有关。作者在可可西里地区的观察显示,藏原羚的集群以小群为主 2-10 只的集群占 70.0% ,其次为独羚(26.1%) ,10 只以上的集群仅占到 3.9% ;最大集群为 17 只。这一点与同域分布的藏羚有着明显差别,藏羚的集群可以达到上千只,主要是由于藏羚具有集群迁徙的习性,大的集群有利于快速移动,并节省在识别迁徙路线中的体力(Schaller , 1998)。

作者在可可西里的观察还发现,观察到的 924 群次藏原羚的集群规模在 1-17 只之间,其中缺少 16 只的集群。按此计算,每种集群大小出现的平均百分比应为 6.25%。实际观察结果表明(表 1) ,独羚的比例为 6.62% ,接近平均值,2-8 只的集群出现比例在 7.82% -13.26% 之间,明显高于平均值;9-17 只的集群出现比例在 0.47% -4.45% ,明显低于平均值。由此推知,可可西里藏原羚的最适集群大小可能为 2-8 只。由于可可西里的食物资源十分匮乏,大型集群会增加集群内部个体之间的食物竞争,而独羚又会面临较大的捕食风险,2-8 只的集群大小可以兼顾捕食风险和个体竞争,使二者达到平衡。

3.3 独羚作为特殊集群类型的意义

冯祚建等(1996)的报道中没有将独羚视为集群类型,余玉群(2000)和 Schaller(1998)则将单独的动物也作为一种集群类型处理。作者认为,独羚作为一种普遍存在的形式,研究其行为可以比较单个动物与同种动物集群内个体的行为差异,更好地理解动物社会性的起源、进化和适应意义。因此本文将独羚作为一种特殊的集群类型。

独羚的出现势必会导致雌性群和雄性群比例的差异,作者统计了独羚类型的雌雄比例。结果发现,雄性个体占据了 68.1%(164 只次),说明雄性个体更容易形成独羚($P < 0.001$)。Schaller(1998)认为独羚的形成原因有两方面:第一,雄性个体在冬季交配期来临时不会出现类似于藏羚的争斗场面,其争取配偶的资本在于占据一定的领域,因此形成独羚;第二,雌性个体夏季产羔时通常也会形成独羚或者 2 只的集群。

独羚类型占总集群的 26.1% ,但是其个体数仅

为总个体数的 6.6% ,这说明虽然独羚非常普遍,但是个体并不偏好选择独羚,其面临的捕食风险远远超过资源利用带来的优势(孙儒泳, 2001) ,对个体的生存构成威胁。

致谢: 论文的修改得到美国亚利桑那州立大学文理学院生命科学系 Brigitte Hogan 博士的帮助,特此致谢。

参考文献

Barnard, C. J. and Thompson, D. B. A. 1985. *Gulls and Plovers: the Ecology of Mixed-Species Feeding Groups*. Croom Helm, London.

Beauchamp, G. 2003. Group-size effects on vigilance: a search for mechanisms. *Behavioural Processes*, **63**: 111-121.

Burger, J., Safina, C. and Gochfeld, M. 2000. Factors affecting vigilance in springbok: importance of vegetative cover, location in herd, and herd size. *Acta Ethologica*, **2**: 97-104.

Cai, G. Q. (蔡桂全), Liu, Y. S. (刘永生), Feng, Z. J. (冯祚建), Lin, Y. L. (林永烈), Gao, X. Y. (高行宜) and Zhao, J. N. (赵疆宁). 1992. Report of investigation on mammals in the typical habitats in Qinghai Province — results of Sino-American zoological survey in Qinghai Plateau, part III. *Acta Biologica Plateau Sinica*(高原生物学集刊), **11**: 63-90. (in Chinese with English abstract)

Cai, G. Q., Liu, Y. S. and 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.

Dehn, M. M. 1990. Vigilance for predators: detection and dilution effects. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **26**: 337-342.

Elgar, M. A. 1989. Predator vigilance and group size in mammals and birds: a critical review of the empirical evidence. *Biological Reviews*, **64**: 13-33.

Feng, Z. J. (冯祚建), He, Y. B. (何玉邦) and Ye, X. D. (叶晓堤). 1996. Wild animal resources and its conservation, utilization rationally in Hoh Xil region, Qinghai Province. In: Wu, S. G. (武素功) and Feng, Z. J. (冯祚建) (eds.), *The Biology and Human Physiology in the Hoh Xil Region*(青海可可西里地区生物及人体高山生理). Science Press, Beijing, 321-334. (in Chinese with English abstract)

Fox, J. L., Nurbu, C. and Chundawat, R. S. 1991. The mountain ungulates of Ladakh, India. *Biological Conservation*, **58**: 167-190.

