中国科学报
CHINA SCIENCE DAILY
中国科学院主管　中国科学报社出版　国内统一连续出版物号 CN 11－0084　代号 1－82
扫二维码 看科学报　扫二维码 看科学网
主办：中国科学院　中国工程院　国家自然科学基金委员会　中国科学技术协会
总第 8367 期　2023 年 10 月 20 日　星期五　今日 4 版
新浪微博 http://weibo.com/kexuebao　科学网 www.sciencenet.cn

30 年，他们与抗药性害虫斗智斗勇

■本报记者 李晨　通讯员 许天颖

在与寄主植物协同进化的过程中，昆虫形成的化学防御体系为杀虫剂抗性进化提供了遗传基础。然而，两者关联的分子机制尚不清楚。

30 年来，南京农业大学教授吴益东团队潜心研究，终于破解了昆虫细胞色素 P450 单加氧酶（以下简称 P450）在杀虫剂代谢抗性形成中的重要作用。他们通过对两种全球性害虫——草地贪夜蛾和甜菜夜蛾的 P450 基因功能进行系统解析，揭示了昆虫 P450 基因介导寄主植物适应性和抗药性进化的内在机制。相关研究成果近日在线发表于美国《国家科学院院刊》。

一度准备放弃的研究领域

棉铃虫、甜菜夜蛾等鳞翅目昆虫是危害我国棉花、蔬菜等重要经济作物的主要害虫。由于杀虫剂的不合理使用，这些害虫对包括拟除虫菊酯在内的多种杀虫剂都产生了高水平的抗性，从而造成了重大经济损失。

是什么让害虫对杀虫剂产生了这么强的抗性？这是科学家一直关注的问题。

“在昆虫与植物长期协同进化的过程中，植物通过产生次生物质防御昆虫侵害，昆虫则进化出解毒代谢酶应对植物的化学防御。P450 就是植食性昆虫应对植物化学防御物质的一类重要解毒代谢酶，在植物次生物质解毒和杀虫剂代谢抗性形成中具有重要作用。”论文通讯作者吴益东告诉《中国科学报》。

他介绍，P450 是存在于几乎所有生物体内的一种氧化酶，在昆虫体内参与内源性化合物，如激素 / 性信息素的合成 / 降解，以及外源有毒化合物，如杀虫剂 / 植物次生抗虫物质的解毒，介导昆虫的生长发育、寄主植物适应以及杀虫剂抗药性。

吴益东团队在上世纪末就已经通过生化手段明确，P450 等解毒代谢酶介导的解毒能力提升，是造成我国以及亚洲多国田间棉铃虫种群对多种杀虫剂产生高水平抗性的主要原因。

“由于昆虫体内 P450 基因数量多，不同 P450 的底物谱可能相互重叠，因此明确 P450 和植物次生物质与杀虫剂解毒代谢之间的互作关系极具挑战性。”吴益东说，“此外，受限于技术手段，多年来具体介导抗性的关键基因一直无法明确，我们一度准备放弃该领域的研究。”

田间棉铃虫幼虫取食棉铃。南京农业大学供图

建“P450 工厂”拉开基因功能研究序幕

好在吴益东团队一直没有放弃。经过多名研究生十几年的接力，在参考资料有限的情况下，该团队于 2014 年自主搭建了包括基因克隆、真核细胞表达、蛋白纯化、代谢活性定性 / 定量检测在内的 P450 基因离体功能研究平台。

经过多次技术迭代，他们建立了“P450 工厂”，可以同时对多个 P450 基因的功能进行快速离体鉴定和比较，拉开了昆虫 P450 大规模基因功能研究的序幕。

首篇关于 10 个棉铃虫 P450 基因批量功能研究的论文 2017 年底发表于《昆虫生物化学和分子生物学》。

与此同时，吴益东团队率先将CRISPR－Cas9的体内基因编辑技术应用于农业昆虫抗药性基因功能研究中，实现了基因的敲除和敲入。

他们还根据解毒类 P450 基因成簇排列的特征，创新性地提出基因簇整体敲除 + 生物测定 + 单个基因离体表达的反向遗传学策略，快速鉴定了棉铃虫体内高度扩增的 CYP6AE 亚家族中单个 P450 与多种植物次生抗虫物质及杀虫剂解毒代谢之间的关系，提高了昆虫 P450 基因功能研究和抗性基因预测的效率。该成果 2018 年发表于《自然－通讯》。

