

# 一粒稻米的“造血”传奇

■本报记者 李思辉

去年 7 月,一种被称为“稻米造血”的新药——重组人白蛋白注射液(水稻)获批上市,标志着人类首次实现用植物大规模生产临床级人血清白蛋白,改写了这种人体血浆中含量最丰富的蛋白质只能从人血浆中提取的历史。

稻米真的能造血吗?它怎样造血?“稻米造血”安全吗?

近日,在江城院士科普工作室 2026 年全国科普月联合行动“药谷”首场活动上,邓子新院士农业科普工作室举办“从‘端稳饭碗’到‘挽救生命’——一粒稻米的‘造血’传奇”专场科普活动,邀请“稻米造血”技术带头人、武汉大学教授杨代常,杂交水稻全国重点实验室副主任、武汉大学教授胡骏,共同揭开“稻米造血”的科学真相。

## 稻米如何“造血”

人的血液除了水分,最多的是血浆蛋白,其中以白蛋白为主。白蛋白能快速补充人体缺失的液体,并维持血管压力的平衡。人在被烧伤、大出血或手术时,往往需要注射人血清白蛋白来治疗。

人血清白蛋白原本只能从人血浆中提取,是“黄金救命药”。稻米和人血浆的差别这么大,它真的能造血吗?

杨代常解释,“稻米造血”是一个通俗说法,并不是真的让稻米产生血液,而是通过生物技术,把水稻种子作为人血清白蛋白的“生产车间”,代替人的肝脏合成人血清白蛋白。

第一步是基因改造。把人血清白蛋白基因提取、合成后,精准写入水稻的 DNA 中。这如同给水稻安装了一个新的“生产程序”,在水稻生长过程中,让人血清白蛋白在水稻种子里大量合成。

第二步是提取和纯化。稻米收获后,得到的糙米作为原料,经脱壳、抛光、磨粉、提取、沉淀、过滤、纯化、浓缩、除菌等复杂工序后,分离去除淀粉等无用成分,只留重组人血清白蛋白成分,最大化去除杂质,使重组人血清白蛋白达到 99.9999% 的极高纯度,安全性好,能满足临床注射要求。

用一句话总结,“稻米造血”是指将人血清白蛋白基因植入水稻,使水稻种子大量合成重组人血清白蛋白,并从稻米中分离纯化出重组人血清白蛋白的过程。

## 稻米凭啥能“造血”

自 20 世纪 80 年代以来,国际上很多科学家和药企都尝试过用各种方法生产重组人血清白蛋白。



活动现场。主办方供图

有人用细菌,有人用酵母,有人用动物细胞,甚至有人用烟草,但效果均不理想。为什么稻米能成功?

主要从事水稻功能基因组研究、分子遗传与基因工程研究的胡骏说,水稻是人类种植历史最悠久,栽培技术最成熟的作物之一。几千年的驯化和选育让我们对水稻的“脾气”了如指掌,知道它什么时候播种、什么时候施肥、什么时候收获,这种“可控性”是其他载体难以比拟的。

而且,水稻作为模式植物,基因组可塑性非常强,能够被不断“改造”、赋予新功能。稻米作为储藏器官,可以有效保存蛋白质,维持活性稳定。细胞内的蛋白体如同一座安全岛,可以保存人血清白蛋白,避免它被水稻细胞里的蛋白酶破坏。

人体对大米蛋白质有较高的天然耐受性,人类吃了几千年大米,对水稻蛋白的过敏反应极少。这样,提取纯化过程就相对简单、安全多了。

杨代常解释,水稻胚乳细胞具有完整的真核细胞蛋白质加工体系,重组人血清白蛋白的生物合成过程与哺乳细胞十分相近。

从水稻育种跨界到生物制药,多年与水稻打交道的直觉和感情,给了他从农业育种角度思考医药问题的独特视角。“育种通常十年八年才出一个品种,这种耐心让我获得了脚踏实地、久久为功的科研定力。看到饱满的稻穗是丰收的喜悦,看到实验数据达标是新药即将救治生命的期待——一种是‘端稳饭碗’的踏实,一种是‘挽救生命’的欣慰。”杨代常说。

