



刘云波，中国医学科学院医学实验动物研究所教授、研究员，兼任北京华卓康生物科技股份有限公司董事长、国家实验动物质量环境检测中心主任、中国实验动物学会常务理事、北京市实验动物行业协会副理事长、中国装备协会实验室装备分会常务理事、中国 GLP 联盟常务理事、中国实验动物学会实验动物资源鉴定与评价工作委员会主任委员，同时在中国实验动物学会多个学术专委会任职。长期从事实验动物质量控制和新资源开发工作，是国家重点研发计划项目首席科学家，主持科研项目 26 项，其中 10 项科研成果获得省部级科技成果奖。参与编写著作和教材 11 部，主编国家标准 1 项、地方标准 11 项，参编国家标准 3 项。发表科研论文 110 余篇。



杜小燕，首都医科大学基础医学院教授、博士生导师，兼任中国实验动物学会第八届理事会理事、实验动物资源与鉴定工作委员会秘书长等社会职务。同时担任《中国比较医学杂志》《实验动物科学》《实验动物与比较医学》和 *Scientific Reports* 编委，以及《中国实验动物学报》通信编委。研究领域涉及实验动物遗传检测、实验动物资源和疾病模型培育及其遗传机制研究，主持和参加国家级课题 20 余项，以第一作者或通信作者身份在 *Molecular Cancer*、*JAMA* 等国内外学术期刊上发表论文 57 篇，单篇最高被引频次达 128 次。编著 10 部书籍，其中副主编 6 部。以第一发明人获得授权发明专利 2 项。荣获中国实验动物学会科技奖一、二、三等奖各 1 项，北京市实验动物行业协会奖基础类一等奖 3 项，2016 年中国实验动物学会优秀青年人才奖。

中国实验动物资源鉴定与评价工作进展分析

杜小燕¹，刘云波²

(1. 首都医科大学基础医学院, 北京 100069; 2. 中国医学科学院医学实验动物研究所, 北京 100021)

[摘要] 实验动物既是国家战略资源，也是国家科技发展的重要支撑条件。中国实验动物学会实验动物资源鉴定与评价工作委员会成立于 2019 年 5 月，是中国目前唯一的专门从事实验动物资源鉴定与评价的专业学术团体机构。本文首先论述了实验动物资源鉴定与评价的意义，总结了 3 种新的实验动物资源开发途径，包括将实验用动物（经济动物、观赏动物、农用动物、野生动物等）驯化和标准化、通过自然突变和人工诱变获得实验动物新品种（系）、应用基因编辑技术创制新的实验动物资源；然后介绍了实验动物资源鉴定与评价的工作流程（包括初审即形式审查、函审即专家审核、会审或现场考察、审定即投票表决并公示、发放鉴定证书）和所需提交的材料（包括申请书、总结报告、鉴定或研究报告、附录和其他必要材料）；接着进一步论述了资源鉴定与评估的相关要求，包括种群、遗传学分类要求、生物学特性、遗传稳定、应用价值；最后，介绍了目前已经完成鉴定的实验动物资源新品种（系）情况，并分析了目前工作实践中存在的问题以及针对这些问题的解决措施，以期后续相关研究提供参考。

[关键词] 实验动物；实验动物资源；鉴定与评价

[中图分类号] Q95-33; R-332 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5817(2024)05-0469-06



Analysis of the Progress in Identification and Evaluation of Laboratory Animal Resources in China

DU Xiaoyan¹, LIU Yunbo²

(1. School of Basic Medical Sciences, Capital Medical University, Beijing 100069, China, 2. Institute of Laboratory

[基金项目] 国家重点研发计划项目课题“近交系爪沙鼠脑缺血再灌注损伤和两种 2 型糖尿病模型的创建及关键技术研究” (2021YFF0702402); 国家自然科学基金面上项目“自发性糖尿病爪沙鼠肥胖与非肥胖亚系的定向培育及其脂肪组织为靶点的分子机制” (32170540)

[第一作者] 杜小燕 (1971—)，女，博士，教授，研究方向：实验动物资源模型培育及分子遗传机制。E-mail: duduyan@ccmu.edu.cn。ORCID: 0000-0002-4030-7299

