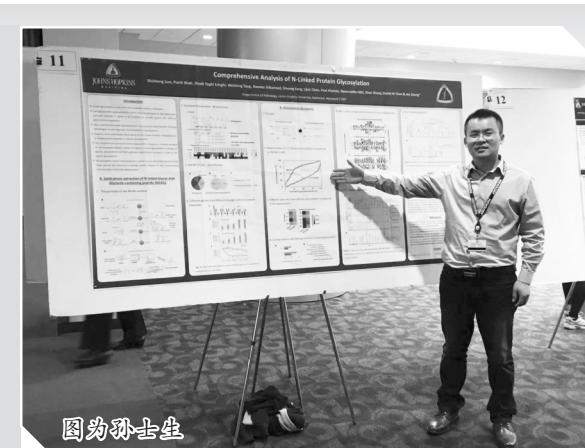




图为孙士生

西北大学孙士生团队： 在糖科学“无人区”蹚出新路

□文/图 通讯员 李世宽

下午两点，孙士生教授像往常一样来到办公室。他的办公室位于西北大学太白校区生命科学学院西楼，整栋楼掩映在浓密的梧桐树荫中。四米见方的办公室里摆着一张可以调节高度的桌子，学生说他经常站在窗边思考和写作。毗邻办公室的是十几间实验室和一个研讨室。研讨室陈设简单，唯一的装饰是一瓶水培竹子，孙士生说，这是学生送他的教师节礼物，养了七八年，见证了许多默默耕耘和激动人心的时刻。

今年以来，孙士生团队在《Nature》子刊连续发表了4篇重要文章，一步步掀开生命科学的神秘面纱。

钻一口深井

2017年，孙士生在美国约翰·霍普金斯大学医学院完成了5年半的博士后研究。其间，他的成果登上了《Cell》、《Nature Biotechnology》等国际顶刊。面对众多工作机会，他毅然选择回到母校西北大学。“出去是为了更好地回归。”孙士生说。他的硕士、博士学习均在西北大学完成，这里是他学术生涯的起点，也成了他最终选择的锚点。“我总想着，要把学到的东西带回这个‘根’上来做。”他说。

孙士生的研究领域是糖蛋白质组学。在生命体内，糖链和蛋白质结合成糖蛋白，如同覆盖在细胞表面的“二维码”，蕴含着细胞识别、免疫调控、疾病发生等过程的丰富信息。解读这些“密码”，是本

世纪全球生命科学竞逐的前沿。很多国家包括我国都启动了糖科学专项研究计划。

回国初期，仪器、平台还没有到位，实验条件有限，孙士生和他的学生从公开渠道搜索来已发表的原始质谱数据进行研究。“那些数据未经标注，就像一部天书。”他们用最原始的办法，一条条解析，试图从浩瀚的数据海洋中找出规律。这段使用“笨办法”的经历，让他对数据的本质产生了更敏锐的直觉。

“科研不是争第一，而是做唯一。”孙士生常提起国外导师的这句话。他拒绝追逐热点、拓宽赛道的建议，坚信“人的精力有限，一辈子深挖一口井已属不易”。凭着这份专注，他不断尝试别人没做过的东西，一步步完成从跟跑、并跑，到走进糖蛋白质组学研究“无人区”的跨越。

在7项国家级科研项目和4个陕西省自然科学基金的资助下，孙士生团队逐渐打通了糖蛋白质组学上样品制备、中游图谱解析和软件开发、下游数据挖掘及模型训练的全链条技术体系，并在N-糖基化的组织分布、亚细胞新定位和肿瘤机制等研究中实现了从基础研究到应用探索的路径贯通。

当生命科学遇上AI

研究的深入带来了新的挑战。糖蛋白质数量巨大、结构复杂多变，如何高通量精准解析长期困扰着科学界。为了解开难题，孙士

生实验室的高精度质谱仪日夜运转，庞大的数据源源不断涌现。他的博士生孟雯婷介绍，实验室的质谱仪每小时只能产生两三万张图谱，海量数据已非人力所能处理。

“必须借力计算机科学。”孙士生果断转向。他联合计算机专业力量，鼓励生命科学专业的学生学习算法和编程。他的博士生物牧垚、王贤勇都有通信工程、计算机方面的专业背景，现在分别以大数据挖掘、深度学习为研究方向。

