

# 饲料加“秘方” 仔猪身体壮

## ——“生物技术兴农”系列报道之二

◎本报记者 蒋捷

“我们从事大规模养殖，仔猪断奶期肠道不适应、总是腹泻的问题一直困扰着我们。”一天，四川一家养殖公司找到中国农业大学动物科学技术学院教授武振龙团队，寻求解决上述问题的办法。

团队给这家公司开出了“功能性氨基酸提高猪饲料蛋白质利用关键技术”的“秘方”。数据显示，这一技术应用后，饲料转化效率提高了5%—8%，蛋白质利用效率增加了5%以上，母猪的受孕率、窝产仔数和弱仔存活率均显著提高。

近日，功能性氨基酸提高猪饲料蛋白质利用关键技术入选2024年农业重大引领性技术。这项技术攻克了养猪生产中的哪些难点，又解决了哪些痛点？记者采访了相关专家。

### 寻找预防腹泻“最佳补剂”

畜牧业是关系国计民生的重要产业。近年来，在我国肉类消费结构中，猪肉在畜禽肉类中的比例一直维持在50%以上。优质饲料对于养殖业至关重要，只有猪吃得健康了，人才能吃得健康。

“仔猪在断奶前吃的是母乳，断奶后就要吃饲料了，在这个适应期里特别容易发生腹泻。尤其是对于规模化养殖来说，一般都会执行先期断奶，但这会加重仔猪发生腹泻甚至腹泻致死的风险。因此，断奶后的饲料选择很关键。”武振龙说。

按照“缺什么就补什么”的思路，团队从猪肠道本身有的物质找起，寻找预防腹泻的“最佳补剂”。机体80%的免疫细胞存在于消化道，免疫细胞通过与肠腔中的微生物互作，参与并调节肠道及机体的免疫和炎症反应。

对于仔猪来说，肠道发育是在营养—微生物—宿主细胞复杂的相互作用下逐步完善，进而发挥其生理功能的动态过程。在猪肠道的上皮细胞中，有90%是吸收细胞。吸收细胞通过微绒毛增加其表面积，以实现吸收营养的功能。饲料中的碳水化合物、脂肪和蛋白质，会在消化道各种酶的作用下被分解为葡萄糖、脂肪酸以及小肽或氨基酸，在上皮细胞转运载体的作用下被吸收和利用。

在猪肠道中，肠上皮细胞具有较快的更新速率和蛋白质合成速率。已有研究表明，谷氨酰胺、谷氨酸等氨基酸是肠上皮细胞的主要能量底物。仔猪断奶后，从饲料中摄取的这几种氨基酸的量会低于其断奶前从母乳中的摄入量，使仔猪处于营养相对缺乏的状态。据此，团队将解决问题的关键聚焦到了氨基酸上。

### 功能性氨基酸有妙用

功能性氨基酸是指除参与蛋白质合成外，在机体内具有其他重要生理生化功能的氨基酸。“在饲料中添加功能性氨基酸，具有抗氧化、抗炎、调节菌群稳态等作



工作人员查看仔猪的生长情况。

新华社记者 李嘉南摄

用。”武振龙举例说，比如L-谷氨酰胺作为猪体内的条件必需氨基酸，在肠道屏障功能的维持方面发挥重要作用，能够减少肠道炎症并提高肠道对营养物质的吸收能力。此外，L-谷氨酰胺参与免疫调节，可增强机体的抗病能力。

再如L-脯氨酸在猪体内经过一系列酶促反应，可转化为多胺。多胺是一类具有生物活性的低分子量有机化合物，包括精胺、亚精胺、腐胺等。它们在细胞增殖、分化等过程中发挥重要作用，有助于改善猪的繁殖性能。

“我国人口占全球人口的18%，却消费了世界猪肉总产量的近50%。面对如此庞大的猪肉消费量，规模化、智能化养殖势在必行。”中国农业大学动物科学技术学院讲师季均介绍。

