

鲤鱼的适应力为何如此强大

■本报记者 张晴丹

在脊椎动物里，只有很少的多倍化物种。生活中常见的“四大家鱼”——青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼均是二倍体，而同属鲤科的鲤鱼则是异源四倍体，其广布全球所需的优异适应能力和丰富的表型，究竟从何而来？另外，多倍体脊椎动物是否存在趋同进化？这一问题也待解答。

日前发表于《自然—遗传学》的一项研究中，中国水产科学研究院生物技术研究中心研究员李炯棠团队与该院黑龙江水产研究所、淡水渔业研究中心等单位合作，首次在多倍体脊椎动物中观察到亚基因组趋同进化现象，系统发现了10种表达趋异策略，解析了松浦镜鲤、黄河鲤和福瑞鲤2号的基因组结构变异及其遗传效应。

这些成果为解释多倍体适应性进化机制提供了新见解，也为鲤鱼重要性状改良提供了新的理论依据和资源。

组装完成二倍体祖先种和近缘种基因组

与植物相比，脊椎动物的多倍体事件比较稀少，仅见于鲤科、鲟目、鲑科、爪哇中。鲤鱼在全球都有分布和养殖，然而，人们对鲤鱼现代育成品种的基因组信息仍缺乏深入了解，鲤鱼身上还有太多未解之谜。

之前研究已完成了鲤鱼全基因组序列图谱绘制。“这次，我们进一步完善了鲤鱼基因组图谱，相比以往鲤鱼基因组图谱，重要质量参数显著提升。”论文通讯作者和第一作者李炯棠接受《中国科学报》采访时表示。

首先，鲤鱼基因组完整性、连续性显著提高，体现在 gap 数量急速减少，已从 57939-479190 下降到 13694。其次，基因组锚定率从 875Mb-1.3G 提升到 1.53G，染色体也更加完整。

与鲤鱼同为异源四倍体的鲫鱼也是团队的研究重点，这篇论文还完善了鲫鱼基因注释，预测了 48857 个基因，相比之前的鲫鱼基因组注释结果，基因注释的完整性从 92.3% 提升到 97.8%，缺失率从 3.3% 下降到 0.8%。

“我们研究发现，相比以往所比照的斑马鱼和草鱼，似刺鲃鲤是更接近鲤、鲫鱼的 A 和 B 两套亚基因组的共同近缘物种。包括虎皮鱼



图中分别为：①虎皮鱼②黄河鲤③似刺鲃鲤④松浦镜鲤。受访者供图

在內的鮠亚科是鲤、鲫鱼的 B 亚基因组祖先种。”论文共同第一作者、中国水产科学研究院助理研究员王琦在接受《中国科学报》采访时介绍。

为更好开展后续研究，团队首次组装了近缘种似刺鲃鲤和祖先种虎皮鱼的高质量基因组，基因组锚定率分别为 88.6% 和 86%，预测了 24284 个和 21943 个基因，缺失率仅为 2% 和 3.6%。

“高质量连续的基因组，是进化研究的重要前提。这次基因组的更新，为后续研究奠定了坚实的基础。”王琦说。

打破传统认知的惊奇发现

传统观点认为，基因组多倍化后容易发生 DNA 片段快速丢失、假基因化、亚基因组融合等事件，使得基因组恢复到二倍化水平，并造成亚基因组间存在结构和序列差异，这被称为趋异进化。但亚基因组的趋同进化现象，一直未被发现。

“利用似刺鲃鲤和虎皮鱼基因组为参照系，我们发现 A 和 B 两套亚基因组在两个祖先种杂交后趋向更加相似——‘趋同’，而不是趋向差异——‘趋异’。”这些结果完全不同于传统观点的趋异情况，让研究团队感到非常新奇，这也是首次在多倍体脊椎动物中发现亚基因组趋同进化现象。

