



扫二维码 看科学报



扫二维码 看科学网



扫二维码 科学周末

人造酵母：捅破生命界限的「窗户纸」

■本报记者 丁佳

覃重军说自己是个“懒人”，最近 5 年来，他平均每年的论文还不到 1 篇；他也不怎么去积极申请经费，每天要么在单位院子里散步，要么就是关在办公室里琢磨事儿。

他开玩笑说，像他这样的人在别的地方，估计早就被开除了。

但是，他所工作的中国科学院分子植物科学卓越创新中心 / 植物生理生态研究所非但没开除他，还让他当了中科院合成生物学重点实验室主任；中科院非但没冷落他，还让他承担了战略性先导科技专项的课题。

因为他们都知道，覃重军琢磨的事，从来没有人做过。

8 月 2 日，英国《自然》杂志在线发表了一篇文章，覃重军研究团队与合作者在国际上首次人工创建了单条染色体的真核细胞，中国科学家独立创造了全新的自然界不存在生命。

都是微生物，差别咋那么大？

在生物学教科书中，自然界的生命体分为真核生物和原核生物两种。前者的细胞内有成形的细胞核，写着遗传物质的染色体就装在里面；而后者没有细胞核，染色体是裸露的。

真核生物通常含有线型结构的多条染色体，比如人类、动植物、真菌、酵母菌；而原核生物通常只有一条环型的染色体，最典型的就是一种细菌。

酵母和细菌都是人类熟悉的微生物，为何差别却这么大？这引起了覃重军的好奇。

“单倍体酵母有 16 条染色体，我就想，能不能把它们简化一下，把它变成像细菌一样，用一条染色体来装载所有的遗传物质，同时完成正常的细胞功能呢？”覃重军说。

人类能否创造生命？这个问题是科学界孜孜以求的重大课题。2010 年，美国科学家在《科学》杂志报道了世界上首个“人造生命”——含有全人工化学合成的与天然染色体序列几乎相同的原核生物支原体——曾引起过轰动。

但覃重军的想法可能更加“疯狂”，他要试图去打破真核生物和原核生物的界限。

16 变 1 的“压缩”生命

有了这个大胆的设想之后，覃重军与副研究员薛小莉用工程化精准设计的方法，定制了人造单染色体酵母的指导原则，以及理性分析、实验设计、工程化推进的总体方案。并指导学生从 2013 年起，尝试并发展高效的染色体操作方法。

研究人员历经 4 年时间，通过 15 轮的染色体融合，最终成功创建了只有一条线型染色体的酿酒酵母菌株。经过代谢、生理、繁殖功能及染色体三维结构的鉴定，覃重军等人发现，虽然人工酵母的单条线型染色体三维结构发生了巨大变化，但这种酵母与天然酵母一样具有正常的细胞功能。

覃重军告诉《中国科学报》记者，能成功把 16 条染色体合并成 1 条的关键因素之一，“是我们把所有染色体末端的重复序列都剔除出去了”。

基因组为什么一定要那么大，把冗余的信息减掉会怎样？在他看来，对于这些生命的“冗余信息”，删掉它们，或许能合成生物学家一个机会，能够将天然复杂的酵母染色体通过人工改造，以全新的简化形式表现出来。

这正是覃重军最大胆的地方。在很多科学家眼中，生命的遗传物质里尽管有许多重复信息，但既然大自然的进化把它们保留下来了，就肯定有它存在的道理。

可是在合成生物学家的实验室里，大量冗余信息的存在，常常让他们陷入泥潭。美国科学院院士 Jef Boeke 是人工合成酵母基因组国际计划的负责人，在听闻覃重军的成果后，他惊呼：“你的胆子太大了！我们都不敢把这些序列去掉。”

实际上，在这期《自然》杂志同期在线发表的论文中，Boeke 团队也报告了一项成果，他们把酵母的 16 条染色体，压缩到了 2 条。

比 100 篇《自然》更重要的事

覃重军的酵母不但活了，还活得挺好。“覃博士和他的团队编辑了酿酒酵母的基因组，创造了将几乎所有遗传信息融合进单个染色体的酵母菌株。”自然科研中国区总监 Paul Evans 评价称，“尽管融合显著改变了三维染色体结构，但经证实，改造后的酵母细胞出乎意料地稳健，在不同的培养条件下，没有表现出重大的生长缺陷。”

因为既没有引入外源基因，也没有删除必备的遗传物质，覃重军认为，这种人工合成的酵母是非常安全的，“既可以作研究又可以吃，基础研究和应用的前景都很广阔”。

（下转第 3 版）

保护大熊猫，回报有多高？

■本报记者 胡珉琦



拯救一个物种究竟意味着什么？这个问题，常常是横亘在保护生物学家与决策者和公众之间的一堵墙。

因为自然界的绝灭是一直存在的，没有哪个物种是一定“不可或缺”的，于是，保护生物多样性的动机似乎总是不那么“充分”。除非，人类“有利可图”。

最近，国际期刊《现代生物学》杂志发表了论文《大熊猫保护区生态系统服务的价值》(The Value of Ecosystem Services from Giant Panda Reserves)，大熊猫作为中国濒危保护旗舰物种的保护价值首次得到了定量评估——年投入成本 2.55 亿美元可得回报 26 亿美元！



