

## 中国树鼩实验动物化研究进展和展望

沈培清<sup>1,2,\*</sup>, 郑红<sup>1,2,\*</sup>, 刘汝文<sup>1</sup>, 陈丽玲<sup>1</sup>, 李波<sup>1</sup>, 何保丽<sup>1</sup>, 李进涛<sup>1</sup>,  
贲昆龙<sup>1,3,4</sup>, 曹筱梅<sup>1,3,4</sup>, 角建林<sup>1,\*</sup>

BACK

(1. 昆明医学院, 云南 昆明 650031; 2. 云南省实验动物管理办公室, 云南 昆明 650031;  
3. 昆明康涛生物技术有限公司, 云南 昆明 650106; 4. 中国科学院昆明动物研究所, 云南 昆明 650223)

**摘要:** 该文回顾了我国树鼩驯养繁殖和研究的发展历史, 介绍了树鼩实验动物化研究的最新进展, 并结合我国目前的状况, 提出了今后的工作建议: 加强实验树鼩标准化 (包括地方和国家标准) 的研究、近交系动物的研制、达到商业化树鼩的基础分子与细胞生物学研究工具的研制、人类重大疾病树鼩动物模型研究和建设国家实验树鼩种源基地等。

**关键词:** 实验树鼩; 驯养管理; 动物模型; 展望

中图分类号: Q959.832; Q95-33 文献标志码: A 文章编号: 0254-5853-(2011)01-0109-06

## Progress and prospect in research on laboratory tree shrew in China

SHEN Pei-Qing<sup>1,2,\*</sup>, ZHENG Hong<sup>1,2,\*</sup>, LIU Ru-Wen<sup>1</sup>, CHEN Li-Ling<sup>1</sup>, LI Bo<sup>1</sup>, HE Bao-Li<sup>1</sup>,  
LI Jin-Tao<sup>1</sup>, BEN Kun-Long<sup>1,3,4</sup>, CAO Xiao-Mei<sup>1,3,4</sup>, JIAO Jian-Lin<sup>1,\*</sup>

(1. Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650031, China; 2. Yunnan Provincial Office for Laboratory Animal Administration, Kunming, Yunnan 650031, China; 3. Kunming Kangtao Biotechnology Company Ltd, Kunming, Yunnan 650106, China; 4. Kunming Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China)

**Abstract:** We outline the historical research on the laboratory tree shrew in China and discuss its current research trends. Five key aspects of applied research are emphasized in this review, including quality control standards for laboratory tree shrews, the establishment of an inbred colony, commercial preparation of major molecular and cellular research tools, further research on tree shrew models for human diseases, and the establishment of the tree shrew seed institution at state level.

**Key words:** Laboratory tree shrew; Breeding and management; Animal model; Prospect

树鼩(tree shrew, *Tupaia belangeri*), 又称北方树鼩(northern tree shrew), 是外形酷似松鼠的小型哺乳动物, 在分类上属哺乳纲攀鼩目(Scandentia)。它主要分布在印度北部、缅甸、越南、泰国、柬埔寨、老挝、马来西亚、印尼、菲律宾等东南亚热带和亚热带国家和地区, 我国主要分布在云南、贵州、广西、广东、海南等省区。根据地域差异, 又可把我国的树鼩细分为以下 6 个亚种。滇西亚种(*T. b.*

*chinensis*), 也就是我们目前所广泛研究的种类, 分布于云南西部、中部和南部以及四川西南部。其他还有高黎贡山亚种(*T. b. gaoligongensis*)、海南亚种(*T. b. modesta*), 越北亚种(广西西南部)(*T. b. toninia*)、滇南亚种(*T. b. yunalis*)和瑶山亚种(广西西北部)(*T. b. yaoshanensis*) (Pen et al 1991)。云南是我国树鼩资源最丰富的地区, 也是树鼩应用研究最发达的地区。

收稿日期: 2010-12-01; 接受日期: 2011-01-14

基金项目: 云南省科技基础条件平台建设计划项目(2006pt07-1); 国家科技支撑计划项目(2009BA183B02-22)

\*通讯作者(Corresponding authors), E-mail:yunnanlaa@yahoo.com.cn; zh1995097@yahoo.com.cn