鲤、鲫鱼的 A 和 B 两套亚基因组越来越趋向一致，那么它们是如何在进化中稳定共存的？在不同时空事件中又是如何协调发挥功能的？

“它们之间存在着 10 种表达趋异策略，以更加灵活地协调时空表达调控并促进两套染色体稳定共存。”李炯棠说。

10 种表达趋异策略包括可变剪切的灵活性、亚基因组间的反式剪接事件广泛存在、表达水平下降和剂量补偿效应、共表达模式、同源基因间的表达相关性显著上升、表达主效基因、强烈的负选择压抑制同源基因功能分化、动态的功能分化、差异表达平衡、差异表达基因各行其责等。

“其中，有趣的是，相比 B 亚基因组和祖先种虎皮鱼同源基因的表达相关性，虽然 A 和 B 亚基因组来自不同祖先种，但是 A 和 B 同源基因的表达相关性显著提升。”李炯棠表示，“而且，A 和 B 同源基因的表达还存在主次之分。”

“在表达上如此多样化的趋异特点，使得亚基因组的动态平衡能够得以维持，才能形成稳定遗传的新物种。”王琦说。

“这些策略让表达更具可塑性和耐受性。”李炯棠解释道，比如在一个时空里，两个基因功能是分化的；但是到了另外一个时空或者在抗病抗逆中反而不分化，变成协同状态。

李炯棠指出，异源四倍体遗传信息加倍后，通过多种表达趋异策略，可以更加灵活地发挥彼此功能，让鲤鱼拥有强大适应能力，更

加适应外界环境变化。

为遗传改良提供靶向目标

鲤鱼是我国最具代表性的大宗淡水养殖鱼类之一，年产量超过 289 万吨，有超过 30 种的地理品种和选育种。通过全国水产原种和良种审定委员会审定的鲤鱼新品种达 20 个。

自然选择和人工选择促成鲤鱼的表型极具多样性。然而，这些表型多样性的遗传结构变异仍不清晰。

为了摸清这一点，团队选择了中国水产科学研究院淡水渔业研究中心自主选育的新品种——福瑞鲤 2 号为研究材料。“福瑞鲤 2 号是以建鲤、野生黄河鲤和黑龙江鲤为原始亲本，经综合选育方法而培育出来的国审水产新品种，具有生长快、成活率高等优点，是稻渔综合种养的优势品种。”论文共同作者、淡水渔业研究中心研究员董在杰告诉《中国科学报》。

为探明基因组结构变异对福瑞鲤 2 号性状的遗传效应，他们对松浦镜鲤、黄河鲤和福瑞鲤 2 号共 93 份种质资源进行了重测序，发现 3 个品种的全基因组有 3.4% 的区域发生了结构变异，共获得了 57049657 个变异位点。

李炯棠介绍，遗传发育树表明，3 个品种的鲤鱼在遗传上已经出现分化：松浦镜鲤单独构成一支，而福瑞鲤 2 号、黄河鲤遗传关系更近，共同构成了另一支系。此外，系统发育树显示，选育福瑞鲤 2 号与亲本黄河鲤在遗传亲缘关系上已独立分开，显示较为强烈的选择压。

团队还在福瑞鲤 2 号中鉴定出一批受到强烈正选择的基因，包括热休克蛋白结合、蛋白翻译和翻译后修饰调控基因。作为一个抗应激相关的基因家族，热休克蛋白基因在细胞及动物的成活率上发挥重要作用，这就是福瑞鲤 2 号不管是在北方寒冷地区还是在稻田浅水环境等逆境条件下都具有较高成活率的原因。

“这篇论文为今后鲤鱼分子育种的开展打下了坚实基础。后续可以提高人工选育鲤鱼的生长速度、抗寒能力和成活率的遗传效应，为鲤鱼的生产实践和遗传改良提供靶向目标。”董在杰表示。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41588-021-00933-9>

简讯

院士专家共议 高速铁路安全保障与治理

本报讯 日前，由中国工程院和北京交通大学共同主办的“高速铁路安全保障与治理”国际工程科技战略高端论坛在北京举行。

论坛上，孙永福、卢春房、田红旗等 15 位来自我国的院士专家分别进行学术报告。来自德国、法国、日本、英国的铁路安全领域专家也从不同角度阐述了国际先进的铁路安全保障技术与前沿理念。