## “稻米造血”安全吗

杨代常说,目前 1 公斤糙米里可表达 30 克重组人血清白蛋白,表达量高。而且,杂质越少,安全性越高。

性越高。

人血浆的纯度是 96%,另有 4% 的杂质。人的血液一般自带病原体,体质好、抵抗力强的人没有感觉,但血液里其实是存在各种已知或未知病毒的。

从水稻里“种”出来的重组人血清白蛋白,纯度高达 99.9999%,杂质极少,可以规避血浆中存在的一些未知病毒感染风险,并且绝大多数植物病害一般不存在向人类跨物种感染的风险。

在研发过程中,为验证安全性,杨代常曾以身试药,当年 61 岁的他亲自注射了 10 克重组人血清白蛋白。他说:“我自己做的东西,我自己先试。”

有人觉得,既然水稻能生产人血需要的蛋白质,那么不注射、直接吃这种水稻能补充人血清白蛋白吗?

杨代常表示,这是不能的。因为人血清白蛋白是一种功能完整的蛋白质,如果直接吃,在胃肠道中会被消化降解成氨基酸和小肽,最终被吸收的是最基本的“建筑材料”——氨基酸,而不是有功能的白蛋白。

胡骏说,这个问题反映了公众对“吃”和“用”的混淆。我们平时吃大米,为身体主要提供淀粉和少量蛋白质等营养,而“稻米造血”是把水稻变成“制药工厂”,产出具有特定治疗功能的蛋白质药物。这是两个完全不同的维度。

## 一粒稻米的无限可能

据统计,我国人血清白蛋白的年需求量约为 1000 吨,但 60% 以上长期依赖进口。重组人白蛋白注射液(水稻)作为一类创新药的成功,是否意味着我们不再被“卡脖子”?

杨代常说,在我国药品注册分类中,一类创新药代表着药物创新的最高水平,意味着中国在某个细分医药领域实现了从“跟跑”到“领跑”的跨越,终结了人血清白蛋白只能从血浆提取的历史。目前,药品年产能逐步提升,但要让价格降下来,让更多患者用得上,还需要进一步扩大产能、实现规模化,以及推进医保准入。从技术突破到产业普及,还有一段路要走。

在胡骏看来,一粒小小的稻米实现了“造血”的奇迹,但它的传奇才刚刚开始。

过去,杂交水稻解决了“吃饱饭”的问题;如今,“稻米造血”在探索“治好病”的可能;未来,与水稻高度相关的分子医药农业还有无限想象——水稻一直在用不同的方式守护着中国人的生命和健康。

“做一粒好种子,向上生长,向下扎根。作为研究水稻的人,我们很欣慰。”胡骏说。

## 发现·进展

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所

## 发现近完整关联的哈密翼龙前肢化石

**本报讯(记者崔雪芹)**中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员汪筱林团队对一件采自新疆哈密、近乎完整关联的哈密翼龙右前肢化石进行了详细的形态学研究,为了解其头后骨骼解剖学特征提供了重要证据。相关成果近日在线发表于《古脊椎动物学杂志》。

天山哈密翼龙是我国最早白垩世哈密翼龙动物群的主要成员。此次发现近完整关联的哈密翼龙右前肢化石,第一次揭示了哈密翼龙头后骨骼形态特征,包括近端联合腕骨具发育的屈肌腱突、远端联合腕骨腹面呈新月形、翅骨近端平直等。

研究团队通过形态学对比证实哈密翼龙属于无齿翼龙超科,并进一步支持将其归入古翼翼龙类哈密翼龙科。根据哈密翼龙的肢骨比例数据,发现其与北方翼龙类和古翼翼龙类更为接近,而不同于翼掌龙极度加

长的无齿翼龙类,以及前臂(尺桡骨)相对较长的古神翼龙类。从前肢骨骼的愈合程度来看,这次研究的化石属于亚成年至成年个体,翼展约为 1.8 米。与之前估算的哈密翼龙翼展可达 3.5 米相比,该个体相对较小。

