

# 作物“三协同”理论的创建与实践

## ——深切悼念中国农业科学院赵明研究员

**摘要** 赵明研究员长期从事作物栽培学研究, 面向国家粮食安全重大战略需求, 突破传统作物生产中单一因素、局部优化的研究局限, 以系统论为指导, 原创性提出并系统构建了“气候—土壤—作物三协同”作物栽培理论体系, 形成了覆盖资源环境、作物机体与调控措施的完整理论框架, 推动了作物栽培学从经验描述向系统化、定量化、工程化的范式转变。在此理论指引下, 赵明研究员创新发展了光温资源优化配置、冠层耕层协同调控、产量性能协同调控三大核心技术体系, 研发了一批可复制、可推广的关键技术与产品。他牵头编制国家粮食安全科技规划, 组织实施国家粮食丰产科技工程, 系统搭建作物栽培学科平台, 培育大批专业人才, 全面推动我国作物栽培学科发展与粮食产能提升。本文系统梳理赵明研究员的学术思想、理论创新、技术突破、战略引领与学科建设成就, 重点阐释“三协同”理论的科学内涵、核心要义与应用效果, 全面总结其在作物科学领域的卓越学术贡献与深远行业影响。

**关键词** 作物栽培; “三协同”理论; 高产高效; 粮食安全

作物栽培学是连接作物遗传潜力和生产实践的桥梁, 是实现粮食高产高效的关键学科。然而, 长期以来, 作物生产研究多局限于单一因素、单一技术的局部优化, 缺乏从系统层面整合气候、土壤、作物、管理等多要素协同作用的理论框架。中国农业科学院作物科学研究所赵明研究员经过 40 余年的系统研究, 围绕作物高产高效协同提高, 立足于环境—作物—措施协同优化的理论与技术创新, 在粮食作物两熟制资源优化配置、冠层耕层协同优化和产量性能定量化方面取得重要科技成就, 并在此基础上构建了以“气候—作物协同、土壤—作物协同、群体—个体协同”为核心的“三协同”作物栽培理论体系。此外, 其在组织国家粮食安全科技规划、实施国家粮食丰产科技工程、推动学科条件建设、开展研究生教育、促进国际交流以及服务“三农”等方面, 亦作出了大量卓有成效的工作和突出贡献, 对我国作物栽培学发展及粮食生产实践产生了深远影响。

### 1 理论构建: 从局部优化到系统整合的范式突破

针对作物生产研究多局限于单一因素、单一技术的局部优化的问题, 赵明将作物生产系统视为一个由多层次、多要素耦合的复杂系统, 提出了“三协同”的理论框架<sup>[1]</sup>, 推动了作物栽培学从传统经验描述向系统化、定量化方向实现重要转变。



#### 1.1 气候—作物协同: 光温资源优化配置的定量基础

周年资源优化配置始终是两熟制发展的核心, 但气候变化的复杂性给两熟制光温资源合理利用带来严峻挑战。赵明研究员基于我国粮食主产区多年气象与作物数据分析, 首次建立了以热量资源为核心的周年资源优化配置指标体系, 明确了我国两熟模式积温分配规律。提出的“光温生产潜力当量”概念, 将不同作物的资源利用效率置于同一尺度下比较, 为不同资源禀赋区域挖掘光温生产潜力提供定量参考指标<sup>[5]</sup>。该理论为两熟制模式优化和区域布局提供了科学依据, 使“调品种、改模式”的技术创新有了明确的定量目标。

#### 1.2 土壤—作物协同: 耕层—冠层耦合的机制阐明

20 世纪 80 年代以来, 在我国主要农区常采用免耕或浅旋耕的耕作方式, 导致土壤耕层变浅, 并产生坚硬的犁底层, 制约了作物产量和水肥利用效率的进一步提升。赵明研究员通过多年根系原位观测和土壤剖面分析, 深入探究了地上与地

下协同的机制,提出了“深耕层、低容重、匀分布、培肥力”的耕层优化标准。在此基础上,创建了“冠层生产力”与“耕层供给力”的评价方法,实现了地上地下协同程度的定量诊断<sup>[4]</sup>。该理论将作物地上和地下视为一个有机整体,为后续“深耕层—密冠层”技术的构建奠定了科学基础。