Gu, J. H. (谷景和). 1987. Hoofed animals in eastern Kunlun Mountains and Altun Mountains of Xinjiang. *Arid Zone Research* (干旱区研究), **4**(3): 56-68. (in Chinese)

Harris, R. B. and Miller, D. J. 1995. Overlap in summer

- habitats and diets of Tibetan Plateau ungulates. *Mammalia*, **59**: 197 – 212.
- Harris, R. B., Miller, D. J., Cai, G. Q. and Pletscher, D. H. 1996. Mammalian status and conservation in Yenniugou, Qinghai, China. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **16**: 113 – 118. (in Chinese with English abstract)
- Harris, R. B., Pletscher, D. H. and Loggers, C. O. 1999. Status and trends of Tibetan plateau mammalian fauna, Yenniugou, China. *Biological Conservation*, **87**: 13 – 19.
- He, C. Q. (何池全) and Zhao, K. Y. (赵魁义). 1999. The conservation of wetlands biodiversities and their sustainable utilization in Roige Plateau. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), **14**: 238 – 244. (in Chinese with English abstract)
- Hu, D. S. (胡东生). 1992. Investigation and study on lake resources in Kekexili region. *Arid Land Geography* (干旱区地理), **15**(3): 50 – 58. (in Chinese with English abstract)
- Huang, R. F. (黄荣福). 1994. The cushion plant in the Hoh Xil area of Qinghai. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), **36**: 130 – 137. (in Chinese with English abstract)
- Jarman, P. J. 1974. The social organization of antelope in relation to their ecology. *Behaviour*, **48**: 215 – 267.
- Jiang, Z. G. (蒋志刚), Lei, R. H. (雷润华), Liu, B. W. (刘丙万) and Li, C. W. (李春旺). 2003. A review on the researches of przewalski's gazelle. *Chinese Journal of Zoology* (动物学杂志), **38**(6): 129 – 132. (in Chinese with English abstract)
- Kaji, K., Ohtaishi, N., Miura, S., Koizumi, T., Tokida, K. and Wu, J. 1993. Distribution and status of white-lipped deer and associated ungulate fauna in the Tibetan Plateau. In: Ohtaishi, N. and Sheng, H. (eds.), *Deer of China*. Elsevier, Amsterdam, 147 – 158.
- Lagory, K. E. 1986. Habitat, group size, and the behaviour of white-tailed deer. *Behaviour*, **98**: 168 – 179.
- Lima, S. L. 1995. Back to the basics of anti-predatory vigilance: the group size effect. *Animal Behaviour*, **49**: 11 – 20.
- Lima, S. L. 1990. The influence of models on the interpretation of vigilance. In: Bekoff, M. and Jamieson, D. (eds.), *Interpretation and Explanation in the Study of Animal Behavior*. Westview Press, Boulder, Colo, 246 – 267.
- Lu, Q. B. (鲁庆彬) and Wang, X. M. (王小明). 2003. The general situation of biological study on Tibetan gazelle. *Bulletin of Biology* (生物学通报), **38**(10): 24 – 25. (in Chinese)
- McNamara, J. M. and Houston, A. I. 1992. Evolutionarily stable levels of vigilance as a function of group size. *Animal Behaviour*, **43**: 641 – 658.
- Quenette, P. Y. 1990. Functions of vigilance behaviour in mammals: a review. *Acta Oecologica*, **11**: 801 – 818.
- Roberts, G. 1995. A real-time response of vigilance behaviour to changes in group size. *Animal Behaviour*, **50**: 1371 – 1374.
- Roberts, G. 1996. Why individual vigilance declines as group size increases? *Animal Behaviour*, **51**: 1077 – 1086.
- Schaller, G. B. 1998. *Wildlife of the Tibetan Steppe*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Schaller, G. B. and Ren, J. R. 1988. Effects of a snowstorm on Tibetan antelope. *Journal of Mammalogy*, **69**: 631 – 634.
- Shen, W. S. (沈渭寿), Wu, H. Z. (吴焕忠), Jiang, J. G. (蒋建国) and Xie, B. (谢标). 2000. Ecological destruction in the source region of the Huanghe River and countermeasures. *Rural Eco-Environment* (农村生态环境), **16**(1): 1 – 4, 16. (in Chinese with English abstract)
- Sun, R. Y. (孙儒泳). 2001. *The Theory of Animal Ecology* (3rd edn.) (动物生态学原理). Beijing Normal University Press, Beijing. (in Chinese)
- Yu, Y. Q. (余玉群), Liu, C. G. (刘楚光), Guo, S. T. (郭松涛), Gu, Z. Q. (顾正勤), Tu, X. J. (吐逊江), Caidai (才代) and Wang, X. J. (王新军). 2000. A study on the aggregate behaviour of argali (*Ovis ammon*) in Tianshan mountains. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **20**: 101 – 107. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, H. M. (张洪茂) and Hu, J. C. (胡锦矗). 2002. Selecting habitat of Tibetan gazelle in northwest plateau of Sichuan. *Sichuan Journal of Zoology* (四川动物), **21**(1): 12 – 15. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, L. (张琳). 1992. Characteristics of temperature distribution in summer Qinghai Kekexili empty quarter. *Plateau Meteorology* (高原气象), **11**: 203 – 207. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, Z. J. (张泽钧). 2001. Study of the fauna of mammals in Songpan district. *Journal of Sichuan Teachers College* (Natural Science) [四川师范学院学报(自然科学版)], **22**(2): 120 – 126. (in Chinese with English abstract)
- Zheng, S. W. (郑生武). 1994. *Fauna of Rare and Endangered Species of Vertebrates in Northwest China* (中国西北地区珍稀濒危动物志). China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)