

橙子为何可酸可甜？

研究首次阐明甜橙体细胞变异的基因组基础

■本报记者 李晨

冰糖橙、锦橙、甜橙、血橙、夏橙……这些酸甜度不同的橙子在植物分类学中都属于甜橙。世界上甜橙的基因组背景完全一致，风味多样的品种主要来源于体细胞变异。

近日，《自然-植物》在线发表了华中农业大学园艺林学学院教授徐强课题组构建的高质量甜橙参考基因组。他们首次阐明了甜橙体细胞变异的基因组基础，为芽变机制提供了理论支撑，同时也为果实风味育种提供了基因资源。



甜橙芽变(体细胞变异)群体的表现。徐强供图

果实品质是甜橙选育的主要因素

论文通讯作者徐强介绍，我国是世界上柑橘属植物的起源演化中心之一，拥有丰富的种质资源。大部分低酸芽变材料分布在亚洲地区。甜橙在历史上数次从中国经过海上丝绸之路、陆地茶马古道等向外传播。

“果实风味是鲜食水果品系市场价值的重要因素，而野生柑橘资源或原始材料大多是高酸材料。”徐强说，近现代的果树芽变育种主要关注果实中柠檬酸的变异，柑橘驯化过程中主要是降低了柠檬酸含量而改良了口感。

论文第一作者、华中农业大学园艺林学学院的王沅说，经过长期栽培和选育，柑橘有丰富的品种资源和变异类型，柑橘新品种也不断涌现。例如，地中海地区选育的柑橘品种大部分是中等酸度的品种。

研究发现，基因组中造成甜橙芽变品种果实柠檬酸降低的遗传因子主要是由转座子引起。“通过研究大规模的体细胞芽变品系与低酸的关联，可以为培育低酸的柑橘品种提供新思路。”徐强说。

格的无性繁殖，所以成为了体细胞变异研究的模式物种。”徐强说。

王沅解释说，真核生物每次细胞分裂，遗传物质DNA复制和修复过程中有一定概率产生突变。除了生殖细胞，体细胞数量庞大，也会产生变异。在人类疾病中，体细胞变异累积与癌症发生密切相关。在植物中，体细胞变异可以传递给下一代，然而人们对植物体细胞变异认知较少。尽管如此，在果树育种中，体细胞变异被广泛用于芽变选种。

王沅表示，体细胞突变使得果实形态、颜色、酸度、成熟期、花器官的育性、花期变化、树体结构等方面表现出丰富多样的表现。

柠檬酸是柑橘果实风味的关键因子，该团队前期研究发现，糖酸比是柑橘果实风味的决定因子。

论文并列第一作者、博士生刘子昂介绍，收集到的114个甜橙芽变材料的果实柠檬酸含量变化十分显著，如我国湖南南部收集到的自然高酸甜橙，其果实的酸含量接近于柠檬，而无酸甜橙的柠檬酸含量接近0。

“寻找体细胞变异是研究芽变机制的重要方式。”徐强说，但是，高精度的体细胞变异检测难度很高，这为研究无性繁殖群体的群体演化带来了困难。

徐强认为，对于植物，覆盖全基因组的体细胞变异检测和位置精准预测是打开芽变研究的“金钥匙”，可揭示各种重要芽变的“真面目”。

如何提高变异位点的预测精度

“甜橙为橘柚杂交后代，基因组高度杂合。高质量基因组可以促进高质量体细胞变异的

检测。”徐强告诉《中国科学报》，为解析甜橙体细胞变异的遗传基础，挖掘影响果实酸味的关键基因，他们采用了芽变群体结合基因组学的策略，提高了体细胞变异位点的预测精度。

首先，该团队建立了高质量的甜橙参考基因组，将组装的序列挂载到甜橙的9条染色体上，平均每条染色体仅包含3个缺失。他们共鉴定出29875个基因。“该基因组为目前柑橘属最好的基因组，其质量在所有果树基因组中位居前列。”论文并列第一作者黄跃说。

他们还完成了5个甜橙芽变系的基因组，通过基因组比较，发现芽变系之间存在大片段的结构变异，并进一步鉴定到877个转座子跳跃事件。这些转座子在低酸和无酸的突变体中插入到相关基因中，从而影响了果实的pH值及柠檬酸含量。

其次，他们收集到114个甜橙芽变群体。“数量丰富，覆盖国内外各种芽变资源，对芽变研究具有足够的代表性。”论文作者、西南大学柑橘研究所研究员江东说，这些品种包括我国南方栽培历史悠久的地方品种，来源于地中海沿岸以及美洲的栽培品种。

通过分析和鉴定，该团队确定了这些芽变材料为严格的克隆材料。“背景相似度高达99.99%，没有发生杂交事件，没有染色体重组，基因组之间的差异仅仅来源于体细胞变异。”王沅说。

