

围栏条件下社鼠的食物贮藏行为

路纪琪^{1,2,3} 张知彬^{1 *}

(1 中国科学院动物研究所, 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京, 100080)

(2 郑州大学生物工程系, 郑州, 450001)

(3 中国科学院研究生院, 北京, 100039)

摘要: 在北京东灵山地区, 用活捕笼从野外捕获社鼠, 并在野外建造围栏, 以山杏种子和辽东栎坚果为备选食物, 对围栏条件下社鼠的食物贮藏行为进行了研究。数据的统计分析采用 SPSS for Windows (version 10.0) 进行。结果表明: 1) 社鼠主要表现出食物的集中贮藏方式; 2) 贮藏食物被模拟盗窃使社鼠的食物贮藏活动加强; 3) 社鼠倾向于选择山杏种子进行贮藏, 而对辽东栎坚果则取食较多。文中还讨论了食物类型、模拟盗窃等因素对社鼠食物贮藏行为的影响。

关键词: 社鼠; 食物贮藏; 山杏; 辽东栎; 东灵山

中图分类号: Q958

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 1050 (2005) 03 - 0248 - 06

Food Hoarding Behavior of Chinese White-bellied Rat (*Niviventer confucianus*)

LU Jiqi^{1,2,3} ZHANG Zhibin^{1 *}

(1 State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080, China)

(2 Department of Bioengineering, Zhengzhou University, Zhengzhou, 450001, China)

(3 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, China)

Abstract: Food hoarding is a key adaptation for many species to survive periods of food shortage. The Chinese whitebellied rat (*Niviventer confucianus*) is widely distributed in the temperate zone in China, but food hoarding behavior of this species is almost unknown. We investigated food hoarding behavior of whitebellied rats by providing them with wild apricot (*Prunus ameniaca*) seeds and Liaodong oak (*Quercus liaotungensis*) acorns within enclosures (L × W × H = 4 × 3 × 1 m) in the Dongling Mountains (40°00' N, 115°30' E), Mentougou District, Beijing. We found that 1) Chinese white-bellied rats hoarded food in ladders, 2) simulated pilfering of stored food stimulated rats to hoard more food items, and 3) Chinese white-bellied rats selected wild apricot seeds for hoarding, and consumed more Liaodong oak acorns in the short term. We discuss possible factors influencing food hoarding behavior in this species.

Key words: Chinese white-bellied rat (*Niviventer confucianus*); Donglingshan Mountains; Food hoarding; Liaodong oak; Wild apricot

社鼠 (*Niviventer confucianus*) 为典型的山地啮齿动物, 多栖息于山区灌、草丛、针叶林、阔叶林和农田等多种生境中, 尤喜栖息于灌木和草本植物生长繁茂、多岩石的地段, 如山区沟谷溪流两岸的乱石堆和梯田石级间 (陈卫等, 2002)。在自然条件下, 社鼠以植物性食物为主, 包括种子、坚果、嫩枝叶等, 也取食昆虫、蠕虫等动物性食物, 具有

贮藏食物的习性 (陈卫等, 2002)。但是有关其食物贮藏行为的专门研究尚未见报道。

对许多动物来说, 食物贮藏是动物对难以预料的食物资源变化的一种重要的行为适应 (Smith and Reichman, 1984; Vander Wall, 1990)。食物贮藏的方式可分为两种主要方式, 即集中贮藏和分散贮藏。在某些位点如洞道或靠近巢穴处集中贮藏大量

基金项目: 科技部招标项目 (FS2000 - 009); 科技部 973 项目 (G2000046802); 中国科学院重要创新方向资助项目 (KSCX2 - SW - 103); 中国科学院“百人计划”项目

作者简介: 路纪琪 (1964 -), 男, 博士, 副教授, 主要从事动物生态学研究。E-mail: roadjq@yahoo.com.cn

收稿日期: 2004 - 09 - 30; 修回日期: 2005 - 04 - 18

* 通讯作者, correspondence author, E-mail: zhangzb@ioz.ac.cn

食物的方式称为集中贮藏 (larder hoarding)；而在较大范围内或者整个家域中形成许多小的贮藏点则被称为分散贮藏 (scatter hoarding)。Vander Wall (1990) 曾对不同类群动物的食物贮藏作过全面的综述。以往的研究表明，许多啮齿动物都具有食物贮藏行为。

