

大鸮对不同数量布氏田鼠越冬洞群的选择偏好

贾举杰^① 李 锋^① 倪亦非^{②*} 林 峻^② 徐云虎^③
贺 兵^③ 王玉梅^④ 赵景瑞^⑤

① 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室 北京 100085; ② 新疆维吾尔自治区治蝗灭鼠指挥部办公室 乌鲁木齐 830004; ③ 内蒙古锡林郭勒盟镶黄旗草原工作站 镶黄旗 013200; ④ 内蒙古太仆寺旗气象局 太仆寺旗 027000; ⑤ 内蒙古太仆寺旗土壤肥料工作站 太仆寺旗 027000

摘要: 2004年10月2~7日在内蒙古东乌珠穆沁旗额和宝力格苏木鼠害草场采用鼠洞口数量作为布氏田鼠 (*Lasiopodomys brandtii*) 秋季集群大小的指标, 分析了大鸮 (*Buteo hemilasius*) 对不同大小布氏田鼠集群的捕食选择偏好。统计了实验样地内可以观察到的大鸮蹲守布氏田鼠洞群鼠洞口数量, 以及样地内大鸮没有蹲守的布氏田鼠洞群的鼠洞口数量。运用非参数 Mann-Whitney *U* 检验进行分析, 大鸮没有蹲守的布氏田鼠洞群的洞口数量秩和统计量为 1 753.5, 而大鸮蹲守的布氏田鼠洞群的洞口数量总秩和为 1 406.5, 统计量 *U* 值为 213.5, 校正之后的 *Z* 值为 -4.764 26, 这表明, 两组差异达到极显著水平 ($P = 0.000\ 002$), 大鸮蹲守次数 (*B*) 与田鼠洞群洞口数量 (*N*) 呈显著的正相关关系, 相关式为 $B = -0.733\ 2 + 0.044\ 36 N$ ($r = 0.592\ 65, P < 0.05$)。结果表明, 大鸮优先选择集群数量高的布氏田鼠集群, 该结果可以解释布氏田鼠在秋季出现的分群行为。由于捕食风险的存在, 布氏田鼠借助秋季的分群行为以降低冬季集群大小和被捕食风险, 从而避免成为捕食性天敌首要攻击的目标, 该结果从捕食风险角度支持了鼠类最优集群理论。

关键词: 布氏田鼠; 大鸮; 捕食风险; 集群数量

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2015) 05-795-06

The Preference Bias of Upland Buzzard (*Buteo hemilasius*) on the Group Size of Over-wintering Colonies of Brandt's Vole (*Lasiopodomys brandtii*)

JIA Ju-Jie^① LI Feng^① NI Yi-Fei^{②*} LIN Jun^② XU Yun-Hu^③ HE Bing^③
WANG Yu-Mei^④ ZHAO Jing-Rui^⑤

① State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085; ② Locust and Rodent Control Header quarters of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Wulumuqi 830004; ③ Xianghuangqi Grassland

基金项目 中国科学院战略生物资源科技支撑体系运行专项(野生)动物实验平台运行补助经费项目, 公益性行业(农业)科研专项经费项目(No. 201203041);

* 通讯作者, E-mail: zhbnyf@163.com;

第一作者介绍 贾举杰, 男, 博士研究生; 研究方向: 产业生态学、动物生态学和复合生态系统管理; E-mail: jiajujie06@163.com。

收稿日期: 2015-01-12, 修回日期: 2015-04-19 DOI: 10.13859/j.cjz.201505017

Station, Xilinguole district, Inner Mongolia, Xianghuangqi 013200; ④ Taipusiqi Meteorological Bureau, Xilinguole district, Inner Mongolia, Taipusiqi 027000; ⑤ Taipusiqi Soil and Fertilizer Station, Xilinguole district, Inner Mongolia, Taipusiqi 027000, China

