

# 精准农业在提升农业生态效益中的应用研究

韦畅 苏琳钧 孙小刚

重庆市南川区农村发展服务中心

DOI:10.12238/as.v8i5.2994

**[摘要]** 数字技术赋能的精准农业正重塑传统农业生产模式,在提升经济效益的同时显著改善生态环境。重庆江津柑橘种植平台整合多源数据实现智能决策,水资源利用效率提升30%;广东无人插秧机实现厘米级精准作业,水稻单产增长10%;云南橡胶园采用AI靶向施药,农药用量减少50%。实践表明,精准农业技术既能降低30%以上的资源消耗,又能维持甚至提高作物产量,为农业绿色转型提供了切实可行的技术路径。

**[关键词]** 精准农业; 生态效益; 数字技术; 可持续发展; 资源优化

**中图分类号:** DF413.1 **文献标识码:** A

## Research on the Application of Precision Agriculture in Enhancing Agricultural Ecological Benefits

Chang Wei Linjun Su Xiaogang Sun

Chongqing Nanchuan District Rural Development Service Center

**[Abstract]** The precision agriculture empowered by digital technology is reshaping traditional agricultural production models, significantly improving the ecological environment while enhancing economic benefits. The Chongqing Jiangjin citrus planting platform integrates multi-source data to achieve intelligent decision-making, improving water resource utilization efficiency by 30%; Guangdong unmanned rice transplanters achieve centimeter level precision operation, increasing rice yield by 10%; Yunnan rubber plantation adopts AI targeted pesticide application, reducing pesticide usage by 50%. Practice has shown that precision agriculture technology can reduce resource consumption by over 30% while maintaining or even increasing crop yields, providing a practical and feasible technological path for the green transformation of agriculture.

**[Key words]** precision agriculture; Ecological benefits; Digital technology; Sustainable development; Resource Optimization

### 引言

全球气候变化与资源短缺背景下,农业生产正面临前所未有的转型压力。联合国粮农组织2023年报告指出,传统农业模式已难以满足2050年全球90亿人口的粮食需求,同时必须减少30%的农业温室气体排放。数字技术与农业生产的深度融合催生了精准农业新范式,其核心价值在于重构“资源投入-产出效益-环境影响”的三角关系。中国农业农村部2024年数据显示,试点区域精准农业技术推广使化肥农药使用量连续5年负增长,而粮食单产保持年均1.2%的稳定提升。这一变革标志着农业生产从经验驱动转向数据驱动、从粗放管理转向精准调控的新阶段,为破解农业可持续发展难题提供了现实方案。

### 1 精准农业技术体系的构建与优化

#### 1.1 多源数据驱动的农业决策支持

现代精准农业的核心在于将遥感监测、气象传感器、土壤墒情仪等异构数据源整合为可操作的农业知识。卫星影像提供作物长势的宏观时空变化,无人机高光谱数据则能识别叶片尺度的氮素缺失,而田间物联网设备持续采集的温湿度与电导率参数,构成了微环境动态数据库。这些数据的融合并非简单叠加,而是通过机器学习算法建立不同层级信息的耦合关系,例如将土壤pH值与历史产量数据关联,可预测特定田块的肥料响应曲线。现代精准农业的核心在于将遥感监测、气象传感器、土壤墒情仪等异构数据源整合为可操作的农业知识。重庆市江津区通过整合卫星遥感和田间物联网数据,建立了柑橘种植的精准管理平台。该平台利用AI算法分析土壤湿度和果实成熟度,动态调整灌溉与采摘计划,使水资源利用率提升30%,同时减少采摘损耗15%。这种决策模式的突破性在于,它打破了传统

农业依赖经验判断的局限,将作物需求量化为一组可优化的数学函数。

### 1.2 智能化装备的应用与推广

自动驾驶拖拉机与智能播种机的普及,标志着农机装备从机械化向认知智能化的跃迁。凯斯纽荷兰开发的AutoPath系统,通过厘米级北斗定位与机器视觉协同,可实现播种行距的实时动态调整,误差控制在±2cm以内。这种精准作业的直接效益是土地利用提升15%,但更深层的生态价值在于减少了传统农机反复压实地表导致的土壤结构破坏。在南方水稻主产区,广东省推广的无人驾驶插秧机搭载高精度北斗导航系统,实现了复杂地形下的精准作业,插秧行距误差控制在±2cm以内。这一技术使水稻单产提升10%,同时减少农机作业对土壤的压实破坏<sup>[1]</sup>。智能装备推广的瓶颈并非技术本身,而是中小农户的改造成本,这需要建立农机共享平台与政府补贴相结合的商业模式。