MacDonald (1976) 提出了“防止盗窃假说” (pilfering avoidance hypothesis)，认为动物的食物贮藏对策反映其贮藏食物被盗窃的可能性，或者说，动物的贮食行为受贮藏食物被盗的可能性和动物对贮藏食物保护能力的共同影响，并在很大程度上受到体型大小、年龄、性别、繁殖状态 (Clarke and Kramer, 1994a, 1994b) 和社群地位 (Jenkins and Breck, 1998) 的影响。例如，东美花鼠 (*Tamias striatus*) 的典型贮藏方式是在其洞穴中进行集中贮藏，但是年轻个体和携带幼仔的雌性则主要进行分散贮藏 (Clarke and Kramer, 1994a)。动物的食物贮藏对策也受到其近期经历的影响 (Vander Wall, 1995)。例如，梅氏更格卢鼠 (*Dipodomys merriami*) 在遇到贮藏食物被盗窃时，将从集中贮藏为主转为分散贮藏为主 (Preston and Jacobs, 2001)。啮齿动物在贮藏食物时，对易于腐烂的食物似乎有所感知，因而能够区别对待不同类型的食物。研究表明，北美灰松鼠 (*Sciurus carolinensis*) 取食被昆虫幼虫寄生的栎实，而将未受破坏的栎实贮藏起来 (Steele et al., 1996)。当提供一些可供选择的食物时，佛罗里达林鼠 (*Neotoma floridana*) 很快取食极易腐烂的食物，而将不易腐烂者贮藏起来 (Reichman, 1988)。

本文通过建立野外围栏，同时提供两种不同种类的食物，对社鼠的食物贮藏行为进行了研究，其主要目的有二：首先，确定社鼠的食物贮藏方式 (集中贮藏或分散贮藏)；其次，探讨当面临贮藏食物被盗窃时，社鼠如何调整其食物贮藏对策，确定社鼠是否对不同食物的贮藏方式有差异。在此基础上，探讨社鼠在不同林木更新上的作用。

1 研究方法

1.1 研究地点

本研究在北京市门头沟区的梨园岭村 (40°00'N, 115°30'E) 进行，此地位于东灵山地区，距北京市区约 120 km，海拔约 1 100 m，属暖温带大陆性季风气候。由于长期的人为砍伐和过度放牧，当地的生态环境受到了严重的干扰和破坏。自 20 世纪

90 年代开始，为了实施生态保护政策，当地村民已全部外迁。辽东栎 (*Quercus liaotungensis*)、山杏 (*Prunus ammeniaca*)、荆条 (*Vitex negundoo*) 等是当地的常见灌木。肥披碱草 (*Elymus excelsus*)、早熟禾 (*Poa spp.*)、木本香薷 (*Elsholtzia stauntonia*) 等是常见的草本植物。还有一些人工落叶松林 (*Larix principis-rupprechtii*)、油松 (*Pinus tabulaeformis*) 林和零星分布的核桃 (*Juglans regia*) 树。山杏一般在 7 ~ 8 月份成熟结实，而辽东栎则在 9 ~ 10 月份成熟。这一地区是社鼠的自然分布区 (陈卫等, 2002)。

1.2 围栏设计

在研究地区，选择较为平坦的弃耕地生境，建造 4 个野外围栏。围栏的长、宽、高分别为 4 m、3 m、1 m，用厚约 2 mm 的铁皮围成。为防止实验动物打洞逃逸，把铁皮基部埋入地下约 30 cm 并夯实内外基础，为防止实验动物从上方攀爬逃逸并减少天敌的影响，用铁丝网 (网眼 2.5 cm × 2.5 cm) 笼罩围栏顶部，铁丝网与围栏的上缘紧贴。围栏中的植物被全部去除。在围栏中的一角放置一个木质巢箱 (30 cm × 20 cm × 20 cm)，并配置鼠用饮水瓶。在围栏的中心部位，放置一个木质食盘 (feeder) (25 cm × 25 cm × 1 cm)，为实验动物提供食物 (图 1)。把食盘置于围栏的中心，可以迫使动物必须穿过一段开阔区域才能获取食物，或将食物从给食处搬运到贮藏位点。为方便定位贮藏位点和比较食物的分布，以食盘所在处为原点，把围栏划分为 4 个象限 (图 1)。