据悉，该论坛是中国工程院举办的最高级别品牌学术活动。（韩榕 陈彬）

匈牙利 22 项最新科技成果 亮相宁波

本报讯 10 月 12 日，中国（宁波）—中东欧国家科技成果洽谈会匈牙利专场暨智慧匈牙利巡回宁波站启动仪式在宁波科学探索中心举行。本次展览首次在宁波展出匈牙利 22 项最新科技成果，分为智慧农业、智慧城市、智慧医疗、智慧运动、智慧移动及智慧休闲六大类别。

本次活动由匈牙利驻华大使馆、宁波市科学技术协会和中国—中东欧国际产业合作园共同主办，由科技成果洽谈会和科技项目展览两部分组成，展览活动为期 1 周。（秦志伟）

华东师大创办中国大陆 首家统计学英文学术期刊

本报讯 10 月 12 日，由教育部主管、华东师范大学主办的大陆首家统计学英文学术期刊《统计理论及其应用（英文）》(STaRF)创刊发布会及合作建设签约仪式在华东师大举行。

据介绍，自 2017 年国际创刊以来，STaRF 已出版共 154 篇文章，受到国际同行的广泛关注。2021 年 2 月，该刊获得 CN 刊号，正式成为国内学术期刊。2021 年 9 月，STaRF 国内创刊号正式出版。该刊为季刊，目前采用 OA 模式发行。

中国现场统计研究会与华东师范大学签约共同建设 STaRF 期刊，将该期刊明确为该会会刊。（黄辛）

第六届植物—生物互作 国际会议举行

本报讯 日前，由西北农林科技大学主办的“第六届植物—生物互作国际会议”在线上举行，国内外研究者相聚云端，交流研讨国际植物—生物互作领域的研究热点和前沿进展。此次大会共有 123 位国内外专家作报告，人数为历届之最。据统计，国内外共有 8 万余人次参加线上学习交流。

会议以全球绿色农业发展为目标，更进一步聚焦生物因子和植物间相互作用的内涵，首次设置了“生物识别与群体感知”“效应子调控免疫机理”“免疫信号系统”等 6 个专题。（靳军 张行勇）



冷冻的“华南虎”

10 月 11 日，上海动物园科研人员展示冷冻保存的华南虎基因样品。

华南虎是中国特有的虎亚种，又被称为“中国虎”，属于国家一级保护动物。上海动物园目前共生活着 28 只华南虎。为了保护这一濒危物种，上海动物园为每一只华南虎“建档立卡”进行物种鉴定，报“户口”上“家谱”，科学施策、精心饲喂。同时充分利用现代科学技术加强物种保护，建立华南虎基因库，开展基因保护研究。

新华社记者张建松摄

中国科幻 IP 如何走出自己的路

■本报记者 郑金武

“科幻 IP 的培育、转化与全产业链布局，将成为中国科幻产业发展的关键。”这是日前举行的 2021 中国科幻大会“中国科幻 IP 生态培育与产业布局”论坛上，专家学者得出的共识。

在此次论坛上，他们探讨了如何挖掘科幻 IP 创意、构建科幻 IP 的全产业链体系和生态，探索中国科幻 IP 的独特发展模式。

推动科技与科幻融合

IP 原本是“Intellectual Property（知识产权）”的缩写，在互联网语境下，IP 可以理解所有成名文创（如文学、影视、动漫、游戏等）作品的统称。

在北京联合大学新闻系副主任金韶看来，“科幻 IP 有四重价值，包括创作、创意、创新、创想四个层面，形成多元协同的全产业链体系。”作为文化科技融合的产物，科幻 IP 的科技因素不可或缺。那么，科技如何介入科幻影视等的创作呢？

“科技介入最好是在科幻影视创作前期，让科技工作者把关，主要查找‘硬伤’性问题。”中国作家协会会员、中国科普作家协会常务理事星河说。

在美国科幻电影《星际穿越》的拍摄中，摄制组邀请了世界级科学家基普·索恩担任科学顾问，进行全程指导。

星河表示，在科幻影视制作中，科技工作者与导演的冲突往往比较大，因为科技工作者是比较严谨的，不允许有超出其认识范畴的内容。“建议科技介入可以围绕早期框架展开，对后期制作不能太挑剔。”

