

DOI: 10.5846/stxb201509181925

李亚衡, 曼丽, 洪立国, 高利军, 乌云其其格, 青格力图, 毕力格巴雅尔, 王勇. 大鵟对长爪沙鼠秋季的集群捕食策略. 生态学报, 2017, 37(3): - .  
Li Y H, Man L, Hong L G, Gao L J, Wu Yunqige, Qing Gelitu, Bi Ligebyaer, Wang Y. The Strategy adopted by Upland Buzzard (*Buteo hemilasius*) to Prey on *Meriones unguiculatus* Family Group, in Autumn. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(3): - .

## 大鵟对长爪沙鼠秋季的集群捕食策略

李亚衡<sup>1</sup>, 曼丽<sup>2</sup>, 洪立国<sup>2</sup>, 高利军<sup>2</sup>, 乌云其其格<sup>2</sup>, 青格力图<sup>2</sup>, 毕力格巴雅尔<sup>3</sup>,  
王勇<sup>1,\*</sup>

1 中国科学院亚热带农业生态研究所亚热带农业生态过程重点实验室, 长沙 410125

2 内蒙古锡林郭勒盟锡林浩特市草原工作站, 锡林浩特 026000

3 内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗草原工作站, 苏尼特左旗 011300

**摘要:** 2003年9月10日—15日, 在内蒙古东乌珠穆沁旗嘎达布其口岸附近的典型草原区鼠害草场研究了大鵟(*Buteo hemilasius*)对长爪沙鼠的捕食策略。鉴于秋季是长爪沙鼠的活跃期, 直接采用鼠丘核心区的沙鼠洞口数作为衡量长爪沙鼠集群大小的指标, 分析了大鵟对不同大小集群的长爪沙鼠家族集群的捕食选择偏好。本次实验涉及了3hm<sup>2</sup>的实验样地, 样地中具有符合实验统计的长爪沙鼠洞群为87个。5d内作者观察到大鵟蹲守在样地中的长爪沙鼠29只次, 共涉及23个沙鼠洞群。通过分析大鵟蹲守和没有蹲守过的沙鼠洞群的洞口数量, 利用非参数的Mann-Whitney U检验法分析, 结果表明: 大鵟蹲守的洞群的洞口数量总秩和为2569.5, 大鵟没有蹲守的沙鼠洞群的洞口数量秩和统计量为1258.5, 统计量U值为489.5。校正之后的Z值为-2.37459, 两组差异达到显著的水平( $P=0.017574$ )。此外, 分析还显示: 沙鼠洞群洞口数量(S)与大鵟蹲守次数(F)呈显著的正相关关系, 相关式为:  $F=-0.0559+0.023 * S$  ( $r=0.2707$ ,  $P < 0.05$ )。结果表明, 大鵟会首先在洞口数量多的长爪沙鼠集群蹲守捕食, 因此在越冬期间, 长爪沙鼠的集群数量会被限制, 进而可能形成一种最优化集群数量的模式。本文的研究结果从一定角度支持了鼠类通过形成最优集群以降低天敌捕食概率的理论。长爪沙鼠可能借助扩散行为, 以及秋季的分群行为来降低集群密度从而降低被捕食风险。

**关键词:** 长爪沙鼠; 大鵟; 捕食策略; 秋季集群

## The Strategy adopted by Upland Buzzard (*Buteo hemilasius*) to Prey on *Meriones unguiculatus* Family Group, in Autumn

LI Yaheng<sup>1</sup>, MAN Li<sup>2</sup>, HONG Ligu<sup>2</sup>, GAO Lijun<sup>2</sup>, WU Yunqige<sup>2</sup>, QING Gelitu<sup>2</sup>, BI Ligebyaer<sup>3</sup>,  
WANG Yong<sup>1,\*</sup>