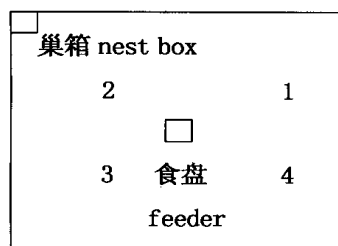


图1 围栏底面示意图，示巢箱和食盘的位置

Fig. 1 Sketch map of an enclosure floor indicating the locations of nest box and feeder

1.3 实验动物

在研究地区，以花生为饵，用活捕笼 (37 cm × 10 cm × 10 cm) 共计捕获社鼠 10 只 (6 雄，4 雌)，其平均体重 (\pm SD) 为 74.41 ± 8.37 g，均为成年个体。捕获之后，选择健康个体，逐个称量体重、确定并记录性别，最后对所有个体编号以便

实验使用。实验动物均被单独饲养于专用塑料饲养箱中 (37 cm × 26 cm × 17 cm), 饲养箱的底层以锯末铺垫, 为其提供大鼠料块 (北京科澳协力饲料有限公司) 和充足的饮水, 在饲养期间维持自然光周期。

1.4 实验用食物项目的收集和标记

研究中为实验动物提供的食物是山杏种子和辽东栎坚果, 选择这两种食物是因为山杏和辽东栎在研究地区较为常见, 其果实易于获得, 相对较大, 便于实验处理。山杏种子和辽东栎坚果的鲜重分别为 1.01 ± 0.24 g ($n = 50$) 和 1.12 ± 0.30 g ($n = 50$)。山杏的结实期在每年的 6~8 月份, 成熟之后, 其肉质的外果皮腐烂, 而具有较厚而木质化内果皮的核果 (种子) 掉落于地面。辽东栎坚果的成熟期在 9~10 月份。其外果皮薄而脆, 甚至某些鸟类都可以啄开果皮并取食种仁 (王巍和马克平, 1999)。与其它栎类的坚果相似, 辽东栎坚果也易受到昆虫或微生物的侵害 (Steele *et al.*, 1996; 孙书存和陈灵芝, 2000), 一旦被寄生, 坚果就很容易霉变或腐烂 (孙书存和陈灵芝, 2000)。

分别于山杏和辽东栎的成熟季节 (2003 年 7 月和 9 月), 收集成熟和完好的山杏种子和辽东栎坚果, 留备实验使用。参照张知彬和王福生 (2001b) 的方法, 对实验所用的每个种子 (坚果) 进行标记。在每个山杏种子的脊上或在辽东栎坚果的壳斗所在端钻一小孔, 用长约 4 cm 的细钢丝将一金属标志牌 (长、宽分别为 3 cm 和 1 cm) 系于此孔。在标志牌上标有记录释放时间的编号。种子被实验动物搬运或贮藏之后, 很容易通过标志牌找到食物或被取食后的残骸。标志牌连同钢丝的重量约为 0.1 g, 与种子的重量相比, 可以忽略不计。以前的研究表明, 标志牌对啮齿动物搬运和贮藏食物没有明显的影响 (Li and Zhang, 2003; 张知彬和王福生, 2001b)。

1.5 实验步骤

本研究于 2002 年 9~10 月份进行。随机选出 4 只社鼠, 在实验开始之前 6 h 停止喂食, 将其分别放入一个围栏中适应 2.5 h。于实验的第 1 天 16 00 将实验动物放入围栏 (day 0), 随后将标记好的山杏种子和辽东栎坚果各 20 枚布放于食盘, 并在巢箱处提供饮水。第 2 天的同一时间 (day 1), 对围栏中的所有食物进行仔细检查, 包括被搬运、取食和贮藏种子的数量、位置、距离。对种子按下述 5 种情况进行记录: 就地取食 (EI - eaten in situ):