### 1.3 群体—个体协同:产量性能的定量表达

随着产量水平的不断提高,单一产量研究理论难以全面、深入地解析作物产量形成的内在机制。1995年,赵明等在系统梳理产量构成、光合性能和源库三大理论内在关系的基础上,首次提出“三合结构”分析模式<sup>[2]</sup>,建立了产量性能定量公式:平均叶面积指数×生育天数×净同化率×收获指数=穗数×穗粒数×粒重,并建立了各参数的动态表达式<sup>[3]</sup>。该理论使产量分析从定性描述走向定量预测,实现了群体与个体、结构与功能、过程与目标的有机统一。

上述三方面理论成果被系统总结为《作物产量性能与高产技术》<sup>[6]</sup>和《作物“三协同”与高产高效技术》<sup>[7]</sup>专著,并被纳入全国高等农林院校“十三五”规划教材《作物栽培学总论》<sup>[8]</sup>,标志着该理论体系已经成为作物栽培学知识体系的一部分。

## 2 技术创新:理论指导下的技术突破

赵明研究员围绕“三协同”理论框架,突破了一系列关键核心技术,并集成为可在生产中大面积应用的技术体系,取得了显著的经济和社会效益。赵明研究员共授权专利 21 项,其中发明专利 6 项,实用新型专利 15 项,涵盖了密植栽培方法、条带耕作播种机具、根土取样器等多个关键环节,形成了完整的技术链条。

### 2.1 光温资源优化配置技术体系

依据气候—作物协同理论,创新了基于积温分配率的两熟制资源优化配置技术,优化了麦玉周年光温高效种植模式,创新了“强 C<sub>4</sub>调 C<sub>3</sub>”的双季玉米和玉米—水稻等资源高效种植模式。核心思路是:通过调整作物布局和品种类型,提高作物的资源需求与区域资源供给的匹配度,从而提高系统的资源利用效率。基于以上研究,构建

了光温资源优化配置技术体系,核心成果获 2013 年中国农业科学院科学技术成果奖一等奖和 2018—2019 年度神农中华农业科技奖一等奖。

### 2.2 冠层耕层协同调控技术体系

依据土壤—作物协同理论,创新了玉米推茬清垄种植方法<sup>[9]</sup>和条带耕作密植精播技术<sup>[10]</sup>。在播种带行内进行推茬清垄、条带深松,结合小双行错位密植栽培,形成“深耕层—密冠层”的协同调控技术体系。自主研发了玉米推茬清垄深旋播种机、侧切刀式条耕播种机、条深松多层施肥补水精量播种机等配套播种机械设备。基于以上研究,构建了作物冠层耕层协同调控技术体系,核心成果获 2015 年国家科技进步二等奖。

### 2.3 产量性能协同调控技术体系

依据群体—个体协同理论,发明了小双行错位种植、大小行免耕精播交错、四穴成方等新型种植方法,建立了作物高产群体动态监测系统,实现产量性能各指标的协同调控。研制出智能光合测定系统、光合蒸腾仪、根系雾化培养箱、小立方根土取样器等产品,为高光效群体调控研究提供了有力支撑。基于以上研究,构建了作物高产高效群体调控技术体系,核心成果获 2012 年中国农业科学院科学技术成果奖一等奖和 2013 年北京市科技进步二等奖。

## 3 学科建设:从个体研究到体系构建

赵明研究员的学术贡献不仅体现在个人研究成果上,更体现在他推动整个作物栽培耕作学科发展的战略视野和实践能力上。

### 3.1 国家粮食安全战略规划与重大工程实施

作为三个五年《国家粮食安全科技规划》的编写组组长,赵明提出了“五良一拓展”(良种、良法、良田、良机、良防、境外粮食)的科技创新布局,这一框架已成为我国粮食安全科技政策的重要参考依据。他担任国家“粮食丰产科技工程”总专家组组长十余年,提出了“333”顶层设计(三大作物、三大平原、三区建设),主编了《国家粮食丰产科技工程》一书<sup>[11]</sup>,全程指挥项目组织实施<sup>[12]</sup>。该工程的规模、组织方式及实施效果在国际农业科技管理领域亦属罕见,充分体