1 Key Laboratory for Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China

2 Xilinhot Grassland Station, Xilinguole district 026000, China

3 Sumitezuoqi Grassland Station, Sonid Zuoqi 011300, China

**Abstract:** Between September 10—15 of 2003, we focused on the grasslands in Inner Mongolia that are heavily populated with rodents, to understand the strategy adopted by the upland buzzard (*Buteo hemilasius*) to prey on the Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*) in a typical steppe environment. Autumn is the season when *M. unguiculatus* are most active, therefore, the number of rodent holes in this season was used as a measure to determine the abundance of *M. unguiculatus*. Based on a previous study on *M. unguiculatus* community behavior, we found that when the rodents cluster in autumn, on

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201203041)

收稿日期: 2015-09-18; 网络出版日期: 2016-01-28

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangy@iac.ac.cn

an average, there is only 1 *M. unguiculatus* per 6.3 rat holes. Therefore, to reduce the interference of the temporary *M. unguiculatus* holes in autumn, we defined the groups that had fewer than five rodent holes as temporary, ineffective groups. This study only analyzed the groups with more than five rodent holes as a base group to assess the predation risk. The predation preference of *B. hemilasius* on different-sized *M. unguiculatus* clusters was analyzed. This study focused on 3 square meter of grassland, and the number of *M. unguiculatus* groups, based on the statistics, was 87. To determine the predation strategy of *B. hemilasius*, two researchers recorded the location and frequency of *B. hemilasius* within the sample area at different locations using telescopes. For 5 d *B. hemilasius* was observed swooping down 29 times within the sample area, which was inhabited 23 *M. unguiculatus* groups. The number of holes that *B. hemilasius* visited, and the frequency of *B. hemilasius* visits to each of the groups, was analyzed using the Mann-Whitney test for nonparametric data. From the results, we determined that *B. hemilasius* visited 2,569.5 holes, while 1,258.5 holes were not visited by *B. hemilasius* ( $U$  value = 489.5, Adjusted  $Z$  Value = -2.37459), indicating a significant difference between the two ( $P = 0.017574$ ). This indicated that *B. hemilasius* was obviously biased towards the survey groups with more rodent holes, possibly for increased predation success rate. From the analysis that the correlation between the number of *B. hemilasius* visits ( $F$ ) and the group size of another rodent, Brandt's vole (*Lasiopodomys brandtii*, ( $S$ )), was also determined as follows:  $F = -0.0559 + 0.023 * S$  ( $r = 0.2707$ ,  $P < 0.05$ ). From these results, we concluded that the upland buzzard first chose the *M. unguiculatus* groups that have a higher number of rodent holes as potential prey before it chose the *L. brandtii* groups. During the winter, the number of *M. unguiculatus* individuals in clusters will become restricted, and may form an optimal number in the cluster model. The results of the present study may support the theory that prey species form an optimal cluster to reduce predation risk. *M. unguiculatus* may use rodent holes to escape predation, or autumn swarming behavior to reduce the density of individuals in clusters, to reduce predation risk.

**Key Words:** *Meriones unguiculatus*; *Buteo hemilasius*; pedator strategy; clustering in autumn

长爪沙鼠(*Meriones unguiculataus*)主要分布在我国内蒙古高原,陕西北部,宁夏东部,甘肃西部,新疆等地<sup>[1]</sup>。在内蒙古地区,长爪沙鼠喜栖荒漠和半荒漠草原,但在东部的呼伦贝尔和锡林郭勒典型草原区<sup>[2]</sup>也有分布。长爪沙鼠是内蒙古典型草原区的主要害鼠之一。大鸺则是其主要猛禽类捕食者,有关大鸺对长爪沙鼠家族的捕食风险研究尚未见报导。从总体上看,野外捕食者对于猎物的捕鼠对策的相关研究也非常缺乏<sup>[3]</sup>为此,于2003年9月间在内蒙古锡林浩特东乌珠穆沁旗的长爪沙鼠鼠害草场开展了相关的调查研究,分析长爪沙鼠集群数量与捕食风险的关系,为草原鼠害的天敌防控提供依据。同时旨在为探索野外条件下天敌与猎物之间的关系提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地点