孙士生团队相继开发StrucGP、StrucOGP、SpecGP、StrucGAP等4个计算机软件 and 平台，它们的功能各有侧重，可以实现实验数据的高效率、自动化分析。比如，StrucGP软件首次实现了无需糖链结构数据库即可解析每个糖基化位点上的N-糖链结构，StrucGAP分析平台能通过八大核心模块实现组学数据的深度挖掘与可视化，预测模型SpecGP则在糖肽结构图谱预测及鉴定准确性提升方面取得了突破。

孙士生说，开发这些软件和平台，是学科发展的需要和必然，糖蛋白质组学发展到当前阶段，需要计算机学科的介入。“基于糖蛋白质组分析的复杂性和数据规模的高速积累，我们必须用软件来辅助解决现实问题。”

4个软件和平台深度嵌入孙士生的研究工作，被国内外同行广泛使用。StrucGP自上线以来，被下载了2000多次，英国、德国、韩国等27个国家和地区的同行在使用

它们。有用户咨询安装方法和使用细节，孙士生就让团队成员在线提供帮助，并制作出一套详细的教程。孙士生开源了SpecGP模型和StrucGAP平台的代码，StrucGP软件也对基础研究领域的科研人员免费开放。

面对人工智能浪潮，孙士生看到了新机遇，他把实验室积累的大数据投喂给研发的软件 and 平台，让它们学习、训练，加速向智能化方向迭代。“AI处理复杂关联的能力远超人类。有了AI，我相当于有了更多助手和学生，我们共同探寻规律、发现新知。”孙士生说。

在AI的加持下，孙士生团队的糖蛋白质组学研究效率显著提高，成本显著降低。王贤勇和牧垚两名学生进入实验室不到一年，



孙士生给学生讲解糖科学的发展

便在《Nature》子刊发表了他们的第一篇文章。学生申洁晨硕士入学便自学编程，博士一年级时在《Nature Methods》上发表了论文。

孙士生认为，AI在很多学科领域都有广泛应用场景，但大家对彼此学科知之不深，制约了交叉融合效力。在今年4月召开的西北大学“AI+工作推进会”上，他以“AI赋能糖质的生命信息解码和知识发现”为题，为500多名各专业教师 and 行政干部作报告，他说：“AI正在重塑科研范式，它既是分析工具，更将是发现知识的引擎。”

斗室与旷野之间

科研不仅是与未知对话，也是与人同行。2024年，孙士生在学校青年教师座谈会上坦言：“年轻人

有激情，想干没人干过的事，但也缺经验，想干未必能干成。”为了弥补经验短板，增强团队凝聚力，在校领导的鼓励下，他报名到学校机关挂职，担任西北大学科技处副处长。

这个选择，源于他对团队成长的思考。他曾为团队成员动力不均、关键阶段人才流失而苦恼。为此，他研读管理和个人成长类书籍，摸索出“建立规则—形成习惯—塑造文化”的团队建设核心，并借鉴城市治理中“车让人”从规则到自觉的范例，在团队中明确奖惩，营造向上向好、争优争先的氛围。

“个人能干，团队能打，实验室才能风生水起。”团队结构建设是科研攻坚克难的另一“制胜法宝”。他将大团队按研究方向分为若干攻关小组，让不同特长的学生优势互补。例如，让编程能力强的学生与作图和写作能力强的学生结对，最终合作完成论文。“以科学问题为牵引，激发每个人的内驱力，这是比任何管理技巧都重要的事。”孙士生说。

只要时间允许，孙士生就去各地参加学术会议，以此保持前沿嗅觉，联系新老朋友。他活跃在中国生物化学与分子生物学学会、中国生物工程学会、陕西省细胞生物学学会等行业组织，是40多本专业期刊的审稿人。同时，他还喜欢自驾、登山，享受在旷野中驰骋的自由。

“科研需要‘守静’，必须沉下心来阅读、思考、写作；但生命需要‘运动’，要走出去，让身心保持活跃与健康。”在他看来，该静则静、能动则动是一种理想的生命节奏——在寂静的实验室里向微观世界深挖，在广阔的自然中汲取能量与灵感。