研究人员表示,目前已知的哈密翼龙胚胎与这件亚成年个体的肢骨比例高度相似,可能反映了哈密翼龙一种较为独特的生长策略。除前臂和第二翼指骨的相对比例有所变化外,其余前肢骨骼在个体发育过程中大体保持同步,即呈等速或近似等速生长。然而,仅依据胚胎和少量亚成年个体发育阶段的数据,缺少其他发育阶段的连续证据,还不能完全排除哈密翼龙肢骨在生长过程中存在异速生长的可能性。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1080/02724634.2026.2711813>

华东理工大学

## 提出分子配体调控催化微环境新策略

**本报讯(记者江庆龄)**华东理工大学副教授刘鹏飞、教授杨化桂团队提出分子配体调控催化微环境的新策略,构建了兼具质子屏蔽与局域环境调控功能的分子界面,在零间隙质子交换膜(PEM)电解槽中实现高选择性、长寿命的二氧化碳电还原制甲酸盐过程,为发展兼具高碳利用率、低系统阻抗和长期稳定性的二氧化碳电解装置奠定了基础。相关研究成果近日发表于《先进材料》。

研究团队将疏基咪唑配体锚定于铅基前驱体表面,催化剂在电解过程中原位重构为金属铅与碳酸铅复合活性结构,同时配体层仍稳定保留在催化剂表面。该配体层如同分子尺度的“选择性屏障”,能够减少质子和碱金属阳离子向催化界面迁移,使催化剂表面的局域环境与强酸性本体电解液相对解耦,从而在抑制析氢反应的同时降低碳酸盐沉积风险。

该界面调控策略可直接在催化活性

位点周围建立适宜反应进行的局域微环境。机制研究表明,在酸性电解液条件下,配体修饰催化剂表面的局域 pH 值可随工作电压升高至约 10.5、与本体溶液形成超过 8 个 pH 单位的差异。同时,疏基咪唑配体还可调控铅位点的电子结构,降低二氧化碳生成关键甲酸根中间体的反应能垒,促进目标反应路径。由此,配体界面实现了“阻隔过量质子—稳定关键中间体—抑制副反应”的协同作用。

系列测试结果表明,研究团队基于该策略构建的零间隙 PEM 电解槽表现出优异的酸性二氧化碳电还原性能,二氧化碳单程转化率最高可达约 89%。研究团队还将该分子屏蔽策略拓展至银基催化体系,并证实了该策略具有进一步推广至其他催化材料和反应产物的潜力。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1002/adma.73559>

# 从鲁西到南太平洋：一支“硬核战队”的“创新答卷” ——记聊城大学复杂系统智能分析与控制团队

■本报记者 廖洋 通讯员 王凯 陈升磊

在聊城大学,有一个团队:科研成果频频登上国际顶刊、实现产业化;主持的系统科学学科位列学科评估全国硕士点高校首位;成员入选全球“前 0.05% 顶尖科学家”“高被引科学家”“终身科学影响力”榜单,获批国家自然科学基金项目(B 类);培养的硕士研究生连续 6 年百分百考取名校博士;系统构建起太平洋岛国“监测预警—防灾减灾”气候适应快速响应体系……

这个被师生与学界誉为“硬核战队”的集体,就是聊城大学复杂系统智能分析与控制团队。

## 构筑平台矩阵,汇聚创新资源

“我觉得这个方向有问题……”“你的滤波器设计太保守了!”“听我说,应该换一个思路……”

每周三下午,聊城大学复杂系统智能分析与控制团队会议室里都会传出热烈的讨论声。外人听起来像“吵架”,团队成员却早已习以为常。这是团队的例行课题组会,自 2014 年团队成立至今,从未间断。

“大家毫不客气,质疑非常尖锐。”团队负责人、聊城大学教授夏建伟笑着对《中国科学报》说,“而创新的火花就在争论中迸发。”

正是这种自由、开放的学术氛围,锻造出一支“能打硬仗”的队伍。团队现有全职教师 30 人,博士比率近 100%,其中教授 11 人、博士生导师 16 人。聊城大学最高层次人才计划“光岳学者”有 9 人,这个团队就占了 3 席——夏建伟、孙伟、庄光明。团队还拥有“泰山学者”特聘专家 1 人、青年专家 2 人,山东省“优青”3 人,先后获评“山东省高校黄大年式教师团队”“山东省优秀研究生导学团队”等多个荣誉称号。