2003年9月10日—15日,在内蒙古东乌珠穆沁旗嘎达布其口岸附近的长爪沙鼠样地(44°37'N, 116°26'E, 海拔830 m)开展了本项实验设计。该年度长爪沙鼠密度高发,样地中可见大鸺在觅食活动。我们在长爪沙鼠鼠害草场中选定一块实验区域(规格200 m×150 m),面积为3 hm<sup>2</sup>。鉴于这个时期为长爪沙鼠的储食期,沙鼠挖掘和储草行为活跃,各家群之间的界限非常清晰。而通常沙鼠家群鼠丘中心直径大致为2 m,为简化起见,以鼠丘中心直径为3 m的范围作为家群主要范围,将此范围内的出现的洞口数作为本家群数量的参考指标。

### 1.2 长爪沙鼠秋季集群中群体数量的统计指标

一般来说,群居性鼠类的家群数量与集群所拥有的洞口数呈正比,很多研究人员因此采用以鼠类洞口数作为估算鼠类数量的指标<sup>[4]</sup>,张知彬等<sup>[5]</sup>也发现长爪沙鼠的洞群数量可以用传统的洞口系数法来估算。而

秋季长爪沙鼠的活动强度非常高<sup>[6]</sup>,洞口以有活动洞口居多。将选定样地范围内的长爪沙鼠家群全部做编号标记。根据刘伟<sup>[7]</sup>对长爪沙鼠社群行为的研究发现,在秋季集群时,平均 6.3 个洞口有一只长爪沙鼠。因此为减少秋季长爪沙鼠临时洞口的干扰,本次实验将样地中沙鼠家群洞口在 5 个以下的定义为临时家群,不计入有效洞群之列。本次实验只分析 5 个洞口以上(含)的沙鼠家群。作为分析其捕食风险的基数洞群。为便于标记,将样地内各家群编号对应位置绘制在坐标纸上,样地内插若干参考标记物,便于远距离定位和家群识别。

### 1.3 大鸮对长爪沙鼠的捕食风险估算标准

鉴于大鸮主要为白天活动<sup>[4]</sup>,每日观察时间是 8:00—17:00,这个时间段也是长爪沙鼠的主要活动高峰。在此时间段上,详细观察记录样地范围内大鸮活动情况以及对沙鼠的捕食情况。大鸮对长爪沙鼠的捕食方法为采取蹲守洞口进行捕食。根据这个特点,采用望远镜,2 人分别在不同的方位,分片远距离观察记录样地内大鸮的停留地点。即观察大鸮出现在实验样地中各沙鼠家群洞群的次数,并对大鸮在各个沙鼠家群的停留和捕食情况进行详细记录。根据观察结果,记录 5 d 之内大鸮所蹲守洞群编号及频次。

## 2 结果与分析

实验样地家群洞口在 5 个以上的长爪沙鼠家群共计有 87 个。5 d 集中观察期间目击到大鸮捕食沙鼠的情况出现了 6 次。在样地内,大鸮吐出来的食物团中可见长爪沙鼠的颌骨和皮毛。根据皮毛的体积比例粗略估算长爪沙鼠大约占大鸮取食量的 95% 以上。除此以外,本年度该实验样地中还有少量的小毛足鼠(*Phodopus roborovskii*)、达乌尔黄鼠(*Spermophilus dauricus*)、黑线毛足鼠(*Phodopus campbelli*)、黑线仓鼠(*Cricetulus barabensis*)、和五趾跳鼠(*Allactaga sibirica*)分布。

图表 1 为长爪沙鼠秋季集群洞口数量和大鸮停留频次记录表。记录的集群为洞口数在 5—33 之间,低于 5 个洞口的视为临时洞群不记录在内。相对应每个洞群记录大鸮在该洞群 5 d 观察时间内停留频次。

表 1 长爪沙鼠秋季集群洞口数量与大鸮停留数据记录表

Table 1 The records about the visiting frequencies of *Buteo hemilasius* on the different family group of *Meriones unguiculataus*

