
FASE 亮文解读 | 南京农大郭世伟教授团队—中国水稻绿色高产高效技术集成创新与应用

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/36312.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

FASE

亮文解读 | 南

京农大郭世伟教授团队—中国水稻绿色高产高效技术集成创新与应用。论文标题：Integrated innovation and application of green high-yield and high-efficiency technologies of rice in China

期刊：Frontiers of Agricultural Science Engineering

作者：Jian HUANG, Yixiao CHAI, Shichao YANG, Yiwen CAO, Lei YANG, Min WANG, Xusheng MENG, Shiwei GUO

发表时间：15 Sept 2025

DOI：10.15302/J-FASE-2025636

微信链接：[点击此处阅读微信文章](#)

绿色增产增效技术

Green Technology for High Yield and Nutrient Use Efficiency

专辑文章介绍

· 第九篇 ·

论文ID

Integrated innovation and application of green high-yield and high-efficiency technologies of rice in China

中国水稻绿色高产高效技术集成创新与应用

文章类型：Review

发表年份：2025年

第一作者：黄建

通讯作者：孟旭升

Email: T2023162@njau.edu.cn

作者单位：南京农业大学资源与环境科学学院，江苏省固体有机废弃物资源化高技术研究重点实验室

Cite this article :

Jian HUANG, Yixiao CHAI, Shichao YANG, Yiwen CAO, Lei YANG, Min WANG, Xusheng MENG, Shiwei GUO. Integrated innovation and application of green high-yield and high-efficiency technologies of rice in China. *Front. Agr. Sci. Eng.*, 2025, 12(3): 530-544 DOI:10.15302/J-FASE-2025636

