

根田鼠幼体食物选择的社群学习

李俊年^{1,2} 刘季科² 陶双伦¹

(1 吉首大学生物资源与环境科学学院, 吉首 416000) (2 浙江大学生命科学院, 杭州 310012)

摘要: 社群学习为动物的一种可塑性表型行为, 能使动物获得适应于栖息地的行为模式。本文在实验室条件下, 通过自助餐式食物选择实验, 测定栖息于青藏高原高寒草甸生态系统的根田鼠断乳幼体间食物选择的社群学习模式。结果表明, 同伴对其学习个体的食物选择具有显著的作用 ($P < 0.001$)。学习个体对同伴已觅食食物的摄入量占其总摄入量的 71% 以上。在多同伴及单同伴与学习个体相互作用 4 h 后, 同伴对学习个体的食物选择的学习具有显著的作用 ($P < 0.01$), 而在 24 h 后, 同伴对学习个体食物选择的作用则消失。多同伴与单同伴对学习个体的食物选择作用的差异不显著 ($P > 0.05$)。熟悉同伴对学习个体的食物选择具有显著的效应 ($P < 0.01$), 而陌生同伴对学习个体的食物选择则无显著作用 ($P > 0.05$)。

关键词: 社群学习; 食物选择; 断乳幼体; 同伴; 根田鼠

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000–1050 (2008) 03–0260–06

Social learning of food preferences of conspecifics in root voles

LI Junnian^{1,2}, LIU Jike², TAO Shuanglun¹

(1 College of Biology and Environmental Sciences, Jishou University, Jishou 416000, China)

(2 College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou 310012, China)

Abstract: Social learning is a plastic phenotypic behavior that enables animals to acquire the behavioral modes to adapt to their inhabited environment. Experiment were performed using root voles (*Microtus oeconomus*) to investigate the effect of multi- and single-conspecifics, and familiar and new conspecifics on the food selection of weaned voles using a cafeteria type preference trial in the laboratory. Experimental voles were caught at the Haibei Alpine Ecological System Station, the Chinese Academy of Sciences in May 2001. Experimental diets were prepared by adding cocoa powder or cinnamon powder at 1% of total dry matter of the basal diet. The results showed that conspecifics significantly affected the food preference by learning in voles, and the proportion of ingested food items that conspecifics had was up to 71% in weaned voles. The conspecifics had highly significant effects on food selection by learning in voles over 4 h with the interaction between multiple and single conspecifics and learning voles ($P < 0.01$), 24 h later the effects disappeared ($P > 0.05$). No significant difference existed between effects of multiple and single conspecifics on food selection in weaned root voles ($P > 0.05$). Familiar conspecifics had significant effects on food selection of learning voles, but there was no significant effect of new conspecifics on food preference in learning voles.

Key words: Conspecifics; Food selection; Foraging behavior; Information transmission; Root vole (*Microtus oeconomus*)

在植食性小哺乳动物食物选择的过程中, 个体不仅通过试错学习 (trial-error learning) 建立其食物谱, 更以社群学习 (social learning) 获得食物信息, 觅食营养成分含量高的食物项目 (food items), 避食养分含量低或次生化合物含量高的食物项目。植食性哺乳动物通过食物选择的信息传递能有效地降低觅食者因试错学习搜寻高质量食物项

目所花费的时间, 从而增加觅食效率, 降低其捕食风险 (Solomon *et al.*, 2002)。大量的研究证明, 同种个体间瞬时的相互作用, 能传递食物选择的信息 (Galef and Whiskin, 2000, Galef and Giraldeau, 2001)。在实验室条件下, 大鼠同伴间存在食物信息传递 (Galef and Wigmore, 1983; Galef, 1994)。Valsecchi 和 Galef (1989) 发现, 小家鼠 (*Mus m-*

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30570285); 湖南省自然科学基金资助项目 (05JJ40033); 湖南省教育厅重点资助项目 (03A037)