[通信作者] 刘云波 (1962—)，男，博士，研究员，主要从事实验动物管理、监测和研究工作。E-mail: yunboliu@126.com。ORCID: 0009-0007-9030-4911

Animal Science, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100021, China)

Correspondence to: LIU Yunbo (ORCID: 0009-0007-9030-4911), E-mail: yunbolu@126.com

[ABSTRACT] Laboratory animals are not only a national strategic resource but also an important support for development of science and technology. The Committee of Identification and Evaluation for Laboratory Animal Resources, organized by Chinese Association for Laboratory Animal Sciences and established in May 2019, is currently the only specialized academic agency dedicated to the identification and evaluation of laboratory animal resources in China. This paper first discusses the significance of identifying and evaluating laboratory animal resources, summarizes three new approaches to developing these resources, including the domestication and standardization of laboratory animals (economic, ornamental, agricultural, and wild animals, etc.), the acquisition of new strains (species) through natural mutation and induced mutation, and the creation of new laboratory animal resources through gene editing technology. It then introduces the workflow for resource identification and evaluation, including preliminary review (format review), written review (expert review), joint review or on-site inspection, final review (voting and public announcement), and the issuance of certificates. The required materials to be submitted include application, summary report, research or identification reports, appendices and other necessary documents. The paper further discusses related requirements for resource identification and evaluation, including population, genetic classification, biological characteristics, genetic stability, and application value. Finally, the current status of newly identified laboratory animal strains (species) and issues in current work practices are analyzed, as well as solutions to these issues. This paper aims to provide a valuable reference for further research in this field.

[Key words] Laboratory animal; Laboratory animal resources; Identification and evaluation

实验动物是国家或地区科技创新发展的战略性资源之一，是实现科技进步、促进经济社会可持续发展、提高国家科技国际地位的基础性支撑条件。重视实验动物资源建设，推动实验动物资源多样化发展和标准化^[1]，尤其是开发可用于人类疾病动物模型构建的实验动物资源，是生物制品、医药研发、产业发展的必要支撑和有力保障。但长期以来，我国没有进行实验动物资源鉴定与评价的专业机构，导致很多科研机构和企业培育、创制的实验动物资源无法得到科学评价和行业认可。2019年5月，中国实验动物学会组织成立了中国实验动物学会实验动物资源鉴定与评价工作委员会，其负责起草和制定实验动物资源鉴定与评价的程序、指南等相关文件，并积极开展工作。本文就近5年来中国实验动物学会实验动物资源鉴定与评价工作委员会所取得的工作进展作简单总结，分析目前存在的问题并提出相应的解决对策。

1 实验动物新资源开发途径

1.1 实验用动物的驯化和标准化

在生产和科研等实践工作中，不仅需要传统意义上的“标准”实验动物，还可能用到野生动物、

经济动物、观赏动物、农用动物等，这些动物统称为实验用动物^[2]。实验用动物由于遗传背景、携带的微生物和寄生虫以及生物学特性不明确或不稳定，需要经过长期驯化、培育，实现标准化，才能成为实验动物资源。例如，野生长爪沙鼠经过驯化能够进行人工饲养繁育，科研人员通过基因组测序、多种遗传标记（包括生化位点^[3]、微卫星^[4]和单核苷酸多态性等）来分析遗传背景，制定并发布了营养、微生物和环境控制^[5-8]等地方标准和团体标准，并且成功培育出高发脑缺血和自发糖尿病的两个近交品系^[9-10]，使长爪沙鼠成为实验动物资源。

1.2 自然突变和人工诱变

实验动物在长期繁育过程中不可避免地发生自然突变。科学家在发现有价值的突变表型后通过定向选育，可获得新的实验动物品种（系）。例如，豫医无毛小鼠是在昆明小鼠群中发现突变个体，后经长期定向近亲培育获得的实验动物新资源^[11]。然而，这种自然突变可遇不可求，因此“诱变”这种经典遗传学研究方法应运而生。科学家们一般采用乙酰基亚硝基脲（N-ethyl-N-nitrosourea, ENU）使动物发生遗传突变，获得新的表型特征，再以表型驱动深入探究其背后隐