第一作者简介: 沈培清, 研究员, 研究方向为实验动物标准化

由于树鼩的许多分子和细胞结构近似于人类,对多种人类重要病毒易感,可作为重要人类病毒的动物模型,并在肿瘤学、内分泌学、神经生物学、生殖生物学、免疫学等方面已有广泛和深入的研究。国内外已经有多篇文献综述(Wang et al, 2010; Shen et al, 2008; Xu et al, 2005; Fuchs & Corbach-Sohle, 2010)。树鼩的实验动物化是各项研究不可缺少的基础条件。全球在这一方面做得最好的是德国灵长类中心(Fuchs & Corbach-Sohle, 2010)。近年来,在各级政府的支持下,我国在树鼩的驯养繁殖、开发应用和实验动物标准化研究方面也取得了长足进展。

## 1 树鼩人工驯养繁殖研究的历史与现状

云南是全国开展树鼩人工驯养繁殖研究最早的省份。20世纪70年代末,昆明地区就开始人工驯养繁殖树鼩。中国科学院昆明动物研究所是我国开展树鼩人工驯养繁殖最早的单位,该所围绕树鼩人工驯养繁殖和疾病防治开展了一系列相关研究,包括分类学和生态学、寄生虫学、病理学、解剖学、神经生物学、遗传学、生物化学和免疫学,为国内开展树鼩相关研究提供了宝贵的基本生物学资料。中国医学科学院医学生物学研究所开展树鼩人工驯养繁殖和疾病防治研究的同时,开展了树鼩实验感染疱疹病毒、轮状病毒(Wu et al, 1983; Wan et al, 1982)等方面的研究并获得成功。此外,昆明医学院等单位也都开始了小规模树鼩人工驯养繁殖、疾病防治等相关领域的研究。

随着树鼩在人类疾病模型方面的应用潜力被逐步认识,围绕树鼩作为实验动物模型的开发应用,全国各地一些科研院所相继开展了树鼩驯养繁殖和应用的研究,如武汉同济医科大学、上海市肿瘤研究所、广西壮族自治区肿瘤防治研究所、广西医科大学、广西大学、广州中医药大学、甘肃省医学科学院等(Wu et al, 1982; Zou et al, 1987; Zhou et al, 1987; Yu & Lian, 2001; Yu et al, 2002; Liang et al, 2005)。但这些单位均是因某一项科研课题的需要而进行的极小规模探索性驯养繁殖,是在完成科研项目的时候,摸索树鼩人工繁殖的经验。广西是较多开展树鼩人工驯养繁殖研究的省份。在20世纪70年代末到90年代期间,市场上流通的基本上都是野生实验用树鼩,因为当时人工繁殖的子代树鼩很少,还没有一个单位能够在实验室规模化地

繁殖出子代树鼩并供应市场。由于树鼩实验动物化研究的长期滞后,在不同程度上影响了树鼩开发应用研究的进程。

直至21世纪,在广大科技工作者和政府的共同努力下,我国树鼩人工繁育和标准化研究取得了显著进展。2006年,昆明医学院等单位承担了云南省科技厅基础平台项目——树鼩人工驯养繁殖和实验动物标准化研究,研制出适宜树鼩繁殖和实验用的、具有自主知识产权的笼具(ZL 2009 2 0111624.5 & ZL2009 2 0111625.X)。突破了树鼩规模化人工驯养繁殖的技术难关,打破繁殖的季节限制,实现全年批量规模化繁殖。目前昆明医学院的树鼩种群有600多只,其中繁殖用雌性树鼩280只(亲代雌鼩180只、仔一代60只和仔二代40只)。树鼩的年供应能力保持在1000只以上。2009年,树鼩产仔数为1330只,离乳数为1205只,占90.6%。由于技术上不断改进,按照实验动物的要求,昆明医学院建立了一系列操作规程和质量控制措施,三年来,树鼩产仔数和离乳率逐年提高。2007—2009年间,树鼩繁殖情况如表1所列。到2009年下半年,平均树鼩窝仔数为3.7只,初生均重11.2g,离乳均重91.6g(表2,图1)。至今,昆明医学院已向全国各地批量供应有质量控制的实验室繁殖树鼩,有效提升了实验树鼩的质量,为树鼩在生物医学等领域的深入研究和广泛应用提供了基础保障。