作者简介: 李俊年 (1964–), 男, 博士, 教授, 主要从事营养生态学和进化生态学研究。

收稿日期: 2007–06–14; **修回日期:** 2008–03–12

* 通讯作者, corresponding author, E-mail: jikelu_228@163.com

uscus) 个体间亦具有食物选择信息的传递。幼体对食物选择的学习主要来自对其母体和同伴的食物选择学习 (Bandura, 1977)。母体的食物选择模式对其后代食性的形成和维持具有重要的作用 (Hepper, 1989; Nolte *et al.*, 1990)。随着幼体年龄的增长, 母体对幼体食物选择的作用有所降低 (Hinch *et al.*, 1987; Mirza and Provenza, 1990)。同伴对其幼体食物选择的作用则随之增大 (Provenza *et al.*, 1992)。Previde 和 Poli (1996) 发现金色中仓鼠 (*Mesocricetus auratus*) 通过社群学习, 可利用牙齿和前爪取食悬挂在小链条上的食物。Laland 和 Plotkin (1990) 的研究表明, 挪威大鼠通过观察同伴的挖掘行为, 可学会挖掘取食埋入地下的食物。有关田鼠类幼体间食物选择信息传递的研究, 仅 Solomon 等 (2002) 测定了松田鼠 (*Microtus pinetorum*) 亚成体间食物选择及社群信息传递的模式。

根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 为栖息于中亚高寒草甸地区的植食性小哺乳动物, 有关其食物选择、栖息地选择、母体效应、择偶行为、能量代谢、气味识别等进行了大量的研究 (苏建平和刘季科, 2000; 赵亚军等, 2003; 崔庆虎等, 2005; 吴雁等, 2006; Wang *et al.*, 2006, 孙平等, 2007), 而就幼体间食物选择的社群学习尚未研究。本文以根田鼠为对象, 探讨田鼠类动物同伴对幼体食物选择的作用格局。

1 材料与方法

1.1 实验动物

实验动物为中国科学院西北高原生物研究所动物生态学实验室于聚丙烯塑料笼 (464 mm × 314 mm × 200 mm) 内饲养的根田鼠, 笼内铺垫锯末, 以脱脂棉作为覆盖物, 饲料为兔生长与繁殖的全价颗粒饲料 (北京科澳饲料公司)。根田鼠幼体在 18 日龄断乳, 以同胞及非同胞断乳幼体组建实验群体, 室温控制在 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 光照周期为 14L:10D。

1.2 实验食物的处理

鉴于由可可粉 (cocoa powder) 及桂皮粉 (cinnamon powder) 处理的食物对啮齿动物具有相似的适口性 (Choleris *et al.*, 1997), 因此, 参照 Choleris 等 (1997) 测定小家鼠社群食物选择的方法, 分别以可可粉和桂皮粉与磨碎的兔颗粒饲料混合, 压制成颗粒饲料 (直径约 3 mm, 长约 2 ~

3 cm) 作为实验食物即可可粉食物或桂皮粉食物, 可可粉与桂皮粉的含量均为 1%。

2 实验设计与测定程序

2.1 同胞个体间的食物选择学习

实验个体为 36 只 18 日龄断乳的幼体, 24 只来自 12 对全同胞, 全同胞中 1 只幼体作为食物选择的示范个体, 另 1 只作为食物选择的学习个体 ($n=12$), 另外 12 只断乳幼体作为对照组 ($n=12$)。

为确保实验个体在实验开始时觅食食物, 实验开始前禁食 6 h; 然后将示范个体置于一养殖笼, 并供给经可可粉处理或桂皮粉处理过的兔颗粒饲料, 饲喂 2 h, 再将示范个体放回原养殖笼, 在不供给任何食物的条件下, 使示范个体和学习个体相互作用 6 h。分别测定学习个体和对照组个体对经可可粉处理或桂皮粉处理过的兔颗粒饲料的选择。将学习个体和对照个体分别置入观测箱, 任其选择可可粉和桂皮粉处理过的兔颗粒饲料。将预先称重过的两种食物分别置于直径为 50 mm 的培养皿。在学习个体与同伴 (示范个体) 相互作用后的第 1 d 和第 3 d 后, 测定学习个体对每种食物项目的摄入量 ($\pm 0.1\text{g}$)。

