



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 8404 期 2023 年 12 月 12 日 星期二 今日 4 版

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>

科学网 [www.sciencenet.cn](http://www.sciencenet.cn)

## 他用 20 年科研长跑找到答案——

# 铁元素是如何进入作物籽粒的

■本报记者 李晨

33 岁转专业,37 岁换研究作物;分子生物学跟老婆学的,遗传学跟学生学的;不爱出差开会,一天不读文献就不舒服;清晨赶到实验室,中午从来不休息,每天工作 11 个小时……

今年 50 岁的中国农业科学院作物科学研究所(以下简称农科院作物所)研究员李文学,虽然头发几乎全白,但眼神里始终透露着少年的朝气。

20 年前,为了探究微量元素如何进入作物籽粒,他开始了科研长跑。如今,这个问题终于有了答案。

12 月 8 日,李文学团队联合河南农业大学科研团队在《科学》发表研究成果——他们鉴定到调控铁进入玉米籽粒的关键基因,首次解析了其分子机制,有望培育出籽粒富铁的玉米新品种。

### “偶遇”生物学关键问题

“不读文献就会觉得心里空落落的,因为文献是别人近几年完成工作的载体。”担心自己被落下,李文学读文献的习惯持续了 20 多年。

20 多年前,李文学在中国农业大学教授、后来的中国工程院院士张福锁实验室读博,是植物营养专业的学生。可那时,他老想着怎么能转到生物学专业。

“从本科起,我就特别向往学生物学,那时候常说‘21 世纪是生物学的世纪’。可我高考分数不够,被分到了土壤与农化专业。”即便如此,一直到读博期间,李文学还是老实实在地打土钻、取土样,一丝不苟地跟着课题组研究土壤里的元素如何与根系互作,把导师交代的工作竭尽全力做到最好。

“张老师那时候已经关注到了微量元素的生理机制问题。”2000 年,李文学为了从事生物学相关研究,开始自学分子生物学,学微生物的妻子成了他的老师。他默默地啃书本、读文献,

恶补生物学知识。

2003 年,李文学回到中国农业大学工作,开始研究玉米、花生间作体系中缺铁胁迫的应答机制。在实际研究中,他开始思考一个问题:微量元素究竟是如何进入作物籽粒的?

微量元素对生命体而言不可或缺。但微量元素如何在植物体内传递,并进入和储存在籽粒之中,一直是悬而未决的难题。“我当时就感觉这是一个非常重要的生物营养学问题。”李文学说。

在张福锁的支持下,2006 年,李文学到美国公派访学,正式转向分子生物学研究。那一年,他已经 33 岁了。

李文学每天“朝七晚九”,中午只留 30 分钟吃饭,周末不休息。实验室里所有老师和学生都是他求助的对象。经过一段时间的积累,李文学开始在花生、玉米间套作中微量元素根际互作领域发表文章,这在当时已属于前沿课题。

与此同时,李文学开始利用模式植物拟南芥研究植物体内微量元素的运输和分布问题。这为后来他在玉米籽粒中寻找微量元素奠定了基础。

### 从拟南芥到玉米

李文学笑称自己是“社恐”——和陌生人打交道时喜欢往后退,还没等对方拒绝就打退堂鼓。可一提起课题的事,他就两眼放光,讲得津津有味。他觉得自己性格适合搞科研,能静下心来深入研究,不轻言放弃。

2010 年 10 月,他来到农科院作物所,和他早两个月到任的课题组组长、研究员徐云碧联手建立实验室。他们有一个目标——研究平台绝不能比美国差,因为他们深知实验室对科研产出成果的重要性。

仪器、材料、采购、布置,李文学都亲力亲为。实验平台搭建好后,李文学正式开始了玉米研究。

“李老师刚来的时候做拟南芥研究,要转到玉米上挺难的。”徐云碧说。

难就难在拟南芥是一个基因组非常简单、研究方法非常成熟且易操作的模式植物,而玉米的基因组复杂得多,要使用更多遗传学手段。

“什么是基因型,我曾经在一次学术会议上被问住。玉米杂交实验要计算性状分离的比例,我那时候总是算不清楚。”为此,李文学把学生当成老师,把遗传学经典著作认真学完,有问题就请教学生,“很快就搞明白了”。

从拟南芥转到玉米,这一年,他已经 37 岁了。彼时,玉米基因组被破解不久,相应的基因组学技术还处在成本高昂的时期,克隆出一个基因得花几年时间。微量元素如何进入玉米籽粒的机理研究,进展缓慢。