此外,广西医科大学在树鼩人工驯养繁殖研究方面也取得了一定成绩,新生树鼩经被动母乳结合人工配方乳喂养的成活率达92.2%,非繁殖期使用激素类药物能提高成年树鼩的受孕率,用药有效率达61.5%(Liang et al, 2005)。中国科学院昆明动物研究所是我国最早开展树鼩驯养繁殖的单位(Peng

表1 2007—2009年间昆明医学院实验树鼩出生和存活情况\*  
Tab. 1 The birth and weaning of tree shrew at Kunming Medical University (KMU) during 2007—2009

年份 Year	产仔数(只) Birth number	离乳数(只) Weaning number	离乳率(%) Weaning rate
2007	282	7	2.5
2008	534	263	49.3
2009	1330	1205	90.6

\*引自云南省科技厅科技基础条件平台建设计划《树鼩人工驯养繁殖和实验动物标准研究》2006PT07-1项目结题报告(The data are from Report of Yunnan Provincial Science and Technology Department project 2006PT07-1 “Tree Shrew Domestication and Laboratory Standardization”)。

表 2 2008 年 3 月—2009 年 12 月昆明医学院树鼩繁殖情况  
Tab. 2 The breeding data of adult tree shrew at KMU during March 2008 – December 2009

月份 Month	月均受孕次数 (次/月) Pregnancies per month	月均产仔窝数 (窝) Mean of delivery number per month	产仔率 (%) Birth rate	月均产子总数 (只/月) Mean of birth number per month	月均离乳总数 (只/月) Mean of weanling number per month	平均窝仔数(只) Mean of birth number per delivery	初生均重(g) Mean of neonate body weight	离乳均重(g) Mean of body weight at weanling
2008 年 3—12 月 Mar–Dec( <i>n</i> =206)	18.6	16.7	89.78	53.4	26.3	3.2	9.4±1.7	68.1±3.5
2009 年 1—6 月 Jan–Jun( <i>n</i> =150)	24.60	22.8	92.56	80.1	69.2	3.6	10.9±1.2	87.5±12.5
2009 年 7—12 月 Jul–Dec( <i>n</i> =150)	39.5	39.5	100.00	144.9	131.7	3.7	11.2±1.3	91.6±7.5

\*引自云南省科技厅科技基础条件平台建设计划 2006PT07-1 项目结题报告(The data are from Report of Yunnan Provincial Science and Technology Department project 2006PT07-1 “Tree Shrew Domestication and Laboratory Standardization”)。



图 1 昆明医学院培育的子代树鼩

Fig. 1 Filial generation of tree shrews at Kunming Medical University

A、B: 新生树鼩; C: 出生 7 日龄树鼩; D: 出生 10 日龄树鼩。引自云南省科技厅科技基础条件平台建设计划 2006PT07-1 项目结题报告。

A, B: New born babies of tree shrews; C: 7 days old tree shrews; D: 10 days old tree shrews. The data are from Report of Yunnan Provincial Science and Technology Department project 2006PT07-1 “Tree Shrew Domestication and Laboratory Standardization”.

et al, 1991), 2009 年, Li et al (2009)又开展了树鼩人工繁殖新方法的研究并获得成功。中国医学科学院医学生物学研究所开展 HCV-cc 模型研究的同时,也开展了树鼩人工繁殖研究并获得成功(Dai et al, 2008, 2009)。与相关单位相比,昆明医学院获得树鼩规模化繁殖的经验在于:改变以往稀粥样饲料,用全价颗粒饲料喂养树鼩,取消其他一切食品,既保障营养均衡稳定,又能有效控制饲料卫生质量和

消化道疾病,符合实验动物饲料生产许可证管理要求;产仔巢穴近似野生树鼩巢穴(图 1),产仔率和成活率有保障;一雄多雌分居饲养定期批量合笼交配繁殖;初产子代母树鼩由具有经产史的母树鼩诱导哺乳,有效提高了子代树鼩的繁殖率和存活率;繁殖工作由专人负责,饲养员仅起到配合作用(专利申请号:201010 273008.7、201010273025.0 和 201010274335.4, Kunming Medical University)。

