

图形泛基因组为苹果精准育种“加码”

■本报记者 李晨 实习生 鲁晓航

苹果不仅口感大众化,而且营养颇为丰富,是全世界最受欢迎的水果之一。

然而,中国工程院院士、中国农业科学院作物科学研究所研究员刘旭指出,当前我国苹果种业面临优异种质资源匮乏、核心性状改良周期长、现代分子技术应用不足等瓶颈问题,严重制约了苹果新品种的选育及产业的持续提质增效。

刘旭强调,在全球气候变化与重大病虫害日益加剧的背景下,亟须明晰苹果的遗传基础、厘清苹果属多样性背景,为构建自主可控的核心种质资源体系和支撑品种创新提供可持续研究与发展的“跳板”。

近日,中国农业大学园艺学院教授韩振海团队联合国内外科学家成功揭示了苹果属数千万年的演化轨迹,绘制出首张苹果遗传多样性全景图。《自然-遗传》在线发表了该研究成果,并配发《研究简述》重点推介,凸显了该研究在苹果属遗传与进化研究中的里程碑意义。

西班牙农业基因组研究中心著名科学家 Jordi Garcia-Mas 评价指出,该研究利用其构建的高质量基因组和图形泛基因组,为苹果研究与育种提供了卓越的资源支撑,显著增进了对苹果属复杂系统发育关系和进化历程的认知。

苹果属野生种:天然抗逆资源库

“苹果是全球种植最广泛的水果之一,但长期以来我们对其演化历史和种质资源的遗传背景缺乏系统研究,尤其是对苹果的多倍体起源和杂交历史了解很少。”论文通讯作者韩振海告诉《中国科学报》,这使分子设计精准育种陷入瓶颈。

苹果属植物约有 30 多个物种,涵盖栽培苹果及山定子、楸子、多花海棠等具有代表性的野生种资源。韩振海团队将关注点投向苹果的“整个属”,希望通过构建覆盖整个苹果属的高质量基因组资源,系统解析其演化机制和遗传多样性,为苹果遗传改良和种业振兴提供理论基础和技术支撑。

在苹果集约化生产上,抗逆和矮化密植是两个最重要且很难耦合的产业难题。“只有当抗寒、耐旱、耐盐碱等条件得到满足,我们才能在



不同大小、不同色泽、不同质地的苹果属果实。中国农业大学供图

此基础上开展省时、省力的规模化矮化密植。”论文第一作者、中国农业大学教授李威说。

但是,抗逆的基因资源从哪儿找?栽培苹果虽有数千个品种,但从基因源上都属于一个苹果种(Malus domestica)。简单来说,虽然消费者感觉市场上的苹果品种很多,但它们在遗传层面其实都是“亲兄弟”。这些“亲兄弟”之间的遗传差异非常有限,很难在其中找到新的抗逆基因。

不过,栽培苹果所在的苹果属拥有 35 个种。论文共同第一作者张太奎正在美国宾夕法尼亚州立大学从事博士后研究。据他介绍,他们通过对苹果属基因组开展系统发育基因组学研究发现,栽培苹果与野生种差异化保留苹果属祖先基因,栽培苹果种内的遗传差异远小于栽培种与苹果属野生种之间的差异。这不仅表明当前栽培苹果的基因库主要来源于少数亲缘密切的祖先品种,遗传背景相对单一,而且说明要想寻找更多抗逆资源,应该到遗传背景更丰富的苹果属野生种中去找。

在近万年的驯化过程中,栽培苹果逐步结出对人类而言既好看又好吃的“有用”果实,那些用

以适应环境的关键性状则会被筛选掉。“可能有品种抗虫、抗病,但并不好吃,那么人们就会把它淘汰掉。所以你慢慢会发现,栽培种中保留的抗逆基因资源不多。”李威告诉记者,栽培种在抗逆性、多样性和适应性方面存在一定局限性。

相对而言,野生种在成长过程中不会得到太多人类的“帮助”,留下来的个体能够更好地适应环境。例如,山定子、楸子与新疆野苹果等苹果属野生种,其作为砧木在起到固地与支撑作用的同时,往往具有抗寒、耐旱等特性。“野生种中抗逆资源相对丰富,能够提供更多的遗传背景。”韩振海说。

在韩振海看来,只有尽可能多地收集这些野生种,才能进一步建立“抗逆资源库”,根据产业需求有的放矢地进行精准育种。

从产业困境到核心科学问题

韩振海团队意识到,既然要系统研究苹果属的野生种资源,就必须回答“苹果何时从哪里来”“不同种之间是什么关系”“它们为何如此多样”这几个核心科学问题。于是,他们的研究从产业困境出发,延伸到科学的基础性问题。

