

# 氮肥管理有了“定额”新方案

■本报记者 王方 通讯员 何志勇

“庄稼一枝花，全靠肥当家。”氮肥施用对于提高全球作物产量至关重要，然而现实中，我国小农户集约化粮食生产用肥量大、资源环境代价高、养分利用率低等一系列问题依然存在。

近日，中国农业大学资源与环境学院、国家农业绿色发展研究院崔振岭教授课题组在美国《国家科学院院刊》在线发表论文，发布了全国主要粮食作物县域氮肥施用定额，创新了一种氮素动态平衡优化管理新方法，突破了集约化小农户氮肥管理的难题。

该项研究将为我国可持续氮管理提供解决方案，助力农业绿色发展，对全国乃至全球可持续发展具有重要意义。

## 可持续氮管理面临的挑战和任务

氮肥施用的重要性不言而喻，但也加速了土壤氮生物化学循环，导致了大量活性氮损失，加剧了生态环境负面效应。如农业NH<sub>3</sub>的排放占全球总排放的80%~90%，N<sub>2</sub>O排放占全球总排放量的70%。

农户如何管理土壤—作物系统中的主要氮循环过程直接影响当地生态环境，决定了全球粮食安全和可持续发展。

“集约化小农户氮管理受限于知识与技术的匮乏，往往采用过量的保险施肥量来保证作物产量，此举不仅造成肥料的巨大浪费，也附带导致一系列的环境风险问题。因此，转变小农户氮肥管理实践，采用先进的氮管理技术、大幅提高氮肥利用效率是实现全球可持续发展目标的优先选项。”论文通讯作者崔振岭在接受《中国科学报》采访时表示。

我国农业是典型的小农户经营，人均耕地不足1公顷。农户过量施用氮肥引起了一系列的生态环境问题，严重威胁区域农业绿色发展。

崔振岭介绍，我国长期致力于氮肥管理的研究投入，开发了诸多先进的氮管理技术，例如测土配方施肥技术、植物快速诊断技术、遥感技术以及手持叶片氮传感器等。这些技术可以显著降低氮肥投入，提高氮肥利用效率，保证粮食产量，但技术测试成本较高、取样复杂、计算方法不易掌握，常导致技术采纳率不高，大面积应用面临挑战。

“因此，改进当前的氮管理方法，使其易于实施、价格便宜、灵活，并且



崔振岭(中)与其他专家在田间交流。

受访者供图

省工省力是农业可持续氮管理面临的重要任务。”崔振岭表示。

## “三步走”开发氮管理新方法

论文第一作者、中国农业大学资源与环境学院、国家农业绿色发展研究院博士后尹宇龙向《中国科学报》介绍，这项研究首先基于小麦—玉米轮作8年16季长期定位试验，提出了氮素动态平衡优化管理方法的理论框架；其次，创新了氮素动态平衡优化管理方法，考虑每个县特定的地理、土壤和气候条件，建立了我国2036个县的粮食作物生产(小麦、水稻和玉米)的氮肥施用定额，并在中国粮食作物主产区进行了约1.8万次试验，对氮素动态平衡优化管理方法进行了更广泛的测试；最后，利用13760个田间试验，在全国1468个县上进行大面积适用性效果验证。

北京东北旺进行的长期定位试验表明，随着氮肥优化的逐年进行，土壤—作物系统中残留氮素与易矿化氮素逐年减少，最终达到动态稳定平衡状态，此稳定状态出现在定位试验的第5年。

“研究团队田间实测并记录了外部氮输入(氮肥投入、环境氮投入)、作物氮吸收输出、氮损失和土壤中氮库，发现环境氮投入量为87 kg N ha<sup>-1</sup>，与氮损失量(75 kg N ha<sup>-1</sup>)相当，这种稳

定态的氮损失远远小于农户常规管理氮损失(288 kg N ha<sup>-1</sup>)。”尹宇龙说。

研究团队利用大数据分析和田间实测数据相结合的方法，首先利用搜集整理的全国3007个氮损失试验研究结合空间气候、土壤性质及地理环境因素，估算了我国主要粮食作物1km×1km单位面积栅格活性氮损失量，包括氨挥发、氮淋洗、氮径流、氧化亚氮排放。之后根据作物类型分别计算了各个县的单位面积环境氮投入，包括大气氮沉降、生物固氮、灌溉水带人氮。最后利用全国2005年至2014年864万农户调研数据，估算了氮素吸收量、通过秸秆还田率等计算了作物氮素带走量。