## 2 实验树鼯标准化的研究

实验树鼯标准化研究滞后,是长期以来实验树鼯应用研究发展缓慢的主要原因之一。迄今为止,实验树鼯尚无国家、行业质量控制标准。在兄弟单位同行们的大力支持下,在云南省专项经费的资助下,昆明医学院经过多年的努力工作,终于在2010年10月完成了“实验树鼯云南省地方标准”的研究和编制工作。云南省地方标准《实验树鼯(DB53/T 328.1-328.5—2010)》已于2010年11月16日正式发布,2011年3月1日正式实施,其内容共分为5个部分:1. 实验树鼯(第1部分):微生物学等级及检测(DB53/T 328.1);2. 实验树鼯(第2部分):寄生虫学等级及检测(DB53/T 328.2);3. 实验树鼯(第3部分):遗传学质量控制(DB53/T 328.3);4. 实验树鼯(第4部分):配合饲料(DB53/T 328.4);5. 实验树鼯(第5部分):环境及设施(DB53/T 328.5)。本标准的颁布填补了我国实验树鼯无质量标准的空白,为树鼯人工繁殖和实验研究提供了全面的质量保障,结束了长期仅能使用野生树鼯的历史,标志着树鼯实验动物化研究取得了突破性进展,为实验树鼯广泛应用和深入研究奠定了质量保障。当然,该标准还有一些条款需要在今后的实际工作中予以补充、完善和提高。

目前,国家科技部已经重视我国资源动物的实验动物化工作。2010年,科技部启动了国家科技支撑项目:人畜共患病感染动物模型技术研究及我国特有野生动物实验动物化,其中涉及3个资源动物:树鼯、长爪沙鼠、灰仓鼠。其子课题:普通级树鼯种群和HCV感染模型的建立与评价,由中国医学科学院医学生物学研究所和昆明医学院共同承担。这表明我省在树鼯实验动物化研究与实践方面走在全国前列。

## 3 我国实验树鼯开发应用研究的建议

在“十二五”期间,国家将建立实验动物种质资源管理体系,建立和完善实验动物种质资源中心和保存基地。同时,继续关注人类重大疾病动物模型和实验动物资源的标准化及评价体系的研究。科技部将进一步启动国家科技支撑计划项目:“重大疾病动物模型和实验动物资源的标准化及评价体系的建立”,通过该项目的实施,促进我国实验动物标准化进程,为我国科技自主创新、重大疫病防

控和人类健康提供有力支撑。所以,我们应密切关注国家在资源动物标准化建设方面的发展动向,抓住机遇,进一步完善树鼯标准化研究,开展树鼯人类重大疾病动物模型研究。对此,提出一些建议。

### 3.1 开展实验树鼯质量控制国家标准的研究

目前由云南省质量技术监督局颁布的《实验树鼯 云南省地方标准》——《实验树鼯(DB53/T 328.1-328.5—2010)》,仅仅是推荐性地方标准。由于受人力、财力等条件的制约,该标准的条款内容还有许多不够全面的地方,需要在实践中做进一步的补充完善和提高;有些条款需要做验证实验,以保证其各项条款内容的科学性、可靠性和权威性。为此,建议省实验动物工作管理机构组织全省相关单位的专业技术人员,在《实验树鼯 云南省地方标准》的基础上,开展实验树鼯质量控制国家标准的研究,共同参与和完成修订完善提升工作,加快树鼯实验动物标准化研究进程,尽早把《实验树鼯 云南省地方标准》提升为国家标准,引领我国实验树鼯标准化研究工作,促进我省实验树鼯研究开发工作的进程,吸引更多省外乃至国外的研究项目落户云南。

### 3.2 近交系实验树鼯的培育研究

近交系实验动物的出现,曾经大大推动了许多十分重要的生物学研究的突破。相对于灵长类动物而言,树鼯的生命周期较短,多胎生殖,从理论上讲,比较容易培育近交系动物。我们应该探索实验树鼯的近交系动物的培育。如果可能的话,还可以如同培育小鼠那样,按照我们人类的科学研究任务的需要,培育具有不同生物学特性的近交系。