这个团队的身后,是一批高能级科研平台的强力支撑:中国—太平洋岛国应对气候变化合作中心是我国在气候变化领域成立的首个国家级多边合作平台,也是中太之间七大专项务实合作平台之一;“大数据智能分析与优化控制实验室”连续入选山东省高校重点实验室;“类脑智能控制工程研究中心”获批山东省高等学校工程研究中心;以及山东省新能源商用车动力与控制工程研究中心等 12 个省级高水平科研平台;与山东省气象局共建“适应气候变化联合开放实验室”,形成了从基础理论到应用场景的完整平台矩阵。

“人才和平台是科研的‘战斗机’与‘航母’。”夏建伟介绍说,“有了这些实验室和研究中心,我们团队就有了承接大项目、攻关真问题的底气。”



团队在讨论优化系统性能。受访者供图

## 冲击学术前沿,夯实理论基础

2025 年 3 月,一则消息在控制学界引起关注:聊城大学复杂系统智能分析与控制团队的研究成果,发表在系统控制与自动化领域国际顶刊 IEEE TAC 上。该期刊作为国际控制领域两大顶刊之一,是衡量领域学术水准的标志性期刊,享有极高的学术声誉。

这篇题为《非均匀采样控制系统隐蔽攻击的异步对策》的论文,研究的是网络化控制系统的安全问题。论文第一作者、聊城大学教授陈国梁是学校自主培养的“归雁”人才。入职聊城大学以来,他主持获批国家自然科学基金 4 项,入选“泰山学者”青年专家,获批山东省自然科学基金优秀青年基金,还成为山东省高校青创团队发展计划带头人,荣获山东省自动化学会青年科技奖,并在今年顺利获批国家青年科学基金项目(B 类)。

今年 8 月,陈国梁的研究成果通过优化算法模型,成功突破了传统方案动态性能弱、计算复杂度高及多速率耦合设计困难等瓶颈,有效提升了电力系统运行调控稳定性与智能悬架控制系统综合性能,为智能电网、工业自动化及智能车辆装备等领域的技术迭代提供了重要理论支撑与可行方案。

“泰山学者”青年专家、聊城大学教授孙伟深耕非线性系统控制、全驱系统理论与机器人控制领域,关于柔性下肢康复机器人系统的研究两

度获得国家自然科学基金支持,以高被引论文、IEEE 汇刊成果、省部级奖励和担任重要期刊副主编等成就,确立了在控制理论与应用领域的青年领军水平。

夏建伟的科研履历更耀眼。2021 年至 2023 年,他连续 3 年入选科睿唯安“全球高被引科学家”,并入选“终身科学影响力排行榜”;2024 年,跻身全球前 0.05% 顶尖科学家榜单。在自动控制领域,他带领团队提出了一系列随机与非线性系统智能控制新方法,论文他已累计 5000 余次,两获省级自然科学奖以及中国自动化学会自然科学奖。

“日前召开的加强基础研究座谈会,充分肯定了基础研究的重要性,进一步坚定了我们推进基础理论研究的决心和信心。”夏建伟说。

近年来,团队成员先后主持国家自然科学基金 16 项,重点项目 2 项,山东省自然科学基金等项目 14 项,在 IEEE 汇刊等期刊发表高水平论文 100 余篇,影响因子超过 10 的论文近 40 篇,40 余篇入选基本科学指标数据库(ESI)高被引论文。

## 服务国之大者,推动成果落地

科研的最终目的是服务社会。

团队依托系统科学学科优势,深度参与国家级多边合作平台中国—太平洋岛国应对气候

变化合作中心的建设,将“控制算法”应用于气候变化应对这一全球性议题,提出了混杂动态系统稳定性分析新方法,破解了复杂气候系统建模与调控难题,研发了数据融合与通信感知新技术,构建起“监测预警—防灾减灾”气候适应快速响应体系,助力太平洋岛国有效应对极端条件下气候系统分析、预测及防控挑战,服务国家战略与外交大局。

