

布氏田鼠秋季家群数量与捕食风险的关系

杜桂林^① 洪 军^① 王 勇^{②*} 林荣凤^③ 于 成^④ 哈斯其木格^④
焦玉斌^④ 关其格^④

① 全国畜牧总站 北京 100125; ② 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; ③ 内蒙古锡林郭勒盟阿巴嘎旗疾病预防控制中心 阿巴嘎旗 011400; ④ 内蒙古锡林郭勒盟阿巴嘎旗草原工作站 阿巴嘎旗 011400

摘要: 2004年9月25日至10月15日,在内蒙古锡林郭勒盟阿巴嘎旗白音图嘎苏木研究了布氏田鼠 (*Lasiopodomys brandtii*) 秋季家群数量与来自艾虎 (*Mustela eversmanni*) 的捕食风险。布氏田鼠家群数量调查采用标志重捕法和最小已知存活数估计法(即MNA法)确定,而艾虎对布氏田鼠捕食风险的衡量指标采用在研究期间布氏田鼠洞群区新出现的艾虎粪便和挖掘痕迹。研究区面积4 hm²,涉及91个布氏田鼠家群,658只布氏田鼠,其中,17个布氏田鼠家群有新出现的艾虎粪便,5个家群被艾虎掘开。运用非参数的Mann-Whitney *U* 检验进行数据分析,从艾虎遗留的粪便痕迹来看,未出现艾虎粪便的布氏田鼠家群总秩和为1 096,出现艾虎粪便的田鼠洞群秩和为3 090,统计量 $U = 315$,校正 $Z = -3.241$,校正 $P = 0.001 2$;另外,从艾虎掘开的田鼠家群来分析,没有被艾虎挖掘的布氏田鼠家群秩和为3 757,而被艾虎掘开的田鼠家群秩和为429,统计量 $U = 16$,校正 Z 值为 -3.514 , $P = 0.000 4$ 。两组差异达到极显著水平,表明艾虎对秋季高数量的布氏田鼠家群具有显著的优先访问和攻击偏好,也意味着高数量的布氏田鼠秋季家群具有更高的被艾虎捕食的风险。

关键词: 布氏田鼠; 越冬家群数量; 捕食风险; 艾虎

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2016) 02-176-07

The Predation Risk of the Brandt's Vole Related to the Group Sizes of Communal Over-Winter Nests

DU Gui-Lin^① HONG Jun^① WANG Yong^{②*} LIN Rong-Feng^③ YU Cheng^④
HASIQIMUGE^④ JIAO Yu-Bin^④ GUAN Qi-Ge^④

① *National Animal Husbandry Service, Beijing* 100125; ② *Key Laboratory for Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha* 410125; ③ *Abagaqi Centre for Disease Control and Prevention, Abagaqi* 011400; ④ *Abagaqi Grassland Station, Abagaqi* 011400, China

Abstract: In this project we studied the influence of social group sizes on the predation risk of Brandt's voles (*Lasiopodomys brandtii*) in the Xilinguole typical steppe, Inner Mongolia, Abagaqi Centre from

基金项目 公益性行业(农业)科研专项经费项目(No. 201203041);

* 通讯作者, E-mail: wangy@isa.ac.cn;

第一作者介绍 杜桂林,男,博士;研究方向:草原保护与管理;E-mail: nahsdgl@126.com。

收稿日期: 2015-05-30, 修回日期: 2015-08-17 DOI: 10.13859/j.cjz.201602002

September 25 to October 15, 2004. We also tested the effects of the predation from steppe polecat (*Mustela eversmanni*) on the group size of the Brandt's vole in the same study area. We used the capture-recapture methods to estimate the group sizes of Brandt's voles (MNA). Meanwhile, we recorded both the feces and holes excavated by steppe polecats within the habitat of each Brandt's vole colony as the indicators of its predation pressure. We used the U statistic of nonparametric Mann-Whitney test to detect differences in social group sizes between the colonies with and without the signs of the polecat activities. Totally, 91 colonies of Brandt's voles and 658 Brandt's voles were observed in the study site with 4 hm² in size. Of them, we found 17 fresh steppe polecat feces in Brandt's vole colonies and five excavated vole colonies (Table 1). The results show that the rank sum of the colonies without feces of the polecat was 1 096, while those with the polecat feces was 3 090 ($U = 315$, Adjusted Z Value = - 3.241, Adjusted $P = 0.001 2$); the rank sum of the colonies holes destroyed by the polecat was 429, whereas, the rank sum of the colonies were not dug by the polecat was 3 757 ($U = 16$, Adjusted Z Value = - 3.514, Adjusted $P = 0.000 4$). The results of Mann-Whitney test suggest a significant difference in predator preference between the two groups of colonies (Table 2). This difference indicates that the steppe polecat significantly prefers to hunt in the Brandt's vole colonies with high group sizes. They spend longer time in the colonies with more burrow entrances. This finding indicates that the colonies with larger social group sizes result in a higher predator risk.

