

社群学习对植食性鸟类和哺乳动物觅食行为的作用

何 岚¹, 李俊年^{1,*}, 杨冬梅¹, 李 泉¹, 陶双伦¹, 刘季科²

(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 310029)

摘要: 社群学习是动物的一种可塑性行为表现型式。综述了社群学习对植食性鸟类和哺乳动物觅食行为的作用, 并述评了其学习机制。社群同伴对动物个体觅食地点、时间和取食方式均有影响, 母体摄食的食物信息可通过胎盘和乳汁显著影响幼体的食物选择。动物通过观察学习、嗅闻学习以及味觉厌恶学习, 不仅能更快找到食物资源, 提高觅食效率, 而且能有效降低中毒与被捕食的风险, 从而提高其适合度。

关键词: 社群学习; 觅食行为; 鸟类; 哺乳动物

Effects of social learning on foraging behavior in herbivorous birds and mammals

HE Lan¹, LI Junnian^{1,*}, YANG Dongmei¹, LI Quan¹, TAO Shuanglun¹, LIU Jike²

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

2 College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310029, China

Abstract: Social learning is a phenotype of plastic behavior, which enables individuals to acquire adaptive behavior in local habitats. This paper reviews the effects of social learning on foraging behavior in herbivorous birds and mammals and the underlying mechanisms. Foraging sites, time, and patterns of individuals are influenced by their partner foragers. Furthermore, food selection by dams may be transferred to their offspring through the placenta and milk. By observation and olfaction, individuals can learn searching for food resources more quickly, increase foraging efficiency, avoid toxicants and decrease predation risk, thus improving their fitness.

Key Words: social learning; foraging behavior; birds; mammals

社群学习对动物觅食行为的作用是近年来动物生态学和行为生态学研究的热点之一。Heyes^[1]将影响动物形成行为模式的学习分为个体学习和社群学习两种类型。在自然界, 植物组织的营养成分及次生化合物含量存在种间与种内个体间、时间及空间的异质性, 动物为提高其适合度, 必须对食物质量, 以及觅食地点觅食时间、觅食方式作出行为反应与权衡, 以便选择营养丰富、次生化合物含量较低的食物项目, 并找到食物资源丰富的取食区域^[2]。社会性动物不仅与同伴分担探究环境的风险, 也共享食物资源信息, 从而提高觅食效率, 降低中毒与被捕食的风险^[3-4]。动物通过试错学习, 选择食物项目的风险极大, 而来自同伴对于环境中可利用食物项目的信息则有利于提高其适合度^[4-6]。本文试图论述社群学习对植食性鸟类和哺乳动物觅食行为的作用及其机制, 以期对植食性鸟类和哺乳动物觅食生态学的研究和发展有所裨益。

1 社群学习对植食性鸟类和哺乳动物觅食行为的作用

1.1 觅食地点

自然条件下, 优质的食物资源较少, 因此, 有关觅食地点的信息对动物寻找质量高、次生化合物少且可利用性高的食物项目是有利的^[5]。此论点促使许多学者进行野外和室内的研究, 以探讨觅食地点对动物社群

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30570285); 国家重点基础研究发展计划资助项目(2007CB109102); 湖南省教育厅重点资助项目(03-A037)

收稿日期: 2009-03-21; **修订日期:** 2009-05-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: junnianl@163.com

学习的作用及机制。迄今主要有两个假说,信息中心假说(information centre hypothesis)和局域促进假说(local-enhancement hypothesis)。Ward 和 Zahavi^[7]1973 年首次提出信息中心假说,认为鸟类的栖居地能起到“信息中心”的作用,集群中未找到食物的个体返回栖居地后,等待时机,跟随其他个体寻找好的觅食地点。Brown^[8]对红石燕(*Hirundo pyrrhonota*)的研究验证了这一论点,能带回较多食物的个体中只有 17% 的个体会跟随其它个体再次觅食,而未带回食物的个体中有 75% 的个体都将随其邻居或配偶出去觅食。另一个观点是局域促进假说,Robert^[9]提出,动物个体会模仿同伴的觅食行为而被吸引到许多同伴所在的取食区域取食。Thorpe^[10]认为觅食个体常会诱导同伴到其所在食物斑块取食。鸟类喜欢在能遇到同伴的区域飞行和觅食^[8]。Mcquoid 和 Galef^[11]的研究显示,正在取食的原鸡(*Gallus gallus*)诱导同伴到其取食的区域取食。