基于以上分析，研究确定了我国粮食作物2036个县的氮素动态平衡。“本研究采用全国农户平均产量作物氮带走量为下限、县域产量前10%作物氮带走量为上限，建立了每个县最优的施氮水平，定量了优化氮肥用量上限和下限。”尹宇龙介绍。

至此，县域氮肥施用定额发布——全国玉米平均优化氮肥用量为168 kg N ha<sup>-1</sup>，范围在146~190 kg N ha<sup>-1</sup>；水稻平均优化氮肥用量为155 kg N ha<sup>-1</sup>，范围在132~177 kg N ha<sup>-1</sup>；小麦平均优化氮肥用量为151 kg N ha<sup>-1</sup>，范围在130~171 kg N ha<sup>-1</sup>。

2005年至2014年，氮素动态平

衡优化管理方法分别在玉米、水稻和小麦的5979、6625和5229个试验点进行了田间试验，验证县域施肥定额完全可行。最终选择13760个小农户进行田间对比试验，以调查该方法是否可以被农民采用。

结果表明，县域施肥定额可实现玉米施氮量由平均230 kg ha<sup>-1</sup>降至178 kg ha<sup>-1</sup>、水稻平均施氮量由190 kg ha<sup>-1</sup>降至157 kg ha<sup>-1</sup>、小麦平均施氮量由平均210 kg ha<sup>-1</sup>降至164 kg ha<sup>-1</sup>。更重要的是，3种作物的粮食产量平均增长了6%~7%。与当地农民的结果相比，氮肥生产效率(单位产量/单位氮肥用量)增加了26%~33.2%，氮损失强度(单位氮损失/单位产量)减少了23.2%~28.9%。

## 为农业绿色发展提供技术手段

探索农业绿色发展道路，是保障国家粮食安全和环境安全的迫切需求。自2005年起，中国工程院院士、中国农业大学资源与环境学院教授张福锁带领团队，建立了我国主要作物绿色增产增效技术创新与应用协作网，在生产中破解农业绿色发展的重大理论与技术难题。

该团队研究建立了氮素动态平衡优化管理方法是以往的延续与扩展，显著改善了小农户氮肥管理，促进农业绿色发展。该方法的核心理论即在集约化农业生产条件下，长期实施氮肥优化管理可以帮助土壤—作物系统的氮循环达到一种动态稳定状态，土壤氮库变化缓慢，外部氮输入与系统氮输出相当；外部氮输入超过系统氮素输出则视为氮素过量，减少过量氮素不仅不会造成产量损失，还能保护环境。

“我们基于氮素动态平衡优化管理方法，建立了我国粮食作物县域施肥定额，探寻了一种长期的氮稳定状态，平衡氮输入输出，实现最优产量，并最大限度减少氮损失。”崔振岭说。

他表示，本研究开发的氮素动态平衡优化管理方法简化了复杂的氮管理技术，为集约化小农户优化氮肥施用提供了一个简单而实用的工具，并获得较高的生产效率和环境效益。

该研究成果也为我国农业绿色发展提供有效可行的技术手段，为区域及全球氮可持续提供了有价值的补充。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1073/pnas.2106576118>

# 一群“跨界者”打造的知识生态乡村

■本报记者 沈春蕾

一座原本信息闭塞、资源匮乏的乡村，随着一群“跨界者”的到来，会发生什么改变呢？

位于江苏省句容市茅山风景区管委会李塔村的陈庄，在以中国科学院科研人员为主的跨界者团队通力合作下，被打造成知识生态乡村的样板。

日前，中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员陈雯团队博士吴頔赋予“跨界者”地理内涵来深化行动者能动性研究在集群研究中的应用，并提出“跨界者—集群全球化—集群演化”的研究新范式。相关研究成果发表于《人文地理学进展》。

## 一项艰巨的任务

2013年12月，受茅山风景区管委会委托，陈雯团队及来自中国台湾的乡村运营公司联合组成的项目团队，开始对陈庄进行乡村规划与运营实验。

项目团队通过调研发现，与普通的传统农村社区一样，陈庄曾一度面临着农业附加值低、年轻人流失、生态环境受损等问题。这里并不具备丰富的自然、文化旅游资源，与最近的大城市南京之间的车程也要一个半小时。

