

# 构建粮食生产多目标协同发展的作物生产系统

李春喜

(河南师范大学 生命科学学院,河南 新乡 453007)

**摘要:**分析当前我国粮食生产面临着资源条件约束不断增加、粮食生产技术落实不到位、生产效率低、优质生产不足、粮食增产困难等问题,提出未来粮食生产将呈现多目标协同、综合性、分层次分类别三大发展特征和规模化绿色超吨粮创建等八大技术方向,对传统粮食生产以单产产量目标为主的作物生长过程进行了回顾,提出以适用于粮食生产多目标协同发展的作物-土壤-空气(冠层)为一体的作物生产系统,对构建这一系统的基本思路、研究与应用各个环节进行了阐述。

**关键词:**粮食生产;多目标;协同发展;作物生产系统

**中图分类号:**F307.11

**文献标志码:**A

**文章编号:**1000-2367(2025)05-0001-06

2024年,我国粮食总产量登上7.0亿t新台阶<sup>[1]</sup>,进一步发展粮食生产,需要在更加重视注重科技化、绿色化、营养化、效益化发展趋势的背景下,发展高科技、高质量、高效率粮食产业新质生产力,需要分析新阶段粮食生产出现的新问题、新需求、新特征,确定新的技术发展方向,需要思考传统作物生产向现代生产转型中由单一产量目标向多目标发展的新要求、新理论,构建多目标协同发展的现代作物生产系统,解析这一系统的要素与系统构建、研究与应用环节,并进行应用综合评价。

## 1 粮食生产面临的新问题

当前,我国粮食生产已经进入一个新阶段,增产面临着诸多问题和严峻挑战:一是耕地资源紧张,粮食主产区耕地负担过重,农业水资源日益短缺,化肥投入量过大、肥料利用率较低,粮食增产的资源条件约束不断增加;二是大田生产与超高产差异甚大,全国粮食平均单产只有超高产纪录的40%,大面积生产规模偏小、技术落实不到位、农业劳动生产率较低,增产的贡献主要依赖于单产的增加,单产增速减慢、可比经济效益偏低;三是我国优质专用粮食比例低,如生产上多数小麦面筋值不够、形成时间和稳定时间较短,高品质香米数量少,每年仍需从国外进口一部分优质专用小麦和香米,远远不能满足国内市场需要;四是我国现有综合基础条件下的粮食产能已接近潜力上限,从2009—2022年粮食产量“十九连丰”过程实现了“三个增产1000亿斤”“快(2009—2011年)~快(2011—2014年)~慢(2014—2022年)”的发展趋势可看出粮食生产已处于“单产提升慢、增产困难”的瓶颈<sup>[2-4]</sup>。

根据不同情景(常态思维、底线思维、极限思维)背景的粮食消费预测,我国粮食消费将在2030—2035年期间达到高峰值约8亿t<sup>[5]</sup>。虽然粮食生产与消费需求仍有1.0亿t左右的缺口,但粮食生产压力在逐渐减小。随着人口的负增长,粮食消费结构正在发生深刻变化,口粮消费将会出现小幅下降,全部谷物产量的41%将用于食用消费,37%用于饲料生产,剩余部分用于生物燃料和其他工业消耗。国务院去年印发了《新一轮千

收稿日期:2025-03-19;修回日期:2025-05-20.

作者简介(通信作者):李春喜(1964—),男,河南封丘人,河南师范大学二级教授,博士,研究方向为小麦栽培生理,  
E-mail:wheat\_lab@163.com.

引用本文:李春喜.构建粮食生产多目标协同发展的作物生产系统[J].河南师范大学学报(自然科学版),2025,53(5):1-6.  
(Li Chunxi.Development of a crop production system for multi-objective coordinated grain production[J].Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition),2025,53(5):1-6.DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2025.04.29.0003.)

亿斤粮食产能提升行动方案(2024—2030年)》,粮食亩产要在2023年390 kg的基础上提升到420 kg,每年单产需要增加约74.96 kg/hm<sup>2</sup>.对比2010—2023年全国粮食单产平均每年增加约64.62 kg/hm<sup>2</sup>的现状,在当前生产的综合基础条件下,完成这一任务还是有很大困难的。