标记种子在食盘处被就地取食; 搬运后取食 (ER - eaten after removal): 标记种子在搬运之后被取食 (巢箱外); 埋藏 (B - buried): 标记种子被分散埋藏于围栏内的土壤中; 搬入巢箱 (EN - entered nest): 标记种子被搬运入巢箱中; 地表 (AS - abandoned on the surface): 标记种子在搬运之后被弃置于围栏内的地表。

检查和记录完毕之后, 清除所有的种子及其残骸, 随后放置新标记的山杏种子和辽东栎坚果各 20 枚, 在第 3 天 (day 2) 同一时间, 重复上述检查和记录过程。每次实验进行 3 天 (day 0 ~ day 2), 实验结束之后, 彻底清理巢箱、食盘及围栏, 尽可能恢复原状。随后选择另外 4 只社鼠, 分别放入 4 个围栏中, 开始实验。对全部实验动物 (10 只) 来说, 在每一个实验天中, 总计放置的山杏种子和辽东栎坚果分别为 200 枚。每只社鼠在实验中只使用一次。

在本研究中, 定义实验动物将食物搬入巢箱中为集中贮藏, 而动物将食物埋藏于围栏中不同位点定义为分散贮藏 (Smith and Reichman, 1984; Vander Wall, 1990; Jenkins and Breck, 1998)。

1.6 统计与分析

数据统计与分析采用 SPSS for Windows (version 10.0) 软件包进行。鉴于行为学研究样本量较小的特点, 采用非参数检验中的 Wilcoxon test 比较: 1) 集中贮藏的山杏种子和辽东栎坚果之间的差异; 2) 集中贮藏的种子在第 2 天和第 3 天之间的差异; 用 1 sample Kolmogorov-Smirnov test 分析搬运距离的分布是否为正态分布。因为在巢箱中被动物取食的种子极少, 未对其进行差异性分析。

2 研究结果

2.1 社鼠的食物贮藏对策

在实验的第 2 天, 社鼠面对陌生环境时, 把较多的山杏种子 (5.0 ± 1.8 枚) 和辽东栎坚果 (3.1 ± 2.6 枚) 搬运进巢箱 (表 1), 虽然入巢的山杏种子在数量上较辽东栎坚果为多, 但其差异并未达到显著性水平 (Wilcoxon test, $Z = -1.842$, $P = 0.065$)。社鼠对两种种子均没有分散贮藏 (埋藏)。因此, 社鼠主要以集中方式贮藏食物。还有一些山杏种子被弃置于地表, 但从其在围栏中的位置来看 (图 2), 很可能是动物在搬运过程中的撒落, 并不意味着将被分散贮藏。

表 1 不同状态的山杏种子和辽东栎坚果统计 (day 1)

Table 1 Status of food items supplied to Chinese white-bellied rats in relation food items on day 1 for both food items

食物项目 Food items		食物项目状态 Status of food items				
		EN	B	AS	EI	ER
山杏 Wild apricot	平均值 \pm 标准差 Mean \pm SD	5.0 \pm 1.8	0	1.9 \pm 1.6	0	0.2 \pm 0.4
	范围 Range	1 - 7	0	0 - 4	0	0 - 1
	总数 Total number	50	0	19	0	2
辽东栎 Liaodong oak	平均值 \pm 标准差 Mean \pm SD	3.1 \pm 2.6	0	0	3.2 \pm 1.0	1.1 \pm 1.2
	范围 Range	0 - 8	0	0	2 - 5	0 - 3
	总数 Total number	31	0	0	32	11

EN: 搬入巢箱; B: 埋藏 (分散贮藏); AS: 地表; EI 就地取食; ER: 搬运后取食
EN: entered nest , B : buried , AS abandoned on surface , EI : eaten in situ , ER : eaten after removal