### 3.3 进一步加强实验树鼯的基础生物学研究

与小鼠等已有实验动物相比较,人们对于树鼯的基础生物学的研究非常有限,这已经成为树鼯在生物医学研究方面应用的瓶颈。我们建议要尽快加强树鼯基础分子生物学和细胞生物学的研究,研制出一些常用的研究工具,如分子探针和单克隆抗体等,组织国内有关力量,尽早进行树鼯的基因组测序以及比较基因组和比较蛋白质组的研究。可喜的是国内已经有一些研究团队正在这方面开展深入研究并取得较好结果(Li et al, 2010; Zhang D et al, 2009; Zhang P et al, 2009; Shao et al, 2009)。

### 3.4 开展人类重大疾病的树鼯动物模型的研究

目前,HCV是危害人类身体健康和生命安全的重大传染病之一,全球已超过1.7亿感染人群,每

年新增 300 万感染者, 每年因肝细胞癌死亡人数达 100 万。云南是 HIV 感染重灾区, HIV 感染者也是 HCV 的易感人群, 云南自然成为 HCV 的重灾区。因此, 在云南开展树鼩 HCV 等疾病动物模型的研究和应用, 具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。目前昆明地区有 6 个以上的单位同时在开展 HCV 的相关研究 (Xu et al, 2007)。建议国家和省政府科技管理部门进行组织, 既有分工, 又有合作, 避免不必要的重复。以 HCV 疾病动物模型的研究和开发应用为突破口, 全方位深入开展树鼩 HCV 动物模型的研究, 为应用于防治 HCV 的疫苗和有效药物研究的动物模型的建立, 奠定基础。

此外, 树鼩还可以作为许多研究的动物模型, 如人乙型病毒性肝炎和人疱疹病毒的研究、行为和社会结构研究、人类抑郁症的药物研究, 以及人类老年病的研究等等, 因此, 完全有必要把实验树鼩建成继实验猕猴之后又一个实验动物支柱品种, 促进我省实验动物科技产业的可持续发展, 把昆明地区在树鼩实验研究方面的技术和资源优势保持和发展下去。这样, 既发挥了我省实验动物资源的优势, 也为国家的实验动物科技事业做出应有的贡献。

## 参考文献:

- Dai JJ, Fong JH, Ye YS, Sun XM, Xu CX, Gao JH, Kuang DX, Huan YY, Luo ZW, Tang DH. 2008. Patent cage for domesticating and breeding and test of tree shrew. China, CN200820199835.4 [P]. [代解杰, 冯建洪, 叶尤松, 孙晓梅, 许长兴, 高家红, 匡德宣, 罕园园, 罗志武, 唐东红. 2008. 人工饲养繁殖及实验用树鼩专用笼具. 中国, CN200820199835.4].
- Dai JJ, Sun XM, Jiang QF, Kuang DX, Huan YY, Ye YS, Huang ZQ, Lu CX, Tang DH. 2009. Laboratory breeding method for research on laboratory animal of tree shrew. China, CN200910095042.7[P]. [代解杰, 孙晓梅, 江琴芳, 匡德宣, 罕园园, 叶尤松, 黄璋琼, 陆采霞, 唐东红. 2009. 野生树鼩实验动物化中的人工繁殖法. 中国, CN200910095042.7]
- Fuchs E, Corbach-Sohle S. 2010. Tree shrew[M]// Hubrecht R, Kirkwood J. The IFAW Handbook on the Care and Management of Laboratory and Other Research Animals. 8th ed New York: Wiley-Blackwell. 20
- Kunming Medical University. 2010. Laboratory breeding method for cage bred tree shrew. China, patent application No.201010273025.0 [P]. [昆明医学院. 2010. 一种实验室条件下子代树鼩繁殖的方法. 中国, 专利申请受理通知书. 申请号 201010273025.0]
- Kunming Medical University. 2010. Laboratory breeding method in large scale mating of tree shrew. China, patent application No. 201010273008.7 [P]. [昆明医学院. 2010. 一种树鼩规模化交配的繁殖方法. 中国, 专利申请受理通知书. 申请号: 201010273008.7]
- Kunming Medical University. 2010. Tree shrew formula feeds and producing method. China. patent application No. 201010274335.4[P]. [昆明医学院. 2010. 一种树鼩全价颗粒饲料及其制备方法. 中国专利申请受理通知书. 申请号: 201010274335.4]
- Li G, Yan Y, Chang YY, Lu LB. 2009. New method of tree shrew breeding in laboratory (J). *Mod Anim Husband Vet*, 3: 18-21. [李贵, 严晔, 常云艳, 吕龙宝. 2009. 树鼩实验室繁殖的新方法. 现代畜牧兽医, 3: 18-21.]
- Liang l, Li Y, Yang C, Su JJ, Duan XX, Cao J, Ou C, Ban KC, Yue HF. 2005. Breeding of tree shrews in laboratory [J]. *Sichuan J Zool*, 24(2): 199-201. [梁亮, 李媛, 杨春, 苏建家, 段小娟, 曹骥, 欧超, 班克臣, 岳惠芬. 2005. 树鼩实验室繁殖及育幼的探讨. 四川动物, 24(2): 199-201.]
- Li YJ, Gao YD, Guo Y, Lu CX, Huang JF, Xia XS, Dai JJ, Fan QS, Li ZS, Zhang HT. 2010. Cloning of full-length sequence of tree shrew CD3 $\epsilon$  and prediction of its molecular characteristics[J]. *Zool Res*, 31(5): 483-489. [李乙江, 高跃东, 郭彦, 陆彩霞, 黄京飞, 夏雪山, 代解杰, 范泉水, 李作生, 张华堂. 2010. 树鼩 CD3 $\epsilon$  全长编码序列的克隆及分子特征分析. 动物学研究, 31(5): 483-489.]
- Peng YZ, Ye ZZ, Zou RJ, Wang YX, Tian BP, Ma YY, Shi LM. 1991. Biology of Chinese Tree Shrew[M]. Kunming: Yunnan Science and

