



# 第六大植物激素的首个“搬运工”现身

王敏 朱子月

油菜素内酯被学界列为第六大植物激素,在植物生长调控中发挥着重要作用。在细胞内部进行生物合成的油菜素内酯,需要被搬运到细胞外才能发挥作用。但是,自其被发现的 80 多年来,谁负责搬运、其运输过程是怎样的,一直是未解之谜。

中国科学技术大学教授孙林峰团队与比利时根特大学教授尤金妮娅·拉西诺娃团队合作,在油菜素内酯的运输领域取得突破性进展。他们发现了油菜素内酯首个转运蛋白——ABCB19 蛋白,它可以将油菜素内酯搬运到细胞外。该成果填补了油菜素内酯运输领域的关键空白,对研究植物生长发育以及农业生产具有重要意义。相关研究成果近日发表于《科学》。



孙林峰(前排中)与团队成员分析 ABCB19 蛋白的电镜结构

周欣宇摄

## 1 能效显著的油菜素内酯

油菜素内酯又名“芸苔素内酯”,在植物中含量极低,因此其鉴定过程十分漫长且艰难。

早在 1941 年,美国学者就发现玉米花粉提取物可以促进大豆生长,但并不知道具体原因。1970 年,他们从油菜花粉中提取出一种活性物质,发现它同样可以促进大豆的生长,并将其命名为“油菜素”。

1979 年,研究人员通过优化纯化工艺,从 227 千克油菜花粉中提取了 4 毫克活性物质。他们通过 X 射线、质谱等手段解析了活性物质的化学结构,揭开了该物质的神秘面纱,将其命名为“油菜素内酯”。

随着研究的深入,研究人员逐渐意识到油菜素内酯在植物生长调控中的重要性,于是 1996 年,继生长素、脱落酸、细胞分裂素、乙烯和赤霉素之后,学界将油菜素内酯列为第六大类植物激素。

虽然油菜素内酯在植物中含量极低,但能效十分显著。“它可以调控植物的生长、开花和育种等多个方面,还可以提高植物对干旱、盐碱等环境以及病虫害等胁迫的适应性,对于植物的发育和生存十分关键。”论文共同通讯作者孙林峰介绍,施用油菜素内酯经济实惠,只需要使用微量的油菜素内酯,就可以显著提高经济作物的产量。目前,该方法已被广泛应用于农业生产中。

随着生活水平提高,人们对农产品的安全和品质提出了更高要求。孙林峰认为,油菜素内酯作为一种高效广谱、无毒无害的新型植物生长调节剂,具有广阔的应用前景。

## 2 意外发现 ABCB19 蛋白“隐藏功能”

解开油菜素内酯搬运之谜,对于孙林峰团队来说是个“意外”。当时团队在研究第一大类植物激素——生长素的运输蛋白,在此过程中,他们意外发现 ABCB19 蛋白是油菜素内酯的“搬运工”。

“一开始,我们一直想要解释 ABCB19 蛋白是如何结合和搬运生长素的,但是实验发现 ABCB19 蛋白对于生长素的结合和搬运并不明显。”孙林峰说,由于始终无法获得很好的实验结果,这项工作被暂时搁置。

后来,在一次与开展植物学研究的同事讨论中,孙林峰得到了一些启发。

“假设 ABCB19 蛋白搬运的是生长素,那么当它被破坏后,也就是它的突变体蛋白植株会出现生长素信号缺陷的特征。但是,实验中,我们注意到,

ABCB19 蛋白突变体植株与其他的生长素搬运蛋白突变体植株外形表现并不一致。”孙林峰说。

团队首先在 ABCB19 蛋白中加入人生长素,发现并不能促进蛋白对能量的消耗。证实了蛋白没有很好地搬运生长素。

同样的,团队又分别监测了 ABCB19 蛋白在赤霉素、油菜素内酯等多种植物激素中的能量消耗情况。“我们意外地观察到,在油菜素内酯中,ABCB19 蛋白能量消耗异常显著。”孙林峰说。