尽管如此,李文学团队仍然耐心收集玉米种质材料。最终,他们从各地收集了几百份玉米种质材料,并筛选出 273 份,构建了试验用玉米群体。

### 突破性进展:两个人的实验室

论文第一作者、农科院作物所博士后闫鹏帅 2017 年以河南农业大学联合培养博士生的身份进入李文学课题组,并接手了微量元素进入玉米籽粒的课题。

那时,相关的基因组学技术发展得较为完善,费用也“平易近人”。李文学感到这个课题可以快速推进了。

闫鹏帅在李文学的指导下,分析了玉米群体里 273 份玉米籽粒的微量元素含量,发现铁元素呈现一个标准的正态分布。“这意味着用这个群体很有可能找到一个调控铁元素进入玉米籽粒的基因。”李文学知道,当时还有几个团队也在研究微量元素进入作物籽粒的机理,但他们构建的玉米群体筛选出来的是铜、钼等微量元素,没有铁。

(下转第 2 版)

## 我国粮食产量连续 9 年稳定在 1.3 万亿斤以上

据新华社电 国家统计局 12 月 11 日发布的数据显示,2023 年全国粮食生产再获丰收,全年粮食产量再创历史新高。全国粮食总产量 13908.2 亿斤,比上年增长 177.6 亿斤,增长 1.3%,连续 9 年稳定在 1.3 万亿斤以上。

统计数据显示,2023 年,全国粮食播种面积 17.85 亿亩,比上年增长 954.6 万亩,增长 0.5%。其中,全国谷物播种面积 14.99 亿亩,比上年增长 986.3 万亩,增长 0.7%;全国豆类播种面积 1.8 亿亩,比上年增长 174.3 万亩,增长 1%。

国家统计局农村司司长王贵荣表示,2023 年,尽管华北部分地区发生洪涝灾害,但全国大部农区光温水匹配较好,气象条件总体有利于粮食作物生长发育和产量形成。同时,今年开展粮油等主要作物大面积单产提升行动,重

点推广耐密品种,集成配套栽培技术,实施效果明显。全国粮食单产 389.7 公斤/亩,每亩产量比上年增加 2.9 公斤,增长 0.8%。

据介绍,2023 年,全国夏粮产量为 2923 亿斤,比上年减少 25 亿斤,下降 0.8%;早稻产量为 566.7 亿斤,比上年增长 4.3 亿斤,增长 0.8%。全国秋粮播种面积稳中有增,大部分地区灾情较轻,特别是北方旱地雨水多墒情好,秋粮产量增加。上年长江流域部分地区高温干旱导致秋粮减产,今年农业气象年景正常,实现恢复性增产。

“2023 年,全国粮食产量再创新高,为全面推进乡村振兴、加快建设农业强国奠定了坚实基础,为加快构建新发展格局、着力推动高质量发展提供了有力支撑,也为稳定全球粮食市场、维护世界粮食安全作出了积极贡献。”王贵荣说。(魏玉坤)

## 高能同步辐射光源 储存环主体设备安装闭环

本报讯(记者倪思洁)12 月 11 日,国家重大科技基础设施项目高能同步辐射光源(HEPS)加速器储存环最后一台磁铁就位,标志着 HEPS 储存环主体设备安装闭环。

HEPS 储存环为超低发射度电子环形加速器,束流轨道周长约 1360.4 米,是世界上第三大光源加速器、国内第一大加速器。环内面积约 20 余个足球场大小,用于储存高能高品质电子束,同时产生同步辐射光。

今年 2 月初,储存环启动隧道设备安装,安装团队历经 10 个月完成全球 288 个预准直单元、240 台弯转二极磁铁、288 个基座等主体设备安装,实现主体设备安装闭环。

HEPS 工程总指挥潘卫民指出,作为我国首台第四代同步辐射装置的核心组成部分,储存环是 HEPS 规模最大、研制精度最高、难度成分最多的部分,由 48 个改进型混合 7 弯铁消色散(7BA)磁聚焦结构周期组成,每个周期长度约