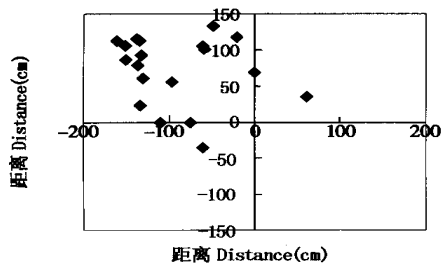


图 2 被社鼠弃置于地表的山杏种子在围栏中的分布

Fig.2 Distribution of wild apricot seeds abandoned on the ground surface within the enclosure

2.2 社鼠对贮藏食物被盗窃的反应

实验的第 3 天, 在对社鼠搬运、贮藏和取食之后的种子进行了详细检查和记录之后, 我们去除了所有的种子 (坚果) 及其残骸, 并重新布放一批新的标记种子。这种处理模拟盗窃了贮藏食物。在此

情况下, 实验结果的统计见表 2。社鼠搬运入巢的山杏种子 (8.0 \pm 2.8 枚) 数量较第 1 天显著增加 (Wilcoxon test, $Z = -2.820$, $P = 0.005$); 对辽东栎坚果来说, 搬入巢箱的数量略有增加, 但与第 2 天的差异并未达到显著性水平 (Wilcoxon test, $Z = -0.775$, $P = 0.439$)。对两种食物项目的比较结果表明, 经历贮藏食物被盗窃之后, 被社鼠搬入巢箱进行集中贮藏的山杏种子明显多于辽东栎坚果 (Wilcoxon test, $Z = -2.670$, $P = 0.008$), 而在食盘就地取食和搬运后的种子数量没有明显变化。可见贮藏食物的被盗窃, 在一定程度上使得社鼠的食物贮藏活动趋于强烈。与第 2 天相同的是, 社鼠在搬运过程中, 被弃置于地表的坚果在围栏中的分布仍集中于巢箱所在的第一象限 (图 3), 依然没有分散贮藏任何坚果。可见, 社鼠分散贮藏食物的倾向是很弱的。

表 2 不同状态的山杏种子和辽东栎坚果统计 (day 2)

Table 2 Status of food items supplied to Chinese white-bellied rats in relation on day 2 for both food items

食物项目 Food items		食物项目状态 Status of food items				
		EN	B	AS	EI	ER
山杏 Wild apricot	平均值 \pm 标准差 Mean \pm SD	8.0 \pm 2.8	0	1.5 \pm 1.2	0	0.3 \pm 0.5
	范围 Range	3 - 13	0	0 - 3	0	0 - 1
	总数 Total number	80	0	15	0	3
辽东栎 Liaodong oak	平均值 \pm 标准差 Mean \pm SD	4.0 \pm 2.2	0	0.2 \pm 0.4	3.00 \pm 1.2	1.6 \pm 0.9
	范围 Range	0 - 7	0	0 - 2	1 - 5	0 - 3
	总数 Total number	40	0	2	30	16

EN: 搬入巢箱; B: 埋藏 (分散贮藏); AS: 地表; EI: 就地取食; ER: 搬运后取食
EN: entered nest , B : buried , AS : abandoned on surface , EI : eaten in situ , ER : eaten after removal

2.3 社鼠对不同食物项目处理的比较

研究结果表明, 实验中所提供的山杏种子和辽东栎坚果都可以作为社鼠的贮藏食物, 但对贮藏食物的选择存在着不同。社鼠倾向于选择山杏种子, 尤其是当贮藏的食物被盗窃之后, 这种选择上的差异性更加明显 (Wilcoxon test, $Z = -2.670$, $P =$

0.008)。从短期取食的情况来看, 社鼠主要选择辽东栎坚果。在经历贮藏食物被盗窃前后, 社鼠在食盘处只取食辽东栎坚果, 平均取食量分别为 3.2 枚和 3.0 枚, 而山杏种子则没有被取食。将食物项目搬离食盘之后, 社鼠对两种食物均有取食, 但相比之下, 所取食的山杏种子数量极少, 在第 2 天和第 3