然而,苹果属物种倍性复杂,分布横跨欧亚、美洲等多个地理区域。韩振海介绍,他们优先选择了苹果属中覆盖不同地理区域和系统发育位置的代表性物种,兼顾栽培种、野生种、二倍体和多倍体类型,最终测序并组装了 30 份苹果属物种的高质量基因组,涵盖 20 个二倍体和 10 个多倍体物种,确保全面反映苹果属的遗传多样性和演化代表性。

“我们追本溯源,通过构建物种系统发育关系和基因组进化模型发现,苹果属可划分为 7 支系统发育类群,起源于距今约 5600 万年的亚洲地区。”韩振海告诉《中国科学报》,他们进一步发现,远古时期有两个不同物种“通婚”并产生了后代,这一后代继续进化成多个苹果种祖先。它们的基因混合产生了多倍体和复杂的遗传背景,是苹果多样化的重要源头。

李威解释说,传统基因组像一条单一“铁轨”,只能展示一种代表性的遗传信息;图形泛基因组则像一张“立体地铁图”,可同时展示不同物种或个体之间的差异,尤其擅长捕捉结构变异,更贴近真实的遗传多样性。(下转第 2 版)

七部门发力! 15 项举措支持加快构建科技金融体制

据新华社电 创新之花离不开金融活水的浇灌。科技部、中国人民银行等 7 部门近日联合发布《加快构建科技金融体制 有力支撑高水平科技自立自强的若干政策举措》,推出 15 项科技金融政策举措,为科技创新提供全生命周期、全链条的金融服务。

面对科技强国建设和国际竞争的严峻形势,强大的科技投入是支撑前沿科技领域和未来发展的重要条件。从攻克关键核心技术到促进成果转化,从推动国家重大科技任务实施到支持科技企业发展……如何提升金融服务的精准性和有效性,为科技创新“保驾护航”,科技金融一直在积极“破题”。

党的二十届三中全会提出“构建同科技创新相适应的科技金融体制”,为做好科技金融大文章提出了更高要求。

此次 7 部门联合发布的 15 项政策举措,从创业投资、货币信贷、资本市场、科技保险、财政政策、央地联合和生态建设 7 个方面强化部署,将推动更多金融资源进入科技创新领域各环节,引导更多金融资本投早、投小、投长期、投硬科技。

创业投资是支持科技创新的生力军,文件

提出设立国家创业投资引导基金、支持创业投资机构和产业投资机构发债融资等举措。同时,文件强调发挥货币信贷的重要作用,优化科技创新与技术改造再贷款等结构性货币政策工具,鼓励银行探索较长周期的科技创新贷款绩效考核方案等。

为更好发挥资本市场支持科技创新关键枢纽作用,文件提出优先支持取得关键核心技术突破的科技型企业上市融资、建立债券市场“科技板”等政策举措。文件还明确,发挥科技保险支持创新的减震器和稳定器作用,探索以共保体方式开展重点领域科技保险风险保障,鼓励险资参与国家重大科技任务等。

科技金融的发展离不开财政政策的引导和支持。文件提出,用好用足贷款贴息、风险补偿等政策支持企业科技创新,实施科技创新专项担保计划,落实好天使投资、创业投资相关税收政策等。

金融活水涌流,创新活力迸发。下一步,科技部将会同有关部门推动各项措施落实落细,为实现高水平科技自立自强和建设科技强国提供有力的金融支撑。(温竞华 吴雨)

科学家证实 宿主可识别特定肠道菌群调控免疫

本报讯(见习记者江庆龄)中国科学院上海营养与健康研究所研究员钱友存研究组联合中国科学院分子细胞科学卓越创新中心研究员宋昕阳研究组,首次证实宿主能通过体内一种“智能识别器”蛋白,结合细菌特征性脂质标记实现对特定肠道细菌的选择性“身份识别”,同时揭示了一种主动塑造菌群的新范式,为开发“菌群-免疫”协同调控的下一代疗法开辟了新路径。5 月 14 日,相关研究发表于《自然》。

人体肠道内栖息着数万亿微生物。它们不仅协助消化食物,也能通过释放各类分子与宿主“对话”,调控免疫细胞的发展与功能。那么,宿主能否在“茫茫菌海”中选择性识别并管理特定细菌呢?