藏的遗传密码, 从而获得实验动物新资源^[12]。截至2023年底, 在PubMed数据库中, 有700多篇文献是用ENU进行小鼠诱变研究的, 最近的一篇文献是2022年日本科学家利用ENU诱导出小鼠小细胞低色素性贫血模型品系的报告^[13]。用“chemically induced mutation”检索Jackson实验室的小鼠基因组信息学数据库(Mouse Genome Informatics, MGI), 共有8 499个小鼠突变系^[14]。而在国内, 吴宝金等^[15]也曾利用ENU诱变获得了神经行为学、毛发等异常的多种实验动物新资源品系和新模型。

1.3 基因编辑

自转基因、基因敲除等基因修饰技术问世以来, 实验动物尤其是小鼠品系的数量已快速增长。2012年出现的成簇规律间隔的短回文重复序列(clustered regularly interspaced short palindromic repeats, CRISPR)/CRISPR相关蛋白核酸酶9(CRISPR-associated nuclease 9, Cas9)基因编辑技术推动生命科学研究进入了新纪元。该技术快速成为创制实验动物新资源的一种新方式, 甚至有望成为疾病治疗的一种新手段。截至目前, 在使用CRISPR/Cas9技术的2万多篇研究文献中, 关于动物基因编辑的约占50%, 科学家们通过该技术对多种动物实现了基因编辑^[16-17]。最新的研究报告显示, 利用CRISPR/Cas9技术还可以培育出具有特异性器官缺陷的小鼠^[18]。这一技术革命使实验动物新品系激增, 成为实验动物新资源开发的重要途径之一。

2 实验动物资源鉴定与评价的工作流程和所需材料

2.1 工作流程

实验动物资源鉴定与评价的工作流程包括初审、函审、会审、审定和证书发放。在初审阶段, 申请单位提交材料后, 由中国实验动物学会实验动物资源鉴定与评价工作委员会秘书处进行形式审查, 审查内容包括材料完整性以及每部分材料的形式和内容是否符合要求。例如, 是否提交了4个部分的必需材料, 申请书是否已加盖单位公章(共3处), 申请单位、参加单位、培育单位等是否前后一致, 主要培育人员名单是否完整, 有无法人代表或单位主管领导签字等。对于总结报告、研究报告和附录, 主要审查其内容的完整性。

形式审查通过后, 发放受理通知书, 进入函审阶段。经过20个工作日后, 至少由2位函审专家给出审核意见, 意见分为3种: 合格, 同意进行现场或会议评审; 基本合格, 修改后进行现场或会议评审; 不合格, 退回重修。对于前2种意见, 申请人修改材料后进入现场考察或会议评审阶段。在现场考察或会议评审时, 专家们进一步考察, 或通过会议评审提出改进建议或修改意见。

现场考察或会议评审通过后, 中国实验动物学会实验动物资源鉴定与评价工作委员会组织全体委员对所有材料进行投票表决, 获得超过半数同意票的即可通过鉴定与评价。之后, 将全部材料提交给中国实验动物学会秘书处, 经审核、公示后, 即可发放鉴定证书。通过鉴定的品种(系)均会被收集进入国家动物模型资源共享信息平台(<https://namri.cnilas.org>)。

2.2 所需提交的材料

主要依据2个文件, 即《中国实验动物学会实验动物新资源鉴定与评价条件和程序(试行)》和《中国实验动物学会实验动物新资源登记实施指南(试行)》(获取网址: http://www.calas.org.cn/article/view?cid=0_20_5589, 末尾的“数据提交流程”-“实验动物资源”地址)。具体提交以下材料: (1) 实验动物资源鉴定与评价申请书(单位盖章并附电子版); (2) 实验动物资源培育(开发)总结报告; (3) 实验动物资源鉴定或研究报告; (4) 实验动物资源登记实施指南中的附录A~L; (5) 中国实验动物学会实验动物资源鉴定与评价工作委员会认为有必要提供的其他相关材料。