中科院自动化研究所科学艺术中心主任张之益目前正在开展利用信息技术等开发可视化产品的研究。他表示，应推动科技在科幻 IP 培育中的应用，因为“科幻产业是典型的文化科技融合型内容消费产业，科幻内容的视觉化表达与工业化生产是科幻产业发展规模和水平的基础决定要素”。

选择符合自身的发展道路

近年来，《流浪地球》《上海堡垒》等国产电影为我国科幻电影产业发展带来了新气象。

但目前我国的科幻电影还不能满足观众的预期。“科幻电影真正立成为一种类型，往往需要 15 年左右的时间；近年来中国电影市场快速发展，有望在 5-8 年内完成这一过程，前提是提供足够多的供给品。”导演张北说。

张北指出，发展中低成本科幻电影是一条重要道路。“许多科幻电影往往投资数亿元资金、耗资长时间，最后却‘命悬一线’。一旦失败，意味着这个类型就会遭遇巨大挫败。”

“因此，要走中低成本科幻电影发展之路，降低试错成本，寻找更多的市场可能性和道路方向。同时，科幻范畴可以再扩大一点，先把市场做起来，先有存量，再具体划分类型。”张北说。

星河也指出，目前国内的科幻电影，要么是科技含量特别低，要么就是特别高深“烧脑”。“不妨先走点老套路，学习借鉴好莱坞等发展电影市场的经验，然后再创新。”星河表示，“一开始就创新，功耗会比较大。”

营造良好政策环境

2020 年，国家电影局、中国科协印发《关于促进科幻电影发展的若干意见》，即“科幻十条”，提出将科幻电影打造成为电影高质量发展的重要增长点和新动能，把创作优秀电影作为中心环节，推动我国由电影大国向电影强国迈进。

保利影业董事长李卫强深刻感受到近年来我国科幻电影市场的快速增长。“我国科幻电影在内容创作、技术创新、产业培育、人才培养、政策支持等方面，都有了巨大进步。”他说。

“我国科幻产业在政策扶持、科技创新、文化消费繁荣的推动下，快速发展起来。”金韶表示，纵观国内外科幻产业演进规律，主要经历了“从 1.0 到 3.0”的发展阶段，如今在文化科技融合的创新影响下，科幻产业的内涵和外延不断拓展，逐步形成“科幻+”的产业生态。

其中，科幻 1.0 阶段，是以科幻文学为主导的想象力消费；科幻 2.0 阶段，是影视和科技结合的科幻视听消费；科幻 3.0 阶段，是以高科技应用为支撑的科幻场景消费。

在金韶看来，科幻产业强调的是科幻文化和故事驱动，核心是 IP 创意。一个好的科幻 IP，能够依托国家、民族或地区的优秀文化资源，运用现代科技手段进行创造性转化，延伸出多元化、系列化的科幻产品。我国的科幻产业需要打造更多科幻 IP，提升中国科幻在国内外的传播力和影响力。

金韶表示，中国的科幻产业正呈现全业态发展态势，“科幻十条”发力打造科幻电影产业，将助力科幻产业成为推进科技创新、科普提升、科技文化发展的重要路径。

发现·进展

中科院深圳先进技术研究院等 儿童的视知觉 10 岁前还在发展



图片来源：pixabay

本报讯（见习记者刁雯雯）一般认为儿童的视知觉在 6-7 岁基本达到成人水平，但最新的研究表明儿童视知觉的发展在 10 岁前还没有停止。

近日，中科院深圳先进技术研究院（以下简称中科院深圳先进院）脑认知与脑疾病研究所黄艳团队与中科院深圳先进院附属实验学校宋如郊团队，以及中科院生物物理研究所陈霖院士合作的最新研究成果发表在《Child Development》上。