接着，他们开发了适合甜橙芽变群体的大数据分析方案。王沅介绍，他们将114个甜橙材料随机分成4组。通过构建群体比较模型，精细挑选了体细胞变异在基因组中的信号，基于统计分析的显著性筛选高质量的候选变异，将变异信号范围缩小。

最后，基于以上结果设计PCR实验验证了转座子在芽变品种中的多态性。“结果表明验证率达87%以上，一步一步将预测结果变为实际可用的数据。”徐强说，这些数据将成为甜橙群体研究的重要基础数据，为研究甜橙克隆进化规律、芽变机制、无性繁殖作物育种等提供可靠的数据库。

同时，他们的研究结论也支撑甜橙在历史上的传播路线，并在地中海品种和美洲品种中检测到了更多的体细胞变异。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41477-021-00941-x>

发现·进展

中科院华南植物园等

发现“茶族皇后” 处于极度濒危状态



龙州金花茶。许展慧供图

本报讯(记者朱汉斌 通讯员周飞)中科院华南植物园生态与环境科学研究中心许展慧在研究员任海指导下，与广西植物研究所研究员韦霄以及广西弄岗国家级自然保护区合作，在珍稀濒危植物龙州金花茶的生存现状及保护策略研究中取得进展，并指出根据该物种的现状，按世界自然保护联盟标准，应将其调整为极度濒危等级。相关研究近日发表于《全球生态与保护》。

龙州金花茶是山茶科的常绿灌木或小乔木，因其仅分布于广西龙州且花色金黄而得名，有“植物界大熊猫”和“茶族皇后”之称。龙州金花茶是中国特有种、国家II级保护植物。2015年，世界自然保护联盟将龙州金花茶评估为濒危等级。

研究发现，龙州金花茶分布范围狭窄，仅分布在广西弄岗国家级自然保护区及边缘，生境为喀斯特天然次生林，野外仅有3个龙州金花茶种群，共58株；龙州金花茶种群结构不合理，表现为幼年个体缺少。影响龙州金花茶生存的主要生物因素是同一层次、生态位相似的海南大风子和米扬嘴的竞争，影响龙州金花茶生存的环境因子有土壤N、P含量和环境光照，其他因素包括人为盗采、物种自身繁殖障碍。

据此，科研人员提出了龙州金花茶的综合保护策略，包括扩大弄岗国家级自然保护区范围，将保护区边缘的野生个体纳入保护；标记所有野外个体，定期巡查，清理竞争植物，实现有效的就地保护；建立全遗传多样性资源圃以就地保护遗传多样性；在气候相似的植物园建立更多迁地保护种群等。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01585>

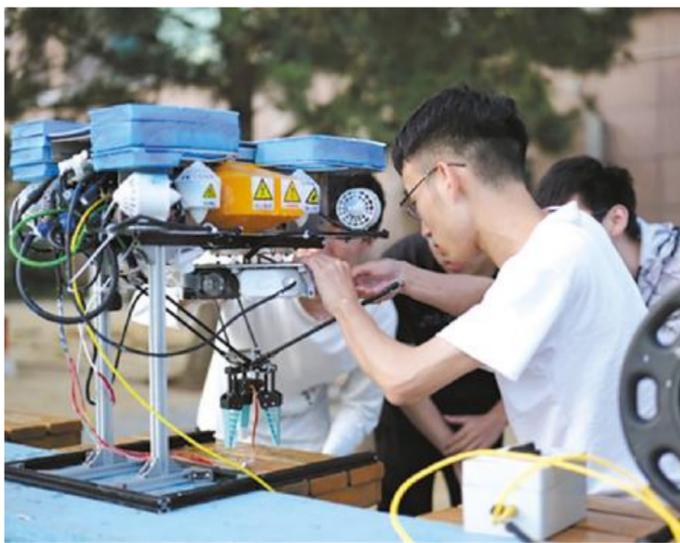
子午工程二期四子王旗台站开建

本报讯(记者倪思洁)6月23日，国家重大科技基础设施空间环境地基综合监测网(子午工程二期)四子王旗台站正式开工建设。台站建成后具备对我国北部电离层、中高层大气、宇宙线以及地磁场扰动的实时监测能力，成为我国中纬地区重要的国际空间环境探测研究基地。

2008年，子午工程一期开工建设，至2012年已建成15个综合性台站，形成了“东半球空间环境地基综合监测子午链”。2019年，子午工程二期开工建设，在子午工程一期的基础上新增16个台站，与一期形成沿东经100度、120度，北纬30度、40度的“井”字形布局。由31个台站、近300台(套)监测设备组成的空间环境地基综合监测网，将首次实现对日地空间环境全圈层、立体、多要素综合探测，使得我国空间环境地基监测能力进入世界前列。