基于产能提升、产业发展、绿色低碳对粮食生产提出的新要求,未来的粮食生产将呈现出以下三大发展特征:一是多目标协同发展(多目标栽培):在继续注重持续高产的基础上,需要同步重视品质提升、效益与效率的提高,注重绿色可持续发展,促进丰产、提质、增效、绿色协同发展,保证国家粮食安全、市场多元化需求、产业化效益与效率提升和低碳生态要求;二是综合性、系统性发展(综合栽培):多目标协同发展必须打破高投入、高消耗、高排放的单一常规追求高产的粗放式增产方式,走系统性、综合性、集成性增产的新路子,将粮食生产纳入粮食产业化发展的全链条中来,实行栽培—耕作结合、两季作物统筹、冠层—耕层一体,创新完善粮食种植制度,从耕地、种子、肥料、灌溉、农药、农机等要素集成到农田,进行绿色丰产优质高效种植模式设计与技术应用,提升周年产量、规模效益和绿色发展水平;三是分层次、分类别发展(分级栽培):未来的粮食生产需要按区域特点设定任务,按耕地类别设计产量,按作物类型确定栽培重点.综合未来十年粮食消费量、消费结构、增产任务和种植结构调整、发展油料及特色经济作物的需要,从大食物观、大农业观、大科技观出发,“藏粮于技”重点着眼于:以东北、黄淮海、长江中下游为粮食生产主战场,川府、黄土高原、西北内陆绿洲等为区域后备粮仓,建设更高水平国家粮仓;重点提升高产田(高标准农田)产量潜力,加强超吨粮创建,主抓增穗、稳定粒重,提高作物自身健康和综合抗逆调控,实现“产量超吨、资源高效、绿色低碳”目标;中低产田主抓地力提升和肥水高效利用,加强关键限制因素技术突破和综合技术集成,提高技术到位率,缩小不同地块的产量差,实现大面积单产提升与规模化均衡增产;重点挖掘玉米生产潜力,开发高蛋白饲用玉米和青贮玉米,稳步提升小麦、稻谷产量和品质,积极发掘大豆、花生产能;发展特色作物优质高值营养化栽培,提升马铃薯、杂粮产值和产业化水平<sup>[6]</sup>.

综合以上粮食消费与生产新变化、发展新特征,面向未来十年的粮食生产主要从规模化绿色超吨粮耕作栽培技术体系、粮食作物高水平群体质量构建技术、粮食作物健康管理与抗逆韧性控灾技术、粮食作物产量品质协同提升的营养栽培技术、土壤培肥与粮食作物肥水一体化管理技术、粮食作物规模化高效精简均衡增产技术、粮食作物智慧化生产管理系统、粮食作物生产绿色低碳技术等8个方面开展技术创新与集成应用。

## 2 作物生产发展的再思考

人类社会从脱离了依赖采摘野果、主动耕种开始,历经刀耕火种的原始农业、家庭经营的传统农耕到规模的当代农业,长达七八千年,都是以提高作物产量为主要目标,以减少饥饿、满足食物需求为其基本生产目的.这一过程中,栽培作物种类的扩大、生产工具的改进、耕种方式的变革、物质条件的改善,逐渐提升了作物生产水平.世界进入工业化文明以来,作物育种、化学肥料与农药、农业机械、农田灌溉等技术得到大规模应用,产生了农业技术革命,作物生产能力大幅提高.以作物(品种)为中心,将各种生产要素集成并探索以增加产量为主要研究目标的作物栽培科学得到长足发展,有力促进了我国粮食生产水平提高.在新中国成立后的75年中,使我国粮食总产量连续10年实现超6.5亿t,2024年登上7.0亿t的历史新高度.

作物栽培科学研究的重点是产量,核心是以作物生育与群体构建为主的作物生产过程.作物生产的产量目标经历了从低产—中产—高产—超高产的变化,这一过程的后期也兼顾产品优质、资源高效指标.这一过程中,作物栽培科学研究的中心是作物的生长发育,重要内容是作物生长发育规律,养分、水分、热量需求规律和优质群体构建及其调控,追求粮食数量增长是传统农业发展的主要目标,注重的是作物自然再生产过程(图1).对于面向未来粮食生产对多目标发展的要求,必须将作物生产置身于粮食产业发展的过程中,打造粮食丰产的科技链、产业链和价值链.显然,传统的单一追求产量的作物生产路径已经不能适应粮食生产新的要求,必须从适应多目标协同发展的系统思想来构建作物生产系统.