2.2 多同伴及单同伴与学习个体的食物选择

多同伴处理组的实验个体来自每窝有 4 只幼仔的 10 窝幼体, 其中, 3 只作为示范个体, 1 只作为学习个体 ($n=10$); 单同伴的实验个体来自同窝的两个幼体, 1 只作为示范个体, 另 1 只作为学习个体 ($n=10$), 所有实验个体均在 18 日龄断乳。为便于分辨, 在学习个体耳上部用硝酸银染色。为保证实验个体适应观察箱的环境, 每天于 14:30 将其置入观测箱内 20 min, 使其熟悉观测箱的环境, 持续 4 d。学习个体食物选择的其它测定程序同 2.1。

2.3 陌生同伴及熟悉同伴与学习个体食物选择

实验个体为 12 对陌生同伴和 12 对熟悉同伴, 其中, 陌生同伴的示范个体和学习个体 ($n=12$) 分别来自不同窝的断乳幼体, 熟悉同伴的示范个体与学习个体 ($n=12$) 为同一窝断乳个体。两种处理均为雄性 / 雄性及雌性 / 雌性配对。

为保证实验个体在实验开始时觅食食物, 实验开始前禁食 6 h, 示范个体和学习个体均单笼饲喂; 将示范个体置入一养殖笼, 对示范个体供可可粉处理或桂皮粉处理的兔颗粒饲料, 采食 2 h, 摄食量 $<0.1\text{g}$ 的示范个体弃用。之后, 将示范个体置入

聚乙烯的观测笼 (400 mm × 200 mm × 150 mm, 其间用铁丝网隔开) 一侧, 学习个体置入观测箱的另一侧。让示范个体和学习个体通过铁丝网相互作用 30 min。在不供给任何食物的条件下, 使示范个体和学习个体相互作用 4 d; 在第 5 d, 示范个体采食可可粉或桂皮粉处理过的食物后, 使之与学习个体相互作用 1 h; 然后将学习个体置入另一养殖笼, 将已称重的可可粉处理饲料和桂皮粉处理饲料分别置于直径为 50 mm 的培养皿, 测定其在 4 h 和 24 h 后对每种食物项目的摄入量 (± 0.1 g)。

3 统计分析

在本项研究中, 数据多为百分数, 且为二项式分布, 因之, 在处理之前, 首先进行反正弦转换, 使其近似于正态分布, 各处理组间差异显著性比较采用 Student *t* 检验分析。

4 结果

4.1 同伴对学习个体食物选择的影响

实验第 1 d, 根田鼠同伴对学习个体的食物选择具有显著的作用 (图 1、图 2), *t* 检验的结果为 $t = 4.94$, $P < 0.001$)。当学习个体与摄食可可粉食物的示范个体相处 1 h 后, 学习个体对可可粉食物的摄入量占其总摄入量的 71%, 而对桂皮粉食物摄入量仅占其总摄入量的 29%。实验第 3 d, 学习个体对两种食物的摄入量近似。当学习个体与摄食可可粉食物的示范个体相处 1 h 后的第 1 d, 学习个体对可可粉食物的摄入量占其总摄入量的 72%, 而对桂皮粉食物摄入量仅占其总摄入量的 28%。在第 3 d, 学习个体对两种食物的摄入量近似。对照个体在第 1 d 和第 3 d 对两种食物的摄入量间无显著差异 ($t = 1.78$, $P > 0.05$)。有觅食经验的示范个体能显著地作用于其断乳学习幼体的食物选择。