替大熊猫保护算笔账

天生奇特，萌起来天下无敌，招人喜欢，又是国家象征，大熊猫受到的关注程度是独一无二的。这种无与伦比的吸引力最终得以转化为更多保护资金和政策的支持。

在过去近 40 年的时间里，为拯救大熊猫，中国先后建立了 67 个自然保护区，总面积达 33118 平方千米，覆盖了 54.7% 的大熊猫分布区。野生大熊猫数量也由 1990 年的 1112 只恢复到了 2010 年的 1864 只。

中国科学院院士、中科院动物所研究员、论文通讯作者魏辅文一直从事大熊猫的保护生物学研究，其间，他会不时地听到舆论发难的声音——花费大量的资金在大熊猫保护上，值得吗？

其中，最为极端的表态来自英国 BBC 自然节目主持人克里斯·派克汉姆（Chris Packham）。他曾公开表示，大熊猫作为一个物种已经走到了生物进化的死胡同，应该自生自灭，用来保护熊猫的资金应该更好地利用到帮助其他物种的事业上。然而，这样的言论受到了各方批评。

2016 年 9 月，世界自然保护联盟(IUCN)公布新版《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》时，将大熊猫由“濒危”转列为“易危”，再次引发了舆论对这一物种保护投入的议论。

如何阐释大熊猫保护的价值，是魏辅文想要解决的难题。2016 年 1 月，大熊猫被“降级”之前，他就召集了国内外的相关专家，在四川成都召开了一次“大熊猫生态系统服务价值研讨会”。会议的目的只有一个，将保护的投入与产出进行量化比较，替大熊猫保护清楚算笔账。



人人都从大熊猫保护中获益

其实，世界上不存在一种方法，可以计算出任何生物的终极价值，但物种保护的对象并不只是物种本身，也同时保护了这一物种赖以生存的栖息地和生态系统。

中科院动物所研究员、论文作者之一的胡

义波告诉《中国科学报》记者，自 1988 年野生动物保护法实施以来，大熊猫本身受到的威胁如盗猎、捕杀等事件是极少发生的。它们面临的主要生存问题是栖息地丧失和破碎化，原因来自森林采伐、开矿、农耕、人居、基建等。国家对大熊猫保护的投入基本上也都是用于保护大熊猫赖以生存的环境，从而减少栖息地丧失和破碎化带来的影响。因此，大熊猫保护产生的价值大部分来自那些受到保护的栖息地、森林生态系统的服务价值。

所谓“生态系统服务”，指的是人类从生态系统获得的所有惠益，其服务价值体现在供给服务价值、调节服务价值和文化服务价值。

从这项研究中我们可以看出，大熊猫保护区提供了当地人民所必需的各种供应服务，比如庄稼种植、放牧，获取水资源、柴火和有用的植物等；重要的调节服务包括水文流的调节、沉积物保持、碳隔离、养分贮存等。

科研人员从众多研究中整理出这些服务的估算价值，并将所有估算值转换为 2010 年的美元价值。他们使用了每项服务的中位数，综合估算了与熊猫保护区所有相关供应和调节服务的每公顷年度价值，该估计值为 632 美元 / 公顷 / 年。这一数值乘以保护区内森林面积数，就是大熊猫保护区在不同时间点的供应和调节服务的总价值。结果表明，这个数量从 1980 年的 5.62 亿美元 / 年增加到了 2010 年的 18.99 亿美元 / 年。

生态系统的文化服务比较特殊，它既包括参观旅游、休闲活动的价值，也包括美学、艺术、教育、精神的价值。此外，作为全世界范围内的标志性保护物种，人们还常常借用熊猫的形象用于商业产品开发、品牌商标设计，比如以熊猫为主题的餐馆(熊猫快餐)、电影《功夫熊猫》和电子游戏《魔兽世界》等；一些非政府组织还将熊猫形象纳入 logo 中，以助各种保护项目的筹资工作一臂之力。由此产生的收益不可小视。不过，这部分收益中到底有多大比例得益于熊猫形象则很难判断。

因此，胡义波解释，在这项研究中，研究人员对文化服务价值的计算最终是基于公众对大熊猫的喜爱和保护意愿，自愿付费保护大熊猫而产生的价值。

文章指出，仅限服务中国人口和经济合作

与发展组织(OECD)成员国来中国旅游人群的文化服务价值是 7.09 亿美元，那么，大熊猫及其栖息地的生态服务总价值就是 26 亿美元；如果将文化服务价值扩大到全球人口，则总的生态系统服务价值将高达 69 亿美元。