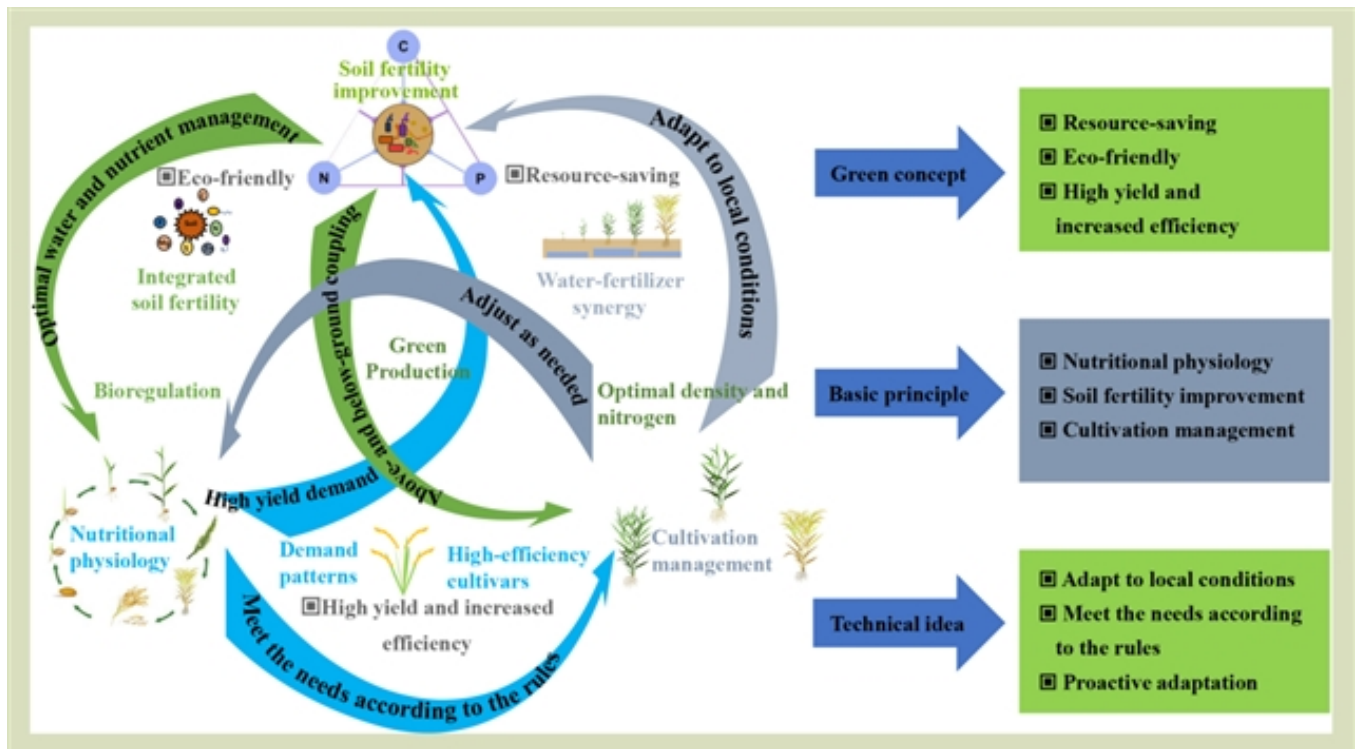
· 文章摘要 ·

中国水稻的高产主要通过大量施肥和水资源消耗来实现，这导致了严重的环境风险。迫切需要开发和创新绿色技术，同时保证高产和生产效率，以实现水稻的可持续生产。本文系统地分析了影响水稻生产的全国性挑战和地区限制因素。所提出的解决方案集中在三个关键创新上：构建高产种群、地上和地下耦合以及提高土壤肥力。这些绿色高产高效技术的实施显示出保持或提高产量的潜力，同时实现了提高氮利用效率、减少灌溉用水和减少温室气体排放的三个关键改进。为促进大规模采用，应优先开发水稻相关产品，整合水稻旱地轮作系统，并基于这些技术创新建立本地化实施模式。

· 文章亮点 ·

1. 过度施肥和低效的水资源管理限制了中国水稻的生产力和可持续性。
2. 基于水稻产量形成的营养和生理基础，优化养分管理和作物生产方法。
3. 创新产品和技术，提高稻水和肥料的利用效率，促进绿色水稻生产。
4. 提出了中国水稻绿色可持续发展的思路。

· Graphical abstract ·



· 研究内容 ·

引言

水稻对全球粮食安全至关重要，是中国一半以上人口的主粮。其产量需每年增加1%才能满足增长需求，过去50年多项育种计划已提升产量潜力，其中杂交水稻品种较自交品种增产显著。遗传变异优化、农艺管理改进和农药投入增加对提高水稻产量意义重大，氮肥投入更是关键因素，直接决定生物量积累。但问题在于，水稻生产消耗大量氮肥，导致氮利用效率下降，中国这一问题尤其突出—尽管单位面积产量超全球平均水平，氮的生产率却低于各大洲的平均水平。同时，过量施氮还引发土壤退化、水体和空气污染，并加剧温室气体排放。为了应对这些挑战，需要对现阶段水稻生产技术进行创新。

2005–2015年的田间试验证实，绿色高产技术能使水稻增产10%以上，同时降低15%–18%的氮肥用量，实现产量与环境效益的双赢。但中国水稻种植区地理、土壤和气候差异大，技术需因地制宜调整，向农民转化也存在挑战。为此，科技小院计划应运而生，以促进多方合作，弥合研究与实施差距。基于此，本文利用全国水稻科技后院的研究成果，系统分析了中国水稻生产的主要制约因素和区域差异，提出了提高绿色生产效率的创新策略，重点关注水稻产量形成的生理和营养机制、水稻土壤肥力动态和优化作物生产实践，定量评估核心技术对产量提升和资源利用效率的影响。

绿色增产增效技术创新思路

1. 水稻产量形成的营养生理原理

中国水稻生产常存在氮肥施用过多且早期施氮过量的问题，优化氮肥运筹，减少基肥和分蘖肥、增加穗期氮供应，可平衡小穗数和穗密度。光合速率受叶片氮含量调节，与籽粒产量正相关，施

氮超临界阈值则不再提升。适度氮供应可优化氮分配维持光合效率，灌浆期施氮肥能提高氮素供给与需求的同步性。此外，有机肥替代部分氮肥可以维持水稻的长期的氮需求，通过延长源活动持续时间和平衡源汇关系来提高谷物灌浆率。

2. 提高水稻土壤肥力

土壤肥力可通过合理农业实践提升，不当实践会加速土地退化。籽粒产量与土壤的综合肥力质量指数正相关，有机改良剂在增强该指数上效果优于纯矿物肥料，长期有机肥能增加土壤有机碳，提高土壤生产力。有机肥还能调节微生物群落，有机肥联合施用可促进有机质积累和养分转化，提高土壤肥力。氨挥发是氮损失重要途径，水稻生长前期减少氮肥、用有机肥替代部分，能缓解氮素流失和温室气体排放，提高土壤肥力。

3. 优化生产管理

高氮供应虽能提高种群生产力，但有诸多弊端。增加种植密度与减少氮输入结合，可提高氮利用效率和产量。深耕能改善土壤状况和根系发育，侧深施肥可提高养分吸收效率、减少污染，还能调节土壤微生物。中国水稻多靠灌溉，干湿交替灌溉技术可节约用水、减少温室气体排放。