沙鼠洞口 1 Group size of <i>Meriones</i> <i>unguiculataus</i>	大鸮频次 1 Frequencies of <i>Buteo hemilasius</i>	沙鼠洞口 2 Group size of <i>Meriones</i> <i>unguiculataus</i>	大鸮频次 2 Frequencies of <i>Buteo hemilasius</i>	沙鼠洞口 3 Group size of <i>Meriones</i> <i>unguiculataus</i>	大鸮频次 3 Frequencies of <i>Buteo hemilasius</i>	沙鼠洞口 4 Group size of <i>Meriones</i> <i>unguiculataus</i>	大鸮频次 4 Frequencies of <i>Buteo hemilasius</i>
33	0	23	0	17	0	11	0
32	1	22	2	17	1	11	0
32	0	22	0	16	0	11	0
31	2	22	0	16	2	10	0
30	0	21	0	16	0	10	0
30	1	21	1	16	0	10	1
29	0	21	0	16	1	10	0
29	1	20	2	15	0	9	0
28	0	20	0	15	0	9	0
28	0	20	0	15	0	9	0
27	2	20	0	15	0	8	0
26	0	19	1	14	1	8	0
26	1	19	0	14	0	8	0
26	0	19	0	14	0	7	0
25	0	19	0	13	0	7	0
25	0	18	0	13	1	6	0
24	2	18	2	13	0	6	0
24	0	18	0	12	0	6	0

续表

沙鼠洞口 1 Group size of <i>Meriones</i> <i>unguiculataus</i>	大鸮频次 1 Frequencies of <i>Buteo hemilasius</i>	沙鼠洞口 2 Group size of <i>Meriones</i> <i>unguiculataus</i>	大鸮频次 2 Frequencies of <i>Buteo hemilasius</i>	沙鼠洞口 3 Group size of <i>Meriones</i> <i>unguiculataus</i>	大鸮频次 3 Frequencies of <i>Buteo hemilasius</i>	沙鼠洞口 4 Group size of <i>Meriones</i> <i>unguiculataus</i>	大鸮频次 4 Frequencies of <i>Buteo hemilasius</i>
24	0	18	1	12	1	5	0
23	1	18	0	12	0	5	0
23	0	18	0	12	0	5	0
23	1	17	0	11	1	—	—

运用非参数的 Mann-Whitney U 检验法<sup>[8]</sup>,采用 Statistica 软件进行分析,对比分析捕食者大鸮捕食时对长爪沙鼠洞群的选择。分析结果显示:在出现大鸮蹲守过组中的长爪沙鼠洞口数量秩和为 1258.5(样本量为 23),而未出现大鸮蹲守组的洞口数量秩和为 2569.5(样本量为 64), $U = 489.5$ ,校正  $Z = -2.37459$ ,校正  $P = 0.017574$ 。

根据上文的分析得知,大鸮的蹲守选择明显偏向于长爪沙鼠洞群洞口数量较多的洞群,而且对比分析可知关于两者的差异达到显著水平( $P < 0.05$ )。由此我们可以得出大鸮对长爪沙鼠这种群居小型啮齿类动物捕食时喜好采取的捕食策略为选择洞群洞口数量较多的洞群,增加捕食成功几率。贾举杰等<sup>[4]</sup>在研究大鸮对其他鼠种的选择偏好中也得出了大鸮偏好选择鼠洞口较多的家群作为优先捕食目标,本文的分析结论与其研究结论类似。

利用 SPSS 双变量相关分析来进一步探讨大鸮蹲守捕食频次与长爪沙鼠洞群洞口数量的关系,结果见图 1 中。

利用相关式作图表示为如下:

根据对图 1 的分析结果,大鸮蹲守捕食长爪沙鼠洞口的频次与其洞口数量的存在显著的正相关关系( $P = 0.011 < 0.05$ ),并接近极显著相关水平。此结果同样表明,大鸮在捕食时会优先选择蹲守在洞口较多的洞群。长爪沙鼠的集群数量越大,大鸮的蹲守频次会越高。通过过去研究结果我们可得知,鼠类集群洞口与其中所居住沙鼠数量成正比关系<sup>[9]</sup>。此结果符合实验预期猜测。