2019年11月，子午工程二期为减少低层大气层影响，曾在四川省稻城县海拔3830米的川西高原上启动建设标志性设备“圆环阵列太阳射电成像望远镜”，那么，这次为什么将台站安排在四子王旗？据介绍，内蒙古占据了我国空间环境扰动的上游，四子王旗地区恰好位于我国子午线沿线中纬度地区中部，特殊的地理位置使得四子王旗台站在监测地球空间环境方面具有得天独厚的优势。

记者了解到，子午工程二期四子王旗台站也是在内蒙古落地建设的首个空间天气领域国家重大科技基础设施，台站将建在牧场中间，预计占地面积约400亩，在2023年之前基本完成建设。



近日，中国海洋大学OUC-ROVER本科团队成功晋级国际MATE水下机器人大赛决赛，获得中国大陆赛区唯一出线权。

该团队的作品为“带有并联机械手的水下机器人”，具有驱动部件集中、多自由度目标物抓取、工作空间大、负载力大、对本体扰动小等优势。图为团队在调试机器人。

廖洋、左伟报道 中国海洋大学供图

一所一人一事

创新为民 不畏山高

——记中科院烟台海岸带研究所研究员陈令新

■本报记者 廖洋 通讯员 高丽梅

“做好项目才是真本事”“要面对国家需求”“要为当地老百姓排忧解难”……这是中科院烟台海岸带研究所研究员陈令新经常叮嘱团队成员的话，他自己更是一直这样做的。

在他看来，科研路上，即便前面是无人曾攀登过的高山，也不要畏山高，勇往直前。

敢为人先 勇做监测技术开拓者

2009年初，陈令新学成归国，投身我国海岸带科学发展，进入了建设伊始的中科院烟台海岸带研究所。

在这个年轻的研究所中，陈令新渴望将自己的所学尽快投入科学应用。

随着工作的开展，他发现，急需一种简单、快速、实时的分析监测方法，对我国海岸带和近海海洋复杂环境介质中的污染物进行检测分析，进而快速发现和复杂环境中的污染因素，为环境治理和保护提供有效的监测手段。

为解决这个问题，陈令新组建了以化学科学和地球科学为骨干学科、多学科交叉的“环境分析监测与生态修复”创新团队。

陈令新“揭榜挂帅”，开始带领队伍从“零”开始，向着创新方向攻坚克难，奋力前进。十年的坚守和忘我拼搏，带来了陈令新团队的海岸带环境保护“监测—修复”多学科交叉研发新思路。这一思路解决了海

岸带生态环境监测与保护技术问题。

“要用好国家的经费，把钱花在刀刃上，秉持‘花小钱办大事’的原则，多出、快出高水平成果。”他总这样勉励自己和团队成员。

他们面向海岸环境典型污染物分析、监测与污染控制，利用纳米材料、生物材料以及光、电、磁等分析探测技术，构建了微纳分析传感界面，探索分析监测新原理、新方法和新仪器以及海洋环境在线监测技术，在环境分析监测、生态修复、构建健康海岸带生态环境领域取得了系统性成果。

学科交叉 年轻的团队有大作为

发展分子印迹样品前处理技术，用于复杂基质痕量污染物分析；提高纳米分析技术，用于污染物的快速分析检测；创新环境成像分析监测技术，用于评估污染物的环境暴露与健康危害机制；研发生态环境在线监测系统和近岸海域沉积物修复工程技术……

在陈令新的带领下，研究团队一次次突破创新，在海岸带生态环境监测与保护领域里深耕，取得了显著的社会和经济效益。

“多、新、用”是对这支团队特点最好的概括。

这支年轻的创新团队在交叉学科的交叉背景下，聚焦新原理、新方法和新技术的发

展，将研究内容和实际应用紧密结合在一起。他们的工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、中科院科研装备研制项目、中科院“海洋专项”等各类项目的支持。

陈令新的相关研究成果多次获得山东省自然科学奖、海洋科学技术奖、海洋工程科学技术奖等省部级奖项，并获得中国发明专利授权30余项。他的成绩得到了国内外同行的认可，2020年他被著名环境期刊《危险材料》聘为副主编。

牢记使命 甘做无声的铺路石

陈令新是一名科研工作者，也是一名教育工作者。

“要聪明做人，智慧做事。一个人不管有多聪明、多能干，自身条件有多好，如果不懂得如何去做人、做事，那么他最终的结果肯定是失败。大家各有所长，要在相互学习和配合中互相取长补短、共同进步。”陈令新这样提醒团队成员。