Key words: *Lasiopodomys brandtii*; Over-winter group size; Predator risk; *Mustela eversmanni*

有关捕食者和猎物种群之间的关系为动物生态学研究的一个重要内容(路纪琪等 2004)。捕食者和猎物之间的相互关系不仅影响了捕食者种群的变动,也影响着猎物种群的动态(杨生妹等 2007, Creel et al. 2009)。关于猎物和天敌种群数量间的对应关系, Holling 提出了 3 种模型,后来增加到 4 种模型(丁岩钦 1994)。一般认为,捕食者不但可以直接捕杀猎物,还可以通过捕食风险效应影响猎物的种群动态,并且在某些情况下,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(石建斌 2013)。

捕食者对猎物的某些特征和属性具有一定的选择偏好,对猎物种群来说这种偏好就是被捕食风险。Stenseth (1999) 研究了斯堪的纳维亚地区的小哺乳动物群动态,发现其种群动态具有 3~4 年的周期波动,且这种波动均与捕食者存在密切的关系。宛新荣等(2006)研究了在内蒙古草原架设鹰架(包括用于营巢和落脚杆结构)对草原害鼠群落结构和数量的影响,发现在鹰活动频率越高的地区,鼠类的密度越

低,在远离鹰活动的区域,草原鼠类密度越高。在一定范围内,作为鼠类天敌的鹰类不仅能有效地控制草原鼠类数量,而且还可以影响到草原鼠类的群落结构。贾举杰等(2015)研究了大鸮(*Buteo hemilasius*)对秋季布氏田鼠的捕食优先偏好,发现,大鸮优先选择洞口数较高的布氏田鼠家群作为捕食的目标。在青藏高原区,天敌对鼠类社群行为、繁殖模式和觅食对策也有显著的影响(边疆晖等 2001,魏万红等 2004)。天敌的存在,显著增加了猎物的捕食风险(Anson et al. 2012),进而对猎物种群数量产生间接的抑制作用(Jonsson et al. 2000)。

布氏田鼠(*Lasiopodomys brandtii*)是内蒙古典草原区的主要害鼠之一(武晓东 1990,苏永志等 2013,张小倩等 2014)。布氏田鼠不冬眠,冬季主要以洞群仓库中的贮草为食,且具有秋季集群习性(施大钊等 1997)。宛新荣等(2001)研究了布氏田鼠的分群行为,认为高数量集群的布氏田鼠存在较高的捕食风险,这也是布氏田鼠出现分群行为的诱因。张知彬等(1998)认为,高数量的鼠类集群往往存在

更高的捕食风险。

在内蒙古锡林郭勒草原，艾虎 (*Mustela eversmanni*) 是布氏田鼠家群秋季越冬集群的主要捕食者之一。有关艾虎对布氏田鼠家群的捕食风险，一直缺乏系统的野外研究证据。为此，我们于 2004 年 9 月 25 日至 10 月 15 日在内蒙古锡林郭勒盟典型草原的阿巴嘎旗实验样地开展了相关研究，研究了不同布氏田鼠家群的被捕食风险，为群居性小哺乳动物的越冬生态学及草原鼠害的天敌防控技术研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究地点与布氏田鼠越冬家群的数量估计

2004 年 9 月 25 日至 10 月 15 日，在内蒙古锡林郭勒盟阿巴嘎旗白音图嘎苏木 (44°53'N, 116°41'E, 海拔 1 341 m)，选取了 2 块 2 hm² (规格均为 200 m × 100 m) 的布氏田鼠鼠害草场。该年度阿巴嘎旗暴发了布氏田鼠鼠害，草场布氏田鼠密度很高，出现了很多艾虎的活动痕迹，该样地是研究艾虎对布氏田鼠捕食风险的理想场所。所选取的实验样地为放牧草场，先确定样地内所有布氏田鼠越冬家群，并对家群逐一编号，采用 GPS 完成洞群定位，并绘制洞群位置分布图。