申请书内容包括动物品种(系)名称及简介(素材来源), 育种的技术路线, 模型动物的表型特征、性能指标、生理生化指标、应用情况等, 模型的突出特点(创新性、先进性)和推广应用前景, 主要培育人员名单(按照贡献大小排列, 其顺序将在鉴定证书上体现, 不可更改), 以及单位盖章(大部分实验动物资源的培育为职务工作, 必须由单位同意, 这是申请书被受理的必要前提)。

总结报告是介绍培育研究工作的摘要, 即简述培育背景、培育方法、培育结果和可能的应用前景。

研究(鉴定)报告是申请材料的重点, 也是鉴定与评价的重要依据。其中须详述培育的背景、培育方法、培育结果(具体生物学数据)、资源培养或鉴定所涉及的技术方法、比较医学特点、应用证明和其他相

关材料。

附录共要求12项,包括系谱信息、生长性能、繁殖性能、一般生理和生化指标、主要脏器系数及组织学特征、特殊生物学特性指标、实验动物资源的应用、遗传质量控制、营养与饲料、饲养环境、饲养管理和实验操作技术方法。

3 实验动物资源鉴定与评估的相关要求

3.1 实验动物新资源应具有一定规模的种群

遗传质量控制要求是实验动物资源鉴定与评价的核心内容。新资源如果是小动物近交系,要求不少于20对种子动物,封闭群要求不少于50对种子动物;单倍型陆禽类实验动物新资源的种子动物要求不得少于6个家系且系谱清楚;其他新模型资源的种子动物要求不少于30对;大型实验动物则不少于15对种子动物。

3.2 实验动物新资源应符合近交系或封闭群等遗传学分类要求

所申请的实验动物新资源应该符合实验动物遗传质量分类的近交系、封闭群或杂交群(如不同品系的近交系通过杂交培育而成的具有特殊性状的新品系)要求。对于基因修饰动物,需要证明其背景动物品系的特征;对于新培育的动物,要建立适当的遗传检测方法,近交系需用至少2种方法(如基因组测序、微卫星DNA检测、单核苷酸多态性检测或皮肤移植等)证明遗传信息组成的一致性;对于封闭群,则需要通过遗传检测证明其具有多样性和遗传结构稳定性。

3.3 实验动物新资源应有明显或独特的生物学特性,且遗传稳定

作为实验动物新资源,其一定要有独特的生物学特性,并具有遗传稳定性。例如,大多数白色家兔的虹膜为红色,而浙江中医药大学筛选到虹膜为黑色的白色家兔,这种家兔表现出一种独特的生物学特性,并通过多代培育后,证明这种生物学特性能够稳定遗传,形成一个新品种(系)^[19]。

3.4 基因修饰实验动物新资源的表型特征应显著(需经3代证明其遗传稳定)

作为实验动物新资源,具有显著表型特征和遗传稳定是基本要求,尤其对于基因修饰动物资源,须至少繁殖3代以证明其遗传稳定性。现已通过中国实验动物学会实验动物资源鉴定与评价工作委员会鉴定与评价的多个基因修饰动物品系均经过了多个代次的培

育。例如,中国农业科学院农业基因组研究所培育的中农巴马小型猪基因缺失品系已经繁育了超过6代,重庆市畜牧科学院培育的人抗体转基因小鼠CAMouse^{HC}也已超过9代,充分证明这2种实验动物新资源的特殊表型特征具有遗传稳定性。

3.5 实验动物新资源应具有明显的应用前景和价值

对于实验动物新资源申请,需要通过试用、生产应用、研究应用成果等多种方式来证明其专用或特殊的使用价值,或具有实用价值,并在将来的科学研究中有一定的应用前景。例如,上海实验动物研究中心培育的东方田鼠在血吸虫研究中具有明显的使用价值^[20];百奥赛图(北京)医药科技股份有限公司培育的B-NDG[®]小鼠在免疫学研究和肿瘤研究中均具有重要价值。