许多哺乳动物也存在此效应,褐家鼠(*Rattus norvegicus*)幼体会被吸引到成体所在的取食地点取食^[11-12]。Gerrish^[12]等认为,成体会在取食地点、食物以及巢穴中残留下气味,并诱导幼体的觅食。对野猪(*Sus scrofa*)^[13]、裸鼯鼠(*Heterocephalus glaber*)^[14]及灵长类^[15]均有类似报道。

1.2 觅食时间

动物在探究瞬时食物资源时,觅食时间非常重要。Templeton 和 Giraldeau^[16]提出,欧掠鸟(*Sturnus vulgaris*)可根据同伴的信息估计采食斑块的质量,从而决定在该斑块停留的时间,若觅食同伴光顾某一食物斑块的频率较高,后进入的欧掠鸟光顾该食物斑块的频率相应增高,停留在该斑块的时间也更长。Brown^[8]发现,红石燕采用集群方式捕食空中飞行的昆虫,它们从一个觅食地点到另一个地点,在每个地方停留的时间不一,且均不会超过 30 min。Galef 和 White^[17]提出,与有觅食经验的同伴在一起,无觅食经验的褐家鼠完成取食过程的时间较与无觅食经验的鼠群在一起的情况下短得多。但是,King 等^[15]指出植食性狒狒(*Papio hamadryas*)幼体常跟随母亲觅食,可能是母体觅食时帮助幼体觅食,并非告诉幼体何时觅食。

1.3 取食方式

社群学习对动物个体取食方式的影响为许多学者所关注。Weigl 和 Hanson^[18]发现,无取食经验的红松鼠(*Tamiasciurus hudsonicus*)通过观察同种取食山核桃(*Carya cathayensis sarg*),能更快打开山核桃。Previde 和 Poli^[19]发现金色中仓鼠(*Mesocricetus auratus*)幼体通过社群学习,能用牙齿和前爪获取在小链末端悬挂的食物。Laland 和 Plotkin^[20]发现,褐家鼠通过观察同种个体的取食行为,可学会挖取埋藏的食物碎片。

研究发现,在以色列,黑家鼠(*Rattus rattus*)能熟练取食松果^[21]。但其他鼠类却不能学会这种技术。然而,由不会取食松果的母体生出的小鼠经有取食松果经验的母体抚养后,能熟练搜寻并取食松果,如同有经验的个体一样^[21]。

野外研究显示,成年黑猩猩(*Pan troglodytes*)会教子代利用锤子和铁砧敲开坚果^[22],这种对付有特殊防卫结构的植物的取食方式具有种群特征。但是,这种具有种群特征的取食方式在自然环境下是如何形成的^[23-24],为何这种取食方式在不同种群中存在差别^[25]尚不清楚。

1.4 食物选择

在自然界,由于食物并非均匀分布,集群觅食的动物可能会搜寻和摄食相同的食物。对于许多植食性动物,单一食物中的营养成分通常是有限的,动物需要通过摄取多种食物来满足机体所必须的能量和矿物质。动物在食物选择的过程中,其食物选择常会受到觅食同伴的影响。在植食性小哺乳动物食物选择过程中,个体不仅通过试错学习建立其食物谱,更以社群学习获得食物信息,取食营养成分含量高的食物项目,避食营养成分低或次生化合物含量高的食物项目^[26]。

幼体对食物选择的学习主要来自对其母体和同伴的学习,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^[27]。有觅食经验的实验室小鼠(*Mus domesticus*)^[28]和小家鼠(*Mus musculus*)^[29]能显著影响其学习幼体的食物选择。根田鼠(*Microtus oeconomus*)的断乳幼体同伴对断乳学习幼体的食物选择具有显著作用^[26]。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,同伴对其幼体食物选择的作用则随之增大^[30-31]。

幼猴和幼猿未独立前均依赖其母亲提供营养,然而,幼体独立觅食后,母亲可能仅示范子代如何选择食物^[14]。尚未证实幼猴和幼猿的食物选择倾向是否受成体摄食后剩余的食物碎片的影响^[32]。