据估算，2010 年大熊猫保护总投入约为 2.55 亿美元，也就是说，大熊猫保护的产出是其投入资金的 10~27 倍。

不仅如此，根据《中国统计年鉴》的数据显示，2000 年至 2010 年，四川、陕西和甘肃这些有大熊猫分布的省份，保护区附近农民的年收入增长率比该省农民的平均增长率多出了 8%。可见，这项保护投资还同时改善了当地居民的物质生活条件。



好环境不是免费的

值得一提的是，当时，参与该研究方案设计和论文起草的另一位重要的人员，是著名的生态经济学家 Robert Costanza。1997 年，Costanza 联合了 13 位科学家，首次完成了对全球生态系统服务与自然资本的价值估算，掀起了学界对生态系统服务价值研究的热潮。

20 年过后，Costanza 对全球生态系统服务的估算已经从 33 万亿美元 / 年增长至 125 万亿美元 / 年。尽管这都是偏保守的估值，但就目前来看，生态服务对人类福祉的贡献已经达到了全球 GDP 的两倍多。

胡义波坦言，在国内保护生物学领域，“保护旗舰物种”“保护伞物种”的概念已经越来越得到认可。但相较而言，对“生态系统服务价值”的认同就不那么广泛了。

事实上，过去即便在生态学领域，真正意识到生态系统服务的功能，并且认可需要为这些服务定价，都经历了一个漫长的过程。

这是因为，洁净的空气和水、土壤的形成、气候调节、废物处理，身体健康以及艺术与美学等等，这些生态系统服务对人类福利贡献的很大一部分只具有纯粹公益的性质，它们根本不通过货币经济来体现价值。

“一直以来，我们的传统认知是，没有人类劳动参与的东西就是没有价值的，或者说只有能够在市场上交易的东西才有价值。”中国科

学院地理科学与资源研究所资源科学中心副主任、首席研究员谢高地在接受《中国科学报》采访时谈道，“许多情况下，我们根本意识不到生态系统服务价值的存在，认为人类赖以生存的环境就是免费的！”

只有在一种情况下，这样的观念会发生改变，那就是确定在一个通过工艺制造的人造生物圈中复制出这种服务要花多大代价。

森林覆盖的江河流域能够截流并净化雨水，然后送入湖泊、大海。直到上世纪 90 年代，纽约市都在享用卡茨基尔山的纯净水源。但随着人口增长，大量林地变成农庄、房屋，产生的污水、废水很快污染了水质，使饮用水无法达标。

摆在政府面前的是两个选择：他们可以花 60 亿~80 亿美元兴建一个净水厂，往后每年还有约 3 亿美元的维护费；否则，投入 10 亿美元，重建卡茨基尔森林。可见，仅就一项供水服务，森林生态系统产出的价值就是其保护资金的好几倍。



没有衡量就没有管理

“大熊猫保护区是一个范例，因为它的标志性地位，从而引起了人们极大的兴趣。大熊猫是一种‘保护伞物种’，它允许建立保护区，提供了一系列有价值的生态系统服务。”Costanza 在接受《中国科学报》记者采访时说道。

他认为，“这项研究表明，投资自然资本的保存和恢复对社会的价值是巨大的，远远超过了成本”。这也意味着，让大熊猫走上复苏之路所花费的相对庞大的资金支出是合理的。

当下，栖息地的破碎化和退化仍被认为是限制大熊猫恢复的最关键因素。这项研究同时也预估了，未来 20 年，如果扩大 15% 的自然保护区面积，并增加 15% 的保护管理人员，投入成本将增至 2.92 亿美元，而总收益将增加到 32.2 亿美元，收益与成本的比值会比现在更高。相反，如果经济增长放缓，保护投入、保护管理人员和森林减少，那么大熊猫 20% 的栖息地将遭到破坏。

不过，谢高地也提到，尽管这 20 年来，学界都在关注和研究如何才能更好地为生态系统服务价值评估，但这一过程仍然存在很多不确定性。

一方面，生态系统服务的组成极其复杂，功能的发挥又是一个动态过程；另一方面，替代市场的价格是波动的。想要建立类似全世界公认的 GDP 核算系统那样稳定的体系需要很长时间。

目前，生态系统服务的价值评估方法种类繁多，生态系统服务价值评估指标体系也不完善，不统一，对一个区域生态系统服务价值的评估结果不可避免地会出现异议。但这都不妨碍生态系统服务价值评估应用的广阔前景。

现代管理学强调，如果我们不能对一件事物作出衡量，就无法管理它。胡义波表示，生态系统服务价值评估不仅从科学层面很直观地了解物种和生物多样性保护的直接和间接收益，从经济角度帮助决策者和公众理解生物多样性保护的意义。更为重要的是，如 Costanza 所说，评估与我们必须作出的有关生态系统的选择和决策是密不可分的。

“充分评估自然资本投资的能力可以指导投资决策，改善宏观经济模型和政策。为了建设生态文明，中国必须平衡地投资于自然资本，投资于建筑资本、人力资本和社会资本。”Costanza 告诉《中国科学报》记者，“中国有机会领导世界如何为人类和其他自然创造一个可持续和令人满意的未来。”

相关论文信息：DOI:https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.05.046

（李西米）