天分别只有 2 枚和 3 枚种子被取食（总取食量）。社鼠对这两种食物的取食选择是有差异的（第 2 天：Wilcoxon test, $Z = -1.913$, $P = 0.056$ ；第 3 天： $Z = -2.516$, $P = 0.012$ ）。从被取食种子所在的位置来看，社鼠主要选择靠近巢箱的位置（图 4）。

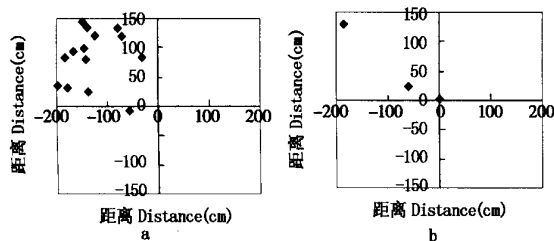


图 3 被弃置于地表的种子在围栏中的分布
(a: 山杏; b: 辽东栎)

Fig. 3 Distribution of foods abandoned on the ground surface
a: wild apricot seeds; b: liaodong oak acorns

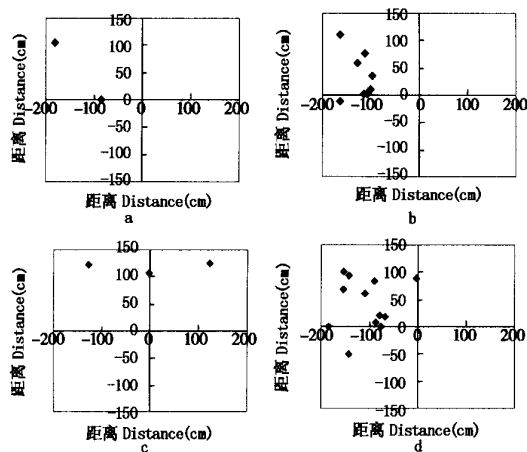


图 4 被取食的食物在围栏中的分布

a: 山杏种子第 2 天; b: 辽东栎坚果第 2 天; c: 山杏种子第 3 天; d: 辽东栎坚果第 3 天

Fig. 4 Distribution within the enclosure of food items consumed by rats after removal. a: wild apricot (day 1); b: Liaodong oak (day 1); c: wild apricot (day 2); d: Liaodong oak (day 2)

3 讨论

本研究的结果表明，社鼠表现出明显的食物贮藏行为，集中贮藏是其主要食物贮藏方式。动物贮藏食物的方式与其对食物保护能力的大小有关 (Morris, 1962; McDonald, 1976; Smith and Reichman, 1984; Vander Wall, 1990; 蒋志刚, 1995)，如果贮藏者有较强的保护贮藏食物的能力，就倾向于选择集中贮藏方式；如果保护贮藏食物的能力较弱，则趋于以分散方式贮藏食物。在研究地区的啮齿动物区系中，社鼠属于中等体型的种类，对其贮

藏的食物具有一定的保卫能力，因而主要采取集中贮藏食物的方式是对其有利的竞争策略。

社鼠隶属于鼠科 (Muridae) 白腹鼠属 (*Niviventer*)。鼠科是啮齿动物中的一大类群，主要分布于非洲、欧洲、亚洲和澳大利亚。在鼠科的 100 多个属中，已知只有少数种类具有食物贮藏行为，如小板齿鼠 (*Bandicota bengalensis*) (Poché et al., 1982)、林鼠 (Jennings, 1975; Jensen and Nielson, 1986) 和两种姬鼠 (*Apodemus* spp.) (Imaizumi, 1979) 等，这一方面反映了该类群中被详细研究过的种类较少，但主要原因可能还在于该类群的分布中心在热带地区。在热带地区，某些动物的食物贮藏习性将减弱以至消失 (Vander Wall, 1990)。从区系成分来看，社鼠是东洋界的典型啮齿动物种类之一，其分布区是从热带地区逐渐向外扩展的，在此过程中，社鼠还部分地保持着其进化历史早期的觅食行为特征。因此，在地处温带的东灵山地区，其食物贮藏行为并不是特别强烈。