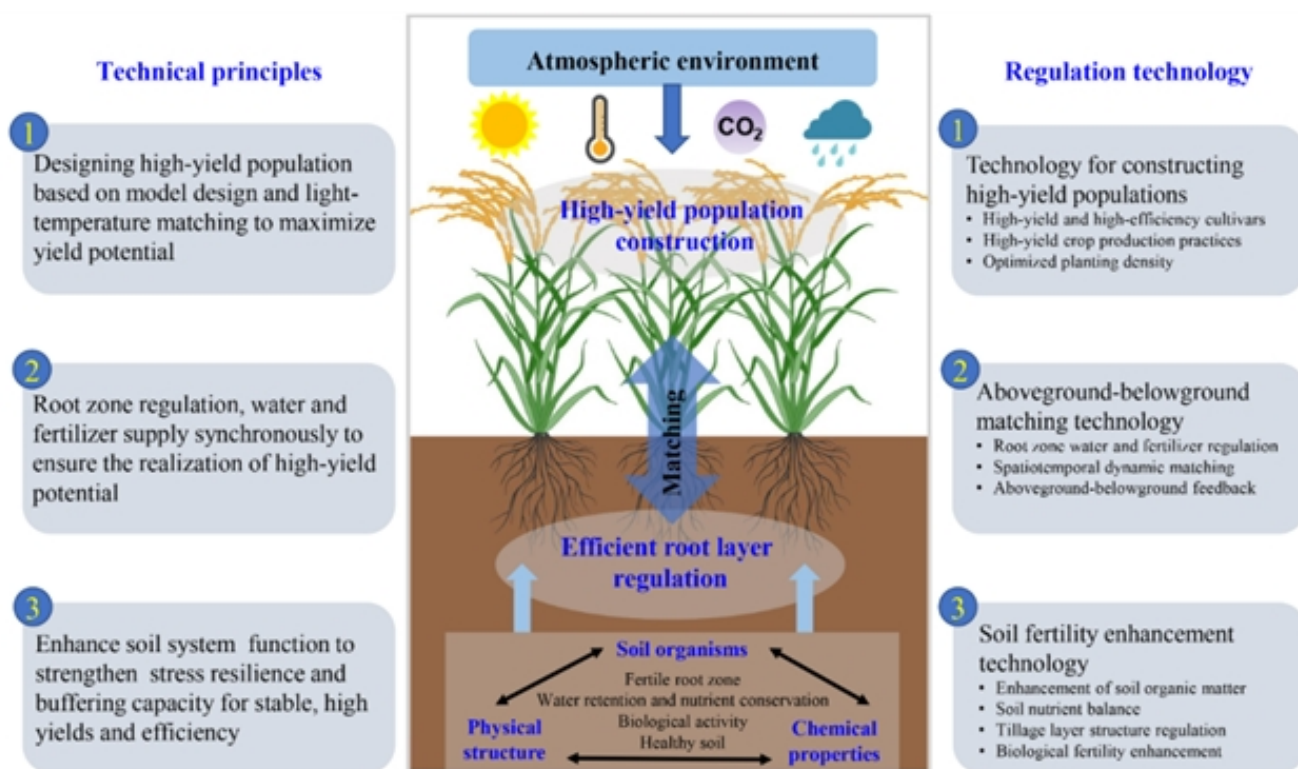


图1 水稻绿色增产增效技术创新思路。

绿色增产增效技术创新思路

为保障粮食安全，需整合技术模式以提升水稻产量和资源利用效率。当前面临四大挑战：(1) 光温水等资源季节性配置不协调，限制水稻生长；(2) 主产区耕地质量差异大，土壤保水肥能力不足；(3) 极端气候加剧水肥利用低效；(4) 生产管理技术落后，缺乏标准化操作。针对这些挑战，提出3项基础技术及策略：

高产群体与高效根系整合：根据每个产区的气候条件选择合适的品种，确定最佳播种和移栽时间，最大限度地利用光照和温度资源，从而提高光合效率。通过科学确定株距和行距来优化种植密度，精准调节氮肥施用，实现最佳协同。

优化水资源管理和施肥实践：分生育阶段精准灌溉—分蘖期浅水促蘖、后期控水抑无效分蘖，穗期保水，灌浆期干湿交替；推行水肥一体化基础设施，实现灌肥协同施用，实现符合水稻生长需求的精准资源输送。基肥、配方肥和叶面肥的分阶段施用，确保整个生长周期的持续养分供应。

土壤固碳培肥：秸秆粉碎还田、用有机肥代替部分矿物肥料、增加土壤有机质含量、改善土壤结构和增强土壤保持水分和养分的能力；利用生物肥料和微生物活性促进养分转化，制定综合养分管理计划，提高肥料利用率。