研究团队建立了利用放射性标记追踪物质运动状态的体系,这相当于给油菜素内酯植入了一个“定位仪”,并利用其证明了 ABCB19 蛋白在人工构建的模拟细胞环境中可以搬运油菜素内酯。

为了进一步看清 ABCB19 蛋白的样

貌,团队利用冷冻电镜技术解析得到高分辨率三维结构,直观地观察到了 ABCB19 蛋白是如何结合、搬运油菜素内酯的。

ABCB19 蛋白长得像一个双开口的 V 形夹,倒 V 字开口“捕捉”细胞内部的油菜素内酯,结合后,再以正 V 字开口在细胞外部打开进行“释放”。

最终,孙林峰团队与尤金妮娅·拉西诺娃团队合作,在植物细胞内进一步证实了 ABCB19 蛋白能够搬运油菜素内酯,并且促进油菜素内酯发挥信号调控作用。

“我们意外地发现了 ABCB19 蛋白的这些‘隐藏功能’,阐明了很多之前在表型上观察到的差异,这让我们可以重新审视该蛋白的生理作用。”孙林峰说。

## 3 填补油菜素内酯信号通路研究空白

粮食安全是“国之大者”。“植物激素的基础研究有助于农业增产高效。”孙林峰说。

孙林峰自 2017 年加入中国科学技术大学并建立团队以来,就将研究方向定为“植物激素运输和信号调控”。近年来,他们针对重要植物激素的运输过程进行研究,通过冷冻电镜技术描绘了多个关键“搬运工”的样貌,并利用各种生物化学研究手段回答了它们搬运植物激素的原理。

比如,团队揭示了生长素“搬运工”成员 PIN1 蛋白的结构,让人们更清晰地理解植物“向光生长”等有趣的生

命现象。

在此基础上,2023 年,团队在《植物通讯》发表了靶向 PIN 蛋白抑制剂的研究,发现消灭、镇痛药物分子替普生可以抑制 PIN 蛋白的功能,这为开发更安全、有效的农药提供了思路。此外,团队还解析了植物激素脱落酸“搬运工”ABCG25 蛋白的三维结构。相关研究成果发表于《自然——植物》。

可以说,孙林峰团队一直在“死磕”植物激素研究。

此前,前五大植物激素的转运蛋白已经被发现,只有油菜素内酯转运蛋白是个未知数。“当我们证实 ABCB19 蛋白

是油菜素内酯转运蛋白时,真的很激动。我们的工作填补了油菜素内酯信号通路的研究空白。”孙林峰说,这也为设计开发针对该蛋白的小分子功能调节化合物奠定了基础,为相关农药和植物生长调节剂用于农业生产、提高作物产量提供了更多思路。

“ABCB19 蛋白更偏向于转运油菜素内酯而不是生长素,是一个有趣的发现。这为该领域研究作出了重大贡献。”一位审稿专家评价道。

未来,孙林峰将带领团队进一步分析、改造 ABCB19 蛋白,为人们利用油菜素内酯促进农业生产提供更多帮助。

## 最高流强！中国超重元素研究加速器装置刷新纪录

近日,由中国科学院近代物理研究所研制的中国超重元素研究加速器装置(CAFE2)取得重要进展,成功实现了 14.8 粒子微安流强、224 兆电子伏能量的束流在靶稳定运行,创造了国际同类装置运行束流参数的最高流强纪录。来自兰州大学、中国原子能科学研究院、中国科学院高能物理研究所等单位的专家对 CAFE2 进行了现场测试。

超重元素合成研究一直是科学界的热点,目前科学家总共发现了 118 种元素。在过去的几十年中,美国、日本、德国、俄罗斯等国家成功合成了十多个新元素和数百个新核素。俄罗斯和日本还研制了用于超重元素研究的专用加速器装置,最高流强 10.4 粒子微安。

CAFE2 于 2022 年建成出束,装置运行时间已超过 1 万小时。截至目前,中国科学院近代物理研究所成功合成了 38 种新核素,研究成果多次在《物理评论快报》发表。