9 月中旬，采用铁丝捕鼠笼，对样地内的布氏田鼠进行标志重捕，重捕持续 3 d，采用切趾标记法 (四趾系统法) 对布氏田鼠进行个体识别 (宛新荣等 2000)。因 9 月份为布氏田鼠挖仓和储草期，该阶段其洞群之间的界限非常清晰且易于区分，此外这个时期布氏田鼠活动频繁，捕获率很高 (达 95% 以上)，因此采用最小已知存活数估计法，即 MNA 方法 (minimum number of animal known to be alive) (Krebs et al. 1984) 可以准确估算每个洞群的布氏田鼠数量。

1.2 艾虎对布氏田鼠家群捕食风险的数值指标

艾虎是当地布氏田鼠的主要捕食者。经过前期调查发现，艾虎在秋季袭击布氏田鼠一般有两种方式：一是直接掘开布氏田鼠的洞群，通常在窝巢或者越冬储草仓库上方挖开一个大洞，进入其窝巢直接捕食，此方式破坏力最高，通常会造整个布氏田鼠家群的毁灭；二是在地面上巡视停留，伺机袭击布氏田鼠。这两个过程中均可能在洞群区留下粪便，因此可以通过统计布氏田鼠各家群中遗留的艾虎新鲜粪便数量，作为艾虎访问布氏田鼠洞群的数值指标，并以此估算布氏田鼠家群被捕食风险。具体方法是，完成标志重捕，确定布氏田鼠各家群数量后，人工清除掉实验样地内所有鼬科动物粪便，20 d 之后即 10 月 15 日，开始逐一检视实验样地内各布氏田鼠各家群是否具有新出现的艾虎粪便和艾虎新掘开洞口。施大钊等 (1997) 的研究发现，布氏田鼠鼠丘中心半径为 1 m 左右，为简化起见，我们以布氏田鼠洞群鼠丘中心 1 m 为半径作为该家群的核心位置，艾虎的粪便多出现在鼠丘区域，各鼠丘上新出现的艾虎粪便和新掘开的艾虎盗洞即为此期间艾虎所留，可以作为此期间艾虎对各洞群访问记录的统计指标。

2 结果与分析

实验样地共有布氏田鼠家群 91 个，其中新出现艾虎粪便的家群 17 个，被艾虎直接掘开窝巢的家群 5 个 (表 1)。

将表 1 中的数据采用 Statistica 统计软件进行分析，首先对布氏田鼠的家群数量 (MNA 法估计) 由小到大赋秩 (相同的数目赋秩相同)，然后运用非参数的 Mann-Whitney *U* 检验法 (宛新荣等 2003) 比较实验样地中艾虎对不同家群数量布氏田鼠的捕食选择嗜好 (表 2)。

从表 2 所列举的 91 个有效布氏田鼠家群的分析结果来看，无论是从艾虎粪便痕迹还是掘开洞口的痕迹来看，洞口数量高的布氏田鼠家群都面临更高的被艾虎访问的概率，因而面临了更多的被捕食风险。从分析结果上看，留有

表 1 实验样地内布氏田鼠家群大小 (MNA 估计法) 与艾虎粪便、掘开洞口数据

Table 1 Data sets of group sizes of Brandt's vole (based on MNA estimation), the feces marks and the digging marks of steppe polecat