1.5 避食有毒食物

当遇到陌生食物,尤其可能是有毒食物时,公共信息对动物觅食尤为有用。那些通过试错学习识别食物的物种,尤其是广食性动物,最有可能犯大代价的错误,因此,也最有可能从公共信息获利^[33]。在进化过程中,许多动物学会利用同种个体的取食反应学习如何避食有毒食物。观察到同伴取食某种食物中毒后,赤狐(*Vulpes vulpes*)^[34]、丛林狼(*Canis latrans*)^[35]、狼(*Canis lupus*)^[36]会通过交流避食该食物或回避该取食地点。许多鸟类能通过观察同种的取食行为来避食某些食物项目^[37]。

Klopfer^[38]提出,机会主义觅食者能利用公共信息避食有毒的食物项目,而保守主义觅食者则主要利用公共信息来增加新食物项目的摄入量。而有些物种两者则可兼顾,如机会主义觅食的红翅黑鹂(*Agelaius phoeniceus*)。公共信息对“避食学习”产生的作用较对“食物选择学习”产生的作用更持久^[33]。

值得注意的是,一些物种不能学习避食食物,Fletemeyer等^[39]发现,灵长类成体很少主动阻止幼体取食那些需避食的食物项目。当观察到同伴因取食陌生食物生病或失去意识后,褐家鼠非但没有避食此类食物,反而更嗜好该食物^[40]。

2 社群学习对植食性鸟类和哺乳动物觅食行为的作用机制

2.1 观察学习

观察学习是指动物通过观察其它个体的行为而做出某种相应的行为^[41]。观察学习使学习者从示范者那里获得食物项目和食物地点的信息,从而减少觅食时间,并降低中毒与被捕食的几率^[42]。

对许多鸟类而言,观察学习诱导社群的食物选择。1日龄雏鸡(*Gallus gallus domesticus*)看到一个用引擎带动的箭头不停地啄颜色鲜艳的塑料小块后,会跟着啄相同颜色的塑料小块^[43];红翅黑鹂看见同种取食有颜色的食物后,会优先选择这种颜色的食物^[44]。

2.2 嗅闻学习

动物摄食后会携带食物的气味,这种气味可被同种个体所嗅知,并诱导其食物选择。褐家鼠^[40]、小鼠^[28]、长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)^[45]和刺鼠(*Acomys cahirinus*)^[46]可通过嗅闻新近取食的同伴的气味,辨别其是否中毒,从而决定是否回避或取食其所取食的食物。这种社群诱导的食物选择行为是强烈的,且能持续数周,甚至能使已有的食物选择习惯发生逆转^[47],在实验室条件下这种食物选择习惯的改变能持续几代^[20]。

2.3 味觉厌恶学习

若动物在摄取某种陌生食物后,发生恶心、呕吐、腹痛、腹泻等中毒症状,动物就会对具有相同味觉特征的食物产生回避、厌恶等反应,减少对该类食物的摄取,这种现象被称为条件性味觉厌恶(conditioned taste aversion, CTA)或味觉厌恶学习^[48]。后来发现,动物在摄取某种食物后,即使自身没有中毒,但只要与其他有中毒症状的个体同处,也会表现出同样的味觉厌恶,这种现象被称为中毒伙伴效应(poisoned partner effect, PPE)^[49],其机制可能是动物在摄取“适口的”食物或“不适口的”食物时,可以表现出不同的身体姿态和口部动作,学习者可通过观察其他个体在摄食过程中的身体反应,改变其食物选择和食物嗜好。同类个体在摄食过程中的“嗜好”可促进种群内其他个体对相同食物的摄取,而同类个体在摄食过程中的“厌恶性”反应则可减少种群内其他个体对相同食物的摄取^[50]。

2.4 母体效应

幼体可能通过3种途径自母体学习对食物项目的选择:在胚胎发育期,子宫中的胎儿可能会识别出母体摄食的食物滋味^[27];在哺乳期,母乳中携带其所摄入的食物滋味,通过母乳将食物信息传递给幼体。之后,幼体喜欢选择其母体在哺乳期摄食过的食物^[51];断乳时,幼体被其附近同种的成年个体摄食的食物所吸引^[52]。由于新生个体无法搜寻食物,吸奶和取食母亲粪便使得兔(*Oryctolagus cuniculus*)独立觅食后优先选择母亲取