逐一破解抗性机制的奥秘

有了研究平台“P450 工厂”和独到的研究思路，吴益东团队开始快速破译害虫抗性机制的奥秘。

2021 年，他们又破译了另一种重大害虫——甜菜夜蛾对阿维菌素类杀虫剂的抗性机制。该研究将遗传定位与基因组编辑，以及基因离体功能验证等多种技术进行组合，发现甜菜夜蛾基因组中一个 P450 基因的单个氨基酸位点突变介导了该虫对甲维盐和阿维菌素两种杀虫剂的高水平抗性。相关研究成果 2021 年发表于《公共科学图书馆－遗传学》。这表明该团队创立的基因编辑和 P450 离体研究平台在杀虫剂抗性机制解析方面发挥了重要作用。

最近，该团队再次利用自主创建的体内和体外基因功能研究平台，对两种全球性害虫——草地贪夜蛾和甜菜夜蛾体内发生特异性扩增的 CYP9A 亚家族基因功能进行了深度解析。

结果发现，该亚家族 P450 同时参与植物次生抗虫化合物和多种不同结构类型杀虫剂的解毒代谢，且与田间的拟除虫菊酯类杀虫剂的高水平抗性紧密关联。这不仅表明两种害虫体内 CYP9A 亚家族 P450 对不同结构杀虫剂产生交互抗性的潜力，也证实了 CYP9A 亚家族基因扩增为 P450 的功能创新及适应性进化提供了丰富的遗传多样性。相关研究成果近日发表于美国《国家科学院院刊》。

从追赶到超越，吴益东团队在昆虫 P450 研究中逐步达到了同领域国际先进水平，甚至在一些研究方向上领先。

2022 年起，在国家重点研发计划的支持下，吴益东团队与国内许多害虫和植物病原菌抗药性的顶尖研究团队一起，将新的研究技术和思路应用于我国田间更多重要农作物害虫对新型药剂产生抗性的分子机制和进化机制研究中，以提升国内整体抗药性研究水平。同时，他们将研究成果应用于抗药性快速诊断等关键技术的研发，为我国抗药性早期预警和治理水平的提高注入新力量。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1073/pnas.2308685120

首个万份水稻群体变异图谱发布

本报讯（记者李晨 通讯员马昕怡）近日，中国农业科学院基因组研究所联合海南三亚崖州湾实验室、中国水稻研究所、河南大学等单位在《核酸研究》上在线发表了全球首个万份水稻群体变异图谱。

水稻是世界上最重要的粮食作物之一，其自然变异是基因改良和现代育种的重要遗传基础，因此广泛挖掘水稻种质群体中的丰富变异具有重要意义。近年来，稀有变异对水稻性状的影响逐渐被重视，而稀有变异的鉴定依赖于一个足够庞大的自然群体。因此，从更大规模的水稻群体中鉴定基因组自然变异、挖掘稀有变异及其潜在应用具有重要意义。

该研究结合构建的水稻超级泛基因组，对一个包含一万份以上样本的水稻群体进行了群体水平最大的自然变异分型分析，构建了水稻超大规模的群体基因组变异数据集，这也是目前最大规模的水稻自然变异数据资源。其包含了超过 5400 万个 SNP 变异位点、1100 万个 InDel 变异位点以及 18 万个 PAV 变异位点，其中约 90%为稀有变异。

研究团队基于高质量自然变异数据集，将一万份群体划分为 14 个亚群，纠正了部分水稻籼粳分类上的错误；利用万份水稻群体变异，广泛分析了重要功能基因在不同亚群中的群体频率和丰富的等位基因型，鉴定了其中的优异自然变异。这些结果进一步证实了其在水稻群体遗传分析和优异基因挖掘研究中的应用潜力。

此外，研究团队还建立了面向全球用户的在线数据库平台 RSPVM，提供 GWAS 分析、单倍型整合分析、变异图谱分析、系统发育树分析等，为水稻群体遗传学研究和功能基因组学研究提供新的重要遗传资源和有力工具。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1093/nar/gkad840