在实验的第 3 天，即经历了其贮藏食物被盗窃之后，社鼠的反应是从食盘搬运了较第 2 天明显多的食物量，而且把较多的山杏种子和辽东栎坚果搬入巢箱进行集中贮藏。这一反应可能是贮藏者为了补充和替换被盗窃的食物，同时也是为了防止食物供应的不断减少。其它的一些研究也表明，当面临贮藏食物被盗窃时，动物会在较为安全的位点贮藏更多的食物 (Vander Wall, 1990)。另外，随着实验的进行，动物对围栏包括食物的熟悉性增加了，在对觅食环境的探究和搜寻上耗时减少，而投入收集食物的时间则相应增加。

有几种因素可能影响动物的食物贮藏对策。面对食物资源，动物（贮藏者）的反应要受到该食物在短时间内被取食的难易程度的影响 (Jacobs, 1992)，同时也要受到该食物贮藏价值的影响 (Reichman, 1988; Post and Reichman, 1991; Jacobs, 1992; Vander Wall, 1990, 1995)。在本研究中，社鼠在食盘只就地取食辽东栎坚果，而没有取食山杏种子，除了因为山杏种子内果皮坚硬，短时间内不易打开，也可能是因为食盘处相对开阔，在野外条件下的捕食风险较大，所以动物在此处逗留的时间受到一定限制，尽可能避开捕食风险较大的觅食地点 (Jacobs, 1992; Clark and Kramer, 1994a; Lima, 1998)。

研究结果表明，把种子搬离食盘之后，社鼠所取食的辽东栎坚果显著多于山杏种子，这或许在一

定程度上反映了社鼠对两种不同食物的选择偏好，但其本质可能反映了辽东栎坚果的贮藏价值较低。栎类的坚果（栎实）对某些昆虫和微生物具有很大的吸引力（Steele *et al.*, 1996），辽东栎坚果一旦被昆虫或微生物所寄生，就很容易腐烂（孙书存和陈灵芝，2000）。研究表明，东灵山地区辽东栎坚果被昆虫幼虫寄生的比例可高达 45.4 %（于晓东等，2001）。动物对辽东栎坚果的这一特性可能有所感知，因而会将这种坚果作为在短时期内取食的对象。与辽东栎坚果不同，山杏种子有硬而木质化的内果皮包裹着种仁，极大地阻止了昆虫和微生物对种仁（可食部分）的侵害，从而保证了种子能够被贮藏较长时间。

本研究为社鼠的食物贮藏提供了进一步的证据，这种啮齿动物采用集中贮藏方式。食物贮藏对策的选择反映了贮藏者的近期经历以及食物的可获得性。本文也注意到了社鼠对两种不同食物的处理差异。搬离食物源之后，社鼠取食了较多的、易于取食的辽东栎坚果，而将山杏种子贮藏起来。社鼠在食物选择和贮藏对策上的这种差异启示我们，在自然条件下，社鼠对山杏树和辽东栎自然更新所起的正向作用可能是有限的。以往研究也表明，辽东栎自然更新极差的主要原因可能就是啮齿动物对辽东栎坚果的捕食和搬运作用（Li and Zhang, 2003；孙书存和陈灵芝，2000；张知彬和王福生，2001a）。本研究的围栏设计可以使我们把实验动物隔离开来，并调控食物资源，对不同个体食物贮藏行为的细节和特征有了初步的了解。但是，为了充分了解社鼠的食物贮藏行为，并进而探讨动物与不同植物之间的相互作用，在将来的工作中，尚需要进行更多的野外实验。