4.2 多同伴及单同伴与学习个体的食物选择

在根田鼠多同伴及单同伴与学习个体相互作用 4 h 后, 同伴对学习个体的食物选择具有显著的作用 ($t = 4.59$, $P < 0.01$), 但在 24 h 后, 同伴对学习个体食物选择的作用消失。多同伴与单同伴对根田鼠学习个体的食物选择作用差异不显著 ($t = 1.25$, $P > 0.05$)。

如图 3 所示, 当学习个体与摄食可可粉食物的多同伴相互接触 1 h 后, 学习个体对可可粉食物摄入量占其总摄入量的 68%, 对桂皮粉食物的摄入量占其总摄入量的 32%。当学习个体与摄食可可

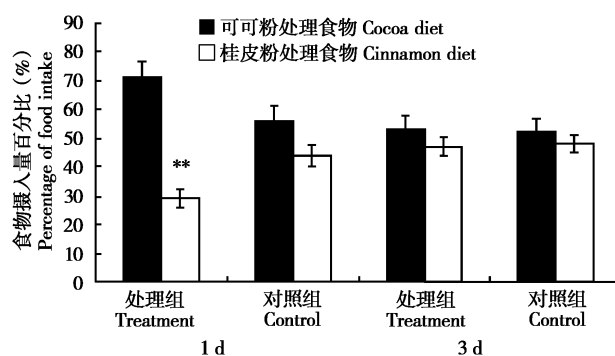


图 1 同伴摄食可可粉处理的食物条件下根田鼠幼体的食物选择 (** 表示在 $P = 0.01$ 差异显著)

Fig. 1 Food selection of weaned root voles with conspecifics that had the cocoa diet (** indicate significant difference at $P = 0.01$)

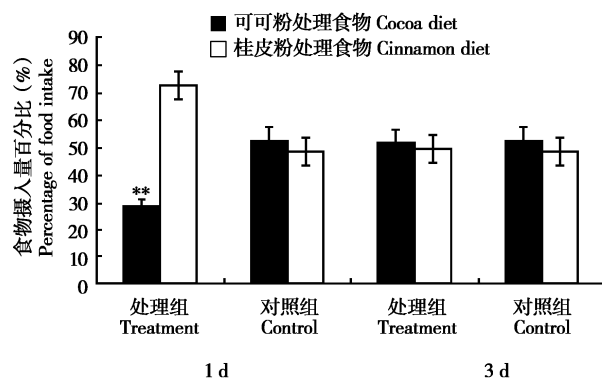


图 2 同伴摄食桂皮粉处理的食物条件下根田鼠幼体的食物选择 (** 表示在 $P = 0.01$ 差异显著)

Fig. 2 Food selection of weaned root voles with conspecifics that had the cinnamon diet (** indicate significant difference at $P = 0.01$)

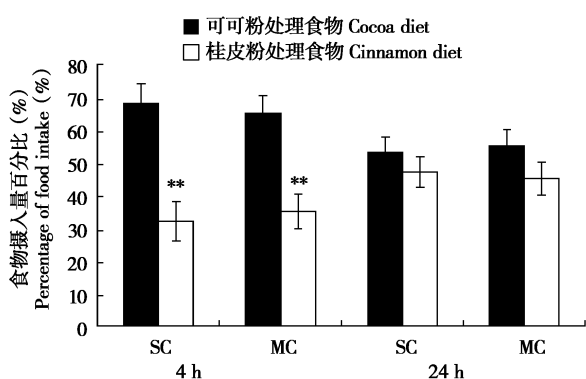


图 3 多个同伴 (SC) 和单个同伴 (MC) 作用条件下根田鼠幼体的食物选择 (** 在 $P = 0.01$ 差异显著)

Fig. 3 Food selection of weaned root voles interacted with single conspecific (SC) and multi-conspecific (MC) (** indicate significant difference at $P = 0.01$)

粉食物的单同伴相互接触 1 h 后, 学习个体对可可粉食物摄入量占其总摄入量的 65%, 对桂皮粉食物的摄入量则占其总摄入量的 35%。说明单同伴和多同伴对学习个体食物选择的作用近似。当学习