## 3.5 建立国家级实验树鼩种源基地、生产供应基地和动物实验研究基地

云南不仅是著名的动物王国, 更是我国实验动物工作的发源地, 曾经有过实验动物科技事业的辉煌历史, 昆明鼠、猕猴、版纳微型猪等实验动物为我国的实验动物科技事业做出了积极贡献。改革开放以来, 云南的科技工作和科研实力得到了大幅度提升, 实验动物科研和综合开发能力处在全国前列。树鼩是我省又一个资源十分丰富的实验动物种类, 全国 6 个亚种, 云南, 占有 3 种, 且是全省性分布, 占有天时地利人和的优势。

昆明是我国开展树鼩人工驯养繁殖和研究时间最早、基础条件最好、技术人才队伍最强的地区。在树鼩规模化人工驯养繁殖技术、质量控制标准研究以及 HCV 模型研究等方面均处全国领先水平, 树鼩实际上已经成为继昆明鼠、猕猴、版纳微型猪之后我省又一个实验动物支柱品种。建议省政府科技主管部门组织全省人力物力和财力, 发挥云南树鼩资源优势 and 人才技术优势, 在争取国家实验动物专项基金的同时, 设立项目专项资金, 把昆明建成国家级实验树鼩种源基地、生产供应基地和动物实验研究基地, 在为我省实验树鼩的研发应用打下坚实基础的同时, 也为树鼩的产业化发展和全国的生产供应做出我们应有的贡献。