8000 万美元打造最大非洲血统基因库

寰球眼

本报讯 虽然非洲血统拥有全球最丰富的基因多样性，但其参与的基因研究比例不足 0.5%，在主要基因数据库中的代表性仍然不足。在世界最大的生物银行之一——英国生物银行的 50 万名数据提供者中，非洲血统的人仅占 1.6%。而美国国立卫生研究院（NIH）All of Us 研究计划招募的约 50 万名参与者中，非洲血统的人也只占约 17%。

缺乏代表性意味着非洲血统人群的特有致病突变会被遗漏。根据欧洲人群数据开发的预测或治疗疾病的工具，对于非洲血统患者而言可能效果不佳。

据《科学》报道，针对上述问题，10 月 18 日，4 家生物制药公司与美国梅哈里医学院合作，共同发起一项倡议——Together for CHANGE，旨在创建有史以来最大的非洲血统人群基因组数据库。

4 家公司为该倡议投入了 8000 万美元。他们希望招募 50 万非洲血统的人，将包括基因数据在内的医学数据整合到一个生物库中，开展健康研究。

梅哈里医学院是美国最古老、规模最大的非裔健康科学高等学府。该校校长 James Hildreth 在谈及上述倡议时表示，“这是一个具有历史性的合作伙伴关系”，以前从未有过多家制药公司与一家学术机构，尤其是非裔院校合作做这样的事情。

2020 年 7 月，美国制药公司——再生元率先与梅哈里医学院就上述倡议进行联系。此前，再生元就和英国生物银行等有合作。随后，阿斯利康、诺和诺德以及罗氏等 3 家公司也陆续加入。

据悉，阿斯利康、诺和诺德以及罗氏将在最初 5 年内各出资 2000 万美元。再生元除为该倡议提供 2000 万美元资金外，还将提供研究所需的测序技术。

根据倡议，梅哈里医学院新成立的 DHGI 研究所的研究人员将创建有史以来最大的非洲血统人群基因组数据库。这将包括至少 5 万个全基因组、外显子组，以及利用基因分型技术对所有样本进行分析的数据。

该倡议还希望从非洲招募学术合作伙伴，目前已确定了包括赞比亚大学等在内的一些研究机构。而且，所有合作伙伴都有独家获取测序数据的权利。这意味着 DHGI 等机构的研究人员可以自由地与其他对数据有兴趣的机构建立合作关系。这打破了制药公司一直以来在数据共享方面的限制。

NIH 人类基因组研究所基因流行病学家 Charles Rotimi 认为，上述倡议将有助于填补相关研究的空白。“现在是关注世界各地人群基因组的时候了。”　（徐锐）

第 81 届世界科幻大会在成都开幕

本报讯（记者杨晨）10 月 18 日晚，第 81 届世界科幻大会在成都科幻馆正式拉开帷幕。

本届世界科幻大会以“共生纪元”为主题，将持续至 10 月 22 日。除了开幕式、闭幕式、雨果奖颁奖典礼三大盛典外，其间还将举行 200 多场主题沙龙、主题展览、“雨果之夜”湖畔派对、粉丝派对等活动。