布氏田鼠家群大小 Group size	艾虎粪便痕迹 Feces of Polecat	艾虎掘洞痕迹 Holes dug by Polecat	布氏田鼠家群大小 Group size	艾虎粪便痕迹 Feces of Polecat	艾虎掘洞痕迹 Holes of Polecat	布氏田鼠家群大小 Group size	艾虎粪便痕迹 Feces of Polecat	艾虎掘洞痕迹 Holes dug by Polecat	布氏田鼠家群大小 Group size	艾虎粪便痕迹 Feces of polecat	艾虎掘洞痕迹 Holes dug by Polecat
7	0	0	10	0	0	6	0	0	4	0	0
8	0	0	7	0	0	8	1	0	6	0	0
9	1	0	5	0	0	9	0	0	7	0	0
7	0	0	7	0	0	5	0	0	9	0	0
6	1	0	5	0	0	9	0	0	10	1	0
10	0	0	6	0	0	6	0	0	8	0	0
6	0	0	8	1	0	7	1	0	9	1	1
8	0	0	7	0	0	11	1	1	7	0	0
4	0	0	6	0	0	5	0	0	6	0	0
5	0	0	7	0	0	7	0	0	5	0	0
6	0	0	5	0	0	8	0	0	7	0	0
11	0	1	8	0	0	5	0	0	8	0	0
12	1	1	6	0	0	6	0	0	10	0	0
8	0	0	7	0	0	9	0	0	8	0	0
5	0	0	8	0	0	6	0	0	4	0	0
6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0
9	0	0	9	1	0	7	0	0	8	1	0
10	1	0	10	0	1	8	1	0	5	0	0
9	1	0	11	0	0	9	0	0	9	0	0
4	0	0	9	0	0	7	1	0	8	1	0
6	0	0	6	0	0	8	0	0	6	1	0
7	0	0	5	0	0	8	0	0	7	0	0
8	0	0	7	0	0	5	0	0			

艾虎粪便痕迹列，数字 1 表示出现，0 表示未出现；艾虎掘洞痕迹列，数字 1 表示洞被掘，0 表示洞未被掘。

In the column data of weasel's feces, 1 indicates the groups were visited by Steppe polecat while 0 indicates not; in the column data of Polecat's holes, 1 indicates the groups were dug by steppe polecat while 0 indicates not.

表 2 艾虎对不同数量家群的布氏田鼠洞群访问偏好

Table 2 The visiting preference of steppe polecat on the different group size of Brandt's vole

痕迹类型 Trace type	未被艾虎访问的田鼠洞群组 The vole's group not visited by steppe polecat		被艾虎访问的田鼠洞群组 The vole's group visited by steppe polecat		U 值 U-value	校正 Z 值 Adjusted Z-value	校正 P 值 Adjusted P-value
	样本量 Sample size	秩和 Rank sum	样本量 Sample size	秩和 Rank sum			
	粪便 Feces	74	3 090	17			
挖掘 Holes	86	3 757	5	429	16.0	- 3.514	0.000 4

艾虎粪便的田鼠家群按照洞口数排序赋值的累计秩和为 1096 (样本量为 17), 其平均秩和数值远高于没有留下粪便痕迹的田鼠家群平均秩和 ($P = 0.0012$); 若从艾虎挖掘痕迹来分析 (91 个洞群中有 5 个被艾虎掘开), 被艾虎掘开洞口的田鼠家群洞口数平均秩和与未被掘开的田鼠家群相比差异更大 ($P = 0.0004$)。统计检验表明, 两组差异达到极显著的水平。表明艾虎对秋季布氏田鼠家群大小的选择极强, 明显倾向于选择家族数量高的布氏田鼠洞群为访问和挖掘的目标。

3 讨论

3.1 捕食者的捕食效率最大化问题

捕食者和被捕食者之间的关系是生物界普遍存在的关系。捕食风险的存在对猎物的行为以及生存对策都存在深远影响 (路纪琪等 2004)。研究表明, 在生态系统中捕食者具有抑制和调节猎物种群, 强化猎物生存竞争能力的功能 (石建斌 2013)。由于捕食者及捕食压力的存在, 猎物会发展出适应性行为, 以适应和规避捕食者的捕食压力 (Wolff 1985)。在自然界中, 猎物和捕食者双方达成一种均衡, 双方都在努力实现自身利益的最大化, 以拓宽自身的生存概率。对捕食者而言, 捕食过程需要消耗能量, 因此通过捕食选择个体大、数量高的猎物以获取最佳的捕食效益 (魏万红等 2004)。此外, 天敌的成功捕食经历也成为一种奖励, 捕食者倾向于返回成功捕食地, 以延续较高的捕食效率 (宛新荣等 2006)。本研究中艾虎作为捕食者, 在秋季优先选择家群数量高的布氏田鼠家群, 意味着同等的捕食投入可以获得更多的收益, 对自身生存有利。