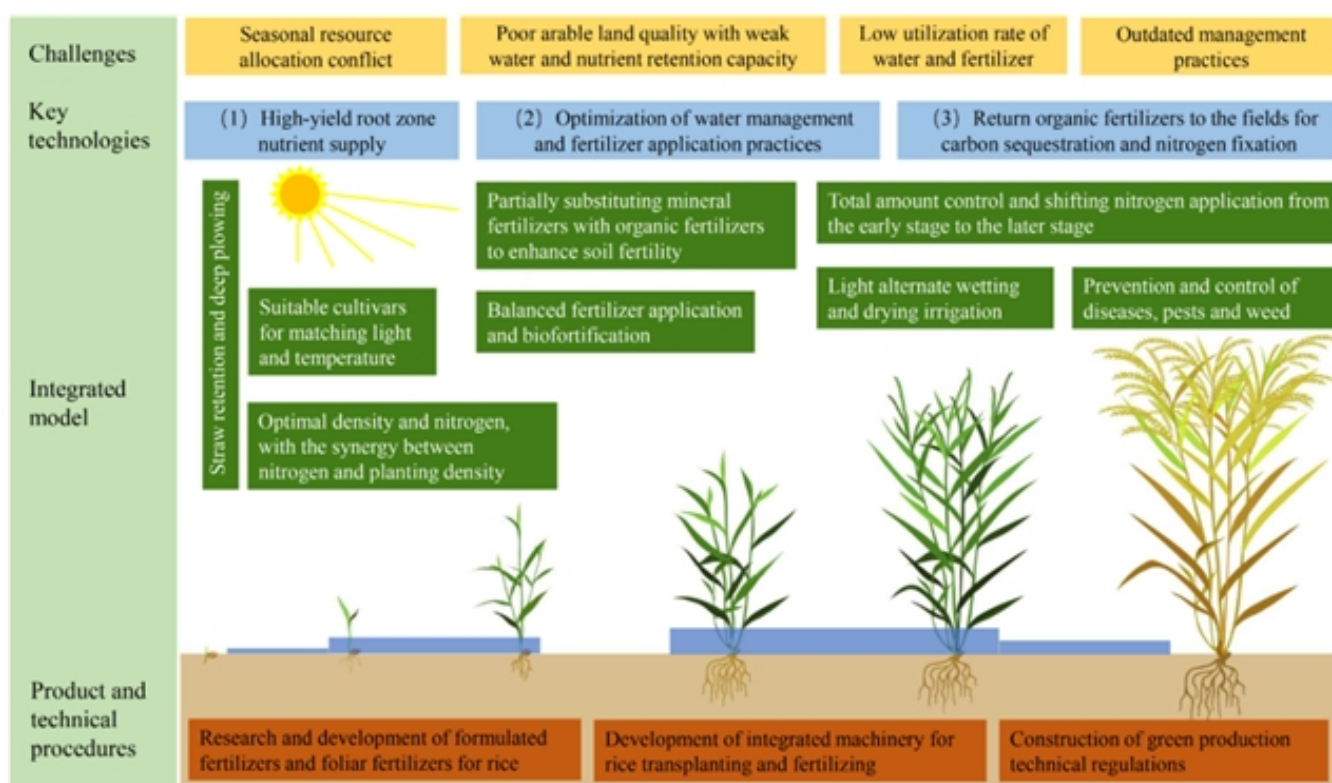


图2 区域绿色增产增效模型集成。

绿色增产增效技术创新思路

为提高绿色高产高效技术在不同水稻种植区的应用效能，需制定特定区域年度生产技术模式，其系统框架连接基础研究与实际应用。

首先，在多个水稻产区开展田间试验，分析水稻各生育阶段养分需求，研究土壤养分供应机制，尤其关注微生物在养分转化中的作用，为技术创新奠定理论基础，如利用功能性微生物改善土壤结构、增强肥力。开发年度绿色高产高效生产技术，应对季节性挑战，包括提高旱季土壤肥力、减少雨季养分流失、优化作物养分和水分利用效率。

其次，新产品设计与技术创新相契合，以最大化高产技术功效。例如，开发高效叶面肥，在关键

生长阶段快速补充养分；配制水稻缓释肥料，使养分释放与生长需求同步，减少浪费、提高利用率；生产生物有机矿物复合肥，整合有机肥与矿物肥优点，兼顾短期需求与持续养分供应。