### 3 讨论

自然界始终上演着捕食者和被捕食者的军备竞赛<sup>[10]</sup>,捕食者发展各种条件来使自己有能力获取更多的猎物。而被捕食者不断的发展反捕食策略来使自己的种群获得发展。路纪琪等<sup>[11]</sup>认为在生态系统中,捕食者具有抑制和调剂猎物种群,强化猎物生存竞争能力的功能。而在进化时间上,捕食对猎物形态和行为特征的适应及进化其重要作用<sup>[12]</sup>。孙鸾<sup>[13]</sup>通过观察猫科动物捕食发现其采用隐匿的策略发动突然袭击来增加捕食成功率。蜘蛛由于运动能力的限制,而采取结网被动等待猎物上门的策略<sup>[14]</sup>。而捕食者的捕食压力会对猎物的进化形成一定的动力,成为协同进化<sup>[15]</sup>。石建斌<sup>[3]</sup>认为由捕食压力所造成的捕食风险效应对猎物种群动态的控制作用甚至大于捕食者的直接捕杀效应。猎物为了延续自己的种群不被捕食者所捕食,发展自我防御行为,形成反捕食策略来适应或者规避捕食者的捕食压力<sup>[16-17]</sup>。动物依据能量的消耗将反捕食策略定义为隐蔽、逃避、自卫三类,隐蔽方式有两种,一种是通过颜色和斑点隐蔽<sup>[18]</sup>,另一种通过行为隐蔽,例如草原啮齿类通过穴居躲避大型猛禽类的捕食<sup>[19]</sup>。或者改变其取食时间来降低捕食风险<sup>[20]</sup>。而且穴居啮齿

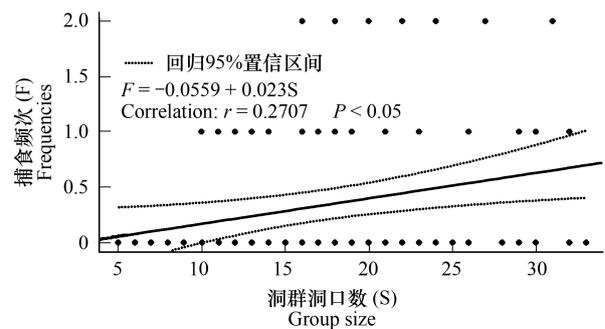


图 1 实验样地中大鸮蹲守次数 (F) 与长爪沙鼠洞口数量 (S) 的相关分析

Fig.1 The correlation between times of *Buteo hemilasius* visited (F) and group size of the *Meriones unguiculataus* (S)

类有些往往会采用将自己的时间生态位调整至夜晚,以此避免与白天活动的大型猛禽的时间生态位重叠,进一步降低自己的捕食风险,例如黑线仓鼠<sup>[21]</sup>。高原鼠兔会采用利它行为来增加自己的适合度<sup>[22]</sup>。某些物种在面对捕食者时会采用两种以上的规避捕食风险的策略,比如夜蛾碰到鼠耳蝠(*Myotis lucifugus*)时,距离相距较近时采取飘忽不定的方式飞行,不易被鼠耳蝠捕获,而距离较远时就会直接采用隐蔽的策略<sup>[23]</sup>。自卫策略只是在被捕食者发现后无法躲避后采取的一种反捕食策略。