28 米,包含 37 台磁铁和支架等主体硬件设备,其中,超高梯度四极磁铁、电源数字控制器和高精度电流传感器、高稳定性磁铁支撑等设备均达到国际先进水平。

HEPS 总工设计师林国平说,为了保证精度和效率,各系统设备完成加工测试后,在实验室完成预准直单元组装,实现预准直单元支架上磁铁的就位精度优于 30 微米后,方可运往储存环隧道进行安装。根据单元磁铁数不同,各预准直单元重约 1.7 吨至 8.5 吨,面对设备重、隧道设备密集、不能影响预准直精度等难点,安装团队提前设计定制专用吊臂车和工装,组织工艺安装实验,优化运输方案,检查设备接口、安装与操作空间,最终确认批量安装方案,为高效推进储存环隧道安装奠定基础。

HEPS 是国家发展改革委批复立项、由中国科学院高能物理研究所承担建设的国家重大科技基础设施,是北京怀柔科学城的核心装置。HEPS 建成后,将成为我国首台高能量同步辐射光源,也是世界上亮度最高的第四代同步辐射光源之一,可以发射比太阳亮 1 万倍的光,有助于更深层次地解析物质微观结构和演化机制,为提升我国国家发展战略与前沿基础科学技术领域的原始创新能力提供高科技研究平台。

HEPS 自 2019 年 6 月启动建设以来,已完成直线加速器、增强器出束、储存环磁铁、机械、电源、预准直系统率先完成全部研制任务,真空、束控、注入引出、高频、低温等设备和光束线站批量加工测试工作正在紧张推进中,预计将于 2024 年发射第一束光。



HEPS 最后一台二极磁铁就位。

中国科学院高能物理研究所供图

## 可植入微型超级电容器 实现自然降解

本报讯(见习记者孙丹宁)近日,中国科学院大连化学物理研究所研究员吴忠帅团队与辽宁省肿瘤医院教授张鑫丰团队合作,研制出可自然降解且生物相容的可植入微型超级电容器。相关成果发表于《美国化学会-纳米》。

超级电容器是一种能量存储器件,它利用电解质离子在电极表面、近表面发生吸附/脱附或快速的氧化还原反应来进行能量存储。由于能量存储过程只发生在表面和近表面,不涉及体系内部反应,因此超级电容器具有充放电速度快、循环寿命长、安全性好等优点,是电化学储能器件中极具实力的“短跑运动员”。

微型超级电容器在未来可穿戴和可植入电子设备领域具有应用潜力,但用于微型超级电容器的传统材料往往不可降解且具有生物毒性,无法实现器件在体内稳定存留,并产生大量电子垃圾。可降解材料在自然条件下可以被降解为无害的小分子,通常具有优异的生物相容性,是制备

可降解和可植入微型超级电容器的首选材料。

在该项工作中,研究人员将具有良好可降解性的淀粉和聚己内酯(PCL)制备成封装材料和柔性基底,并采用羧甲基纤维素和髓鞘调节电极与电解质浆料的流变特性,在此基础上结合 3D 打印策略构建出可降解的可植入平面微型超级电容器。

由于器件使用的所有高分子材料均具有可降解特性,该微型超级电容器在天然土壤中 90 天左右就可顺利降解。此外,高浓度电解质的应用赋予了该器件优异的耐低温性能,其在 -20℃ 条件下仍可以正常工作。高生物相容性的 PCL/淀粉膜的封装使得该器件可以在生物体内稳定存在而不损害周围组织。

该研究为设计与创制环境友好且生物相容的可降解可植入微型储能器件提供了新途径。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1021/acsnano.3c06442>

## “龙族遗珠”科莫多龙亮相

本报讯(记者朱汉斌)12 月 11 日,广州长隆野生动物世界(以下简称长隆)首次向媒体开放探访科莫多龙。长隆保育团队带着在长隆诞生的幼崽——“科莫多龙九子”出场。

科莫多龙是一种巨型爬行动物,最大的身长纪录是 3.13 米,体重达到 166 公斤。现仅分布于印尼科莫多岛等群岛部分地区。体形巨大的科莫多龙尾巴、爪子强而有力,皮肤粗糙,遍布全身的隆起鳞片似珍珠,防御性很强,有“龙族遗珠”之称。

据介绍,科莫多龙繁殖面临诸多难题,包括发情与妊娠行为、卵泡监测、温湿度监测等。长隆保育团队在近 10 年时间里潜心研究,克服异地保育的困难,在 2020 年实现科莫多龙的首次繁殖。目前,长隆已育有 25 只科莫多龙后代,是全国最大的科莫多龙繁育基地。