参考文献：

- Clarke M F, Kramer D L. 1994a. The placement, recovery, and loss of scatter hoards by eastern chipmunk, *Tamias striatus*. *Behavioural Ecology*, **5**: 353 - 361.
- Clarke M F, Kramer D L. 1994b. Scatter-hoarding by a larder-hoarding rodent: intraspecific variation in the hoarding behaviour of the eastern chipmunk, *Tamias striatus*. *Animal Behaviour*, **48** (2): 299 - 308.
- Imaizumi Y. 1979. Seed storing behavior of *Apodemus speciosus* and *Apodemus argentatus*. *Zoological Magazine*, Tokyo, **88**: 43 - 49.
- Jacobs L F. 1992. The effect of handling time on the decision to cache by gray squirrels. *Animal Behaviour*, **43**: 522 - 524.
- Jenkins S H, Breck S W. 1998. Differences in food hoarding among six species of Heteromyid rodents. *Journal of Mammalogy*, **79** (4): 1221 - 1233.
- Jennings T J. 1975. Notes on the burrow systems of woodmice (*Apodemus sylvaticus*). *Journal of Zoology*, London, **177**: 500 - 504.
- Jensen T S, Nielson O F. 1986. Rodents as seed dispersers in a heatroak wood succession. *Oecologia*, **70**: 214 - 221.
- Li H J, Zhang Z B. 2003. Effect of rodents on acorn dispersal and survival of the Liaodong oak (*Quercus liaotungensis* Koida). *Forest Ecology and Management*, **176**: 387 - 396.
- Lima S L. 1998. Stress and decision making under the risk of predation: Recent development from behavioral, reproductive, and ecological perspectives. *Advance In the Study of Behavior*, **27**: 215 - 290.
- MacDonald D W. 1976. Food caching by red foxes and other carnivores. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, **42**: 170 - 185.
- Morris D. 1962. The behaviour of the green acouch (*Myoprocta pratti*) with special reference to scatter-hoarding. *Proceedings of the Zoological Society of London*, **139**: 701 - 732.
- Poch é R M, Mian Y, Haque E, Sultana P. 1982. Rodent damage and burrowing characteristics in Bangladesh wheat fields. *Journal of Wildlife Management*, **46**: 139 - 147.
- Post D, Reichman O J. 1991. Effects of food perishability, distance and competitors on caching behavior by eastern woodrats. *Journal of Mammalogy*, **72**: 513 - 517.
- Preston S D, Jacobs L F. 2001. Conspecific pilferage but not presence affects Merriam's kangaroo rat cache strategy. *Behavioral Ecology*, **12**: 517 - 523.
- Reichman O J. 1988. Caching behavior by eastern woodrat, *Neotoma floridana*, in relation to food perishability. *Animal Behaviour*, **36**: 1 525 - 1 532.
- Smith C C, Reichman O J. 1984. The evolution of food caching by birds and mammals. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **15**: 329 - 351.
- Steele M A, Hadj-Chikh L Z, Hazeltine J. 1996. Caching and feeding decisions by *Sciurus carolinensis*: responses to weevil-infested acorns. *Journal of Mammalogy*, **77**: 305 - 314.
- Vander Wall S B. 1990. Food hoarding in animals. Chicago: University of Chicago Press.
- Vander Wall S B. 1995. Sequential patterns of scatter hoarding by yellow pine chipmunks (*Tamias amoenus*). *American Midland Naturalist*, **133**: 312 - 321.
- 于晓东, 周红章, 罗天宏, 何君舰, 张知彬. 2001. 昆虫寄生对辽东栎种子命运的影响. *昆虫学报*, **44** (4): 518 - 524.
- 王巍, 马克平. 1999. 岩松鼠和松鸦对辽东栎坚果的捕食和传播. *植物学报*, **41** (10): 1141 - 1144.
- 孙书存, 陈灵芝. 2000. 东灵山地区辽东栎种子库统计. *植物生态学报*, **21** (3): 74 - 384.
- 张知彬, 王福生. 2001a. 人工埋藏植物种子对鼠类采食下辽东栎坚果存活及萌发率的影响. *兽类学报*, **21** (1): 35 - 43.
- 张知彬, 王福生. 2001b. 鼠类对山杏 (*Prunus ameniaca*) 种子扩散及存活作用研究. *生态学报*, **21** (5): 839 - 845.
- 陈卫, 高武, 傅必谦. 2002. 北京兽类志. 北京: 北京出版社.
- 蒋志刚. 1995. 红松鼠的食物贮藏行为. 见: 张洁主编, 中国兽类生物学研究. 北京: 中国林业出版社, 185 - 190.