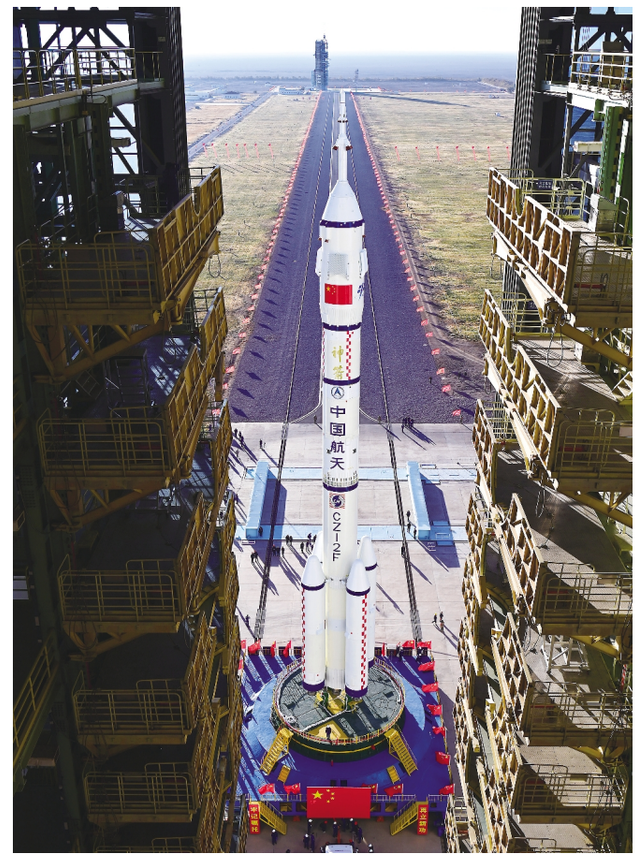
据介绍，世界科幻大会是世界上最受瞩目、历史最悠久、规模和影响力最大的科幻文化主题活动，此次是这一盛会首次走进中国。成都也因此成为亚洲第二个举办世界科幻大会的城市。

开幕式上，世界科幻协会（WSFS）品牌保护委员会委员、2023 成都世界科幻大会联合主席本·亚洛在致辞中说：“这是我们第一次携手中国科幻迷，共同见证令人震撼的一届世界科幻大会。它更有趣、更多元，幻迷们来自中国，也来自全世界，科幻的大家庭在这里继续发展壮大。”

著名科幻作家、2023 成都世界科幻大会荣誉主宾罗伯特·詹姆斯·索耶在致辞中表示，16 年前他第一次来成都时，就曾听到一些粉丝说，梦想有一天世界科幻大会能来到中国，现在终于梦想成真。“我相信，今天在座的一些年轻人是第一次参加世界科幻大会，而接下来的这 5 天在他们心中种下的种子，将永远改变他们的生活。”

在线上线下全球科幻迷的共同见证下，本·亚洛携同 2023 成都世界科幻大会联合主席陈石、何夕，2023 成都世界科幻大会荣誉主宾刘慈欣等人共同为第 81 届世界科幻大会启幕。随着陈石敲下见证世界科幻大会历史的“法槌”，本·亚洛宣布第 81 届世界科幻大会正式开幕。

备受关注的本届雨果奖奖杯底座也在开幕式上揭晓——一只从时空隧道探出头来的熊猫，仰望着火箭向未来招手、向科幻致敬。据了解，这是中国文化元素第一次出现在雨果奖奖杯底座上。现场，2023 成都世界科幻大会组委会副主席、雨果奖评选组组长戴夫·麦卡蒂将雨果奖奖杯底座与奖杯合为一体，以此寓意合作连接，人类才有无限美好的未来。科幻文学领域的国际最高奖项——雨果奖将于 10 月 21 日晚揭晓。



神舟十七号转运至发射区

本报讯（记者甘晓）据中国载人航天工程办公室消息，北京时间 2023 年 10 月 19 日，神舟十七号载人飞船与长征二号 F 遥十七运载火箭组合体已转运至发射区。目前，发射场设施设备状态良好，后续将按计划开展发射前的各项功能检查、联合测试等工作，计划近日择机实施发射。

◀10 月 19 日，神舟十七号载人飞船与长征二号 F 遥十七运载火箭组合体准备转运。新华社发 汪江波 / 摄

创建黄土高原综合治理的科学范式

周卫健

黄河中游的黄土高原是“一带一路”倡议的关键区域，也是我国重要的旱作农业产区和能源化工基地。近年来，黄土高原退耕还林还草工程取得了巨大成就，但也带来耕地面积不足、城镇化发展空间受限等问题。

如何平衡退耕还林还草、粮食生产和城镇化快速发展的关系，是亟待解决的现实问题。此外，黄土高原植被恢复已接近该地区的水资源植被承载力，急需探索新的治理模式。

黄土高原生态环境面临新挑战

中国黄土区面积约为 63 万平方公里，主要有黄土高原区、新疆黄土区、东北黄土区、北京黄土区四大区域。在这四大黄土区中，黄土高原的面积最大。

黄土高原的黄土主要分布在地处黄河中游的山西、陕西、甘肃等地。经过长期治理，黄土高原的生态环境近年来明显改善，植被显著增加，黄河泥沙量明显减少。根据国家林业和草原局数据，自退耕还林还草工程实施以来，2017 年黄土高原植被覆盖率较退耕还林还草前的 1999 年增加了约 33%，入黄泥沙减少至每年 2 亿吨以下。