“陈庄发展面临着‘结构性锁定’，实现乡村振兴是一项艰巨的任务。”吴頔告诉《中国科学报》。

这群“跨界者”的到来，陈庄村民一开始并不乐意。“你们带钱来了吗？”面对村民的质疑，跨界者团队放低姿态，从与村民交心交朋友开始做起。

吴頔介绍，跨界者团队基于自身的知识与联系，成为陈庄与外界的桥梁：一方面，跨界者团队将外界的新知识、新技术，通过社区参与注入陈庄，并为村民所接受；另一方面，跨界者团队逐步将陈庄的转型信息演化为知识乡村品牌，农产品升级为自然农法产品，并传递到外界的城市市场，沟通了城乡产销，起到了融合城乡的作用。

## 自然农法种植“合法化”

吴頔的研究在集成演化经济地理

和关系经济地理相关成果的基础上，提出了跨界者能动性推动集群全球化与集群演化的四大机制，即话语构建、创新能力提升、生产协调和市场拓展。

以陈庄的改造为例，在“创新能力提升”方面，跨界者团队源源不断地将国际先进又适合村民操作的理念、知识与技术导入陈庄，为村民实现农业创新力和附加值提升带来了巨大动力。

例如，跨界者团队向村民传授并引进了自然农法种植这一国际农业发展最新理念。然而，新理念引入并非一帆风顺，村民在接触这一概念之初，由于知识和信息的不对称，产生了误解和质疑，认为减少农药化肥的使用无疑会影响产量和收入。

针对这一问题，跨界者团队通过与村民之间持续的交流与宣讲，帮助村民逐渐认识到了自然农法的优势，在村民中“合法化”了自然农法种植理念。

通过长期、系统地培训学习，陈庄村民开始了自然农法蔬菜种植，利用自然生态系统生物相生相克原理统筹不同种类蔬菜种植时间与布局，消除农药的使用，并使用自家制作的植物精华营养液和土著微生物，促进无农药化肥的蔬菜生长。

“由于自然农法种植需要清洁的自然环境和完整的生态系统作为支撑，我们团队发挥跨界者资源整合的功能，协调了中科院相关研究所、东南大学、南京林业大学等20余个科研团队加入陈庄转型建设。”陈雯告诉《中国科学报》。

目前，跨界者团队已经在陈庄联合完成了自来水站、真空厕所、河塘治理、节能建筑等项目，并持续开展环境和生物多样性监测，为自然农法的实践夯实了自然生态基础。

## “靠知识靠技术吃饭”

陈雯等人最初建群的目的是为了帮助陈庄推销农产品，如今群内不仅销售农产品，还定期组织参观探访陈庄的活动，邀请消费者通过实地考察、与村民面对面交流的方式，了解陈



项目团队向村民宣讲自然农法种植方法。

受访者供图

庄自然农法种植的优势与真实性，进而加强对陈庄农产品的认同。

“这类活动也使得村民的话语权和对村庄的认同感逐步提升，进而从社会文化角度，改变了陈庄的社区‘结构’。”吴頔说。

前来陈庄参观的人员常常会发出这样的感叹：“陈庄现在已经是社会主义新农村，这里有很多懂知识的新农民。”

此外，陈雯团队还发挥“市场拓展”的跨界机制，帮助陈庄优化农产品的市场“结构”。针对原来农产品只能以线下零售的方式供给周边市场的局限，项目团队帮助陈庄村民构建有效的市场销售渠道，并协助村民解决了都市消费者有限、农产品进入市场困难等现实问题。

“跨界是一个迭代的过程。”陈雯表示，“尽管在陈庄转型初期，我们团队是唯一承担跨界者功能的主体，但是随着团队成员与村民接触的加深，部分村民逐渐成为典型的知识农民、乡村精英，进而演化成为第二代、第三代的跨界者。陈庄对我们团队这一初代跨界者的依赖也逐渐降低，变得更为自主。”