相关专家表示,CAFE2 为超重元素合成研究积累了宝贵的数据和经验,而 14.8 粒子微安流强的成功运行更为冲击合成 119 号、120 号新元素提供了良好的实验条件,为中国科学家率先合成元素周期表第八周期新元素、实现元素命名零的突破带来了更大的可能性。

叶满山



中国超重元素研究加速器装置(CAFE2) 资料图

## 妈妈为啥吃掉孩子



蚂蚁群 资料图

一旦黑花园蚁后发现幼蚁生病,就会在疾病传播到巢穴其他地方前吃掉它们。这项近日公布于 bioRxiv 的研究表明,蚁后虽然不会获得“年度母亲”奖,但这种策略可能是保护它的王国的有效方法。这一发现为亲同类相食的演变提供了新见解。

蚂蚁和其他群居昆虫可以阻止疾病的传播,方法是让工蚁在生病时自我隔离,或者把被感染的同伴赶走。英国牛津大学的 Flynn Bizzell 和 Christopher Pull 在论文中写道,这些“群体免疫”义务是众所周知的。但蚁后是独自开辟它的蚁群的,那么在建立和扩大巢穴的过

程中如何抵御疾病呢?

为了找到答案,Bizzell 和 Pull 收集了新交配的黑花园蚁后,并将它们带入实验室。一旦这些蚁后开始产卵,蚁群初露端倪,研究人员就会将幼蚁从蚁后身边拿走,并将其一些幼蚁暴露在致命的绿僵菌孢子中,这种真菌会感染野生蚂蚁的巢穴。当这些幼蚁被感染但还不具备传染性时,研究小组又把所有幼蚁都放回母亲身边。

研究发现,蚁后吃掉了 92% 的染病幼蚁,以及 6% 的未感染幼蚁,表明它们可以发现感染并进行干预。如果没有控制住感染,可能会带来灾难性后果。当研究小组将蚁群

暴露在长满产孢真菌、极具传染性的幼蚁尸体中后,所有蚂蚁都死亡了。即使它们在尸体上喷洒了酸性的抗菌毒液,也只有 20% 的蚁后存活下来。

尽管存在风险,但吃掉染病幼蚁的蚁后似乎可以避免死亡。研究人员表示,蚁后可能会吞噬自己的抗菌毒液,使肠道对真菌孢子产生抗性。这一结论是基于之前对工蚁吞噬毒液以及蚁后梳理其毒腺开口的观察得出的。

美国田纳西大学诺克斯维尔分校的 Sebastian Stockmaier 说:“如果蚁后被感染并死亡,蚁群就会消失,因为它是唯一能繁殖的个体。因此,应对疾病的进化策略强调蚁后的生存是有道理的。”

吃掉染病幼蚁还有其他好处。研究人员发现,吃掉染病幼蚁的蚁后比没吃的蚁后多产 55% 的卵,表明它们“回收”了这些热量资源。研究人员认为,这种优势,加上消除了疾病风险,说明一些物种可能会进化出亲同类相食的策略。

研究结果表明,在羽翼未丰的蚁群中,照顾幼蚁和预防疾病所必需的行為是重叠的。因此,Bizzell 和 Pull 认为,工蚁的疾病预防行為可能是从许多昆虫中普遍存在的亲代照顾行為进化而来的。

王方

## 新疆阿克苏：戈壁滩变身“菜篮子”



春耕时节,在位于塔克拉玛干沙漠边缘的阿克苏市阿依库勒镇蔬菜基地,种植户在一座座现代化温室大棚里忙碌。在现代农业科技加持下,该基地已成为南疆地区的重要蔬菜产地,一年四季出产十余种新鲜蔬菜行销天山南北。

丁磊

## 黑龙江绥化：哈伊高铁哈铁段进入架梁施工阶段



3 月 25 日,在位于黑龙江省绥化市庆安县的哈伊高铁哈尔滨至铁力段(下称“哈铁段”)施工现场,我国在建最北端哈伊高铁哈铁段建设正式进入架梁施工阶段。

楚志明