在他看来，每一位成员都应该有思路、有想法，大处着眼，细处着手；他鼓励大家敢想敢做，笑对逆境，不断超越自我。

工作之余，陈令新花了很多时间和心思在团队成员和学生身上，关心他们的成长。他善于挖掘每个人的潜力，发挥合力作用。十年来，陈令新共培养硕士、博士毕业生20名。指导的研究生中，4人获中科院



陈令新

中科院烟台海岸带研究所研究员，主要从事海岸带环境分析监测与生态修复技术研究，曾先后入选多项国家级人才项目，被授予“有突出贡献中青年专家”荣誉称号，2020年获“山东省五一劳动奖章”。

“院长特别奖”、3人获“院长优秀奖”，3人获中科院“优秀博士论文奖”。他为相关高校联合培养研究生50余人。目前，已有10余人前往美、英、德、韩、日等国攻读博士学位或开展博士后研究。因突出的研究生教育成绩，2020年，陈令新被授予中国科学院“领雁银奖(振翅奖)”。

随着科研工作的深入开展，陈令新对责任与使命有了更加深刻的认识。2013年，他正式加入中国共产党，成为了一名身先示范的共产党员，在科技创新和团队培育上，处处以身作则。

“功成不必在我，功成必定有我。”陈令新相信，“山再高，往上攀，总能登顶；路再长，走下去，定能到达。”

中科院海洋研究所

智能化水产养殖装备与智慧管理平台通过验收

本报讯(记者廖洋 通讯员王敏)近日，中科院海洋研究所研究员王雷团队主持承担的国家“十三五”“蓝色粮仓”重点研发计划专项课题“基于物联网与大数据的池塘养殖智能化投喂与自动化管控技术”、山东省重大科技创新工程专项课题“海水陆基精准养殖系统与环境智能调控技术”、黄河三角洲产业领军人才项目“黄河三角洲地区对虾工厂化智慧生态养殖模式构建”，在山东省东营市进行现场验收。

针对目前我国水产养殖行业技术装备落后、自动化和智能化管控水平低、养殖劳动强度大以及精准程度低等痛点，研发团队与相关企业自主研发了多套(套)新型智能化装备，包括高分辨率水下摄像机、4G多参数水质在线监测仪、4G物联网智能渔机控制器、太阳能4G无线视频监控仪等，初步实现了养殖环境、养殖动物、养殖管理的智能感知与设备的智能控制。

项目还开发了1套智能化数字化养殖管控平台，在中控室及后台可实时获得水上/水下视频、水质参数、养殖日志和管理数据等各类信息，通过独有的大数据分析模型为养殖企业提供智能化管控指导。

上述成果已在对虾工厂化养殖和育苗车间以及对虾生态养殖池塘中示范应用，专家现场勘察及观看设备与平台运行情况，一致认为达到了项目预期效果。

中国科学技术大学

新型笼目结构超导体研究获突破

本报讯 中国科学技术大学陈仙辉院士团队近期在一种新型笼目结构超导体中发现非寻常的电荷密度波与超导的竞争关系，为理解新奇的电荷密度波和超导态提供了关键性实验证据。该成果日前在线发表于《自然-通讯》。

传统超导和电荷密度波是两种不同的电子态，均起源于电声子耦合和费米面失稳。在传统电荷密度波和超导共存图像中，进入电荷密度波态后，由于费米面的嵌套打开能隙从而导致电荷密度的丢失，表现出电荷密度波与超导相竞争的行为。增加压力或化学掺杂等手段可以压制电荷密度波态，超导临界转变温度随着电荷密度波态压制，会展现出单穹顶状的行为。而在具有笼目结构的化合物中，理论预言会出现更多新奇量子物态，包括非传统超导态和手性密度波等。最近，一种具有94K电荷密度波转变温度的新型层状笼目结构超导体的发现，为相关研究提供了一个理想平台。

研究人员结合多种加压手段，确定了这一新型笼目结构超导体在高压下的相图，并发现其超导临界转变温度随压力增加表现为双穹顶状的行为，而非传统的单穹顶状的行为。当压力在0.7~2吉帕时，样品表现出反常的超导临界转变温度压制。当压力达到2吉帕后，电荷密度波被完全压制，超导临界转变温度最高可达8K，这也是目前具有笼目结构材料所报道的最高超导临界转变温度。该反常的双穹顶状超导相图，可能由公度电荷密度波态转变为非公度电荷密度波态导致。在非公度电荷密度波态会有电荷密度波畴壁形成，从而导致超导临界转变温度的反常压制和超导展宽。

研究结果表明，这种新型超导体中的超导态和电荷密度波态对压力非常敏感，两者具有非寻常的竞争关系，为研究非传统电荷密度波机制提供了实验线索。(桂运安) 相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-021-23928-w>