Abstract: Group sizes of Brandt's vole (*Lasiopodomys brandtii*) overwintering colonies could affect colonies' predation risks. Using the number of Brandt's vole colony as an indicator of family group size, we studied how group sizes of Brandt's voles affect the predation preference of upland buzzard (*Buteo hemilasius*) in Xilinguole typical steppe, Inner Mongolia, from October 2 to 7, 2004. We recorded the different colonies of Brandt's voles within sampling area. All colonies are divided into two groups by whether they were visited by upland buzzard or not. But we don't distinguish the upland buzzard visiting times on the Brandt's vole. Then the Mann-Whitney U of nonparametric was used to analyze the data. The results show that the rank sum of the groups without upland buzzard's visiting is 1 753.5, while which of the groups that have been visited by upland buzzard is 1 406.5 (U value = 213.5, Adjusted Z Value = - 4.764 26). This suggests that the differences between the two groups is significant ($P = 0.000\ 002$). The correlation between times of upland buzzard visited (B) and group size of the Brandt's vole (N) were as follow: $B = - 0.733\ 2 + 0.044\ 36 N$ ($r = 0.592\ 65$, $P < 0.05$). The result shows that upland buzzards significantly prefers to high number of group sizes of vole's colonies. This finding indicates that the colonies with larger size result into a higher predator risk, which explains why Brandt's vole dispersal happened during fall, In order to avoid predation risk Brandt's vole colonies choose to reduce their group sizes through dispersal. Such result also supports the optimum group size theory of small mammals.

Key words: Brandt's vole *Lasiopodomys brandtii*; Upland buzzard *Buteo hemilasius*; Predator risk; Group size

内蒙古草原是我国华北、东北地区的重要生态屏障 (张小倩等 2015)。布氏田鼠 (*Lasiopodomys brandtii*) 是内蒙古典型草原区的优势鼠种之一, 同时也是该典型草原区的主要害鼠种类 (武晓东 1990, 苏永志等 2013)。该鼠为不冬眠种类, 冬季主要以洞群贮草仓库中的贮草为食, 具有秋季集群习性 (施大钊等 1997, 张小倩等 2014)。一般认为高数量集群的布氏田鼠存在更高的捕食风险, 而捕食风险导致了布氏田鼠秋季集群的分群行为 (宛新荣等 2001)。

捕食风险效应对猎物种群动态具有重要作用。关于捕食风险效应影响猎物种群繁殖和动态的机理存在两个假说: 即捕食者敏感食物假说和捕食应激假说。已有研究表明, 捕食风险对有蹄类猎物种群动态存在重要的影响 (石建斌 2013)。有关野外鼠类与捕食者之间的关系,

已经有一些报道 (路纪琪等 2004)。Stenseth (1999) 研究表明, 在斯堪地那维亚地区, 田鼠和旅鼠种群具有 3~4 年的周期波动, 均与捕食者存在密切关系。鼠类天敌对鼠类种群动态、社群行为、繁殖模式、觅食对策和栖息地选择都有显著的影响 (边疆晖等 2001, 魏万红等 2004, Anson et al. 2012), 进而可以对种群数量产生间接的抑制作用 (Starke et al. 2013), 天敌是影响鼠类种群波动的关键因子 (Menyushina et al. 2012)。

大鸮 (*Buteo hemilasius*) 是布氏田鼠越冬集群期的主要捕食者之一。一般认为, 高数量集群往往存在更高的捕食风险 (张知彬等 1998), 到目前为止尚缺乏直接的野外实验证据。为此, 于 2004 年 10 月 2~7 日在东乌珠穆沁旗额和宝力格布氏田鼠鼠害草场上开展了相关调查, 研究大鸮对不同集群数量布氏田鼠的

捕食优先选择, 为解释布氏田鼠越冬生态及行为研究提供数据资料, 同时旨在为探索草地天敌防治鼠类提供新的途径和方法。

1 材料与方 法

1.1 研究地点

2004 年 10 月 2~7 日在内蒙古东乌珠穆沁旗额和宝力格苏木 (44°59'N, 116°17'E, 海拔 839 m) 的布氏田鼠鼠害草场上进行该实验, 该年度布氏田鼠种群数量暴发, 样地中有大量的大鸫活动。在额和宝力格布氏田鼠鼠害草场中选定一块实验区域 (200 m × 200 m), 面积为 4 hm², 在所选取的实验样地内确定所有布氏田鼠越冬集群。鉴于这个时期布氏田鼠洞群已经开始挖仓, 洞群之间的界限非常清晰, 不同洞群之间的边界易于区分, 且通常田鼠鼠丘中心半径为 1 m, 为简化起见, 我们以布氏田鼠洞群的鼠丘中心半径 3 m 作为集群数量的统计范围。