从西安到巴尔的摩，再回到西安，孙士生在他的学术地图上画了一个圈，但他的科研轨迹是一条不断向生命奥秘深处延伸的射线。在糖科学的“无人区”里，他以专注为钻头，以交叉融合为加速器，正带领一支年轻而富有激情的团队，深挖一口井。这口深井之下，连接着人类认知自身健康的未来。

作物免疫遭“劫持”？

他们花十年破解水稻“癌症”致病机制

□杨 晨

稻瘟病被称为水稻的“癌症”，由稻瘟菌引发，可导致全球水稻每年减产10%至30%，威胁数亿人的粮食安全。在中国，2013年至2025年间，稻瘟病年均发病面积高达7200万亩。

四川农业大学教授陈学伟带领团队耗时10年，揭示了一场发生在分子层面的“暗战”——稻瘟菌会派遣一种新型“RNA武器”，精准劫持水稻免疫系统。这一关键机制颠覆了学界经典认知，为开发绿色、安全的RNA生物农药开辟了全新路径。

近日，相关研究成果在线发表于《自然》。

揭示全新“入侵”路径

过去，生物学界主流观点认为，稻瘟菌等病原菌主要依靠分泌效应蛋白或微小RNA，跨越物种屏障，潜入水稻细胞破坏免疫防线，从而为自身生存繁殖创造条件。

陈学伟团队发现了一条截然不同、更为隐蔽的进攻路线，进攻的主角是一种名为“lnc117761”的长链非编码RNA。

团队详细还原了这条全新入侵路径。团队成员、四川农业大学教

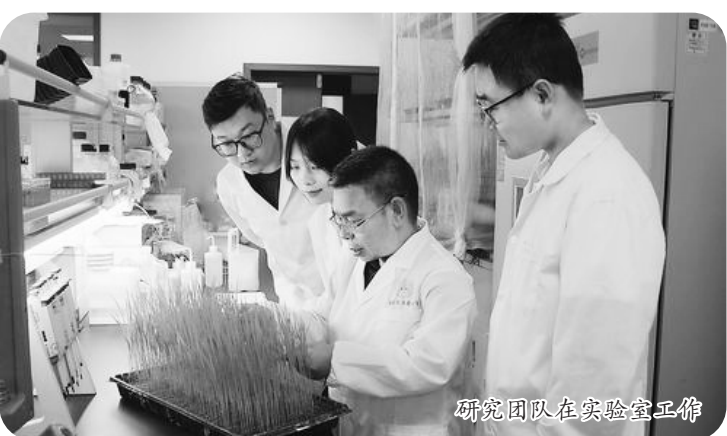
授贺闻说，当稻瘟菌侵袭水稻时，会“派遣”lnc117761进入细胞，但它们不直接发动攻击，而是去寻找水稻体内一种名为miR5827的微小RNA。

这个微小RNA相当于水稻体内的“免疫卫士”，作用是盯住并压制水稻的“免疫刹车”基因PKR1，防止其过度活跃，从而维持水稻的抗病能力。

稻瘟菌的lnc117761进入水稻细胞后，会通过碱基互补配对原则，与miR5827发生特异性结合。这一操作相当于绑架了“免疫卫士”，使其无法继续压制PKR1。于是，免疫刹车被释放，水稻的免疫防线崩溃，稻瘟菌得以大肆入侵。

“此次研究最大的突破是概念性创新。”陈学伟总结说，团队首次证明，长达1500多个核苷酸的长链非编码RNA分子，同样可以从病原菌进入寄主细胞，并行使精准调控功能。

“以前我们认为能够跨界调控寄主免疫的分子主要是效应蛋白，以及长度仅20余个核苷酸的非编码微小RNA，如今的研究又拓展了‘跨界效应分子’的范畴。”陈学伟补充说。



研究团队在实验室工作

寻找铁证

非编码微小RNA能够进行跨界调控，早在2013年就被美国科学家发现。而陈学伟的疑问是，“RNA种类繁多，除了微小RNA，其他类型的非编码RNA是否也具有同样的跨界能力？”