规模化养猪通常以豆粕作为猪饲料的蛋白质来源。但由于大量使用豆粕作饲料不利于我国粮食安全，因此农业农村部提倡豆粕减量替代。

季均说，补充氨基酸可以弥补豆粕减量后猪饲料蛋白质的不足，同时也有助于提高蛋白质利用效率，减少氮排放造成的环境污染。团队研究发现，低蛋白日粮适量补充功能性氨基酸（如L-谷氨酰胺），有助于提高断奶仔猪的生长性能和饲料的转化效率，也可防止仔猪因肠道问题出现腹泻等不良情况。

经过多年研究，团队最终探索出功能性氨基酸提高猪饲料蛋白质利用关键技术，形成功能性氨基酸的精准配比方案。

面对一项新技术，养殖户最关心成本。目前氨基酸生产技术和工艺已较为成熟，并实现大规模生产。相应的，这项技术的应用成本也较为低廉。

### 推广应用需攻克更多难关

武振龙介绍，充分利用功能性氨基酸，有利于解决当前我国养猪生产中存在的诸多问题，如断奶仔猪肠道健康问题、蛋白质资源短缺和利用效率低的问题、母猪繁殖性能低下问题等。

为了将技术进一步推广应用，武振龙团队需要攻克的难关还有很多。目前，团队需要研究功能性氨基酸的生理生化作用新机制，以及如何基于新机制改善猪的健康水平和性能。

此外，功能性氨基酸与其他氨基酸之间的配比，对不同生长或生理阶段猪的生长性能、繁殖能力和健康水平等具有不同影响，而这一影响机制尚不明确。同时，不同日粮模式下，猪的特定功能性氨基酸需求量及其与其他氨基酸之间的比例仍需优化。尤其是在低蛋白日粮条件下，团队需要进一步探究功能性氨基酸的最佳补充量。

展望未来，武振龙相信，继续深入理解功能性氨基酸的作用机制，能够为实际生产中的精准饲养提供理论支持，实现养猪业优质、高效、环保和可持续发展，提高养猪业的经济效益、社会效益和生态效益。

# 调控水稻籽粒大小的新机制揭示

科技日报讯（记者马爱平）6月24日，

记者从中国农业科学院获悉，该院生物技术研究所作物高光效功能基因组创新团队，揭示了位于水稻籽粒细胞内的河马信号通路联合介体激酶模块调控水稻籽粒大小的新机制。相关研究论文日前发表在《植物细胞》上。

籽粒大小是决定水稻产量的重要因素；河马信号通路在细胞的生长、死亡、分化和组织形态调控中起到关键作用；介体激酶模块是调控真核生物基因表达的重

要组成部分。不过，科学家们对河马信号通路与介体激酶模块之间的关系，以及它们如何影响水稻籽粒大小的具体机制尚不清楚。

论文通讯作者之一、中国农业科学院生物技术研究所研究员张治国告诉记者，他们通过研究发现，河马信号通路的核心激酶与其激活因子可以形成激酶复合体。该复合体正向调控水稻籽粒大小，它通过对介体激酶模块中一种细胞周期蛋白进行磷酸化，促进水稻籽粒增大。

张治国解释，激酶复合体由特定的激酶和激活因子组成，主要起调控作用；介体激酶模块则涉及到更广泛的基因表达调控，并在水稻籽粒增大过程中被激酶复合体影响。

“我们找到了影响水稻籽粒大小和重量的一条重要通道——河马信号通路，并发现这个通路里有三个关键组成部分：核心激酶、激活因子和介体模块。”张治国说，核心激酶像一位指挥官，它能让水稻籽粒里的小细胞长得更大，使水稻籽粒变得更

大更重。激活因子犹如超级助手，协助指挥官更好地工作。而核心激酶与激活因子形成的激酶复合体，可以影响介体模块与另一个重要细胞周期蛋白合作。最终，研究人员通过遗传学研究方法，确认了这三个部分与水稻籽粒大小的关系。

研究首次揭示了河马信号通路和介体激酶模块与水稻产量之间的联系。这一成果为育种学家提供了一种更加精准的育种新策略和新方法，有望在未来推动水稻产量进一步提升。

## 研究进展

### 最大活跃

### DNA转座子数据集构建

科技日报讯（记者陆成宽）DNA转座子也称跳跃基因，可被用作基因工程工具。记者6月24日获悉，中国科学院动物研究所研究员张勇和王皓毅研究组开展了迄今为止最大规模DNA转座子活性筛选，构建了目前最大活跃DNA转座子数据集，极大扩展了基于DNA转座子的基因工程工具箱。相关研究成果日前在线发表于《细胞》杂志。