1.2 布氏田鼠洞群中越冬集群大小的确定

布氏田鼠的洞群数量可以用传统的洞口系数法来估算 (张知彬等 1998), 同一时间内, 布氏田鼠的集群数量与洞群所拥有的洞口数呈正比例关系。这个时期布氏田鼠的活动强度非常高 (宛新荣等 2006), 该范围内的洞口基本上都为活动洞口。将选定范围内的布氏田鼠洞群进行标记, 田鼠洞群数量在 10 个以下的一般为不稳定洞群, 不计入有效洞群之列。

1.3 大鸫对布氏田鼠捕食确定

在车内采用望远镜观察的方法, 在温度较高的白天 (9:00~16:00 时) 观察大鸫对布氏田鼠的捕食活动, 此时间段也是布氏田鼠和大鸫的活动高峰期。本实验所涉及的大鸫行为, 仅仅是观察大鸫在实验样地中蹲守的位置, 即观察大鸫出现在实验样地中各田鼠洞群的次数。布氏田鼠外出活动时间为 9:00~16:00 时 (内蒙古 10 月份天气已经寒冷), 大鸫主要在这个时间段出现在布氏田鼠洞群区捕食。我们详细记录了大鸫在各个布氏田鼠洞群的停留和捕食

活动情况, 由于大鸫体型巨大, 对布氏田鼠的捕食方式通常是蹲守在洞群区, 待布氏田鼠外出活动时以啄食方式进行捕食。记录了 5 d 之内大鸫在实验样地所停留的位置以及所对应的布氏田鼠洞群情况。

2 结果与分析

实验样地共有符合条件的布氏田鼠洞群 79 个。本次在实验样地中直接观察到大鸫捕食布氏田鼠的情况 3 次。在样地内, 大鸫吐出来的食物团中可见大量布氏田鼠骨骼和毛发残屑, 根据食物团中下颌骨中的牙齿和鼠类毛发的颜色即可判断该食物团是布氏田鼠。根据毛发的比例, 粗略估算, 布氏田鼠大约占大鸫取食量的 90% 以上。除此以外, 本年度该实验样地中还有少量的黑线毛足鼠 (*Phodopus campbelli*)、黑线仓鼠 (*Cricetulus barabensis*) 活动, 布氏田鼠的毛色和毛发长度与上述两种仓鼠很容易区分, 因气温已经降低, 样地中达乌尔黄鼠 (*Citellus dauricus*) 和五趾跳鼠 (*Allactaga sibirica*) 已经不再活动。

表 1 为实验期间实验样地内观察到的大鸫蹲守的布氏田鼠洞群洞口统计数量, 以及样地内大鸫未蹲守的布氏田鼠洞群的洞口数量。由于在这个时期, 布氏田鼠处于秋季储草高峰期, 活动非常活跃, 故统计的洞口数全部为具有新鲜活动痕迹的活动洞口, 大鸫重复蹲守的洞群也重复记录, 但在数据表上不再区分大鸫一次和多次蹲守的田鼠洞群。

将表 1 中的数据采用统计软件 Statistica 中的非参数 Mann-Whitney *U* 检验 (孙山泽 2000), 比较实验样地中大鸫对不同集群数量布氏田鼠的选择嗜好。无大鸫蹲守组秩和为 1 753.5 ($n = 55$), 有大鸫蹲守组的秩和为 1 406.5 ($n = 24$), $U = 213.5$, 校正 $Z = -4.764 26$, 校正 $P = 0.000 002$ 。没有观察到大鸫蹲守的布氏田鼠洞群洞口数量与观察到大鸫蹲守的布氏田鼠洞群洞口数量, 差异极显著。表明大鸫对布氏田鼠集群洞口数的选择差异性