这一疑问开启了该团队长达10年的探索。

当锁定lnc117761这个“嫌疑犯”后，团队必须去证明这个肉眼看不见的RNA分子是否真能从一

个物种体内“跑”到另一个物种细胞里，并且还发生了相互作用。

仅这一验证环节，团队就耗费了整整两年。

他们采取了一种经典且直观的“荧光追踪”方法。“我们辗转联系到一所外地高校，借用了一种当时尚未商业化的荧光标记试剂。”贺闻介绍，团队将稻瘟菌的长链非编码RNA标记上荧光，然后将其置于显微镜下，观察这些发光分子从菌丝中产生、逸出，并最终进入水稻细胞的全过程。

不仅如此，他们又使用一种带有绿色荧光蛋白标记的稻瘟菌去侵染水稻叶片。通过荧光显微镜，可以清晰地看到菌丝已经侵入水稻组织的哪个部位。

随后，团队将菌丝尚未到达的水稻组织小心翼翼地切割下来，提取其中的所有RNA。“我们采用类似‘核酸检测’的高灵敏度反转录PCR技术，在那些理论上还没有被菌丝接触到的水稻细胞中，检测到了来自稻瘟菌的长链非编码RNA。”贺闻表示，这无疑证明lnc117761确实已经独自“跨界”转移了。

同时，团队还使用了原位杂交等多种微观显影技术，直接观察这一RNA在水稻细胞内的定位与结合。

“为观察到‘病原菌RNA进入水稻—找到‘免疫卫士’—结合并使其失活’的过程，我们前后尝试了多种研究方法。”陈学伟表示，最终有6种方法实验成功，从不同角度相互佐证，构成了完整的证据链。

从实验室到田野

团队不仅分析了“水稻—稻瘟菌”体系，还检测了小麦与赤霉菌等其他作物与病原菌组合。

通过序列比对，他们发现，类似的互补配对序列在多个物种中大量存在。“这种长链非编码RNA跨界调控机制很可能具有普适性，不仅适用于水稻，也适用于其他植物。”陈学伟说。

理论研究最终目的是要走向田间地头。基于上述思路，团队已成功合成人工RNA制剂。实验表明，该制剂能够显著提高水稻和小麦等主要粮食作物的抗病性，将真菌病害的感染率降低30%至40%。

“未来具体应用方向包括开发靶向病原菌的RNA生物农药，以及补充作物自身免疫卫士的免疫增强剂。”陈学伟透露，目前相关技术已申请专利。

不过，从实验室到市场还有诸多问题需要解决。“最核心的是安全性保障。”陈学伟表示，设计农药有效成分的RNA序列时，必须确保其具有高度特异性，只针对目标病原菌，避免对非靶标生物，如人、有益昆虫和其他动植物产生脱靶效应。合成出RNA有效成分后，还要进行严格的非靶标生物测试和环境安全评价。

此外，产业化还需要与第三方公司合作，借助企业在农药审批、生产工艺和田间测试等方面的经验。

“这条路还很漫长。”陈学伟表示，传统化学农药或水稻品种从研发到推广通常需要6至10年，就算专门投入研究力量并与企业紧密合作，也需要两三年时间实现市场化。

“我们一直走在‘无人区’，不可见的风险本来就很多，这是科研常态。”陈学伟表示，“坚持下去，才能看到新风景。”

（文图据《中国科学报》2026年5月27日第1版，有删节）

早岁那知世事艰，中原北望气如山。
楼船夜雪瓜洲渡，铁马秋风大散关。
塞上长城空自许，镜中衰鬓已先斑。
出师一表真名世，千载谁堪伯仲间！
——[宋]陆游《书愤（其一）》

大散关： 一座关口见证三千年秦蜀变迁

□吴利强

南宋爱国诗人陆游《书愤》中的一句“铁马秋风大散关”，跨越八百余年时光，让秦岭深处的的大散关化作镌刻家国大义的文化符号。这座坐落于陕西宝鸡南郊大散岭的千年雄关，扼守清姜河谷要道，北接关中沃野，南通嘉陵江上游谷地，地势险峻，易守难攻，素有“蜀襟陇起、川陕咽喉”之称。