食过的食物^[53]。Post 等^[54]研究表明东林鼠 (*Neotoma floridana*) 喜欢贮藏母亲哺育它们时摄食过的食物。Lupfer 等研究发现, 金色仓鼠幼体优先选择其母体摄食过的食物^[55]。

McFayden-Ketchum 和 Poter^[46]认为摄食食物项目经常变化的物种, 母体口腔可能会给幼体提供更多可利用食物类型的信息。Suarez^[56]的研究显示, 南美原鼠 (*Rodentia muride*) 幼体通过观察母体的嘴巴能获得母体先前摄入的食物项目信息。当母体摄食陌生食物时, 幼体会用较多的时间嗅闻母体的唇部。幼体似乎通过嗅闻和观察母亲的唇部获得母体摄食的食物信息, 这种假设可从母体的体姿得到验证。母体在摄食陌生食物时, 采用立式的姿势, 嘴巴微微开张。这种姿势可能有利于母体和幼体间分享酶、抗体、小肠微生物和必需的液体, 有利于哺乳和幼体根据母体口腔气味和母体牙齿间残留的食物小颗粒建立食物的喜好^[46,52]。自助餐食物选择实验表明, 当幼体在未与母体接触前, 幼体对马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 和番瓜 (*Carica papaya*) 的摄食量相近。然而在相处一段时间后, 幼体对母体以前摄食过的任意一种食物项目摄入量均较高。这意味着母体以前的摄食经验影响幼体食物选择^[56]。

总之, 社群学习觅食行为是一种可塑性表型行为, 是一种有利于动物获得适应栖息地的行为模式。在许多情况下, 并不了解社群信息传递的精确机制, 但是, 向同类个体学习觅食经验无疑对动物食性的形成、动物的生存具有重要作用。另一方面, 由于社群学习会使动物回避有毒诱饵或有毒食物, 可能会影响有害物种的防治效果。社群学习对动物觅食行为的作用已经渗透到行为生态学、种群生态学及进化生态学等学科^[57]。目前, 有关社群学习对动物觅食行为的研究主要在实验室进行, 野外环境下的研究较少, 并且关于促进动物社群学习的生态环境的研究更少^[57]。深入研究社群学习的影响因子及其机制, 对于理解动物社群的形成和发展, 以及动物的进化对策有重要的作用。

References:

- [1] Heyes C. Social learning in animals: Categories and mechanism. *Biological Reviews*, 1994, 69:207-231.
- [2] Provenza F D, Balph D F. Applicability of five diet selection models to various foraging challenges ruminants encounter. *Journal of Range Management*, 1990, 45:423-460.
- [3] Galef B G Jr, Lahland K N. Social Learning in Animals: Empirical Studies and Theoretical Models. *BioScience*, 2005, 55(6):489-499.
- [4] Lahland K N. Social learning strategies. *Learning Behavior*, 2004, 32(1), 4-14.
- [5] Caraco T, Giraldeau L A. Social foraging: producing and scrounging in a stochastic environment. *Journal of Theoretical Biology*, 1991, 153:559-583.
- [6] Solomon N G, Christopher S Y, Lisa A B. Social transmission and memory of food preferences in pine voles (*Microtus pinetorum*). *Journal of Comparative Psychology*, 2002, 116:35-38.
- [7] Ward, Zahavi. The importance of certain assemblages of birds as "information-center" for food finding. *Ibis*, 1973, 115:517-531.
- [8] Brown C R K. Cliff swallow colonies as information centers. *Science*, 1986, 234:83-85.
- [9] Roberts D. Imitation and suggestion in animals. *Bulletin of Animal Behavior*, 1941, 1:11-19.
- [10] Thorpe W H. *Learning and Instinct in Animals*. London: Methuen, 1963.
- [11] McQuoid L M, Galef B G. Social influences of feeding site selection by Burmese Fowl *Gallus gallus*. *Journal of Comparative Psychology*, 1992, 106:137-141.
- [12] Gerrish C J, Alberts J R. Different influence of adult and juvenile conspecifics on feeding by weanling rats (*Rattus norvegicus*): a size-related explanation. *Journal of Comparative Psychology*, 1985, 109:61-67.
- [13] Nicol C J, Pope S J. Social learning in sibling pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 1994, 40:31-43.
- [14] Judd T M, Sherman P W. Naked mole-rats recruit colony mates to food sources. *Animal Behaviour*, 1996, 52:957-969.
- [15] King B J. Social information transfer in monkeys, apes and hominids. *Yearbook of Physical Anthropology*, 1991, 34:97-115.
- [16] Templeton J J, Giraldeau L A. Vicarious sampling: the use of personal and public information by starlings foraging in a simple patchy environment. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1996, 38:105-113.
- [17] Galef B G Jr, White D J. Social acquired information reduces Norway rats' latencies to find food. *Animal Behaviour*, 1997, 54:705-714.
- [18] Weigl P D, Hanson E V. Observational learning and the feeding behavior of the red squirrel *Tamiasciurus hudsonicus*: the ontogeny of optimization. *Ecology*, 1980, 6: 213-218.
- [19] Previde E P, Plöchl M D. Social learning in the golden hamster. *Journal of Comparative Psychology*, 1996, 110:203-208.
- [20] Laland K R, Plotkin H C. Social learning and social transmission of digging for buried food in Norway rats. *Animal Learning & Behaviour*, 1990, 18:246-251.
- [21] Terkel J. Cultural transmission in the black rat. *Advances in the Study of Behavior*, 1995, 24:119-154.
- [22] Galef B G Jr. Reciprocal heuristics: a discussion of the relationship of the study of learned behavior in laboratory and field. *Learning and Motivation*, 1984, 15:479-493.
- [23] Boesch C. Teaching among chimpanzees. *Animal Behaviour*, 1991, 41:530-532.