3.2 猎物种群逃避被猎食的行为对策

除了捕食者, 猎物本身也在发展逃避捕食的策略和行为对策, 并借此降低自身被捕食的风险, 提高自身的生存机会 (Pearson 1985)。对北方不冬眠的小哺乳动物而言, 为规避严寒、食物缺乏的冬季, 群居成为一些鼠类度过北方

寒冬的重要生存方式 (Roberts 1996)。通过群居, 鼠类个体可以获得合作挖仓贮草的优势, 提升与同种其他家群的竞争优势, 并降低热能耗散 (Pulliam 1973)。但集群也带来一些显而易见的弊病, 更大的家群需要更多的食物, 这样需要提高秋季贮草范围, 以获取更多食物, 因此可能增加贮草过程中的捕食风险并增加贮草过程中因运输距离加长的消耗 (施大钊等 1997, 张知彬等 1998), 此外增加疾病传播概率和面临更高的被捕食风险, 也是限制小哺乳动物家群大小的重要因素 (Wolff 1985), 捕食风险也是家群生存过程中的一个主要威胁因素。

猎物在捕食压力下, 会演化出降低捕食风险的适应行为对策 (Pearson 1985)。如在青藏高原, 捕食风险会影响高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 的行为, 并使其产生适应对策 (魏万红等 2004)。在内蒙古草原, 捕食者鹰类主要是白天活动, 也使得鼠类群落结构倾向于提高夜行性鼠类的比例, 以逃避鹰类的捕食压力 (宛新荣等 2006)。北方群居性鼠类中, 通常具有一个繁殖周期, 繁殖期结束后, 家群数量有明显的增长, 并在繁殖末期形成一个数量庞大的家群 (张知彬等 1998)。通常野生群居性啮齿动物的家群都不会有无限增长的现象, 野外小哺乳动物家群数量都有一个上限, 如长爪沙鼠 (*Meriones unguiculatus*) (刘伟等 2013)、高原鼠兔 (杨生妹等 2007) 和达乌尔鼠兔 (*O. dauurica*) (Chen et al. 2015) 等。

宛新荣等 (2001) 研究结果表明, 布氏田鼠在经历夏季的繁殖期之后, 家群数量增加很快, 随后在秋季出现分群行为。在分群过程中, 有些布氏田鼠家群成员可以通过扩散、重组形成 2~3 个越冬家群, 其原因是家群占据更多的生存空间, 同时降低、分散被捕食风险。本文的结果能很好地解释布氏田鼠在秋季 (繁殖末期) 的分群现象, 分群行为可以降低家群数量, 是逃避捕食者捕食压力的一个适应对策。分群行为一方面分散了被捕食风险, 避免整个家族

在一次攻击中全军覆没, 另一方面还直接降低了捕食者的攻击优先次序, 使本家群成为次要的袭击目标, 将捕食者的注意力转移到其他家群中, 从而提升本家群的存活机会。

Bertram (1978) 提出了小哺乳动物最优化集群理论, 认为小哺乳动物家群的大小是动物适应自然环境的结果。集群可以带来利弊两方面的因素, 而利弊的消长则受集群大小的影响 (利弊同时影响集群的大小), 最终使小哺乳动物形成一个最优化的集群数量, 在这个最优集群模式下, 参与集群的个体成员收益为最高。对野外布氏田鼠越冬存活率的研究表明, 中等数量的布氏田鼠家群拥有最大的越冬存活率, 家群数量过高和过低都降低了布氏田鼠家群的越冬存活率 (Wan et al. 2014)。Caraco (1979) 认为天敌捕食风险的存在是阻止动物形成高数量越冬集群的重要因素之一。一些研究表明, 在猛禽对鼠类集群的捕食过程中, 高数量集群的家群往往是猛禽类捕食者的首选目标 (贾举杰等 2015)。由此可见, 捕食者的优化捕食对策以及猎物种群对捕食风险的适应行为是最优集群形成的重要机制之一。

致谢 内蒙古锡林郭勒盟草原工作站、内蒙古草原动物生态研究所协助部分野外调查, 在此一并致谢!