DNA转座子约占人类基因组的2%，是一种天然且可自主移动的DNA序列，可以演化为功能性基因或调控元件。DNA转座子跳跃是物种进化的重要动力，有助于宿主适应恶劣环境。

然而，在长期演化过程中，绝大多数DNA转座子失去了转座活性。只有少数转座子被开发为基因整合工具，并被用于基因治疗、挖掘新基因和功能元件等。因此，亟待系统挖掘具有不同功能特点的DNA转座子。

此次科研人员从102个无脊椎和脊椎动物基因组中，预测了130个潜在活跃DNA转座子。同时，他们通过人源细胞中的高通量实验，筛选验证了40个转座子具有同源转座活性。这一结果将哺乳动物中活跃转座子载体的数目从20个提升至60个，大幅拓展了DNA转座子的进化多样性。

基于此，科研人员进一步开展基础研究与应用研究两个层面的系统探索。他们解析了DNA转座子的活性相关因素和进化动态，揭示其多样化功能特征。此外，他们阐明了来自蚊子的Mariner2<sub>AG</sub>转座子在CAR-T细胞治疗中的优越性能和临床应用潜力。

## 复杂灵芝多糖实现高效合成

科技日报讯（记者赵汉斌）灵芝多糖药物可用于人类造血系统损伤和白细胞减少治疗。记者6月24日获悉，中国科学院昆明植物研究所（以下简称“昆明植物研究所”）科研人员创新合成路线，实现了灵芝多糖19糖重复单元的高效合成。相关成果发表在《美国化学会志》上。

灵芝是我国著名的药用真菌，已有2000多年药用历史。2020年版《中国药典》中规定，赤芝和紫芝的干燥子实体为灵芝正品。多糖成分是灵芝的主要活性成分之一，具有抗肿瘤、抗炎、镇痛、免疫调节、抗氧化、抗辐射、抗疲劳、抗糖尿病和蘑菇毒解毒等多种药理活性。此前，面对灵芝多糖化学合成难题，昆明植物研究所植物化学与天然药物重点实验室肖国志课题组通过一锅法，高效合成了具有免疫调节活性和高度分支的GLSWA-1赤芝多糖14糖重复单元。

此次课题组完成了GSPB70-S赤芝多糖19糖重复单元的首次高效合成。该多糖具有α-葡萄糖苷酶抑制活性、自由基清除活性和免疫调节活性。论文第一作者、昆明植物研究所博士研究生陈志远介绍，新的合成路线不仅加快灵芝多糖的合成速度，减少化学浪费，还避免了以硫代糖苷为基础的一锅法糖基化固有的苷元转移问题。

研究表明，新的合成方法简化了诸多化学合成流程，实现了利用正交一锅法组装多种线性分支寡糖片段，并通过甾体糖苷化反应，实现目标分子19糖高效组装。



种植基地内长势喜人的灵芝。

杨梅清/视觉中国

## 我科学家找到

### 流感病毒入侵细胞关键受体

科技日报讯（记者李丽云 朱虹）6月24日记者获悉，中国农业科学院哈尔滨兽医研究所研究发现，代谢型谷氨酸受体2（mGluR2）是流感病毒通过网格蛋白介导内吞途径入侵细胞的关键受体。相关研究论文发表在《自然·微生物》上。

A型流感病毒是季节性流感的主要病原。其中，高致病性禽流感更是重要的人兽共患病原。已有研究揭示，流感病毒首先通过其表面的血凝素蛋白与细胞膜表面的唾液酸结合，再通过网格蛋白介导内吞途径内化进入细胞。但细胞表面吸附的流感病毒如何启动并完成这一内化过程尚不明确。