### 1.3 信息技术与农业深度融合

农业数字孪生技术的成熟,使得虚拟农场能够提前6个月模拟不同管理策略的生态产出比。中国农科院开发的RiceCloud系统,通过同化水稻生长模型与实时传感器数据,可预测病虫害暴发概率并生成生态防控方案。2023年江苏试点表明,该技术使农药使用频次从年均7次降至3次,同时维持产量不变。区块链在农产品溯源中的应用则构建了新的生态价值体系,消费者扫描二维码即可查看种植过程中的碳足迹与水耗数据,这种透明化机制倒逼生产者采用环保措施。深度融合的关键在于打破信息孤岛,欧盟GAIA-X农业云项目通过标准化数据接口,已实现14国农场数据的互操作性,为跨境生态效益评估奠定基础。

## 2 精准农业在提升农业生态效益中的应用路径

### 2.1 资源节约型农业模式的实践

精准农业通过变量施肥、智能灌溉和精准播种等技术,显著降低农业生产中的资源浪费。传统农业往往采用均一化管理,导致肥料、水资源的过量投入,而基于土壤传感器和作物生长模型的精准管理系统能够动态调整投入量。例如,重庆市永川区通过智能滴灌系统结合土壤传感器,动态调整灌溉量,使每亩农田用水量从500立方米降至300立方米,同时减少深层渗漏导致的土壤盐碱化风险。在肥料管理上,四川省利用无人机多光谱成像技术识别作物长势,仅对缺肥区域进行变量追肥,氮肥使用量减少22%。这种模式不仅降低生产成本,还减少农业面源污染,避免水体富营养化。资源节约的另一个关键点是精准播种技术,通过优化种植密度和行距,提高光能利用率,减少种子浪费<sup>[2]</sup>。美国中西部玉米带的实践表明,精准播种可使每公顷种子成本降低12%,同时提高单产8%,形成经济和生态的双重收益。

### 2.2 生态环境保护的协同效应

精准农业在减少化学农药使用、保护生物多样性和降低碳排放方面具有显著协同效应。传统病虫害防治依赖广谱农药,而精准农业采用无人机遥感与AI识别技术,仅在病害发生初期进行靶向施药。法国葡萄种植区的试验显示,基于图像识别的精

准施药系统使杀菌剂使用量下降50%,同时保护传粉昆虫种群。在生物多样性维护方面,精准农业通过保留生态缓冲区、优化耕作方式减少对自然栖息地的破坏。云南省西双版纳的橡胶种植园引入AI病虫害识别系统,仅在病害初期靶向施药,使农药使用量下降50%,同时保护了传粉昆虫种群。此外,福建省推广的电动农机配合光伏充电系统,使农场碳排放降低35%,推动农业低碳化转型。

### 2.3 农业废弃物的高效处理与再利用

精准农业技术优化了农业废弃物的收集、分类和资源化利用过程,推动循环农业发展。作物秸秆、畜禽粪便等传统废弃物在精准管理下可转化为有机肥或生物能源。荷兰的智能堆肥系统利用物联网监测温湿度,自动调节发酵过程,使有机肥生产效率提升25%,同时减少甲烷排放。在畜禽养殖领域,德国开发的厌氧消化智能控制系统,根据粪便成分动态调整产沼参数,使沼气产量提高15%,剩余沼渣还可作为有机肥还田。此外,精准农业结合区块链技术实现废弃物溯源,确保其安全利用<sup>[3]</sup>。中国山东的试点项目利用RFID标签追踪秸秆流向,确保其被加工为饲料或生物质燃料,而非露天焚烧。这种闭环管理不仅减少环境污染,还创造额外经济价值,形成“废弃物—资源—收益”的可持续模式。