4 目前已经鉴定的实验动物新资源概况

截至2024年7月,已经有12个实验动物新资源完成鉴定,具体见表1。新的实验动物品种(系)包括:由野生动物进行实验动物化培育而来的长爪沙鼠和东方田鼠;由家畜进行实验动物化培育而来的五指山小型猪近交系;由基因修饰技术产生的小型猪和小鼠新资源,如全人抗体转基因小鼠CAMouse^{HC}、ApoE、LDLR单基因或双基因缺失的中农巴马小型猪新品系、无 α Gal抗原基因编辑的巴马小型猪品系、I12rg基因敲除的B-NDG[®]免疫缺陷小鼠、人源化ACE2基因敲入(human ACE2 knock-in, hACE2-KI)的BALB/c小鼠等;也有由传统实验动物自发突变获得的新品系如白毛黑眼兔。

5 实验动物资源鉴定与评价存在的问题与对策

中国实验动物学会实验动物资源鉴定与评价工作委员会开展工作已近5年,一直秉承以下的鉴定和评价标准:(1)新资源是采用合理的科学方法创建;(2)新资源表现出明显的可识别和(或)有用的表型和基因型,并与原有资源有所不同;(3)申请单位是否可提供应用证明,并对新资源有一定的保存和控制能力。基于这些标准,实验动物资源鉴定与评价工作取得了一定进展,但在实践过程中仍然存在一些问题,例如:(1)宣传力度不够。虽然每年由中国实验动物

表1 2019—2024年已通过实验动物新资源鉴定与评价工作委员会鉴定与评价的实验动物新品种(系)信息

Table 1 Information for new stocks or strains of laboratory animals approved by Committee of Laboratory Animal Resources Identification and Evaluation from 2019 to 2024

开发途径 Development method	实验动物新资源的品种(系)名称 Strain name of new laboratory animal resource	申请单位 Applying institution	获批时间 Approval time
野生动物实验动物化 Laboratory animal from wild animal	长爪沙鼠脑缺血近交系	首都医科大学	2021年5月
	长爪沙鼠糖尿病近交系	首都医科大学	2021年5月
	洞庭湖东方田鼠	上海实验动物研究中心	2021年5月
家畜实验动物化 Laboratory animal from domestic animal	中畜五指山小型猪近交系	中国农业科学院北京畜牧兽医研究所	2022年9月
基因编辑或基因修饰 Gene editing or modification	人抗体转基因小鼠CAMouse ^{HG}	重庆市畜牧科学院	2021年5月
	中农巴马小型猪 <i>ApoE</i> 基因缺失品系	中国农业科学院农业基因组研究所	2022年11月
	中农巴马小型猪 <i>LDLR</i> 基因缺失品系	中国农业科学院农业基因组研究所	2022年11月
	中农巴马小型猪 <i>ApoE</i> 和 <i>LDLR</i> 双基因缺失品系	中国农业科学院农业基因组研究所	2022年11月
	无 α Gal 抗原基因编辑巴马小型猪 (BGMP) 品系	成都中科奥格生物科技有限公司	2023年9月
	B-NDG [®] 免疫缺陷小鼠	百奥赛图(北京)医药科技股份有限公司	2024年2月
	人源化 <i>ACE2</i> 基因敲入 (hACE2-KI) 的 BALB/c 小鼠	中国人民解放军陆军军医大学	2024年7月
传统实验动物突变 Traditional laboratory animal mutation	白毛黑眼兔 (WHBE) 封闭群	浙江中医药大学	2023年9月

学会通过公众号或网站等进行宣传,但很多有实验动物资源鉴定与评价需求的科研院所和企事业单位仍然不了解这个机构及其作用,今后需加强这方面工作。(2) 评审专家人数不足。截至2024年5月,鉴定及评价工作主要是依靠中国实验动物学会实验动物资源鉴定与评价工作委员会的23位委员完成的,随着申请鉴定与评价的实验动物品种(系)增多,秘书处可选择的函审和现场评审专家数量明显不足。因此,中国实验动物学会于2023年底启动了实验动物资源鉴定与评价评审专家库建设工作,得到了全国各地专家的积极响应,已于2024年6月召开了实验动物资源鉴定与评价评审专家库成立大会,完成了第一批评审专家的培训并发放证书。这一举措既解决了评审专家人数不足的问题,也提高了资源鉴定和评价的科学性、权威性和影响力。(3) 工作流程和细节需要进一步优化。包括函审专家是否可以兼做现场评审专家;审核专家如果意见不一致时如何处理;如何设立评审专家避嫌制度;是否将鉴定与评价工作视为服务性质工作而签署服务协议等。这些方面的流程还存在争议,需要进一步优化工作机制。