▶科莫多龙在晒太阳。

邓泳怡供图



## 美首次批准 CRISPR 基因编辑疗法



本报讯 12 月 8 日,美国食品药品监督管理局(FDA)批准了两种具有里程碑意义的治疗方法——Casgevy 和 Lyfgenia。这是美国首次批准适用于 12 岁及以上镰状细胞病(SCD)患者、基于细胞的基因疗法。其中 Casgevy 是 FDA 批准的首款利用新型基因编辑技术 CRISPR/Cas9 的治疗方法,通过基因编辑对患者的造血干细胞进行修饰。

CRISPR/Cas9 可以直接切割目标区域的 DNA,从而准确删除、添加或替换被切割的 DNA。经过修饰的造血干细胞被移植回患者体内,促进胎儿血红蛋白(HbF)的产生。HbF 是一种促进氧气输送的血红蛋白。在 SCD 患者体内,HbF 水平升高可以防止红细胞的“镰刀化”。

Lyfgenia 则使用慢病毒载体进行基因修

饰,被批准用于治疗 12 岁及以上的 SCD 和有血管闭塞事件史的患者。使用 Lyfgenia 治疗方法,造血干细胞经过基因修饰可产生 HbAT87Q——一种基因治疗衍生的血红蛋白,其功能类似于血红蛋白 A,而血红蛋白 A 是未受 SCD 影响的成年人的血红蛋白。这些经过修饰的干细胞随后移植回患者体内。

FDA 表示,一项长期研究将对接受 Casgevy 或 Lyfgenia 治疗的患者进行随访,以评估每种疗法的安全性和有效性。

FDA 生物制品评估与研究中心主任 Peter Marks 表示,这两种基因疗法获批是医学领域的重要进展,即利用创新的基于细胞的基因疗法来治疗潜在的破坏性疾病,改善公众健康。

不久前,英国批准了全球首个 CRISPR 基因编辑疗法用于治疗 SCD 和输血依赖型 β 地中海贫血。据悉,目前有许多其他基于相同原理的基因疗法正在临床试验中,以治疗一系列疾病。

(文乐乐)

带来身体的剧烈疼痛和器官损伤,可能导致危及生命的残疾和过早死亡。

FDA 生物制品评估与研究中心治疗产品办公室主任 Nicole Verduin 说:“基因疗法有望提供更有针对性和更有效的治疗,特别是对于目前治疗选择有限的罕见病患者。”

Casgevy 被批准用于治疗 12 岁及以上复发性血管阻塞性危象患者的 SCD。Casgevy 是 FDA 批准的首款利用新型基因编辑技术 CRISPR/Cas9 的治疗方法,通过基因编辑对患者的造血干细胞进行修饰。

CRISPR/Cas9 可以直接切割目标区域的 DNA,从而准确删除、添加或替换被切割的 DNA。经过修饰的造血干细胞被移植回患者体内,促进胎儿血红蛋白(HbF)的产生。HbF 是一种促进氧气输送的血红蛋白。在 SCD 患者体内,HbF 水平升高可以防止红细胞的“镰刀化”。

## 拥有灵活脊柱的 老鼠机器人研发成功

本报讯(记者朱汉斌)近日,人工智能与数字经济广东省实验室(广州)青年学者、中山大学教授黄凯团队研究开发出一款高度仿生的老鼠机器人 NeRmo。相关成果发表于《科学-机器人》。这款机器人的核心创新在于其柔性脊柱的水平摆动设计,大幅提升了机器人的运动灵活性和效率。

目前,现代四足机器人依赖腿部实现高度的动态和灵活移动,但其运动方式仍然僵硬。因此,将灵活的脊柱设计融入机器人的构造,对提高机器人敏捷性,尤其对体积受限、动力不足的小型及欠驱动四足机器人而言至关重要。

作为一款仿生机器老鼠,NeRmo 巧妙模拟了老鼠四足行走时肌肉和骨骼的高效运作。其核心亮点在于既柔软又具有弹性的脊柱,它不仅能承担体重,还可以灵活伸展和弯曲,真实再现了生物脊柱的功能。

黄凯表示,该研究揭示了灵活脊柱在动物运动能力中的重要性,特别是在提高敏捷性方面作用显著。研究成果不仅推动了具有脊柱的



老鼠机器人。

受访者供图

足式机器人设计领域的发展,也为运动控制的相关研究提供了全新视角。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/scirobotics.adg7165>