这项研究发现，信号转导分子、跨膜糖蛋白mGluR2通过与流感病毒的血凝素蛋白互作，启动流感病毒的网格蛋白介导内吞。将mGluR2可溶性蛋白和抗体封闭后，流感病毒感染细胞的效率大大降低。降低mGluR2的表达后，流感病毒仍可吸附在细胞表面，但进入细胞的效率显著下降。

研究进一步发现，敲除mGluR2显著提高了小鼠对不同亚型流感病毒的抵抗力，流感病毒在mGluR2敲除小鼠鼻甲、肺和脑等器官的复制滴度显著低于野生小鼠。H5和H7亚型病毒感染后，对照组野生小鼠100%死亡，mGluR2敲除小鼠30%死亡。

研究明确了mGluR2不影响病毒吸附，mGluR2糖基化与否不影响其发挥内吞受体作用。这表明流感病毒的吸附和内吞过程是由不同受体分别介导的。

研究为宿主靶向的抗病毒策略研究提供了新视角。未来，科研人员可通过阻断流感病毒血凝素蛋白和mGluR2之间的相互作用，有效抑制病毒感染；也可通过mGluR2基因敲除，进行流感病毒抗性动物育种。

## 既维持正常生理过程 又抑制免疫防御反应

### 嗜肺军团菌“毒素”可分饰两角

◎洪恒飞 周炜 本报记者 江耘

嗜肺军团菌是导致人类军团病的致病菌。它会感染肺巨噬细胞，在宿主细胞内形成独特的膜泡结构，进而生存和繁殖。

日前，浙江大学生命科学研究院教授朱永群课题组、生命科学学院研究员周艳课题组和北京大学研究员刘小云课题组，联合在嗜肺军团菌体内发现了一种全新的细菌“毒素”——效应蛋白LnaB。研究人员发现，效应蛋白LnaB一方面能主动清理宿主细胞内的有害分子，帮助宿主细胞维持正常生理过程；另一方面可抑制宿主细胞对细菌的免疫防御反应，避免嗜肺军团菌被宿主细胞攻击。

“细菌用同一种效应蛋白来承担两个不同的角色和功能，这很少见。”朱永群说，这种“绵里藏针”的策略让细菌赢得了

和宿主细胞短暂共存的时间，有利于它的生存和繁殖。相关研究论文刊登在国际学术期刊《自然》上。

蛋白质翻译后修饰通常是指细胞内蛋白质的侧链上被添加或改变了一个小小的化学基团的过程。人类至今已经发现数百种蛋白质翻译后修饰的方式，比如泛素化、乙酰化、甲基化等。朱永群介绍，如果说蛋白质是细胞内执行具体功能的机器，那么这些“机器”能发挥功能，往往与它们拥有的蛋白质翻译后修饰的种类密切相关。

2016年以来，全球多个实验室发现，嗜肺军团菌能通过非典型泛素化过程促进嗜肺军团菌膜泡的成熟。“这个过程中有一个副产物——磷酸核糖化泛素分子。”朱永群说，他们在2017年发现这个副产物对人体细胞具有毒性，按理说会使宿主细胞快速死亡。

课题组猜测，嗜肺军团菌中可能存在

特殊的效应蛋白，能够消除这个具有毒性的泛素分子，或者对泛素分子进行其他类型修饰，有利于该菌与宿主细胞短期共存。通过一系列体外和体内筛选实验，课题组最终将目光锁定在效应蛋白LnaB上。

“效应蛋白LnaB能帮宿主细胞‘解毒’，这是通过一种非常特殊的修饰过程实现的。”朱永群解释，这一蛋白其实是一种独特的腺苷酸化酶。它对具有细胞毒性的磷酸核糖化泛素分子的磷酸基进行腺苷酸化修饰，从而生成ADP-核糖基化泛素分子，然后再由效应蛋白MavL水解成为无毒、天然的泛素分子。

“我们发现的这类靶向磷酸基的腺苷酸化修饰，打破了腺苷酸化只发生在蛋白质氨基酸残基上的认知。”朱永群说。LnaB如何能抑制细胞的免疫反应，破坏宿主细胞的免疫力？

朱永群说，在感染过程中，LnaB对宿主细胞内至关重要的Src家族激酶进行蛋