研究团队发现一种名为 APOL9 的蛋白在正常小鼠肠道中显著高表达,且主要由肠上皮细胞产生。通过独创的结合流式细胞术与微生物组测序的 APOL9-seq 技术,研究团队意外发现,APOL9 及其人类同源蛋白 APOL2 能特异性结合一类常见的拟杆菌目肠道细菌。机制研究表明,APOL9 的识别能

力依赖于细菌表面一种特殊的脂质分子神经酰胺-1-磷酸(Cer1P)。在体内,APOL9 如同“扫描仪读取条形码”一样,识别 Cer1P 这一特殊“条形码”。

与传统抗菌蛋白不同,APOL9 并不直接杀死目标细菌,而是诱导其释放外膜囊泡(OMVs)。OMVs 内装载有细菌组分,可被宿主免疫系统捕获并用于增强免疫防御,最终维持肠道免疫稳态。

钱友存表示,这项研究刷新了人们当前对肠道菌群管理的认知。APOL9 如同一位训练有素的“细菌外交官”,与 Cer1P 的特异性结合,提示宿主与微生物在长期共进化中形成了高度适配的分子“对话语言”。该研究未来有望催生一系列创新疗法,如设计诱导特定细菌释放 OMVs 的药物、开发携带特殊“脂质标签”的智能益生菌。团队将进一步探索人类 APOL2 蛋白的功能,以及如何通过调控这一通路增强肠道免疫屏障。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-08990-4>

研究揭示 3.2 亿年动物大脑演化之谜

本报讯(记者刁雯蕙)研究显示,鸟类、哺乳类甚至龟类的大脑在过去 3.2 亿年里,经历了一场精彩的大脑神经元演化历程,走出了截然不同但又殊途同归的智慧发展之路。5 月 13 日,这项由华大生命科学研究院联合中国科学院深圳先进技术研究院、中国科学院脑科学与智能技术卓越中心等机构共同完成的研究发表于《发育细胞》。

3.2 亿年前,当脊椎动物第一次离开水域来到陆地生活时,面对的是全新挑战——如何在陆地的复杂环境中导航、觅食、避险?这些问题迫使动物大脑加速进化。哺乳类发展出 6 层新皮层作为高级认知的结构基础,而鸟类虽然没有类似结构,却通过更密集的神经元和特殊的核团组织,拥有了与灵长类相似的工具使用和社会认知能力。

那么,基因组如何通过分子层面的影响,在迥异的解剖结构下演化出相似的复杂功能?

在这项研究中,研究团队利用华大自主研发的超高通量测序平台 DNBSEQ-T10、单细胞测序平台 DNBebel C4 和时空组学技术 Stereo-seq,对中华绒螯蟹、斑胸草雀、鸽子的端脑和小脑进行测序分析,并与已公开的小鼠、猕猴全脑图谱数据进行整合,共构建了羊膜类 5 个代表物种共 130 万个细胞的高质量单细胞图谱。该图谱首次通过

多组学结合角度系统揭示了爬行类、鸟类与哺乳类大脑细胞类型的保守性与多样性演化规律。

研究发现,鸟类与哺乳类在端脑兴奋性神经元中呈现出显著的基因表达差异。鸟类的兴奋性神经元在全脑范围普遍表达 SLC17A6 基因;哺乳类新皮层神经元特异性表达它的同源基因 SLC17A7。其他脑区则保留 SLC17A6 的表达;龟类大脑大部分区域则同时表达这两个基因。以上结果暗示 SLC17A7 可能在鸟类演化过程中发生功能丢失。

那么,这些大脑细胞类型的差异是如何产生的?研究团队创新性地将基因家族序列的“演化史”和单细胞类群的表达情况结合起来分析。他们发现,有 20%至 35%在不同物种间表现各异的神经元基因,可以追溯到羊膜动物祖先时期发生的一些基因“复制粘贴”事件——基因家族扩增与复制。

该研究通过跨物种单细胞与空间多组学整合分析,首次按时空维度解析了羊膜动物脑细胞类型的演化轨迹。团队优化开发的嫡优化单细胞图谱比对模型,突破了远缘物种细胞类型映射的技术瓶颈,精准识别了爬行类、鸟类与哺乳类间同源和分化的细胞亚型。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.devcel.2025.04.014>

“含镁可降解高分子骨修复材料”获批上市

本报讯(记者刁雯蕙)5 月 14 日,中国科学院深圳先进技术研究院(以下简称深圳先进院)研发的“含镁可降解高分子骨修复材料”通过国家药品监督管理局创新医疗器械第三类植入器械注册审批,正式获准上市。该材料填补了行业空白,破解了临床骨缺损修复难题。