- [24] Kenward B, Weir A A S, Rutz C, Kacelnik A. Tool manufacture by naive juvenile crows. *Nature*, 2005, 433: 121.
- [25] Chapman C A, Fedigan L M. Dietary differences between neighboring *Cebus capucinus* groups: local traditions, food availability or responses to food profitability?. *Folia Primatologica*, 1990, 54:177-186.
- [26] Li J N, Liu J K, Tao S L. Social learning of food preferences of conspecifics in root voles. *Acta Theriologica Sinica*, 2008, 28(3):260-265.
- [27] Hepper P G. Fetus learning: implication for psychiatry?. *The British Journal of Psychiatry*, 1989, 155:289-293.
- [28] Galef B G, Wigmore S. Transfer of information concerning distant foods: a laboratory investigation on the "information centre" hypothesis. *Animal Behaviour*, 1983, 31:748-758.
- [29] Valsecchi P, Galef B G. Social influences on the food preferences of house mice (*Mus musculus*). *The International Journal of Comparative Psychology*, 1989, 2:245-256.
- [30] Mirza S N, Provenza F D. Preference of the mother affecting selection and avoidance of foods by lambs differing in age. *Applied Animal Behaviour Science*, 1990, 28:255-263.
- [31] Provenza F D, James A P, Cheney C D. Mechanisms of learning diet selection with reference to phytotoxicosis in herbivore. *Journal of Range Management*, 1992, 45:36-45.
- [32] Visalberghi E, Frigaszy D M. The behaviour of capuchin monkeys, *Cebus apella*, with novel food: the role of social context. *Animal Behaviour*, 1995, 49:1089-1095.
- [33] Mason. Direct and observational learning by red-winged blackbirds (*Agelaius phoeniceus*): the importance of complex visual stimuli. In: Zentall T R, Galef B G Jr eds. *Social Learning: Psychological and Biological Perspectives*. Hillsdale, New Jersey: L. Erlbaum, 1988:99-115.
- [34] Henry J D. The use of urine marking in the scavenging behaviour of the red fox (*Vulpes vulpes*). *Behaviour*, 1977, 61:82-106.
- [35] Harrington F H. Urine marking at food caches in captive coyotes. *Canadian Journal of Zoology*, 1982, 60:776-782.
- [36] Harrington F H. Urine marking and caching behaviour in the wolf. *Behaviour*, 1981, 76:280-289.
- [37] Johnston A N B, Burne T H J, Rose S R P. Observation learning in day-old chicks using a one-trial passive avoidance learning paradigm. *Animal Behaviour*, 1998, 56:1347-1353.
- [38] Klopfer P. Observational learning in birds: the establishment of behavior modes. *Behavior*, 1961, 17:71-79.
- [39] Fletemeyer J R. Communication about potentially harmful foods in free-ranging chacma baboons, *Papio ursinus*. *Primates*, 1978, 19:223-226.
- [40] Galef B G Jr, Beck M. Aversive and attractive mark of toxic and safe foods by Norway rat. *Behavioral and Neural Biology*, 1985, 43:298-310.
- [41] Clarke J V, Nicol C J, Jones R, McGreevy P D. Effects of observational learning on food selection in horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 1996, 50(2): 177-184.
- [42] Galef B G Jr, Iliffe C P. Social enhancement of odor preference in rats: Is there something special about odors associated with foods? *Journal of Comparative Psychology*, 1994, 108:266-273.
- [43] Suboski M D, Bartashunas C. Mechanisms for social transmission of pecking preference to neonatal chicks. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 1984, 10:182-194.
- [44] Mason J R, Artz A H, Reidinger R F. Comparative assessment of food preferences and aversions acquired by blackbirds via observational learning. *Auk*, 1984, 101:796-803.
- [45] Valsecchi E, Choleris A, Moles C, Guo, Mainardi M. Kinship and familiarity as factors affecting social transfer of food preferences in adult Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Journal of Comparative Psychology*, 1996, 110:243-251.
- [46] McFadyen-Ketchum S A, Proter R H. Transmission of food preferences in spiny mice (*Acomys cahirinus*) via nose-mouth interaction between mothers and weanlings. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1989, 24:59-62.
- [47] Galef B G Jr. Enduring social enhancement of rats' preferences for the palatable and the piquant. *Appetite*, 1989, 13:81-92.
- [48] Xie L J, Li H G, Bai W Z. Role of olfactory information in the poisoned partner Effect in rats. *Chinese Journal of Pest Control*, 2008, 5(24):356-358.
- [49] Hishimura Y. Re-examination of the poisoned-partner effect with the two-bottle testing method. *Behavioural Processes*, 2000, 50(2-3):95-99.
- [50] Galef B G Jr, Attenborough K S, Whiskin E E J. Responses of observer rats (*Rattus norvegicus*) to complex, diet-related signals emitted by demonstrator rats. *Journal of Comparative Psychology*, 1990, 104(1):11-19.
- [51] Bryant J P, Kuropat P. Selection of winter forage by subarctic browsing vertebrates: Role of plant chemistry. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 1980, 11:261-285.
- [52] Galef B G Jr, Stein M. Demonstrator influence on observer diet preference: Analyses of critical social interactions and olfactory signals. *Animal Behaviour*, 1985, 13:31-38.
- [53] Hepper P G. Adaptive fetal learning: prenatal exposure to garlic affects postnatal preference. *Animal Behaviour*, 1998, 36:935-936.
- [54] Post D M, McDonald M W, Reichman O J. Influence of maternal diet and perishability on caching and consumption behavior of juvenile eastern wood rats. *Journal of Mammalogy*, 1998, 79:156-162.
- [55] Lupfer G, Frieman J, Coonfield D. Social transmission of flavor preferences in two species of hamster (*Mesocricetus auratus* and *Phodopus campbelli*). *Journal of Comparative Psychology*, 2003, 117: 449-455.
- [56] Suarez O V, Fernando O K. Transmission of food selectivity from mothers to offspring in Akodon azarae (*Rodentia muridae*). *Behavior*, 1998, 135:251-259.

参考文献:

- [26] 李俊年, 刘季科, 陶双伦. 根田鼠幼体食物选择的社群学习. *兽类学报*, 2008, 28(3):260-265.
- [48] 解灵军, 李华光, 白文忠. 嗅觉信息在大鼠中毒伙伴效应中的作用. *医学动物防制*, 2008, 5(24):356-358.