- Technology Press. [彭燕章, 叶智彰, 邹如金, 王应祥, 田保平, 马原野, 施立明. 1991 树鼩生物学. 昆明: 云南科技出版社.]
- Shao XL, Zhang XD, Zhang YX, Zhang HT, He YW. 2009. Isolation, identification and expression analysis of interleukin 2 receptor  $\alpha$  chain(CD25) gene in *Tupaia belangeri*[J]. *J Univ Sci Technol Chn*, **39**: 714-721.
- Shen PQ, Liu MF, Liu RW, Jiao JL. 2008, Study on application、standards and industrialization of tree shrew (J) . *Lab Anim Sci* **25**(1): 49-52.[沈培清, 刘美芳, 刘汝文, 角建林. 2008. 树鼩的应用和标准化产业化研究. 实验动物科学, **25**(1): 49-52.]
- Wan XB, Liu JC, Xu AY 1982. Experimental infection of adult tree shrew with rotavirus[J]. *Chn J Med*. **62**: 461-465. [万新邦, 刘玗昌, 胥爱源. 1982. 用人轮状病毒感染成年树鼩的实验研究. 中华医学杂志, **62**: 461-465.]
- Wang XJ, Yang C, Su JJ. 2010. Development of application of tree shrew in experimental medical research (J) . *Chn J Comp Med* , **20**(2): 67-70[王晓娟, 杨春, 苏建家. 2010. 树鼩在医学实验研究中的新进展. 中国比较医学杂志, **20**(2): 67-70.]
- Wu XX, Liu MY, Dai CB, Zhu BY, Dai ZX. 1982. Laboratory breeding and reproduction in tree shrew [J]. *Chin J Zool*, **17**(2): 38-40. [吴晓娟, 刘名英, 代长柏, 朱保友, 代忠祥. 1982. 树鼩的实验室饲养和繁殖. 动物学杂志, **17**(2): 38-40.]
- Wu XX, Tang EH, Xie GZ 1983, Research on tree shrew with herpesvirus I: the isolation, biological characteristics and serum of the virus [J]. *Chn J Microbiol Immunol*, **3**: 33-36. [吴小娟, 唐恩华, 谢光珍. 1983. 树鼩疱疹病毒的研究 I: 病毒的分离、生物学性状和血清学研究. 中华微生物学和免疫学杂志, **3**: 33-36.]
- Xu XP, Cheng HB, Ben KL. 2005. Application of tree shrew as an animal model in biomedical research. [J] *Acta Lab Anim Sci Sin* **13**(3): 49-52[徐新平, 陈红波, 贲昆龙. 2005. 树鼩在医学生物学中的应用. 中国实验动物学报, **13**(3): 187-90.]
- Xu X ,Chen H, Cao XM, Ben KL. 2007. Efficient infection of tree shrew (*Tupaia belangeri*) with hepatitis C virus grown in cell culture or from patient plasma [J]. *J Gen Virol*, **88**: 2504-2512.
- Yu FR, Lian XR. 2001. Effects of the artificial environment on hemogram and myelogram of Chinese tree shrews[J]. *J Gansu Sci*, **13**(2): 51-53. [俞发荣, 连秀珍. 2001. 人工环境对树鼩血象和骨髓象的影响. 甘肃科学学报, **13**(2): 51-53.]
- Yu YM, Wu YQ, Wang SC, Luo HT, Yao M, Qian GS, Chang H. 2002. Laboratory domestication of *Tupaia blangeri chinensis*[J]. *J Shanghai Jiaotong Univ: Agri Sci*, **22**(1): 24-27. [于永梅, 吴一迁, 王生存, 罗海涛, 姚明, 钱耕菽, 常洪. 2002. 中缅树鼩的实验室驯化. 上海交通大学学报: 农业科学版, **22**(1): 24-27.]
- Zhang D, Gao L, Zhang YX, Sun L, Feng Y, He YW, Xia XS, Zhang HT. 2009. Crucial factors for *de novo* establishment of long-term primary culture of tree shrew hepatocytes [J]. *Zool Res*, **30**(1): 24-30 [张顶, 高丽, 张远旭, 孙丽, 冯悦, 何有文, 夏雪山, 张华堂. 2009. 树鼩肝细胞体外分离培养体系的复建及主要影响因素分析. 动物学研究, **30**(1): 24-30.]
- Zhang P, Li D, Stewart-Jones G, Shao X, Chen Q, Li Y, He YW, Xu XN, Zhang HT. 2009. A single amino acid defines cross-species reactivity of tree shrew(*Tupaia belangeri*) CD 1d to human invariant natural killer t(iNKT) cells [J]. *Immunology*. **128**(4): 500-10.
- Zou RJ, Ji WZ, Sha LC, Lu JM, Yan Y, Yang KQ. 1987. Reproduction in tree shrew(*Tupaia blangeri chinensis* [J]. *Zool Res*, **8**(3): 231-238. [邹如金, 季维智, 沙临力, 陆锦明, 严晔, 杨克勤. 1987. 树鼩的繁殖. 动物学研究, **8**(3): 231-238.]
- Zhou SC, Cai HL, Zhou M, Yan HL, Zhang XZ. 1987. The biological characters observation of *Tupaia blangeri chinensis* in laboratory domestication [J]. *Shanghai Lab Anim Sci*, **13**(1): 33, 47. [周顺长, 蔡红琳, 周明, 严海兰, 章贤忠. 1987. 人工饲养条件下树鼩的生物学特性观察. 上海实验动物科学, **13**(1): 33, 47.]