参 考 文 献

- Anson J R, Dickman C R. 2012. Behavioral responses of native prey to disparate predators: naiveté and predator recognition. *Oecologia*, 171(2): 367–377.
- Bertram C R. 1978. Living in groups: predator and prey // Krebs J R, Davies N B. *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach*. Sunderland: Massachusetts, 64–96.
- Caraco T. 1979. Time budgeting and group size: a theory. *Ecology*, 60(3): 611–617.
- Chen L J, Wang G M, Wan X R, et al. 2015. Complex and nonlinear effects of weather and density on the demography of small herbivorous mammals. *Basic and Applied Ecology*, 16(2): 172–179.
- Creel S, Winnie J A Jr, Christianson D. 2009. Glucocorticoid stress hormones and the effect of predation risk on elk reproduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(30): 12388–12393.
- Jonsson P, Koskela E, Mappes T. 2000. Does risk of predation by mammalian predators affect the spacing behaviour of rodents? Two large-scale experiments. *Oecologia*, 122(4): 487–492.
- Krebs C J, Boonstra R. 1984. Trappability estimates for mark-recapture data. *Canadian Journal of Zoology*, 62(12): 2440–2444.
- Pearson O P. 1985. Predation // Tamarin R H. *Biology of New World Microtus*. Special Publication No. 8. Stillwater: American Society of Mammalogists, 535–566.
- Pulliam H R. 1973. On the advantages of flocking. *Journal of Theoretical Biology*, 38(2): 419–422.
- Roberts G. 1996. Why individual vigilance declines as group size increases. *Animal Behaviour*, 51(5): 1077–1086.
- Stenseth N C. 1999. Population cycles in voles and lemmings: density dependence and phase dependence in a stochastic world. *Oikos*, 87(3): 427–461.
- Wan X R, Zhang X J, Wang G M, et al. 2014. Optimal body weight of Brandt's voles for winter survival. *Journal of Arid Environments*, 103: 31–35.
- Wolff J O. 1985. Behavior // Tamarin R H. *Biology of New World Microtus*. Special Publication No. 8. Stillwater: American Society of Mammalogists, 340–372.
- 边疆晖, 景增春, 刘季科. 2001. 相关风险因子对高原鼠兔摄食行为的影响. *兽类学报*, 21(3): 187–193.
- 丁岩钦. 1994. *昆虫数学生态学*. 北京: 科学出版社, 256–269.
- 贾举杰, 李锋, 倪亦非, 等. 2015. 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*, 50(5): 795–800.
- 刘伟, 宛新荣, 钟文勤, 等. 2013. 长爪沙鼠种群繁殖的季节性特征. *兽类学报*, 33(1): 35–46.
- 路纪琪, 张知彬. 2004. 捕食风险及其对动物觅食行为的影响. *生态学杂志*, 23(2): 66–72.
- 施大钊, 海淑珍, 金晓明, 等. 1997. 越冬前布氏田鼠 (*Microtus brandti*) 储草行为与储草种类选择的研究. *草地学报*, 5(1): 20–26.
- 石建斌. 2013. 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, 48(1): 150–158.
- 苏永志, 宛新荣, 王梦军, 等. 2013. 典型草原区布氏田鼠鼠害防治经济阈值的研究. *动物学杂志*, 48(4): 10–16.
- 宛新荣, 石岩生, 萨仁花, 等. 2006. 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. 北京: 中国农业科学技术出版社, 371–375.
- 宛新荣, 钟文勤, 王梦军. 2001. 群居性啮齿动物集群重组率的估算. *兽类学报*, 21(1): 67–72.
- 宛新荣, 钟文勤. 2000. 一种简易的啮齿动物趾趾编码方法. *动物学杂志*, 35(4): 22–24.
- 宛新荣, 钟文勤. 2003. 秩和检验法在动物生态学研究中的运用. *动物学杂志*, 38(1): 63–66.
- 魏万红, 曹伊凡, 张堰铭, 等. 2004. 捕食风险对高原鼠兔行为的影响. *动物学报*, 50(3): 319–325.
- 武晓东. 1990. 布氏田鼠种群生态研究. *兽类学报*, 10(1): 54–59.
- 杨生妹, 魏万红, 殷宝法, 等. 2007. 高寒草甸生态系统中高原鼠兔和高原鼯鼠的捕食风险及生存对策. *生态学报*, 27(12): 4972–4978.
- 张小倩, 郑思思, 苏永志, 等. 2014. 贮草期布氏田鼠采食距离及集群数量对采食量的影响. *动物学杂志*, 49(1): 24–30.
- 张知彬, 王祖望. 1998. 农业重要害鼠的生态学及控制对策. 北京: 海洋出版社.