



米歇尔·塔拉格兰。图片来源：Peter Bagde

本报讯 3 月 20 日，挪威科学与文学院宣布，将 2024 年度诺贝尔奖授予法国数学家米歇尔·塔拉格兰，以表彰他“对概率论和泛函分析方面的开创性贡献，及其在数学物理和统计学方面的杰出应用”。诺贝尔奖被誉为数学界的“诺贝尔奖”。

据《自然》报道，塔拉格兰开发了使随机过程更可预测的公式，并帮助解决了一个复杂现象的标志性模型。

塔拉格兰听到这个消息后的反应是难以置信。“至少有 4 秒钟，我脑子里一片空白。”

塔拉格兰专门研究概率论和随机过程理论，即由随机性支配的现象的数学模型。他最引以为傲的成就是塔拉格兰不等式。这是一组限制随机过程波动的公式，描述了许多因素的

贡献是如何相互抵消的。

“这就像一件艺术品。”阿贝尔奖委员会主席、挪威科技大学数学家赫格·霍尔登说，“神奇之处在于作出优质而非粗略的估计。”

美国普林斯顿大学数学家阿萨夫·诺尔说，得益于塔拉格兰的研究，“许多看似复杂和随机的事情被证明并不是那么随机”。找到一个完美的解决方案需要大量计算，塔拉格兰不等式确保了结果接近最优。

塔拉格兰还解决了意大利理论物理学家乔治·帕里西提出的关于自旋玻璃的问题，这帮助帕里西获得了 2021 年诺贝尔物理学奖。自旋玻璃是一种数学模型，描述极度无序系统的物理现象。将物理学家的预言转化为严谨的数学论证往往非常困难，帕里西是在 1979 年提出自旋玻璃的，直到 21 世纪初，才被塔拉格兰成功证明。

塔拉格兰成为顶尖研究人员的历程并不寻常。他 1952 年 2 月 15 日出生于法国，5 岁时失去右眼视力，15 岁时接受左眼视网膜脱离的治疗。可怕的经历让塔拉格兰把注意力聚焦到学习上，并发现自己在数学方面的天赋。到 2017 年退休前，他一直在法国国家科学研究中心做全职研究员。

塔拉格兰喜欢“挑战”其他数学家——他在自己的网站上列出问题清单，并为能够解决问题的人提供奖金。“只要我不是老糊涂了以至于看不懂收到的论证，我就会颁发奖金。如果我理解不了，那就不会提供奖金。”（王方）

法国数学家获诺贝尔奖

第六大植物激素的首个“搬运工”现身

■本报记者 王敏 通讯员 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——ABC19 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》。

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。

意外发现 ABC19 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类植物激素——生长素的运输蛋白，在此过程中，他们意外发现 ABC19 蛋白是油菜素内酯的“搬运工”。

事实上，ABC19 蛋白是个搬运“老手”，它一直被作为生长素的“搬运工”，而这一结果也被学术界广泛接受。

但在此次研究中，孙林峰团队有了新发现。“一开始，我们一直想要解释 ABC19 蛋白是如何结合和搬运生长素的，但是实验发现



孙林峰（前排中）与团队成员分析 ABC19 蛋白的电镜结构。周欣宇/摄

ABC19 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 ABC19 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，ABC19 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。

于是，团队大胆猜测：ABC19 蛋白除了搬运生长素外，是否还搬运其他植物激素。质疑权威是一个很大的挑战，但团队决定试一试。

一般来说，蛋白在搬运植物激素时，需要消耗能量。因此，通过监测能量消耗的情况，就能初步判断蛋白是否和植物激素发生了反应。

团队首先在 ABC19 蛋白中加入生长素，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 ABC19 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，ABC19 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插入了一个“定位仪”，并利用其证明了 ABC19 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 ABC19 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 ABC19 蛋白是如何结合、搬运油菜素内酯的。

ABC19 蛋白长得像一个双开口的 V 形，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，孙林峰团队与尤妮娅·拉西诺娃团队合作，在植物细胞内进一步证实了 ABC19 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 ABC19 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。