个体与摄食可可粉食物的多同伴相互接触24 h后,学习个体对两种食物的摄入量差异不大(图3)。

4.3 陌生同伴与熟悉同伴对学习个体的食物选择

Student *t* 检验结果表明,根田鼠熟悉同伴对学习个体的食物选择具有显著的作用($t = 5.65$, $P < 0.01$),而陌生同伴对学习个体的食物选择无显著作用($t = 1.15$, $P > 0.05$)。当学习个体与摄食可可粉食物的陌生同伴相互接触1 h,在4 h后学习个体对可可粉食物摄入量占其总摄入量的68%,对桂皮粉食物摄入量占其总摄入量的32%;在24 h后,学习个体对可可粉食物摄入量占其总摄入量的60%,对桂皮粉食物摄入量占其总摄入量的40%(图4)。当学习个体与摄食可可粉食物的熟悉同伴相互接触1 h,4 h后,学习个体对可可粉处理的食物摄入量占其总摄入量的53%,对桂皮粉食物摄入量占其总摄入量的47%;24 h后,学习个体对可可粉食物摄入量占其总摄入量的52%,对桂皮粉食物摄入量占其总摄入量的48%(图4)。说明熟悉同伴对学习个体的食物选择具有显著的作用。

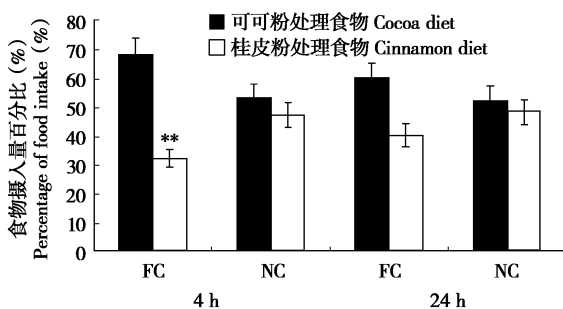


图4 陌生同伴(NC)和熟悉同伴(FC)作用条件下根田鼠幼体的食物选择(**在 $P = 0.01$ 差异显著)

Fig. 4 Food selection of weaned root voles interacted with familiar conspecific (FC) and new conspecific (NC) (** indicate significant difference at $P = 0.01$).

5 讨论

本文结果说明,根田鼠断乳幼体同伴对断乳学习幼体的食物选择具有显著的作用。此与Galfe和Wigmore(1983)对实验室小鼠的研究结果相似,有觅食经验的示范个体能显著地影响其学习幼体的食物选择。

断乳幼体从依靠母体的乳汁到独立觅食的过程中,能短暂离开其巢穴,通过试错学习摄食陌生食物(Valsecchi *et al.*, 1996)。由于断乳幼体独立觅食经验贫乏,觅食区域小,发现的食物项目较少,

因此,摄入的营养较低(Agren *et al.*, 1989, Forbes, 1998),为此,幼体从双亲和同胞获得的食物选择信息,可明显地提高幼体的觅食效率。Mainardi等(1989)和Valsecchi等(1996)提出,小家鼠母体食物选择模式对断乳幼体食性的形成有一定作用,Hatch和Lefebvre(1997)则发现,环颈鸽(*Streptopelia risoria*)的雄性亲体能显著地影响其幼体的食物选择。植食性小哺乳动物常与同胞幼体同时觅食,不仅可提高同胞幼体摄入食物的种类,也可增加搜寻食物的空间,而社群学习可使同胞间共享觅食经验,提高其觅食效率。