然而，退耕还林还草工程取得巨大成就的同时，耕地面积不足、城镇化发展空间受限等新问题日益凸显。黄土高原植被恢复已接近该地区的水资源植被承载力，亟待探索新的治理模式。未来黄土高原如何治理？根据黄土高原地貌形态和土壤特性，因地制宜提出黄土高原生态治理的总方针是目前迫切要做的事。

2016 年，我和团队提出的黄土高原生态治理总方针项目得到了中国科学院学部咨询项目的立项支持。项目提出，黄土坡面继续推进退耕还林还草、黄土塬面采取固沟保塬、黄土沟谷采取治沟造地、北区沙区采取沙区治理和产业结构优化的总方针。

生物治理与工程治理协同发展

在采取固沟保塬措施时，应开展塬面、沟头沟岸、坡面和坡道的系统性治理。在塬面要按照雨面大小，布设人工湖、蓄水池、涝池等雨洪积蓄工程，回填加固沟头，主沟道及支沟布设骨干坝、中小型淤地坝拦泥淤地。

治沟造地是通过人工削斩山脚边坡，取土填沟、沟口筑坝，辅以排洪渠和边坡护理等措施，将沟谷中低产分散的耕地扩增为大面积的、可机耕的优质高产良田。治沟造地在一定程度上可视为历史上沟口淤地坝的延伸。

关于治沟造地的科学性和可行性，我们通过研究发现，沟谷造地能够减少势能差，减少水土流失和地质灾害的发生，聚集泥沙为新造耕地提供物质基础，有助于发展生态农业。除此之外，由于黄土质地疏松多孔，易于搬运，结合当前先进的工程技术，可为治沟造地提供不可多得的机遇。

因此，我们提出了黄土高原综合治理的总方针，即坚持退耕还林还草工程等生物治理与治沟造地、固沟保塬、沙区治理等工程治理协同发展，是黄土高原综合治理的大方向。

根据黄土高原内部不同区域特点，因地施策。中北部和西部梁峁地区是开展治沟造地的重点区域，东南部塬区应将固沟保塬与治沟造地相结合，新增和储备土地资源，北部沙区治理则坚持以生态恢复与植被重建为主。

归纳综合治理的“26 字方略”

总结过往经验，我们将黄土高原治理方针总结归纳为“塬区固沟保塬，坡面退耕还林草，沟道拦蓄整地，沙区固沙还灌草”，我将其称为未来黄土高原综合治理的“26 字方略”。

如何理解“26 字方略”的内涵？首先遵循两个原则。一是生物和工程治理相结合，二是分区治理和因地制宜相结合。生物和工程治理相结合，是从历史经验中总结出的原则，单方面强调生物或者工程治理，无法从根本上解决黄土高原的生态环境问题，必须以整体性和系统性的思维开展黄土高原的生态治理工作。

分区治理和因地制宜相结合的原则，是由黄土高原的侵蚀、泥沙等物理动力过程和植被恢复、生物多样性提高等植被生物过程共同决定的，两者构成黄土高原生态环境系统的核心，又具有明显的区域分异规律。

“26 字方略”系统总结了新中国成立以来黄土高原生态环境治理的基本经验，提出整体生态环境的分区治理和因地施策，坚持山水林田湖草沙整体保护、系统修复、区域统筹、综合治理，坚持生态惠民、生态利民、生态为民的指导思想，力促退耕还林还草工程从数量、规模到质量、效率的根本转变。

新世纪以来，良好的生态环境成为普惠的民生福祉。建成我国北方生态文明与乡村振兴国家战略示范区，到 2030 年使黄土高原成为生态文明建设、乡村振兴和践行可持续发展目标的国家典范，是我们的目标。

（作者系中国科学院院士、中国科学院地球环境研究所研究员，本报见习记者严涛据其在 2023 年全球土壤健康论坛黄土分论坛上的报告内容整理）

科观中国