填补油菜素内酯信号通路研究空白

粮食安全是“国之大事”。“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。相关研究成果于 2022 年 8 月 2 日发表在《自然》上。

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，发现消炎、镇痛药物分子芬普生可以抑制 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”ABC19 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 ABC19 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。

“ABC19 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。为该领域研究作出了重大贡献。”一位审稿人评价道。

未来，孙林峰将带领团队进一步分析、改造 ABC19 蛋白，为人们利用油菜素内酯促进农业生产提供更多帮助。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adj4591>

抗精神分裂药物抑制机制阐明

本报讯（记者孟凌霄）中国科学院生物物理研究所研究员赵岩研究组在抗精神分裂药物研究中获得新进展，首次阐明甘氨酸转运蛋白 GlyT1 的底物识别和 3 种抗精神分裂候选药物选择性抑制 GlyT1 的机制。相关研究成果 3 月 20 日发表于《细胞》。

精神分裂症是一种高致残率的精神疾病，至少困扰着世界上约 1% 的人口。GlyT1 被认为是治疗精神分裂症的关键靶点之一，然而目前针对 GlyT1 的治疗精神分裂症的药物仍处于临床试验阶段。因此，探究 GlyT1 底物识别、离子结合、构象变化及其与其他临床药物分子之间的构效关系，有助于加速向 GlyT1 的药物开发。

研究团队在分辨率为 2.6 埃的封闭态野生型 GlyT1 电镜结构中发现了底物甘氨酸的结合，同时鉴定了共转运的一个氯离子与两个钠离子的结合位点，阐释了底物与离子结合及

转运的偶联关系。通过对比其他神经递质转运蛋白的中央结合腔及离子结合位点，研究团队识别出其中的关键差异残基，并对构成 GlyT1 底物和离子结合口袋的保守残基和差异残基进行了功能鉴定。同时，研究人员解析了 GlyT1 转运过程中另外两种不同构象，并鉴定了基于肌氨酸的抑制剂 ALX-5407 以及基于非肌氨酸的抑制剂 SSR504734 和 PF-03463275 共 3 种临床试验药物的结合位点，首次阐明了 3 种抗精神分裂候选药物选择性抑制 GlyT1 的机制。

此外，研究团队系统性阐述了分别稳定外向开口构象和内向开口构象的关键相互作用网络，丰富了对神经递质转运蛋白构象变化机制的理解。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.02.026>

新策略大幅提升有机污染物降解效率

本报讯（见习记者江庆龄）同济大学环境科学与工程学院教授凌岚团队提出了一种净化水体中有机污染物的全新解决方案——通过光催化生成自由基的选择性调控，大大提升了污染物的降解效率。相关研究近日在线发表于美国《国家科学院院刊》。

光催化分子氧活化技术能在太阳光作用下产生电子和空穴，并将氧气活化成具有高氧化能力活性物种，从而解决水体中抗生素等有机污染物的净化问题。该技术一方面减少光生电子-空穴对之间的相互纠缠，另一方面抑制电子和空穴在传输过程中的再复合，显著提升光催化分子氧活化过程中的自由基产率，从而提升水体有机污

染物的净化效率。

研究团队以碳氮材料为研究模板，通过在材料中同时引入氟基和钠，制得具有高电子-空穴分离能力的新型材料。氟基的引入能吸引光生空穴，从而减少光生电子-空穴对之间的相互纠缠。在氟基和钠的协同作用下，电子能快速迁移至反应位点附近。钠的加入使碳氮材料能捕获这些迁移中的电子，用于后续的氧活化反应，从而极大程度地抑制电子和空穴的复合过程。该材料展现出了 97.6% 的自由基选择性，对抗生素、塑化剂、农药等污染物均具有良好的去除能力。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1073/pnas.2318781121>

作物细胞质雄性不育系实现快速创制

本报讯（记者李晨）中国农业科学院蔬菜花卉研究所甘蓝类蔬菜遗传育种创新团队，开发了以父系单倍体诱导系介导细胞质替换，实现快速创制细胞质雄性不育系的新方法。相关研究成果近日发表于《自然-植物》。