相关论文信息：<https://doi.org/10.1177/03091325211038714>

## 新农评

粮食是人类赖以生存的物质基础，是构建人类命运共同体基础。当前，受全球极端气候变化、新冠肺炎疫情反复等因素影响，粮食安全供应面临严峻挑战，减少粮食损失浪费是有效防范和应对粮食危机的重要途径。保障粮食安全，需要开源节流并举，推进全链条节粮减损。

我国在保障粮食安全和节粮减损方面进行了积极探索。近年来，我国在减少粮食损失与浪费方面形成了一些有益的经验做法，并取得了不错的成效。

一直以来，国家粮食和物资储备局将节粮减损作为保障粮食安全的重要工作之一，深入实施优质粮食工程，持续推进粮安工程，推广粮食产后减损技术，不断提升科学储粮减损能力。通过加强规划引领、建设粮食仓储物流设施、建立粮食产后服务体系等举措，有效减少粮食产后流通环节损失，为维护国家粮食安全、节约资源和减少排放作出了积极贡献。

比如，在农户储粮环节。除了为农户建设经济、适用、防虫、防腐储粮新装具外，2017年启动实施的优质粮食工程“粮食产后服务体系”子项，建设了能够为农民提供清理、烘干、存储等技术的产后服务中心。至2020年，财政部、国家粮食和物资储备局共安排“优质粮食工程”资金200多亿元，在26个省份建成5000余个专业化粮食产后服务中心，充分发挥促进粮食提档升级的积极作用。例如，安徽省建设310多个粮食产后服务中心，2017年以来，累计清理、烘干粮食700多万吨，助农减损28.7万吨。

在仓储环节。一方面，积极加强仓储设施改造建设。2013年至2017年，财政部安排资金支持开展“危仓老库”维修改造和粮库智能化升级。“十三五”期间，我国新增仓容1.2亿吨，仓储条件总体达到世界先进水平。另一方面，加强储粮先进科技应用示范。粮食仓储广泛应用的机械通风、谷物冷却、环流熏蒸、粮情测控新技术，已成为国有粮食储备库的标配。准低温和低温储粮技术应用范围逐步扩大，有效提高储粮品质。氮气等低氧储粮技术应用规模已达3500多万吨，平房仓横向通风成套新技术已在24个省份的粮食收储企业推广应用。通过新技术应用和粮食仓储标准化管理，大型国有粮食储备企业储粮周期综合损失率降至1%以内。在粮食物流、加工等环节也采取了多种有效举措减少粮食损失。

减少粮食损失需要法律制度保障。《中华人民共和国反食品浪费法》颁布实施，《粮食流通管理条例》修订施行，《粮食安全保障法》正在制定，节粮减损治理法治化逐步深入。《粮食安全省长责任制考核》已将粮食减损相关任务纳入考核。“粮安工程”“十三五”粮食规划纲要等均明确了粮食减损目标和任务分工。

减少粮食损失需要标准支撑。我国已制定了涵盖仓储、物流、加工等环节的粮食相关技术标准，例如，修订发布

了《大米》《食用油》等标准，《粮食仓库仓储管理规范》明确了仓储环节减损降耗的各项有效举措。下一步，在现有的基础上，粮食行业将继续强化绿色仓储相关技术标准的制定修订工作。健全口粮适度加工标准体系，加快建立全谷物标准体系，加强新型粮机装备等国家标准的制定修订，通过标准引导持续降低粮食损耗。

减少粮食损失需要科技支撑。为推动节粮减损，粮食行业建成粮食储运等5个产后领域国家工程实验室、16个粮食产业技术创新中心和12个国家级粮食产后领域工程技术研究中心，构成了粮食产后减损技术创新体系的框架。粮食行业科研人员已开发应用食品级惰性粉物理防控技术、电离辐射、微波、光诱捕等物理杀虫技术，氮气气调杀虫技术，开展了捕食螨生物杀虫技术、多杀菌素、S-烯啶酯、植物源杀虫剂等储粮害虫绿色生态防控新技术与产品研发。开发了预警、监测、检测技术，能够及时发现及防治储粮虫害，减少粮食损失。

