

2026 年度湖北省自然科学奖公示信息

项目名称	中国自然多倍体泥鳅资源演化及配子倍性调控机制
提名单位	华中农业大学
提名意见	<p>(不超过 600 字, 如实对科学发现点的原创性、科学价值、国内外自然科学界公认度以及推动学科发展的作用进行概述。若填写数据, 请慎重, 公示后数据不可更改)</p> <p>自然多倍体泥鳅是我国重要的水生生物资源。该成果首次在全国尺度上完成了泥鳅二倍体与多倍体自然种群的资源普查与系统发育地理学分析, 阐明了其地理分布格局及演化历史, 证实了多倍体谱系的独立起源。从细胞和分子水平揭示了中国泥鳅自然三倍体、四倍体的生殖特性及其形成机制。从全基因组 DNA 甲基化层面系统揭示了多倍体泥鳅的表观遗传重塑特征。在此基础上, 在国际上率先解析了染色体水平的泥鳅基因组, 尤为重要, 首次鉴定并功能验证了调控鱼类不减数配子发生的关键基因 <i>cdk1</i>, 从分子层面揭示了配子染色体组倍性变异的直接机制, 为理解多倍体形成这一核心进化事件提供了关键证据。该成果完整构建了从宏观资源演化到微观关键基因功能的证据链条, 不仅丰富和发展了脊椎动物多倍体物种形成理论, 还为鱼类多倍体育种提供了宝贵的基因资源。系列研究成果发表在《BMC Biology》《International Journal of Biological Macromolecules》《Proceedings of the Royal Society B》等本领域权威 SCI 期刊, 并出版专著《中国自然多倍体泥鳅的遗传学研究》。相关发现被国内外同行多次引用和积极评价, 确立了我国在该特色研究方向的国际影响力。</p> <p>综上, 对照自然科学奖授奖条件, 决定提名该项目为 2026 年度湖北省自然科学奖一等奖。</p>
项目简介	<p>中国自然多倍体泥鳅是重要的水生生物资源, 其天然存在的二倍体、三倍体、四倍体、甚至五倍体、六倍体等多倍体类型, 为研究脊椎动物多倍体进化、生殖发育与基因组调控提供了独特而宝贵的模型体系。然而, 长期以来, 对我国自然多倍体泥鳅资源的宏观演化格局缺乏系统性认识, 对不同倍性泥鳅生殖特性差异的细胞与分子基础、特别是决定多倍体形成的核心——配子染色体组倍性变异的调控机制, 尚不完全清楚, 严重制约了相关基础理论的发展与种质创新利用。被推荐的研究团队长期从事泥鳅多倍</p>

体演化、遗传学与分子育种研究,系统调查了我国主要水系泥鳅的倍性资源,揭示了自然多倍体的分布规律与群体遗传结构;从细胞和分子水平深入解析了多倍体泥鳅的生殖特性与形成机制;开展了不同倍性泥鳅间的表观基因组比较分析;在此基础上,成功解析了染色体水平的高质量泥鳅参考基因组,并以此为蓝图,鉴定出调控不减数配子发生的关键功能基因,阐明了其分子机制。该系列研究构建了从资源演化、基因组基础到关键基因功能的完整证据链,深化了对多倍体物种形成与进化机制的理解,为泥鳅及鱼类多倍体育种提供了重要的基因资源与理论依据。

主要原创性科学发现如下:

(1)首次在全国尺度上完成了泥鳅二倍体与多倍体自然种群的资源普查与系统发育地理学分析。通过对全国七大水系 168 个种群、7439 尾泥鳅的倍性鉴定与线粒体基因分析,首次明确了我国泥鳅二倍体、三倍体、四倍体的地理分布格局,发现多倍体呈现零散、局域性分布,与二倍体同域共存。群体遗传学分析表明,同域的二倍体与四倍体共享线粒体单倍型,支持四倍体为同源多倍体,并起源于二倍体群体的多次独立多倍化事件,为理解我国泥鳅多倍体资源的演化历史提供了关键证据(代表性论文 1)。

(2)从细胞和分子水平揭示了中国泥鳅自然三倍体、四倍体的生殖特性及其形成机制。通过系统的细胞和分子遗传学与繁殖生物学研究,证实了我国自然四倍体泥鳅是遗传的、可育的同源四倍体,能够产生正常的二倍体配子。揭示了自然多倍体泥鳅产生的细胞学途径,出版了首部系统阐述中国自然多倍体泥鳅遗传学研究的专著(代表性专著 2)。

(3)从全基因组 DNA 甲基化层面系统揭示了多倍体泥鳅的表观遗传重塑特征。发现四倍体泥鳅的整体 DNA 甲基化水平高于二倍体,尤其是在第一外显子等区域差异显著。但在启动子区,四倍体的甲基化水平反而略低。筛选到大量倍性间差异甲基化基因,这些基因显著富集于生长发育、免疫及 DNA 错配修复等通路,从表观遗传层面阐释了多倍体适应性进化的潜在调控机制(代表性论文 3)。