然而通过已有研究发现,草原某些群居啮齿类动物会采用另外一种反捕食策略来躲避天敌的捕食风险,如分群行为<sup>[24]</sup>。长爪沙鼠作为一种群居性日间活动的啮齿类动物,其种群可在短时间内大量繁殖<sup>[25]</sup>。本次实验得到的结果为,大鸮对多洞口的长爪沙鼠洞群具有优先捕食选择,长爪沙鼠可能会采取分群的反捕食策略,降低集群数量,降低了集群被捕食者攻击的优先次序,且能有效避免种群在一次攻击中损失惨重<sup>[3,26]</sup>。长爪沙鼠的此种反捕食策略有效的保存了种群的延续性,并且避免了单一种群过大所导致的局部食物短缺,洞群内二氧化碳含量过高而产生的可能对影响个体生长和繁殖的问题<sup>[17]</sup>。与此同时,小型啮齿类哺乳动物又倾向于在冬季形成集群来共同抵御寒冷,储存食物以及抵御其他竞争者。而形成最优集群便是一种可能平衡了越冬集群所带来的危害和优势的内在驱动的需求<sup>[27-28]</sup>。在捕食和被捕食的相互选择之下,捕食者大鸮与作为被捕食者的长爪沙鼠各采用蹲守洞口较多洞群的捕食策略和躲避或者分群的反捕食策略,相互竞争而使各自的种群数量达到一种动态的平衡。

长爪沙鼠由于对多种细菌和病毒敏感,如流行性出血热病毒、狂犬病毒、脊髓灰白质炎病毒等。如今国内外普遍将其作为研究流行性出血热病毒的理想模式动物<sup>[29]</sup>。在野外条件下,大鸮作为对其捕食的主要天敌,大鸮通过蹲守策略提高对长爪沙鼠的捕食率,从而对流行病毒远距离的传播提供了优良的媒介,为病毒传播到其他物种或者进一步达到家畜,人体提供桥梁作用。此外,长爪沙鼠作为脑神经病研究的主要实验室动物,其神经递质的传递模式对临床研究具有十分重要的意义<sup>[30]</sup>。而长爪沙鼠面对捕食压力时,其神经分泌会有明显变化,而长期的捕食压力很可能会进一步的稳定改变其神经结构或者神经特定物质分泌量进而改变其行为特征。因此关于其在捕食压力条件下后续研究会为探索长爪沙鼠神经结构的研究工作提供有力帮助。

本研究所得到的结果有效的支持了物种竞争策略的协同进化的这个观点,同时为野生鼠诱发的流行病学研究和临床神经病理研究提供帮助,为后期的长爪沙鼠种群防治,草原生态维护以及生物捕食策略的研究提供了理论基础。

**致谢:**野外调查得到了内蒙古草原动物生态研究站的协助和支持,在此一并致谢!

#### 参考文献(References):

- [1] 武文华,付和平,武晓东,杨玉平,董维惠,徐胜利.应用马尔可夫链模型预测长爪沙鼠和黑线仓鼠种群数量.动物学杂志,2007,42(6):69-78.
- [2] 宛新荣,陈立军,霍英军.呼伦贝尔草原啮齿动物生物多样性调查报告.呼伦贝尔:内蒙古文化出版社,2011:85-105.
- [3] 石建斌.捕食风险的种群动态效应及其作用机理研究进展.动物学杂志,2013,48(1):150-158.
- [4] 贾举杰,李锋,倪亦非,林峻,徐云虎,贺兵,王玉梅,赵景瑞.大鸮对不同数量布氏田鼠越冬洞群的选择偏好.动物学杂志,2015,50(5):795-800.
- [5] 张知彬,王祖望.农业重要害鼠的生态学及控制对策.北京:海洋出版社,1998.
- [6] 霍秀芳,王登,梁红春,施大钊,张焕强,梁继军.两种不育剂对长爪沙鼠的作用.草地学报,2006,14(2):184-187.
- [7] 刘伟,宛新荣,王广和,刘文东,钟文勤.不同季节长爪沙鼠同生群的繁殖特征及其在生活史对策中的意义.兽类学报,2004,24(3):229-234.
- [8] 宛新荣,钟文勤.秩和检验法在动物生态学研究中的应用.动物学杂志,2003,38(1):63-66.
- [9] 胡全林,曹怀峰,邬虎成,爱群.应用洞口系数法调查长爪沙鼠数量.中国地方病防治杂志,2011,26(6):463-463.
- [10] Strickberger M W. Evolution. Boston: Jones and Bartlett Publishers Press, 2002.
- [11] 路纪琪,张知彬.捕食风险及其对动物觅食行为的影响.生态学杂志,2004,23(2):66-72.