表 1 实验样地内布氏田鼠洞群活动洞口数量与大鸺蹲守的情况

Table 1 The records about the visiting frequencies of upland buzzard on the different group size of *Lasiopodomys brandtii*

洞群序号 No. of groups	洞口数量 Group size of Brandt's vole	大鸺蹲守次数 Visiting frequency of upland buzzard	洞群序号 No. of groups	洞口数量 Group size of Brandt's vole	大鸺蹲守次数 Visiting frequency of upland buzzard
1	26	0	41	18	0
2	32	1	42	32	0
3	32	0	43	30	2
4	27	2	44	28	1
5	25	0	45	12	0
6	26	0	46	16	0
7	19	0	47	15	0
8	20	1	48	22	0
9	41	1	49	29	0
10	14	0	50	34	0
11	42	1	51	43	1
12	37	1	52	35	2
13	39	2	53	30	0
14	12	0	54	17	0
15	25	0	55	29	0
16	30	1	56	23	0
17	34	0	57	32	1
18	10	0	58	17	0
19	23	0	59	28	0
20	25	0	60	14	0
21	20	0	61	21	0
22	13	0	62	16	0
23	28	1	63	13	0
24	49	2	64	29	1
25	24	1	65	19	1
26	30	1	66	18	0
27	27	0	67	12	0
28	24	0	68	26	0
29	34	0	69	29	0
30	22	0	70	23	0
31	29	1	71	16	0
32	34	0	72	20	0
33	39	0	73	24	0
34	43	2	74	25	1
35	28	0	75	13	0
36	20	0	76	18	0
37	41	2	77	15	0
38	28	0	78	22	0
39	29	1	79	16	0
40	23	0			

非常显著，明显倾向于选择在洞口数量多的布氏田鼠洞群停留。

为进一步分析大鸺蹲守次数与布氏田鼠洞口数量之间的关系，将表 1 中的数据采用统计

软件 Statistica 的相关分析方法 (correlation analysis) 进行分析，大鸺蹲守次数 (B) 与田鼠洞群洞口数量 (N) 呈显著的正相关关系， $B = -0.733 2 + 0.044 36 N$ ($r = 0.592 65, P <$

0.05)。此结果与前文分析结果相吻合,即在秋季大鸮明显倾向于选择袭击洞口数量较高的布氏田鼠洞群。

3 讨论

3.1 关于鼠类越冬集群的捕食风险问题

捕食者和被捕食者之间的关系是生物界普遍存在的关系,捕食风险对很多动物的行为对策都存在深远的影响(路纪琪等 2004)。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。捕食者一方面可通过直接捕杀猎物而控制猎物种群数量,另一方面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效应(石建斌 2013)。同时,猎物会发展出各种各样的行为,以适应和规避捕食者的捕食压力(Wolff 1985)。捕食者通过捕食选择,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)。而本文对大鸮的研究表明,除了猎物演化出降低捕食风险的适应能力,捕食者也具备选择高收益捕食效益的能力,针对具有社群的猎物,捕食者倾向于选择高数量的集群以提高捕食效益。在自然界中,猎物和捕食者双方达成一种均衡。

已有研究表明,鼠类集群洞口数量多意味着洞群内的田鼠数量多(施大钊等 1998),因而本实验的研究结果也表明,高数量的布氏田鼠集群更容易成为大鸮攻击的首选目标。布氏田鼠在秋季会出现分群行为(宛新荣等 2001),而本文的结果能很好地解释此现象,由于捕食风险的存在,且随着集群数量的增加,捕食风险显著增加。一些研究表明,为规避过高的捕食风险,小哺乳动物在秋季通过分群行为降低集群数量,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(Wolff 1985),另一方面还直接降低了捕食者的攻击优先次序,使该集群成为次要的袭击目标。高数量越冬集群的布氏田鼠将面临更高的