现了赵明作为战略科学家的组织协调能力。

### 3.2 学科平台建设与人才培养

赵明先后负责中国农业大学和中国农业科学院作物栽培与耕作学科的建设，牵头创建了农业农村部作物生理生态重点实验室和黄淮海小麦工程中心，建设了多个长期试验基地，为我国作物栽培耕作研究提供了高水平平台。在人才培养方面，他长期主讲研究生核心课程“作物高产理论与实践”，参编了《作物生理学导论》<sup>[13]</sup>、《作物栽培学各论（北方本）》<sup>[14]</sup>等教材，培养研究生 70 余名（其中博士 31 名），许多人已成为作物栽培学领域的骨干力量。他还作为主要参与者成功组织了第七届国际作物科学大会在北京召开，提升了我国作物学的国际地位。他长期深入一线，服务“三农”，开展生产培训、应急指导和科普宣传。这些工作共同构成了一个“科研—教学—平台—队伍”四位一体的完整学科生态体系。

## 4 结语

赵明研究员 40 余年来扎根作物栽培学研究，以系统思维重构作物生产理论，以工程技术突破生产瓶颈，以学科建设引领行业发展。他创立的“三协同”理论体系、创新的高产高效关键

技术、推动的国家重大工程和学科平台，共同构成了他在作物科学领域完整而深刻的学术贡献。他的工作不仅提升了我国作物栽培学的学术水平，也为保障国家粮食安全、促进农业可持续发展作出了重要贡献。

### 参考文献

- [1] 赵明, 周宝元, 马玮, 等. 粮食作物生产系统定量调控理论与技术模式. 作物学报, 2019, 45(4): 485-498.
- [2] 赵明, 王书安, 李少昆. 论作物产量研究的“三合结构”模式. 北京农业大学学报, 1995, 21(4): 359-363.
- [3] 张宾, 赵明, 董志强, 等. 作物产量“三合结构”定量表达及高产分析. 作物学报, 2007, 33(10): 1674-1681.
- [4] 赵明, 李从锋, 董志强. 玉米冠层耕层协调优化及其高产高效技术. 作物杂志, 2015(3): 70-75.
- [5] 周宝元, 葛均筑, 孙雪芳, 等. 黄淮海玉米两熟区周年光温资源优化配置研究进展. 作物学报, 2021, 47(10): 1843-1853.
- [6] 赵明. 作物产量性能与高产技术. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [7] 赵明. 作物“三协同”理论与高产高效技术. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [8] 董钻, 王术. 作物栽培学总论. 北京: 中国农业出版社, 2018.
- [9] 赵明, 马玮, 周宝元, 等. 实施玉米推茬清垄精播技术 实现高产高效与环境友好生产. 作物杂志, 2016(3): 1-5.
- [10] 李立娟, 崔彦宏, 李琦, 等. 条深旋耕方式对早春玉米产量性能的影响. 作物杂志, 2011(5): 96-99.
- [11] 赵明, 李春喜, 李从锋. 国家粮食丰产科技工程. 北京: 中国农业出版社, 2023.
- [12] 钟大森, 赵明, 张昭. “粮食丰产增效科技创新”重点专项组织实施进展情况. 作物杂志, 2019(3): 1-9.
- [13] 郑丕尧. 作物生理学导论. 北京: 北京农业大学出版社, 1992.
- [14] 于振文. 作物栽培学各论: 北方本. 北京: 中国农业出版社, 2003.

周宝元执笔

张宾、李建国、孙雪芳、丁在松、侯海鹏、葛均筑提供素材并参与修改

## 编者记

《作物杂志》主编、中国农业科学院作物科学研究所赵明研究员因病于 2026 年 4 月 29 日逝世。赵明研究员一生致力于作物栽培学理论创新与技术实践，为我国粮食安全与农业科学发展作出了卓越贡献。本刊特邀请其弟子周宝元等撰文系统总结其毕生学术成就。弟子们亲承馨欸，撰写的《作物“三协同”理论的创建与实践——深切悼念中国农业科学院赵明研究员》一文既是对其学术思想的系统呈现，亦承载着他们对恩师的崇敬与深切缅怀之情。

赵明研究员担任《作物杂志》主编 19 年来，期刊学术质量和行业声誉得到显著提升。其严谨、敬业的精神将激励我们不断前行，为国家农业科技和作物生产高质量发展贡献力量。

本刊编辑部 王淑霞