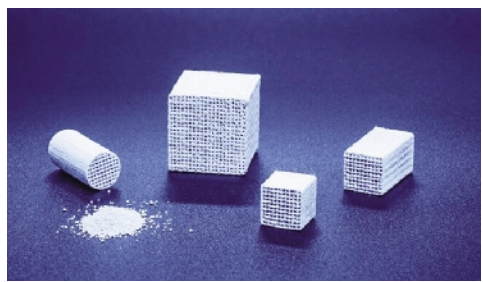
“含镁可降解高分子骨修复材料”是深圳先进院医工所转化医学研究与发展中心(以下简称转化中心)秦峰、赖懿雷团队历经 15 年的研发成果。依托“产学研医”协同创新模式,转化中心通过集成医学、生物学、材料学以及工程学等多学科交叉,利用低温 3D 打印方法开发出该材料,攻克了 3D 打印骨科器械的多项技术难点,成功实现了含镁骨修复材料的精准成型,并赋予材料特殊的仿生结构和适宜的强度。

随着镁金属的加入,该材料不仅实现了与人体骨质相近的力学强度,使其在手术操作中能够稳定应对冲击力,避免崩解或产生碎屑,还能在成骨早期提供稳定的力学支撑。同时,该材料能在 6 至 9 个月内完全降解并被人体充分吸收,避免了因材料残留引起的体内异物反应,降解过程中释放的镁离子能够参与新骨的形成和正常的生理代谢过程,加速骨缺损修复。

原创成果从实验室迈向临床应用,需要经历漫长和严苛的验证过程。2010 年,深圳先进

院在与香港中文大学密切合作的基础上成立转化中心,系统开展骨科植入性功能材料的深入研究。2013 年,深圳先进院孵化企业深圳中科精诚医学科技有限公司围绕“含镁可降解高分子骨修复材料”开展转化工作,有序完成了产品工艺验证、注册检验、临床前生物安全性评价、动物实验以及多中心临床试验。

在临床研究中,联合研发团队在北京积水潭医院、上海市第六人民医院等 8 家国内大型研究型医院完成了 176 例骨缺损患者的多中心临床试验。结果显示,24 周植骨融合率达 98%以上,没有出现排异反应,展现出优异的生物相容性。此外,该材料在术中可剪切塑形,有利于适配复杂骨缺损形态。



“含镁可降解高分子骨修复材料”实拍图。深圳先进院供图

美国国家科学基金会正经历前所未有的变革



本报讯 日前,在特朗普政府主导下,美国国家科学基金会(NSF)正经历前所未有的系列变革,包括重组该组织及改变其拨款方式。这些变化将导致 NSF 规模缩小,未来专注于少数被视为经济驱动力的领域,而不是支持所有学科的基础研究。

据《科学》报道,在上周重组之前,该机构已取消了新的项目拨付,并裁减了 1700 名员工。特朗普政府还要求 NSF 削减支付给大学的费用,并将其 90 亿美元的预算砍掉一半多。

NSF 的官员对这些变革基本保持沉默,由总统任命的监督机构——国家科学委员会迄今也未对任何一项变革发表评论。

第一项变革是取消 NSF 目前的 37 个部门。这些部门分布在 8 个理事会中,为各个领域的研究人员提供资金。未来它们将专注于 5 个领域——人工智能、量子信息科学、生物技术、核能和转化科学。

对此,美国研究生院理事会主席 Suzanne Ortega 表示:“只关注少数几个领域令人极其担忧。几十年来为美国带来丰厚回报的、基础的、由好奇心驱使的科学,并不一定是从这几个领域中开始的。同时,‘社会科学家的见解对于理解当今世界和竞争对手并不重要’的观点也很荒谬。”

第二项变革是大幅减少 NSF 从大学借调的员工数量——这类被称为轮岗人员的职位数量将从 368 个缩减至 70 个,减少 81%。剩余职位将分配到 5 个重点领域,并“尽可能”由现有轮岗人员填补。

第三项变革是终止现有拨款。过去一个月里,NSF 终止了 1400 多项资助,导致此前承诺

的 10 多亿美元无法兑现。其中,教育理事会受到的打击最为严重。终止的拨款中包括几个由美国国会授权的计划,比如拥有 34 年历史的路易斯·斯托克斯少数族裔参与联盟项目。根据 NSF 的数据,拨款终止将主要影响来自科学领域代表性不足群体的研究人员,对女性、少数族裔及残疾人的影响尤为严重。

最近的所有举措都与特朗普本月向美国国会提出的要求相一致,即在 10 月 1 日开始的 2026 财年,NSF 的预算要削减 55%,降至 40 亿美元。NSF 计划解雇 60%的高级行政人员,这些人的工资远高于美国联邦工资标准。

NSF 取消一些部门似乎也是该机构拨款流程重组的一部分。流程重组后其将增加一个新的审查层。目前,除了最大的拨款项目外,其他拨款流程的最后一步均由部门主任审批。而《科学》了解到的新流程是,即使是获得部门主任批准的提案,也将由一个新机构进行审查,目前该机构的成员尚未确定。(文乐)