- [12] Caldwell G S. Predation as a selective force on foraging herons: effects of plumage color and flocking. *The Auk*, 1986, 103(3): 494-505.
- [13] 孙鸾, 乔轶伦. 猫科动物的捕食策略. *生命世界*, 2010, (1): 24-27.
- [14] 宋大祥. 蜘蛛的网和它的捕食策略. *生物学通报*, 2000, 35(4): 1-3.
- [15] 王德利, 高莹. 竞争进化与协同进化. *生态学杂志*, 2005, 24(10): 1182-1186.
- [16] 宇世东, 颜忠诚. 动物的反捕食策略. *生物学通报*, 2014, 49(1): 12-15.
- [17] Wolff J O. Behavior // Tamarin R H, ed. *Biology of new world Microtus*, Special publications No.8. Pennsylvania: The American Society of Mammalogists, 1985: 340-372.
- [18] 孙儒泳. *动物生态学原理* (第三版). 北京: 北京师范大学出版社, 2001: 265-271.
- [19] 李来兴, 李明财, 易现峰, 朱筱佳. 普通大鵟 (*Buteo hemilasius*) 捕食策略与守候位置选择研究 // 中国动物学会. 第八届中国动物学会鸟类学分会全国代表大会暨第六届海峡两岸鸟类学研讨会论文集. 北京: 中国动物学会, 2005.
- [20] 马静, 陶双伦, 杨锡福, 姚小燕, 王璐, 李俊年. 捕食风险对东方田鼠功能反应格局的作用. *生态学报*, 2013, 33(9): 2734-2743.
- [21] 彭真, 王勇, 范尊龙, 李亚衡, 徐云虎, 贺兵, 王玉梅, 赵景瑞. 内蒙古浑善达克地区黑线仓鼠的食性及其动态. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2014, 25(5): 408-412.
- [22] 杨生妹, 魏万红, 殷宝法, 樊乃昌, 周文扬. 高寒草甸生态系统中高原鼠兔和高原鼢鼠的捕食风险及生存对策. *生态学报*, 2007, 27(12): 4972-4978.
- [23] 尚玉昌. *动物行为学*. 北京: 北京大学出版社, 2005: 174-180.
- [24] 宛新荣, 石岩生, 萨仁花, 罗建平, 宝祥, 包学明, 杜森云, 王广和. 人工鹰架对草地鼠类防治效果的观察 // 中国植物保护学会. 中国植物保护学会 2006 年学术年会论文集. 昆明: 中国植物保护学会, 2006: 371-375.
- [25] 刘伟, 宛新荣, 钟文勤, 王建青. 长爪沙鼠种群繁殖的季节性特征. *兽类学报*, 2013, 33(1): 35-46.
- [26] 杜桂林, 洪军, 王勇, 林凤荣, 于成, 哈斯其木格, 焦玉斌, 关其格. 布氏田鼠秋季家群数量与捕食风险的关系. *动物学杂志*, 2016, 51(1). doi: 10.5846/stxb201506031118.
- [27] 蒋志刚. *动物行为原理与物种保护方法*. 北京: 科学出版社, 2004: 219-236.
- [28] 贾举杰, 李锋, 倪亦非, 徐云虎, 青格勒图, 贺兵, 毕力格巴雅尔, 朝格吉勒玛, 乌日格木勒. 内蒙古典型草原区狭颅田鼠集群数量与被捕食风险的关系. *生态学报*.
- [29] 肖丽, 戴方伟, 宋晓明, 萨晓婴. 长爪沙鼠在病原感染研究中的应用. *中国比较医学杂志*, 2013, 23(7): 61-67.
- [30] 杨明, 李庆芬, 黄晨西. 下丘脑-垂体-甲状腺轴在冷暴露长爪沙鼠产热中的作用. *动物学研究*, 2002, 23(5): 379-383.