总之,实验动物资源鉴定和评价是一项具有探索性与前瞻性的工作,目前国内外可借鉴的经验较为缺乏,中国实验动物资源鉴定与评价工作将继续在探索中前进,希望能找到更多创新性的工作思路,有效推

动中国实验动物资源高质量发展。

[作者贡献 Author Contribution]

杜小燕起草论文、回复审稿意见;
刘云波对论文内容整体把握和修改。

[利益声明 Declaration of Interest]

本文所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献 References]

- 贺争鸣. 基于能力提升的我国实验动物资源发展愿景[J]. 实验动物与比较医学, 2021, 41(2): 85-90. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2021.042.
HE Z M. Development vision of laboratory animal resources in China based on ability improvement[J]. Lab Anim Comp Med, 2021, 41(2): 85-90. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2021.042.
- 孙德明,李根平,陈振文,等. 实验动物从业人员上岗培训教材[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011.
SUN D M, LI G P, CHEN Z W, et al. Induction training materials for laboratory animal practitioners[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2011.
- 李迎,陈振文,马兰芝,等. 近交系长爪沙鼠生化标记遗传监测方法的建立及其应用[J]. 实验动物与比较医学, 2017, 37(6):442-447. DOI: 10.3969/j.issn.1674-5817.2017.06.004.
LI Y, CHEN Z W, MA L Z, et al. Establishment and application of genetic monitoring methods for inbred gerbil by biochemical markers[J]. Lab Anim Comp Med, 2017, 37(6):442-447. DOI: 10.3969/j.issn.1674-5817.2017.06.004.
- DU X Y, CHEN Z W, LI W, et al. Development of novel microsatellite DNA markers by cross-amplification and