捕食风险,由于捕食风险的存在,促使布氏田鼠分群,从而降低自身洞群的被捕食风险。捕食者优先选择高数量田鼠洞群的现象成为布氏田鼠秋季分群的外在动力之一。

3.2 关于布氏田鼠最优集群的讨论

很多北方鼠类具有冬季集群越冬的习性,集群越冬对动物本身而言各有利弊(Roberts 1996)。一般认为越冬集群具有如下几个好处:互相取暖,共同抵御寒冷;共同挖仓,集体抵御同种或者异种竞争者;共同储草,提高储草效率。然而集群也有很多的弊端:容易吸引天敌;容易造成寄生虫的侵袭;承受更多的二氧化碳,高数量的集群产生更多的二氧化碳,这对越冬期间的鼠类集群可能存在不利影响。关于集群对田鼠越冬带来的巨大收益,很多研究报导都得到了证实(Pulliam 1973)。对于温带和寒温带哺乳动物而言,冬季集群在抵御寒冷方面有巨大利益,共同挖仓和储草也是节约能量的重要途径。由于集群对越冬带来的巨大利益驱使,田鼠类动物更倾向于集群越冬。如果集群带来的利益更多,那么越冬集群必然有逐渐增大的趋势。

但在自然界中,不存在无限增大的集群,其原因就是当集群增大时,不利因素会迅速增加。Caraco(1979)认为天敌捕食是阻止田鼠形成高数量越冬集群的重要因素之一,此外寄生虫寄生率也是随集群数量(密度)的上升而迅速上升,这些不利因素的迅速增加快速抵消了集群所带来的利益,这两方面因素相互作用的结果,促使田鼠最终趋向于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,这就是最优集群理论。小哺乳动物在越冬集群利弊的权衡下,往往会形成一个最优化集群(Bertram 1978)。天敌对高数量越冬集群的不利影响,目前直接证据还不多见。本实验的数据则证实了大鸮作为捕食者,对其猎物布氏田鼠而言,高数量的猎物(布氏田鼠)集群导致捕食者(大鸮)的出现频次更高,而高频率出现的捕食者同时意味

着更高的捕食风险。魏万红等 (2004) 对青藏高原上高原鼠兔 (*Ochotona curzoni*) 的研究结果表明, 捕食风险会显著影响鼠类的行为, 从而进一步影响种群数量的增长。本文的数据分析表明, 过高数量的田鼠越冬集群将面临更大的捕食风险。为规避高捕食风险, 布氏田鼠一方面产生分群行为 (宛新荣等 2001), 另一方面通过直接降低越冬集群数量来规避高捕食风险。Wan 等 (2014) 对布氏田鼠越冬存活率的分析也表明, 中等数量的野外布氏田鼠集群拥有最大的越冬存活率。因此从这方面看, 本文的实验结果支持最优化集群的理论。

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

- 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 B C R. 1978. Living in groups: predators and prey // Krebs J R, Davies N B eds. *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 64–96.
- Caraco T. 1979. Time budgeting and group size: a theory. *Ecology*, 60(3): 611–617.
- Menyushina I E, Ehrlich D, Henden J A, et al. 2012. The nature of lemming cycles on Wrangel: an island without small mustelids. *Oecologia*, 170(2): 363–371.
- 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 Behavior*, 51(5): 1077–1086.
- Starke W W, Ferkin M H. 2013. The effects of cues from kingsnakes on the reproductive effort of house mice. *Current Zoology*, 59(1): 135–141.
- 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*. New York: 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.
- 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.
- 施大钊, 海淑珍, 刘雪龙. 1998. 布氏田鼠数量调查方法的比较. *草地学报*, 6(3): 185–190.
- 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的经济阈值. *动物学杂志*, 48(4): 10–16.
- 孙山泽. 2000. 非参数统计讲义. 北京: 北京大学出版社.
- 宛新荣, 刘伟, 王广和, 等. 2006. 典型草原区布氏田鼠的活动节律及其季节变化. *兽类学报*, 26(3): 226–234.
- 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.
- 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.
- 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.
- 张小倩, 张文杰, 郑思思, 等. 2015. 秋季储草期布氏田鼠对不同食物颗粒大小的选择嗜好. *首都师范大学学报: 自然科学版*, 36(2): 58–61.
- 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, 242–243.