本文发现,在根田鼠示范个体与学习个体相互作用的第1天,同伴对学习个体食物选择的作用极为显著,而至第3天,同伴对学习个体食物选择的作用则消失。本研究提供给实验个体的食物项目能量、蛋白质等营养成分均一致,仅食物的滋味不同。在第3天同伴对学习个体食物选择的作用消失,说明幼体不仅以社群学习获得食物信息,而且通过自身试错学习也在积极寻觅潜在的食物项目。在自然界,植食性哺乳动物在环境条件相对稳定条件下选择食物项目时,社会学习对动物的食物项目选择具有一定的作用,幼体可模仿同伴或成体的食物选择模式;在环境条件剧烈变化时,动物通过试错学习选择的食物项目可能较模仿成体所摄取的食物项目营养含量更为丰富(Rogers, 1990)。根田鼠为广食性食草动物(generalists),其摄食的各类植物不仅能量、蛋白质、单宁酸、萜类化合物含量具有差异,而且各类植物的可利用性、植物形态及结构等亦有极大的变化。根田鼠幼体以社群学习和试错学习获得食物信息,选择摄食能满足其生理和代谢所需的食物项目,对其适应极端气候的高寒草甸生态系统具有重要意义。

根田鼠多同伴与单同伴对其学习个体的食物选择具有显著的作用,但二者对学习个体的食物选择作用的差异则不显著。此与Choleris等(1997)对大鼠的研究一致,而与Galef等(1990)对大鼠的同类研究结果则不同。Galef等(1990)发现,大鼠能辨别示范个体鼠选择的2种或3种食物。学习个体对选择采食特定食物项目的示范个体的数量较为敏感。当学习个体与4只示范个体集聚时,携带一种食物信息的示范个体数目越多,学习个体对此类食物选择摄入的越多。Choleris等(1998)的研究则证明,同时携带一种食物信息的1只和几只示范个体,并未引起学习个体食物选择的显著差异,

而示范个体的年龄对其学习个体的觅食效率具有显著的作用；成年示范个体对断乳幼体食物选择作用的持续时间较示范幼体对学习个体的持续时间长；与成年示范个体比较，幼体示范个体对社群传递食物信息的能力降低。Chou 和 Richerson (1992) 认为，示范个体数量的增加，可促成复杂的社群关系。在新建立的社群中，社群学习的能力受社群等级的影响。Choleris 等 (1997) 提出，随示范个体和学习个体数量的增加，可使蒙古沙漠长爪沙鼠 (*Meriones unguiculatus*) 个体间的攻击行为 (aggressive behaviour) 增高，且能阻碍学习个体获取示范个体的食物选择的信息。

在本项研究中，由于对示范个体和学习个体提供的可选择的食物项目较少，且实验个体所处的觅食条件单一。对 3 个示范个体仅提供同一种食物，因此，有关同伴的数量对学习个体食物选择的作用尚需进一步测定。

本文结果揭示，根田鼠熟悉同伴对其断乳幼体学习个体的食物选择具有显著的作用，而陌生同伴对断乳幼体学习个体食物选择的作用不显著。栖息于中亚高寒草甸地区的根田鼠是家族式的群居性物种，家庭成员共同参与觅食 (姜永进等, 1991; 苏建平和刘季科, 2000; 崔庆虎等, 2005)。在实验室条件下，将陌生幼体置入观测箱时，即能表现出明显的攻击性。由于陌生示范个体与学习个体之间的攻击性，致使学习个体观察和嗅闻示范个体口腔的时间减少。因此，学习个体没有充足时间从示范个体口腔获取携带的食物信息。而长爪沙鼠的断乳幼体在短暂地与有觅食经验的陌生同伴接触后，其食物选择未受陌生同伴的影响 (Valsecchi *et al.*, 1996)。Galef 和 Wigmore (1983) 及 Valsecchi 等 (1994) 的研究则表明，陌生同伴和熟悉同伴均能影响实验小鼠断乳幼体和小家鼠断乳幼体的食物选择。

综括上述分析，植食性小哺乳动物常与同胞幼体同时觅食，不仅可提高同胞幼体摄入食物的种类，也可增加搜寻食物的空间，而社群学习可使同胞间共享觅食经验，提高其觅食效率。因此，断乳幼体通过社群获得的觅食经验，对断乳幼体觅食效率最大化，满足其营养需要，减少野外觅食时间并降低捕食风险具有重要的作用。