扑腾的翅膀会让天空中飞翔的小鸟的形状不停发生变化，但是我们始终感知到那是同一只小鸟。物体的整体拓扑性质正是描述这种在连续变化中保持不变的一种几何属性。1982 年，陈霖在发表于《科学》的文章中首次提出，物体的整体拓扑性质是视觉系统首先抽提的一种基本属性，并证明了人类视觉对整体拓扑变化非常敏感。近 40 年积累的大量“整体优先”的证据大都来自于成年人，而整体拓扑知觉在儿童中是如何发展发育的并不清楚。

一般认为，儿童对物体的常见属性的视觉感知，如高频光栅刺激的视敏度、颜色、形状、大小等，在 6-7 岁时已经达到成人加工水平。研究团队历时 3 年多，采集了近 800 名 6-14 岁儿童的数据，发现“整体优先”的现象在中央和外周视野有不同的发展变化规律。对于中央视野，6-14 岁儿童表现出整体拓扑加工优势，且和成年人无差异；但是对于外周视野，整体优先直到 10 岁才出现。

“该研究首次发现儿童的整体拓扑知觉在中央和外周视野的不同发展特征，同时也刷新了对儿童视知觉发展的传统认知。”黄艳表示。

临床研究发现，精神分裂症、阅读障碍症和自闭症等一些脑疾病与患者的整体或局部知觉出现异常有关。对比正常人群和患者在整体和局部性质加工方式上的差异，有望明确相关脑疾病的视知觉异常特征，为将来脑疾病早期筛查提供客观的视知觉指标，同时设计相应的视觉训练也可能成为脑疾病的早期诊治新方法。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1111/cdev.13629>

青岛理工大学

发布“黎曼猜想”的一个全新证明

本报讯（记者廖洋）近日，青岛理工大学理学院副教授王金良在《应用数学》上发表了论文《黎曼猜想的证明，其开钥匙是周期性》，试图破解世界数学难题——“黎曼猜想”。

“黎曼猜想”又称“黎曼假设”，由德国数学家黎曼于 1859 年首次提出，是美国克莱数学促进会于 2000 年发起并悬赏解决的七大世界数学难题之一。这一问题又极其重要，它影响数学和物理的多个领域，也影响互联网的信息安全。

“黎曼猜想”是指猜测一个在复数域内定义的 Zeta 函数其所有零点（函数值等于 0 的点）都位于临界线（实部为 1/2 的直线）上。该猜想的正确性是受到普遍认可的。王金良表示，“黎曼猜想”证明的根本困难在于 Zeta 函数是一个在复数域内定义的包含无穷级数的无穷积分，其变化情况难以通过现有微积分知识来认识。纵观已有失败经历，任何想绕过这个无穷积分的尝试都是徒劳的，因为所有信息都隐含其中。

与 Zeta 函数等价的 Xi 函数具有自然的“对称性”。王金良利用此“对称性”和调和函数的“极值原理”以及一些几何技巧对其证明进行过多次尝试，失败后转向了 Xi 函数的横向“单调性”。他通过大量的数值模拟发现，“单调性”是有益的，但仍需证明 Xi 函数的实部于临界线附近不存在正的极大值和负的极大值，而这一点很难。

直到今年，王金良对已公开的临界线上前 100000 个数值的近似点进行深入研究才有了新突破。他发现了一个更精确的零点分布规律，并大胆猜测 Xi 函数的实部具有特定的纵向“周期性”，这一想法已有文献中零星的结果碎片都串了起来。接下来，王金良对此进行了严格论证并完成论文，论文被科学出版社（SCIRP）旗下的国际英文开放期刊接收并发表。

“黎曼猜想”依据临界带（实部为 0 和 1 的两直线之间的区域）内和临界线上零点的分布情况可划分成 3 个依次递进的命题。第 1 命题，即临界带内零点个数满足特定估计式，早已被证明。第 2 命题，即临界线上零点个数也满足同样的估计式，可以从新发现的“周期性”得到证实。而对第 3 命题，即猜想本身的证明，王金良利用了 Xi 函数的对称性、单调性、周期性以及调和函数的“极值原理”。

不过，值得注意的是，按照克莱数学促进会的规则，每个解答都需要以正式论文的形式发表并经受相关领域内专家长达两年的检验。

相关论文信息：<https://doi.org/10.4236/am.2021.128050>