## 3 多目标发展要求粮食科技研究聚集作物生产系统

作物生产系统是面向粮食生产多目标要求的作物—土壤—空气(冠层)的一体化,对其研究的着眼点是

系统要件各因素之间形成的 SPAC(土壤—植物—大气连续体)关系,重点是作物与环境、技术措施之间的关系(图 2)。

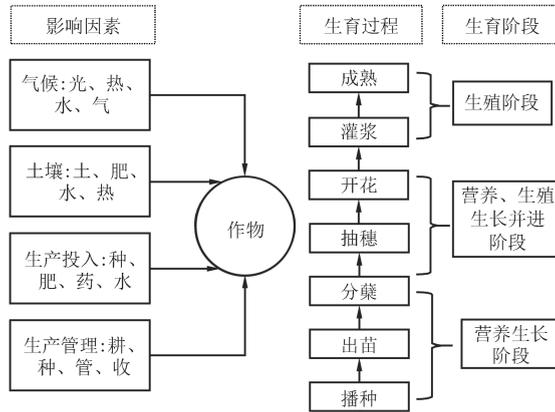


图1 传统的粮食生产注重的是作物生长过程

Fig.1 Traditional food production focuses on the growth process of crops

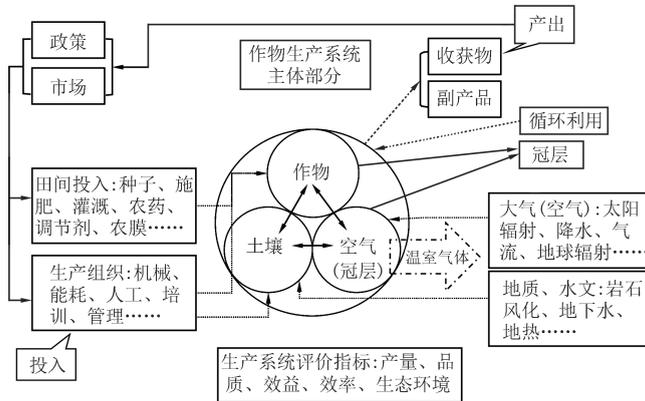


图2 多目标协同发展的作物生产系统

Fig.2 A crop production system with multi-objective coordinated development

作物生产系统由基本系统和外部影响两部分组成,基本系统包括作物—土壤—空气(冠层)三大要件,强调其一体化和整体性(包含作物生产过程),系统交流的输入部分包括田间投入(种子、施肥、灌溉、农药、调节剂等),生产组织(机械、人工、培训、管理等),自然因素(太阳及地球辐射、降水、气流、岩石风化、地下水等),输出部分包括收获物(籽粒、青贮部分等),副产品(秸秆),外部影响有:市场、政策、废弃物循环、污染物侵入等。

作物生产系统研究的是多目标系统,主要有:产出数量与质量、资源利用效率与效益、生态环境与可持续发展等,其指标体系包括:产量(潜在产量、超高产田、大面积生产)、品质(形态品质、营养品质、加工品质)、效率(自然资源利用效率、投入品利用效率、生产组织效率、劳动生产率)、效益(增产、提质、减投、规模化组织)、生态环境(投入减少、排放降低等单项指标、绿色发展综合分析)等。

多目标协同发展粮食生产为什么聚集的是作物生产系统?这就需要对作物生产系统和作物生态系统进行一下比较(图 3)。

作物生态系统强调的是农田生态环境与作物生育、产量、品质的关系,不限定当年或当季,主要侧重于作物自然再生产过程;而作物生产系统既重视当年或当季作物的自然再生产过程,更强调经济再生产过程,首先要考虑产量和效益等产出指标,必须注重产前、产中、产后全过程成本控制,核心是效率问题。因此,着眼于当年或当季的粮食生产必须聚焦于作物生产系统,同时也要注重面向用地养地和可持续发展的作物生态



## 4.2 关键技术创新

主要根据特定生态区的生态特点、特定耕作模式、超吨粮周年丰产的生产条件和当地的主体经营模式(规模化程度)的技术需要,针对技术限制因素开展若干单项关键技术研究,明确重大技术的技术原理,形成技术模式。

主要技术包括超吨粮生产体系的光热水高效利用与新型种植制度创新、光热资源利用与品种筛选(搭配)、作物生长发育与高质量群体构建、作物肥水需求与节水节肥、土壤障碍因子破除与地力培育、生物及气象灾害绿色防控与作物健康管理调控、不同经营规模农机装备及农机农艺配套、面源污染综合防控、农田温室气体减排与防控、农田废弃物循环利用与清洁生产、数字化智能化农作生产精准控制、作物生产综合监测与智慧化管理系统等。

指标体系包括产量(攻关田及核心区产量、大面积产量)、品质(形态品质、营养品质、加工品质)、效率(气候与土壤等自然资源利用效率、生产投入效率、生产组织效率、劳动生产率)、效益(增产效益、提质效率、投入品高效利用效率、减损效益、规模化组织效益)、生态环境与可持续发展(化肥农药减施,重金属及持续性有机物含量及分布,碳汇、碳源、温室气体排放,农田土肥力提升状况,能量及生命周期分析指标、生态服务价值等生态指标),可以是单项的,也可以是综合的。