致谢：感谢中国科学院西北高原生物研究所张堰铭博士及苏建平博士在实验期间给予热情的帮助和支

持。

参考文献：

- Agren G, Zhou Q, Zhong W. 1989. Ecology and social behaviour of Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*) at Xilinhot, Inner Mongolia, China. *Anim Behav*, **37**: 11 - 27.
- Bandura A. 1977. *Social Learning Theory*. Prentice-Hall, Englewood Cliff press.
- Choleris E, Gu C, Lui H, Mainardi M, Valsecchi P. 1997. The effect of demonstrator age and number on duration of socially-induced food preferences in house mouse (*Mus domesticus*). *Behav Proc*, **41** (1): 69 - 77.
- Choleris E, Valsecchi P, Wang Y, Ferrari P, Kavaliers M, Mainardi M. 1998. Social learning of a food preference in male and female Mongolian gerbils is facilitated by the anxiolytic, Chlordiazepoxide. *Parma. Biochem and Behav*, **60**: 575 - 584.
- Chou L S, Richerson P. 1992. Multiple models in social transmission of food selection by Norway rats (*Rattus norvegicus*). *Anim Behav*, **44**: 337 - 343.
- Cui Q H, Jiang Z G, Lian X M, Zhang T Z. 2005. Factors influencing habitat selection of root voles (*Microtus oeconomus*). *Acta Theriologica Sinica*, **25** (1): 45 - 51. (in Chinese)
- Forbes J M. 1998. Dietary awareness. *Applied Anim Behav Sci*, **57**: 287 - 297.
- Galef B G, Attenborough J R, Whiskin K S. 1990. Responses of observer rats to complex, diet-related signals emitted by demonstrator rats. *J Comp Psychol*, **104**: 11 - 19.
- Galef B G, Wigmore S W. 1983. Transfer of information concerning distant foods: a laboratory investigation on the "information centre" hypothesis. *Anim Behav*, **31**: 748 - 758.
- Galef B G. 1994. Olfactory communications about foods among rats: a review of recent findings. In: Galef B G, Mainardi M, Valsecchi P eds. *Behavioral Aspects of Feeding*. Chur, Switzerland: Harwood, 83 - 101.
- Galef B G, Whiskin E E. 2000. Social exploitation of intermittently available foods and the social reinstatement of food preference. *Anim Behav*, **60**: 611 - 615.
- Galef B G, Giraldeau L-A. 2001. Social influences on foraging in vertebrates: causal mechanisms and adaptive functions. *Anim Behav*, **61**: 3 - 15.
- Hatch K K, Lefebvre L. 1997. Does father know best? Social learning from kin and non-kin in juvenile ringdoves. *Behav Proc*, **41**: 1 - 10.
- Hepper P G. 1989. Foetus learning: implication for psychiatry? *Brit J Psych*, **155**: 289 - 293.
- Hinch G N, Lecrivain E, Lynch J J, Elwin R L. 1987. Developmental neurobiology of salt taste sensation. *TINS*, **13**: 188 - 195.
- Laland K N, Plotkin H C. 1991. Excretory deposits surrounding food sites facilitate social learning of food preferences in Norway rats. *Anim Behav*, **41**: 997 - 1005.
- Jiang Y J, Wei S W, Wang Z W, Zheng S W, Cui R X, Sun R Y. 1991. Productivity investigation of the root vole (*Microtus oecono-*