- analysis of genetic variation in gerbils[J]. *J Hered*, 2010, 101(6): 710-716. DOI: 10.1093/jhered/esq066.
- [5] 中国实验动物学会. 实验动物长爪沙鼠环境设施: T/CALAS 58—2018[S]. 北京: 科学出版社, 2018.
Chinese Association for Laboratory Animal Sciences. Laboratory animal-Mongolian gerbil requirements of environment and housing facilities: T/CALAS 58-2018[S]. Beijing: Science Press, 2018.
- [6] 中国实验动物学会. 实验动物长爪沙鼠遗传质量控制: T/CALAS 59—2018[S]. 北京: 科学出版社, 2018.
Chinese Association for Laboratory Animal Sciences. Laboratory animal-Mongolian gerbil genetic quality control: T/CALAS 59-2018[S]. Beijing: Science Press, 2018.
- [7] 中国实验动物学会. 实验动物长爪沙鼠微生物学等级及监测: T/CALAS 55—2018[S]. 北京: 科学出版社, 2018.
Chinese Association for Laboratory Animal Sciences. Laboratory animal-Mongolian gerbil microbiological standards and monitoring: T/CALAS 55-2018[S]. Beijing: Science Press, 2018.
- [8] 中国实验动物学会. 实验动物长爪沙鼠寄生虫学等级及监测: T/CALAS 56—2018[S]. 北京: 科学出版社, 2018.
Chinese Association for Laboratory Animal Sciences. Laboratory animal-Mongolian gerbil standards and monitoring for parasitology: T/CALAS 56-2018[S]. Beijing: Science Press, 2018.
- [9] WU Y, HU C J, LI Z H, et al. Development of a new cerebral ischemia reperfusion model of Mongolian gerbils and standardized evaluation system[J]. *Anim Mod Exp Med*, 2024, 7(1):48-55. DOI: 10.1002/ame2.12378.
- [10] LI X H, LU J, WANG Y, et al. Establishment and characterization of a newly established diabetic gerbil line[J]. *PLoS One*, 2016, 11(7): e0159420. DOI: 10.1371/journal.pone.0159420.
- [11] 王纯耀, 章金涛, 祝庆蕃, 等. 豫医无毛小鼠近交系建立及其生物学特性[J]. *上海实验动物科学*, 1999, 19(1): 64-65.
WANG C Y, ZHANG J T, ZHU Q F, et al. Establishment of inbred lines of Yuyi hairless mice and their biological characteristics[J]. *Shanghai Lab Anim Sci*, 1999, 19(1): 64-65.
- [12] 吴宝金, 茅慧华, 李厚达. ENU诱变在功能基因组研究中的应用[J]. *癌变·畸变·突变*, 2004, 16(1):57-60. DOI: 10.3969/j.issn.1004-616X.2004.01.018.
WU B J, MAO H H, LI H D. Application of ENU mutation in functional genome research[J]. *Carcinog Teratog Mutagen*, 2004, 16(1):57-60. DOI: 10.3969/j.issn.1004-616X.2004.01.018.
- [13] MIYASAKA Y, OKUDA K, MIURA I, et al. A novel ENU-induced *Cpox* mutation causes microcytic hypochromic anemia in mice[J]. *Exp Anim*, 2022, 71(4):433-441. DOI: 10.1538/expanim.22-0032.
- [14] MGI. Mouse genome informatics[DB/OL]. [2024-04-07]. <https://www.informatics.jax.org>.
- [15] 吴宝金, 茅慧华, 邵义祥, 等. ENU诱变获得4种白斑小鼠及对突变基因的染色体定位[J]. *科学通报*, 2003, 48(22):2301-2307. DOI: 10.3321/j.issn:0023-074X.2003.22.002.
WU B J, MAO H H, SHAO Y X, et al. Four kinds of white spot mice obtained by ENU mutation and chromosome location of mutant genes[J]. *Chin Sci Bull*, 2003, 48(22):2301-2307. DOI: 10.3321/j.issn:0023-074X.2003.22.002.
- [16] YUAN Y G, LIU S Z, FARHAB M, et al. Genome editing: an insight into disease resistance, production efficiency, and biomedical applications in livestock[J]. *Funct Integr Genomics*, 2024, 24(3):81. DOI: 10.1007/s10142-024-01364-5.
- [17] MARIANO C G, DE OLIVEIRA V C, AMBRÓSIO C E. Gene editing in small and large animals for translational medicine: a review[J]. *Anim Reprod*, 2024, 21(1): e20230089. DOI: 10.1590/1984-3143-AR2023-0089.
- [18] LIM J J Y, MURATA Y, YURI S, et al. Generating an organ-deficient animal model using a multi-targeted CRISPR-Cas9 system[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1):10636. DOI: 10.1038/s41598-024-61167-3.
- [19] 周卫民, 潘永明, 陈民利, 等. WHBE兔网织红细胞计数与分群测定[J]. *实验动物与比较医学*, 2009, 29(6):411-414. DOI: 10.3969/j.issn.1674-5817.2009.06.015.
ZHOU W M, PAN Y M, CHEN M L, et al. Measurement of reticulocytes and its subpopulation in WHBE rabbits[J]. *Lab Anim Comp Med*, 2009, 29(6):411-414. DOI: 10.3969/j.issn.1674-5817.2009.06.015.
- [20] 谢建芸. 东方田鼠作为一种实验动物新资源的研究进展报告[J]. *实验动物与比较医学*, 2023, 43(5): 482-491. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.114.
XIE J Y. Research progress report on *Microtus fortis* as a new resource of laboratory animal[J]. *Lab Anim Comp Med*, 2023, 43(5): 482-491. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.114.

(收稿日期:2024-04-07 修回日期:2024-07-01)

(本文编辑:张俊彦,富群华,丁宇菁,干明红)

[引用本文]

杜小燕, 刘云波. 中国实验动物资源鉴定与评价工作进展分析[J]. *实验动物与比较医学*, 2024, 44(5): 469-474. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2024.050.

DU X Y, LIU Y B. Analysis of the progress in identification and evaluation of laboratory animal resources in China[J]. *Lab Anim Comp Med*, 2024, 44(5): 469-474. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2024.050.