最后，将多种技术和产品整合为综合系统模型，为水稻-小麦、水稻-油菜等轮作或间作系统建立支持性产品和标准化技术，结合土壤改良、精准施肥和可持续病虫害防治等技术，满足双茬不同生长需求，实现资源高效利用与循环。

为促进技术模型实际应用，建议利用科技小院平台，连接政府、企业、学术机构等，建立政产学研一体化服务平台，推动绿色生产和效率技术的传播与应用。

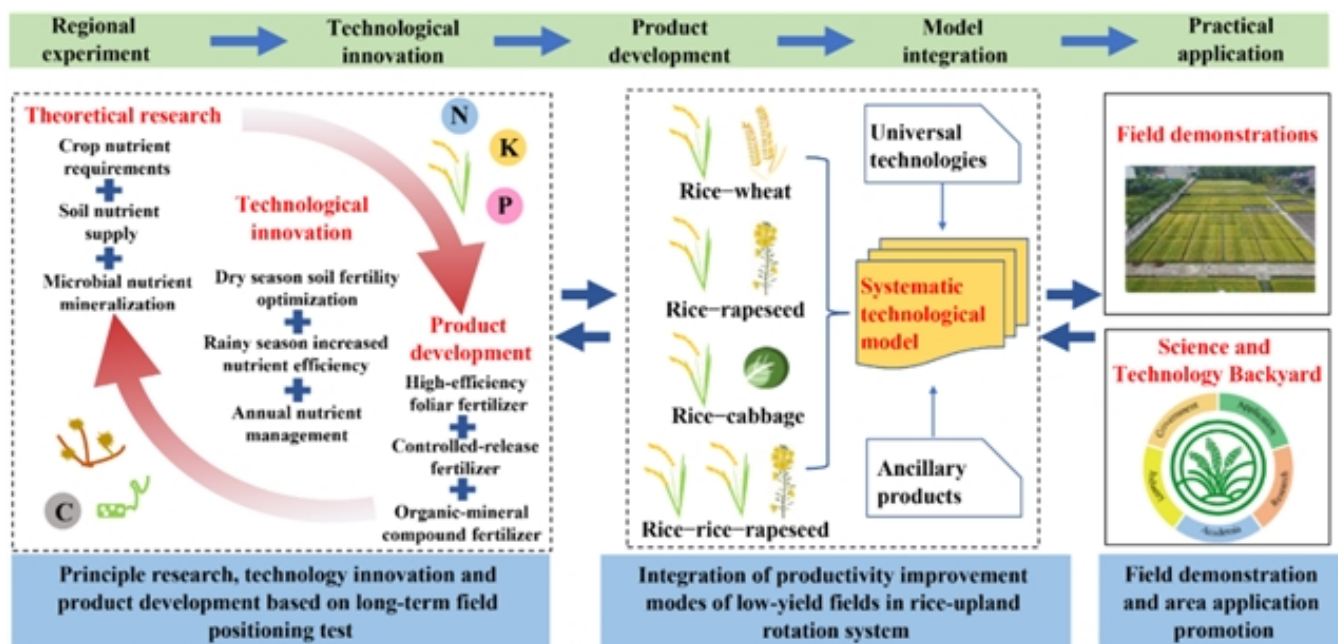


图3 区域技术应用模式创新。

· 结论 ·

各个试验场地的应用表明水稻绿色高产高效技术有助于提高水稻产量、减少化肥和用水量，并减缓温室气体排放。中国水稻生产的现状受到养分管理不善和其他作物生产实践等问题的影响。因此，建议加强政府、研究人员和农民之间的合作，利用科技小院平台，促进绿色高产高效技术的大规模应用，进而提高水稻产量、减少资源消耗和实现可持续生产。

《前沿》系列英文学术期刊

由教育部主管、高等教育出版社主办的《前沿》(Frontiers)系列英文学术期刊，于2006年正式创刊，以网络版和印刷版向全球发行。系列期刊包括基础科学、生命科学、工程技术和人文社会科学四个主题，是我国覆盖学科最广泛的英文学术期刊群，其中12种被SCI收录，其他也被AHCI、Ei、MEDLINE或相应学科国际权威检索系统收录，具有一定的国际学术影响力。系列期刊采用在线优先出版方式，保证文章以最快速度发表。

中国学术前沿期刊网

<http://journal.hep.com.cn>



高等教育出版社

Frontiers Journals

- Covering the fields of natural sciences, engineering, life sciences and social sciences & humanities
- Indexed by SCI, A&HCI, Ei, MEDLINE, Scopus, etc.
- Worldwide available
- Online first publishing
- Co-published by Springer, etc.

Content available online
<http://journal.hep.com.cn>

来源：Frontiers of Agricultural Science & Engineering

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发