- mus) population in the Haibei alpine bushland (*Potentilla fruticosa*): population dynamics. *Acta Theriologica Sinica*, **11** (4): 270 – 278. (in Chinese)
- Mainardi M, Poli P, Valsecchi P. 1989. Ontogeny of dietary selection in weaning mice: effect of early experience and mother's milk. *Boil Behav*, **14**: 185 – 194.
- Mirza S N, Provenza F D. 1990. Preference of the mother affecting selection and avoidance of foods by lambs differing in age. *Appl Anim Behav Sci*, **28**: 255 – 263.
- Nolte D L, Provenza F D, Balph R L. 1990. The establishment and persistence of food preferences in lambs exposed to selected foods. *J Anim Sci*, **68**: 998 – 1002.
- Previde E P, Poli M D. 1996. Social learning in the golden hamster (*Mesocricetus auratus*). *J Comp Psych*, **110**: 203 – 208.
- Provenza F D, James A P, Cheney C D. 1992. Mechanisms of learning diet selection with reference to phytotoxicosis in herbivore. *J Range Manag*, **45**: 36 – 45.
- Rogers A R. 1990. Evaluating preference in laboratory studies of diet selection. *Can J Zool*, **68**: 188 – 190.
- Solomon N G, Christopher S Y, Lisa A B. 2002. Social transmission and memory of food preferences in pine voles (*Microtus pinetorum*). *J Comp Psychol*, **116**: 35 – 38.
- Su J P, Liu J K. 2000. Over winter of small herbivorous mammals in habitating alpine area. *Acta Theriologica Sinica*, **20** (3): 186 – 192. (in Chinese)
- Sun P, Yu H H, Zhao Y J, Zhao X Q. 2007. The odor recognition of cross-fostered female root vole (*Microtus oeconomus*) to male urine. *Acta Theriologica Sinica*, **27** (2): 158 – 164. (in Chinese)
- Valsecchi P, Galef B G. 1989. Social influences on the food preferences of house mice (*Mus musculus*). *Int J Comp Psychol*, **2**: 245 – 256.
- Valsecchi P, Moles A, Mainardi D, Mainardi M. 1994. Individual and social experiences in the establishment of food preferences in mice. In: Galef B G, Mainardi M, Valsecchi P eds. *Behavioral Aspects of Feeding*. Chur, Switzerland: Harwood, 103 – 124.
- Valsecchi P, Choleris E, Moles A, Guo C, Mainardi M. 1996. Kinship and familiarity as factors affecting social transfer of food preferences in adult Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*). *J Comp Psychol*, **110**: 243 – 251.
- Wang J M, Zhang Y M, Wang D H. 2006. Photoperiodic regulation in energy intake, thermogenesis and body mass in root voles (*Microtus oeconomus*). *Comp Biochem Phys*, **154**: 546 – 553.
- Wu Y, Bian J H, Liu J K. 2006. Effects of predator-induced maternal stress on offsprings locomotor activity and exploring behavior in root vole. *Acta Theriologica Sinica*, **26** (3): 235 – 240. (in Chinese)
- Zhao Y J, Song R Y, Fang J M, Li B M, Zhao X Q. 2003. Preference of pubescent females for dominant vs subordinate male in root voles. *Acta Zoologica Sinica*, **49** (3): 303 – 309. (in Chinese)
- 孙平, 于鸿浩, 赵亚军, 赵新全. 2007. 基于交叉抚育的雌性根田鼠对雄鼠尿味的识别. *兽类学报*, **27** (2): 158 – 164.
- 吴雁, 边疆晖, 刘季科. 2006. 根田鼠母体捕食应激对子代运动及探究行为的作用. *兽类学报*, **26** (3): 235 – 240.
- 苏建平, 刘季科. 2000. 高寒地区植食性小哺乳动物的越冬对策. *兽类学报*, **20** (3): 186 – 172.
- 赵亚军, 孙儒泳, 房继明, 李保明, 赵新全. 2003. 青春期雌性根田鼠初次择偶行为与雄性优势等级. *动物学报*, **49** (3): 303 – 309.
- 姜永进, 魏善武, 王祖望, 郑生武, 崔瑞贤, 孙儒泳. 1991. 海北高寒草甸金露梅灌丛根田鼠种群生产力的研究: 种群动态. *兽类学报*, **11** (4): 270 – 278.
- 崔庆虎, 蒋志刚, 连新明, 张同作, 苏建平. 2005. 根田鼠栖息地选择的影响因子. *兽类学报*, **25** (1): 45 – 51.