我国已经形成了政府主导、企业实施、全民参与的全社会节粮减损行动长效机制，多部门联动分工负责的工作机制，涉粮企业、行业协会、科研院所共同参与的共治机制。

下一步，粮食行业还需要全链条持续发力巩固节粮减损成效。一方面，要继续深化农业供给侧结构性改革，根据市场供需变化，及时调整农产品供给结构，提升粮食供给质量，打造科学合理、安全高效的粮食供给体系，以更好地适应人民群众高品质生活的新需求，提高供需匹配度，减少浪费；另一方面，要认真开展粮食节约行动，将反对粮食浪费工作列入重要工作计划，全链条系统化解决粮食浪费问题，加快建立珍惜粮食、反对浪费的长效机制。

“十四五”期间，粮食行业还需深入实施国家节粮行动，全面贯彻《国家粮食和物资储备局关于推进粮食产后节粮减损工作的实施意见》，指导农户科学储粮，加快实施绿色仓储提升行动，大力推进成品粮精准营养适度加工，不断健全法律标准体系，深入开展爱粮节粮健康消费科普教育，多措并举推进粮食收购、储藏、运输、加工、消费等全链条节粮减损。

（作者系国家粮食和物资储备局总工）

# 节粮减损需全链条推进

■程江临

## 动态

### 研究团队综述病原体分泌宿主模拟物新作用

本报讯 近日，湖南大学教授于峰团队在《寄生虫学趋势》发表最新研究成果，综述病原体分泌的宿主模拟物在植物病害发展中的新作用。

植物病原体和寄生虫利用多种毒力因子来成功感染植物。虽然大多数植物—病原体相互作用的研究集中在病原体效应蛋白及其抑制植物免疫或干扰正常细胞的功能上，但其他毒力因素可能也有贡献。

该综述文章强调病原体用来促进毒力的另一个重要策略：分泌宿主分子的模拟物，包括肽、植物激素和小RNAs，它们在植物发育和应激反应中发挥不同的作用。病原体分泌的模拟物劫持了宿主的内源性信号通路，从而调节宿主细胞的功能，使之有利于病原体并促进感染。了解病原体分泌的宿主模拟物的机制将扩大人们对宿

主—病原体共同进化和相互作用的认识，同时对植物病害控制提供新的目标。

文章指出，植物病害的发生是植物与病原体相互作用的结果。调节植物免疫或干扰植物细胞功能的病原体效应蛋白被认为是宿主—病原体相互作用的主要介质。宿主模拟物的分泌劫持宿主细胞机制以破坏植物细胞功能是病原体用来促进感染的另一个重要策略。几种类型的宿主模拟物，包括肽、植物激素和sRNAs，已在植物病原菌、卵菌、真菌、线虫和寄生植物中得到鉴定和表征。病原体分泌的宿主模拟物可能是通过水平基因转移或趋同进化而来的。病原体分泌的宿主模拟物可能是研发植物病害控制新策略的潜在靶标。（王方）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.pt.2021.09.007>

### “全球贫困与乡村振兴”论坛举行

本报讯 近日，CIDGA2021年会暨发展知识讲坛2021年第58期对话开讲。该讲坛由中国农业大学国际发展与全球农业学院(CIDGA)/中国西南农业合作学院(CISSCA)(以下简称CIDGA)联合中国国际发展研究网络(CIDRN)、英国国际发展研究院(IDS)、南方国家智库联盟(Nest)和全球事务经济与政策研究院(AGFEP)共同举办。

“目前，全球脱贫取得显著成效，世界上70%以上人口摆脱极端贫困。然而，因为COVID-19大流行、气候变化和其他风险等问题，一直在逆转过去几十年人类在全球贫困方面取得的进步趋势。没有农业发展和乡村振兴，就无法消除贫困。”中国农业大学国际发展与全球农业学院名誉院

院长李小龙指出，2020年底，中国彻底消除极端贫困，发展重心转向乡村振兴。因此这次论坛以“全球贫困与乡村振兴：挑战与经验”为题，围绕全球贫困的新特征/新挑战是什么、绿色转型能否助力全球减贫、乡村振兴的关键要素是什么、如何促进发展中国家之间的同行学习过程、中国可以与其他国家分享哪些经验等问题展开。

主办方邀请来自中国、印度、日本、韩国、英国和南非的知名学者，围绕疫情背景全球贫困、农业绿色转型和乡村振兴在国家、区域和全球等不同层面涌现出的新特点和新的挑战进行了解读，并就应对全球范围内的贫困和发展提出了自己的独特见解。（袁一雷 张传红）