包括甘蓝类蔬菜在内的多种作物具有较强的杂种优势，其杂交制种需要使细胞质雄性不育系控制母本花粉。而纯合的细胞质雄性不育系通常依靠杂交后连续多代回交获得，使得育种过程周期长、投入高、效率低。该研究利用基因编辑技术对一个编码着

丝状组蛋白的基因进行修饰，获得的青花菜突变体在作为母本进行杂交的情况下，能够诱导产生父本单倍体。研究人员创制了含雄性不育细胞质的单倍体诱导系，通过与青花菜自交系进行杂交，可同时实现单倍体诱导和细胞质替换，获得纯合细胞质雄性不育系。

该研究解决了杂交作物育种中不育系培育周期长的技术难题，可大幅提升青花菜及其他十字花科作物育种效率。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41477-024-01643-w>

油菜花又添七色

本报讯（记者张晴丹）近日，江西农业大学的彩色油菜花绽放，吸引了无数观赏者。今年，该校农学院研究员付东辉新选育出 7 种花色——胭脂红、苍黄大斑块、洁白特亮、水粉红、纯紫、浅梅红央玫红斑、褐紫红条纹，使得油菜花花色总数突破 70 种。

“今年的彩色油菜花具有颜色深、色泽饱满和综合性状优良的特点，其观赏价值全面升级，观赏性更佳。”付东辉介绍，在 2023 年 34 种稳定花色的基础上，新增银锈红和血红两种颜色，使稳定花色达到 36 种。

从 2015 年开始，付东辉便聚焦彩色油菜花研究。他介绍，彩色油菜花除了花色类型丰富外，还具有适应能力强、花期长、产量高、香味浓郁、附加值高等特点。除了具有旅游观赏价值外，彩色油菜花还能制成各类糕点，彩色油菜花精华则可加工成化妆品，对于延长产业链、增加种植户收益具有重要意义。

近年来，江西婺源、陕西汉中、云南罗平、湖北荆州等地油菜花经济发展迅猛。目前，团队已经与 20 多个省份 100 多个景区建立了合作关系，进行新品种的科学示范种植，在江西的婺源、安义、遂川等 10 余个美丽乡村建设点或景区进行了示范种植，效果良好。



新选育出的 7 种花色——水粉红、胭脂红、纯紫、褐紫红条纹、浅梅红央玫红斑、苍黄大斑块、洁白特亮。付东辉供图

我国首个适应高寒气候的肉羊新品种培育成功

本报讯（见习记者叶满山）近日，农业农村部公告第 762 号，发布了国家畜禽遗传资源委员会审定鉴定通过的 21 个畜禽、蚕新品种及配套系和新发现的 17 个畜禽、蜂遗传资源。由兰州大学草地农业科技学院教授李发弟和乐祥鹏团队联合天祝藏族自治县畜牧技术推广站和甘肃农业大学等单位培育的天华肉羊在新品种之列，成为我国首个适应高寒气候的肉羊新品种。

“天华肉羊体格大、体质结实、被毛纯白同质、生长速度快、繁殖力较高。”乐祥鹏告诉记者，该品种既能适应高寒、旱地严酷的生态条件，又可肉毛兼用，成年公、母羊分别达 100 千克、65 千克，剪毛量分别达 6.1 千克、4.2 千克，相比其他品种，该羊综合生产性能处于世界肉用细毛羊第一方阵。

因为天华肉羊核心育种区域分布在青藏高原东北缘祁连山北麓的天祝藏族自治县，因此适宜在我国青藏高原及其类似地区推广利用。此外，天华肉羊肉用性能良好并适应放牧、半放牧半舍饲和舍饲饲养条件，可作为其他细毛羊产区的当家品种和肉用杂交父本，也可作为北方牧区和农牧交错区肉用杂交父本，具有广阔的推广应用前景。与新品种培育地原有品种相比，每只天华肉羊可为养殖户增收 800-900 元，助力乡村振兴和产业发展。



天华肉羊。兰州大学供图