西周时期，大散关因地属古散国封地（周臣散宜生封地）而得名，战国时期正式设驻兵，历代关址随地形屡有迁移；汉代关城在今益门镇清姜河下游，唐代移至观音堂以西，宋代沿用唐关旧址，金元两代另筑二里关。现存遗址坐落于

宝鸡市向南约20公里的神农镇大散关村，仿古牌楼红柱翘檐，门楣上的“古大散关”匾额复刻清代碑刻形制，条石砌筑仿古城墙，还原宋式关防。

古籍载：“北不得散关，无以图汉中；巴蜀；南不得散关，无以图关东。”大散关关口直面奔涌的清姜河，峡谷逼仄，险地天成。得天独厚的险峻地势，使其自商周起便是秦蜀之间的天然屏障，有据可考的大小战事多达七十余次——韩信“明修栈道，暗度陈仓”；诸葛亮北伐出散关；南宋吴玠、吴玠兄弟大败金军，宋金以此划界……数千年王朝更迭、烽火征战、人文

变迁，尽数浓缩于雄关的青山峭壁之间。

最令人动容的是南宋二吴抗金的壮举。南宋绍兴元年（1131年），金军元帅完颜宗弼率十余万主力，跨渭水强攻大散关，意图南下入蜀。南宋名将吴玠、吴玠兄弟，收拢数千溃散宋军，依托大散关与和尚原地利分层布防，凭借山谷险隘克制金军骑兵优势，以强弩叠射、分兵夜袭的战术重创金军主力，接连取得两场大捷，彻底粉碎金人入蜀图谋。此战之后，宋金签订绍兴和议，以大散关—淮河划定国界，这场以弱胜强的战役，稳住了南宋西部防

线，保住了四川门户，成为影响中国历史的100次重要战争之一。陆游诗中的“铁马秋风大散关”，追念的正是吴氏兄弟保家卫国的峥嵘过往。

循着山道前行，一座依山而建的古祠映入眼帘，这便是为祭奠吴氏兄弟而建的“二吴祠”，又称“二王庙”。祠门上的楹联“雄关百战名今古；大散千年崇玠璘”，短短14个字，道尽二吴死守雄关的功绩，也承载着后人数百年不绝的敬仰。如今，景区还原了古代雄关的军事布防，关城与古战场城依山就势，嵌于峡谷峭壁之间。关城为两层中式古建，下层砖石筑基，稳

固厚重，上层木构飞檐、青瓦覆顶，兼具防御性与美观性。关城连接着城墙、古炮台、瞭望与守御工事，构成了一套完整的古代边关防御体系。站在这里，仿佛能看见当年吴氏兄弟依托天险，指挥宋军击溃金军的壮烈场景。

千年烽烟延续至近代。1949年，解放西北的号角吹响，大散关成为解放宝鸡的关键战场。解放军战士直面天险，与盘踞于此的国民党军展开殊死激战，他们不畏枪林弹雨，以血肉之躯冲破战壕险阻，击溃顽敌。山林间留存的战壕遗迹、散落的战争残件，都是先烈赤诚报国、舍生取义的无声见证，

正是他们的浴血奋战，扫清了西北阴霾，让宝鸡迎来解放，让这片久经战乱的土地拥抱新生。

新中国成立后，国人着手破解“蜀道难”千年困局。1952年宝成铁路分段开工，铁道兵与数十万筑路工人挺进秦岭深处，在大散关群山间开凿隧道、架设桥梁，建成举世闻名的观音山铁路展线。受海拔落差制约，直线6公里的山地被延展为27公里迂回线路，三层铁轨层叠盘旋于峭壁之间，最大坡度达30度，依靠机车前拉后推方能翻越秦岭。1958年宝成铁路全线通车，1975年全线电气化改造完工，成为我国第一条电气化铁路，阻隔秦蜀的天险化作南北交通大动脉。

自西周置关戍边，秦汉群雄逐鹿，到宋金卫国鏖战、近代浴火解放，当代开山筑路，大散关褪去千年硝烟，从边防要塞逐步变为承载红色记忆的人文地标。历代将士守土报国、革命先烈舍生取义、建设者开山拓途的精神，凝结成独一无二的家国情脉。山河长存，风骨永续，大散关承载的奋进底色，将跨越时光，代代传承。