## 3 精准农业与可持续发展目标的协同

### 3.1 社会经济效益与生态保护的双赢路径

精准农业技术通过优化资源配置实现了农业生产效率与生态效益的同步提升。在巴西大豆主产区,卫星导航播种系统配合变量施肥技术使单产提高22%的同时,将化肥流失量控制在传统种植模式的40%以下。这种生产模式的革新不仅增加了农户收入,还显著减轻了亚马逊流域的水体富营养化压力。经济层面的增益主要来自两个方面:直接生产成本下降和农产品品质溢价。重庆市奉节县的脐橙种植基地通过精准农业技术实现单产提升18%,同时减少化肥流失量40%。通过区块链溯源的脐橙售价高出常规产品25%,农户收入显著增加。生态效益方面,精准施药使果园传粉昆虫数量回升15%<sup>[4]</sup>。生态效益则体现在生物多样性维护上,德国巴伐利亚地区实施的精准施药方案使农田传粉昆虫数量三年内回升了17%,为周边生态系统提供了关键支持。这种双赢模式的关键在于技术创新与市场机制的有机结合,通过生态产品价值实现机制将环境正外部性转化为经济回报。

### 3.2 多方利益主体协同合作机制

实现精准农业的生态效益需要构建政府、企业、农户和科研机构的多方协作网络。荷兰的“绿色精准农业联盟”提供了成功范例,该平台整合了瓦赫宁根大学的算法研究、农业合作社的实地数据和政府的环保补贴政策。在这个框架下,设备制造商提供定制化智能农机,农户共享耕作数据,科研机构则持续优化决策模型。中国在江苏试点的“智慧农服”模式进一步创新了利益分配机制,第三方服务商通过物联网设备采集数据并提供精准作业服务,农户按增产效果支付费用,地方政府则对减排效果进

行碳汇补贴。这种协作模式克服了单个农户技术采纳成本高的障碍,江苏省试点区域的精准农业覆盖率在三年内从12%提升至58%。有效的协同机制需要解决数据产权界定和利益分配两个核心问题,欧盟《农业数据法案》为此提供了法律框架,明确规定了数据生产者、处理者和使用者的权利义务。

### 3.3 国际经验借鉴与本土化适配

不同农业生态区的精准农业实践呈现出显著的地域特征,成功的本土化改造需要兼顾技术适用性和文化适应性。以色列的沙漠农业模式将滴灌技术与太阳能驱动结合,在水资源利用率达到95%的同时实现了零碳排,这种经验已被改良应用于中国西北干旱区。在宁夏的示范项目中,结合当地光照条件增加了光伏扬水系统,使每公顷用水量从9000立方米降至4000立方米。日本的小地块精准农业则开发了适用于丘陵地形的小型无人农机,其经验正在被中国西南山区借鉴。但直接照搬往往面临水土不服,印度旁遮普邦曾盲目引进美国大田精准农业设备,结果因土地细碎化导致设备使用率不足30%。有效的本土化需要完成三个层面的适配:技术层面调整设备参数以适应本地作物品种和土壤条件,经济层面建立符合当地经营规模的成本分摊机制,社会层面开展针对小农户的数字技能培训。韩国通过“农业技术推广员”制度培养了大量本土技术中介,成功将精准农业技术在老龄化农村中推广普及。

## 4 结语

精准农业技术体系展现出推动农业可持续发展的强大潜力,其价值不仅体现在经济效益的提升,更在于生态环境的协同改善。当前技术推广仍面临成本分摊、数据共享等现实挑战,需要构建更完善的政策支持体系和技术服务网络。未来应着力突破关键技术瓶颈,优化多方协作机制,因地制宜推进技术本土化应用,使精准农业真正成为实现“双碳”目标和乡村振兴战略的重要支撑。随着5G、人工智能等新技术的深度融合,精准农业必将为现代农业高质量发展注入新动能。

### [参考文献]

- [1]王豫.农业机械电气自动化在精准农业中的应用与前景[J].农机使用与维修,2024,(05):129-131.
- [2]郭丽彦,王家辉,汤华,等.多重效益视角下农业生态旅游模式创新研究[J].安徽农业科学,2023,51(04):126-128.
- [3]极飞科技:全力构建无人化智慧农业生态系统[J].广东科技,2020,29(10):28-31.
- [4]张宇泉,曹正伟,锡林图雅.美国精准农业技术推广经验及对我国启示[J].上海农业学报,2020,36(03):119-125.

### 作者简介:

韦畅(1996—),男,汉族,重庆市南川区人,大学本科,农艺师,研究方向:农业生态。