## 4.3 区域技术集成

一是调查分析特定生态区的生态特点;二是分析特定耕作模式超吨粮食周年丰产的生产条件;三是分析当地主体经营模式(规模化程度)状况;四是以提高效益、效率为目标的产业结构调整;五是(从规模经营的角度)根据生产目标分析技术需要,将各单项技术、技术模式及既有技术进行不同经营规模条件下的组装与应用验证(重点是规范化、标准化)。

## 4.4 技术示范应用

在分析不同类型经营主体经营规模、技术水平、组织方式的基础上研究集成技术验证及应用于经营主体的实现模式,培育支持种植大户、家庭农场、农民合作社等新型经营主体和龙头企业发展壮大,对从业于新型经营主体的高素质专业农民开展先进技术培训,加强农业社会化服务,通过开展粮食作物专业化、规模化技术服务,加强专业化落实相关技术措施,推进多种形式粮食生产新型经营主体适度规模经营,提升粮食生产先进技术规模化应用水平。

## 4.5 多目标生产技术效果评价

主要包括6个方面的评价:一是技术评价,根据粮食生产发展和项目研究内容的需要,对应用技术进行创新性、先进性和经济适用性进行评价;二是产量评价,评价单产增产率、增产量等指标;三是品质评价,对不同作物形态品质、营养品质、加工品质以及品牌价值进行评价;四是效益评价,经济效益评价指标主要:产值、直接投入(土地投入、资本投入、劳动力投入、科技投入)、直接收益等,社会效益主要从粮食的基础地位、市场保供、可持续发展、科技进步、人才与学科建设等进行评价;五是效率评价,主要评价指标包括生产速率、生产系统成本控制、光热水肥等资源利用、生产组织效率、劳动生产率等;六是生态环境评价,主要从农业温室气体、农田生态系统碳氮水循环与足迹、能值评价、生命周期评价法、农田生态服务价值估算等方面进行评价。

## 参 考 文 献

- [1] 农业农村部.中国农业展望报告(2024—2033)[EB/OL].(2025-04-20)[2025-05-05].<https://www.sgpjbg.com.cn/baogao/630165.html>.
- [2] 张福锁.推进农业投入品减量增效 加快农业发展全面绿色转型[J].农村工作通讯,2025(3):19-20.
- [3] 黄季焜.粮食安全、农民增收和永续发展[J].中国乡村发现,2023(4):25-34.
- [4] EVENSON R E,GOLLIN D.Assessing the impact of the green revolution,1960 to 2000[J].Science,2003,300(5620):758-762.
- [5] HUANG J K,ROZELLE S.The role of agriculture in China's development:performance,determinants of successes and future challenges [M]//Emerging Economies.New Delhi:Springer India,2015:67-88.
- [6] ROSEGRANT M W,WONG B,SULSER T B,et al.Benefit-cost analysis of increased funding for agricultural research and development in the global south[J].Journal of Benefit-Cost Analysis,2023,14(S1):181-205.
- [7] LESK C,ROWHANI P,RAMANKUTTY N.Influence of extreme weather disasters on global crop production[J].Nature,2016,

529(7584):84-87.

- [8] TIMMER C P. Reflections on food crises past[J]. Food Policy, 2010, 35(1):1-11.
- [9] CASSMAN K G, DOBERMANN A, WALTERS D T, et al. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality[J]. Annual Review of Environment and Resources, 2003, 28:315-358.

## Development of a crop production system for multi-objective coordinated grain production

Li Chunxi

(College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

**Abstract:** The problems currently faced by China's grain production are analyzed, such as the increasing constraints of resource conditions, the inadequate implementation of grain production technologies, low production efficiency, insufficient high-quality production, and difficulties in increasing grain production. It is proposed that future grain production will feature three major development characteristics: multi-objective coordination, comprehensiveness, and hierarchical classification, as well as eight technical directions such as the creation of large-scale green over-ton grain. The crop growth process in traditional grain production, which mainly focuses on the yield target per unit area, is reviewed. A crop production system integrating crops, soil, and air(canopy) that is suitable for the coordinated development of multiple goals in grain production is proposed. The basic ideas, research, and application links of constructing this system are expounded.

**Keywords:** grain production; multi-objective; coordinated development; crop production system

[责任编辑 刘洋 赵晓华]