(4)在国际上率先解析了染色体水平的泥鳅基因组。首次构建了泥鳅染色体级别的高质量参考基因组图谱,组装大小为 1.10 Gb, contig N50 达 3.83 Mb,并注释了 24,974 个蛋白编码基因。该高质量基因组的解析,为后续深入开展比较基因组学、功能基因挖掘及分子育种研究奠定了至关重要的基础(代表性论文 4)。

(5)首次鉴定并功能验证了调控鱼类不减数配子发生的关键基因 *cdk1*, 揭示了配子染色体组倍性变异的直接机制。 基于上述基因组资源, 通过 CRISPR/Cas9 基因敲除技术, 发现敲除细胞周期关键激酶基因 *cdk1* 会导致二倍体泥鳅精原细胞有丝分裂缺陷, 产生染色体数目加倍的生殖细胞, 进而形成不减数的二倍体精子。该研究首次从分子层面证明, 有丝分裂异常是导致不减数配子产生、进而引发多倍化的重要途径, 为理解多倍体形成这一核心进化事件提供了关键证据, 也为通过操控配子倍性进行多倍体育种提供了新策略(代表性论文 5)。

本项目自 2011 年 1 月至 2023 年 12 月间, 围绕中国自然多倍体泥鳅的系统性研究发表了一系列高水平论文, 并出版了中文专著《中国自然多倍体泥鳅的遗传学研究》。项目成果不仅推动了鱼类进化遗传学、表观遗传学与发育生物学等多学科的交叉发展, 也为我国特色泥鳅种质资源的保护、评价与创新利用提供了坚实的科学基础, 具有重要的理论意义与应用前景。

主要完成人
(完成单位)

曹小娟(华中农业大学)、高坚(华中农业大学)、周小云(华中农业大学)、周贺(大连海洋大学)、王卫民(华中农业大学)

代表性论文(专著)目录

序号	论文(专著)名称/刊名/作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年 月 日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	论文署名单位是否包含国外单位	是否国内期刊, 如是, 请填写 CN 号
1	Evolution and phylogeography analysis of diploid and polyploid <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> populations across China/Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences/Jia Zhong, Shaokui Yi, Laiyan Ma, Weimin Wang	2019,286:20190076	2019 年 4 月 17 日	Weimin Wang	Jia Zhong	Jia Zhong, Shaokui Yi, Laiyan Ma, Weimin Wang	24	Web of Science	否	否
2	中国自然多倍体泥鳅的遗传学研究/中国农业科学技术出版社/李雅娟、李霞、周贺	2017 年	2017 年 4 月	-	-	主编: 李雅娟、李霞、周贺	-	-	否	中文专著 ISBN 978-7-5116-3083-4

3	二倍体和四倍体泥鳅全基因组 DNA 甲基化的比较/华中农业大学学报/张曼曼、冯兵、罗双双、王卫民、周小云	2018, 37(5):95-103	2018 年 9 月	周小云	张曼曼	张曼曼、冯兵、罗双双、王卫民、周小云	11	中国知网	否	是, CN 42-1181/S
4	The chromosome-level genome and key genes associated with mud-dwelling behavior and adaptations of hypoxia and noxious environments in loach (<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>)/BMC Biology/Bing Sun, Yuwei Huang, L.Filipe C. Castro, Su Yang, Songqian Huang, Wu Jin, He Zhou, Shigeho Ijiri, Yi Luo, Jian Gao, Xiaojuan Cao	2023, 21(1): 18	2023 年 2 月 1 日	Jian Gao; Xiaojuan Cao	Bing Sun; Yuwei Huang	Bing Sun, Yuwei Huang, Su Yang, Songqian Huang, Wu Jin, He Zhou, Yi Luo, Jian Gao, Xiaojuan Cao	13	Web of Science	是	否
5	Mitotic defects lead to unreduced sperm formation in <i>cdk1^{-/-}</i> mutants/International Journal of Biological Macromolecules/Yunbang Zhang, Meiqi Lv, Hanjun Jiang, Hui Li, Rongyun Li, Chuang Yang, Yuwei Huang, He Zhou, Yihui Mei, Jian Gao, Xiaojuan Cao	2023, 242: 125171	2023 年 7 月 1 日	Jian Gao; Xiaojuan Cao	Yunbang Zhang	Yunbang Zhang, Meiqi Lv, Hanjun Jiang, Hui Li, Rongyun Li, Chuang Yang, Yuwei Huang, He Zhou, Yihui Mei, Jian Gao, Xiaojuan Cao	10	Web of Science	否	否