气候变化与大气污染呈现协同演化的特征,有机气溶胶即微小颗粒物是影响气候的核心因子,其气候效应解析是气候变化应对研究的关键方向。聊城大学教授孟静静团队长期深耕大气有机气溶胶领域,研究成果系统阐明有机气溶胶的气候响应与反馈机制,构建有机气溶胶气候影响的科学认知体系,为气候效应精准量化评估、多污染物协同减排路径优化提供关键科学依据,有效支撑我国“双碳”战略落地与全球气候变化科学治理。

随着全球变暖加剧和极端气候事件频发,太平洋岛国面临前所未有的淡水短缺和生态压力。聊城大学教授王倩研发的综合多源数据的农业干旱监测系统,针对传统农业干旱监测依赖单一指标问题,提出一种基于多源数据的农业干旱监测技术,大幅提高了农业干旱监测的准确性,增强了农业干旱预警能力。该成果已在企业实现技术转化,有效提升了太平洋岛国农业应对干旱气候的能力。

在复杂系统智能分析与控制团队,科技成果转化不是个例。

聊城大学教授武健开发的自动驾驶转向制动控制系统,让自动驾驶的转向和制动既安全又平顺,已在中通客车等企业的智能驾驶系统中实现推广。

夏建伟的研究聚焦大数据驱动的智能决策,攻克“高维异构数据快速聚类”技术,被广泛应用于医疗数据筛查、气候监测、金融风险预警等领域,成为该领域的标杆性成果。

聊城大学教授白成林基于智能光互联网络的内容分发传输研究项目,有效解决了分发率低、网络负载高、源点和传输点协同传输延迟等技术难点,成果在山东隆凯信息技术有限公司实现转化。

“我们要做的是顶天立地的科研。”夏建伟表示,“顶天,就是在前沿理论上有所突破;立地,就是让成果落地生根、服务社会。”

## 变革科研范式,激发创新活力

系列成绩的取得并非偶然,背后是学校深

化有组织科研理念的深刻变革。

“进入大科学时代,单纯依靠个体自由探索已难以破解复杂重大科技问题,必须改变科研的组织形态,加强有组织科研,把分散的力量拧成一股绳,攥指成拳,定向发力。”聊城大学党委书记白成林表示。

学校系统建立“学校统筹规划、学院组织推进、学科方向聚焦、团队协同攻坚、教师主动作为”五级联动机制。学校层面强化顶层设计,统筹资源配置;学院层面细化组织推进,分解任务指标;学科层面聚焦优势方向;团队层面协同攻坚、推动交叉融合;教师层面主动作为,寻求创新突破。这一机制形成了战略传导与成果反馈的良性循环。

顶层设计回答“往哪走、怎么走”的核心问题。学校坚持战略引领,深入实施 16583 发展战略,重点建设“系统智能+”“生物制造+”“区域国别+”等五大优势学科集群,聚力打造“新一代信息技术”“新能源与新材料”“高端装备与智能制造”等八大特色专业集群,集中突破生物学、系统科学、区域国别等优势学科,倾力推动学科专业交叉融合、集群跃升、争创一流。

人才团队是科研创新的根本支撑。学校改变过去“撒芝麻盐”式的经费分配方式,对重点团队实行“精准滴灌”,每年遴选 3 至 5 个标杆团队,连续滚动支持。学校实施“光岳人才工程”,精挑细选拔尖人才作为科研创新的带头人与科研工作的组织者,“十四五”期间遴选 440 人次“光岳人才”。

此外,学校还更加注重高层次人才引进的学科方向适配,形成“引进一个人才、带动一个团队、做强一个方向”的连锁效应。

科研平台是支撑学科发展的核心载体。学校坚持平台支撑学科、学科赋能平台,系统构建国家级引领、省部级支撑、特色化强优的平台体系。

目前,学校拥有中国—太平洋岛国应对气候变化合作中心等国家级平台 5 个,以“两洋两河”平台为代表的省部级平台 36 个,以及校地、校企合作共建平台近百个,同时设立 5 个学部、重组新建了一批二级学院,成立校级分析测试中心,打造“概念验证—中试熟化—产业化”全链条服务体系,有组织推进科研协同攻关与成果转化转移。

“学校是我们发展的沃土,从科研政策倾斜、平台条件保障到人才引育支持,一系列务实举措为团队心无旁骛进行科研攻关、服务国家战略提供了有力支持。”夏建伟说。