

# 我国小麦产业科技创新发展现状与展望

刘录祥

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

**摘要:** 我国小麦产业整体已经处于世界先进行列,但仍存在一定的短板,亟需通过科技创新提升和加强。在介绍我国小麦产业基本面和国家小麦产业技术体系研发新进展的基础上,对我国小麦产业科技研发进行了展望:一是不断完善全产业链创新能力,强化小麦产业科技装备;二是加速实用管用科技措施落地见效,通过技术推广提单产带动新千亿斤粮食产能提升;三是加强应急能力建设,强化小麦产业韧性。

**关键词:** 小麦产业; 科技创新; 科技研发; 发展现状; 展望

中图分类号: S512.1 文献标志码: A 文章编号: 2097-2172(2024)06-0491-04

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2024.06.001

## The Current Situation and Prospect of Scientific and Technological Innovation and Development of Wheat Industry in China

LIU Luxiang

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The wheat industry in China has been advanced in the world, but there are still certain shortcomings that urgently need to be improved and strengthened through scientific and technological innovation. Based on the introduction of the fundamental situation of China's wheat industry and the new progress in research and development of the national wheat industry technology system, the prospects for scientific and technological research and development of China's wheat industry are presented as follows: First, The innovation capacity of the entire industrial chain should be continuously improved, and the Scientific and technological equipment of the wheat industry should be strengthened. second, the implementation and effectiveness of practical and useful scientific and technological measures should be accelerated to drive the increase of new 50 million tons of grain production capacity by promoting technologies and increasing unit yield; third, the construction of emergency response capabilities and enhance the resilience of the wheat industry should be strengthened.

**Key words:** Wheat industry; Scientific and technological innovation; Current development status; Prospect

小麦是我国重要的口粮作物和战略储备粮品种,我国小麦育种和单产水平整体已经处于世界先进行列,但仍然存在产量与品质及抗性协调提升难度大、优质专用小麦的育种和产业化水平较低、受极端气候变化影响大、以智能设计为代表的育种技术在品种选育中应用不足等短板,亟需通过科技创新提升和加强。

### 1 我国小麦产业基本面

#### 1.1 我国是世界最大的小麦生产国和消费国

我国小麦常年播种面积和产量均占粮食作物的22%左右,在口粮消费中占40%以上,是世界

最大的小麦生产国和消费国,分别占全球小麦生产和消费总量的17%和19%。2023年我国小麦播种面积为2360万 $\text{hm}^2$ ,总产达13659万t。小麦生产为丰富百姓生活、繁荣饮食文化、保障国家口粮安全、促进社会稳定做出了巨大贡献,其地位无可替代。近年来,我国小麦消费量快速增长,2022年我国小麦消费总量达13193万t。我国小麦产业高质量发展对于保障国家粮食安全和国民营养健康具有至关重要的作用。

#### 1.2 小麦单产的增加对总产提升发挥了重要作用

小麦产业的发展是以科技支撑为基础的。我

收稿日期: 2024-07-06

基金项目: 国家小麦产业技术体系(CARS-03)。

作者简介: 刘录祥(1965—),男,陕西凤翔人,研究员,研究方向为小麦等作物诱变新因素的发掘、核辐射与航天育种、细胞工程育种。Email: liuluxiang@caas.cn。

国小麦总产从 1949 年的 1 381 万 t 增加到 2023 年的 13 659 万 t, 增长了 8.9 倍。小麦平均产量从 1949 年的 642 kg/hm<sup>2</sup> 增加到 2023 年的 5 781 kg/hm<sup>2</sup>, 增长了 8 倍。改革开放以来, 随着农业产业的结构性调整, 小麦种植面积不断降低, 从 2 933 万 hm<sup>2</sup> 减少到 2023 年的 2 360 万 hm<sup>2</sup>, 几乎减少了 600 万 hm<sup>2</sup>, 但平均产量从 1 845 kg/hm<sup>2</sup> 增加至 5 781 kg/hm<sup>2</sup>, 带动总产从 0.54 亿 t 提升到 1.37 亿 t。这表明小麦单产的贡献对总产持续提升发挥了决定性作用。

### 1.3 小麦试验单产与大面积单产差距显著

近年来, 我国小麦高产典型记录屡创新高。2022 年, 多地小麦高产创建达到平均产量 12 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上, 最高产量已达 14 250 kg/hm<sup>2</sup>。同期, 国家级区域试验平均折合产量为 7 725 kg/hm<sup>2</sup> 左右, 部分品种平均折合产量可以超过 9 750 kg/hm<sup>2</sup>, 均显著高于 5 700 kg/hm<sup>2</sup> 的全国大面积平均产量水平。小麦生产综合集成技术的创新及到位率不足是造成以上显著产量差的主要原因。创新品种、研发并推广高产栽培技术, 将成为进一步大面积提升我国小麦单产水平的重要举措。

### 1.4 小麦生产存在总体成本高及结构性矛盾

我国人均耕地仅为世界平均水平的 40%, 基础地力单产不足美国的 60%。小麦劳动生产率仅为美国的 10%, 而平均化肥农药投入量是美国的 3 倍, 资源有限且利用效率低。小麦总产虽连续 9 a 保持在 1.3 亿 t 以上, 但是优质专用小麦供需情况仍然偏紧, 2020 年优质麦进口量显著增加, 超过 800 万 t; 2021 年优质麦进口量达 972 万 t, 2023 年优质麦进口量则超过 1 200 万 t。此外, 我国长期以来从育种到加工整个产业链的小麦品质评价体系基本沿袭欧美以“烘焙”为主的评价体系, 缺乏适应我国大宗传统面制品需求的小麦及制品品质评价指标体系, 造成小麦育种与加工环节不能很好的衔接。

## 2 国家小麦产业技术体系研发新进展

### 2.1 国家小麦产业技术体系基本概况

自 2007 年启动, 至今已经建成 45 个岗位、50 个综合试验站, 分布在全国 19 个省市自治区, 基本目标是建立新型小麦科研组织模式, 及时发现和解决生产中的技术难题, 稳步发展小麦产业

技术, 促进小麦产业现代化, 形成产前、产中、产后技术相互配合, 从产地到餐桌、从生产到消费、从研发到市场各个环节紧密衔接、环环相扣的技术体系, 逐步建立“食品-面粉-小麦”为主体的市场需求型小麦产业链, 使我国从世界第一小麦生产和消费大国发展成世界第一小麦产业技术创新强国。

自 2007 年以来, 国家小麦产业技术体系岗站 400 多位骨干专家持续协同攻关, 推动我国小麦产业发展取得了一系列成果, 其中突出种业科技全链条创新, 强化生产关键技术突破和集成应用是国家小麦产业技术体系最具有代表性的重要贡献。研发构建的小麦高产优质绿色广适新品种选育、特性鉴定和大区综合测试网络, 以及社会化的品种信息管理和数据共享机制等, 为重大突破性品种创新和利用奠定了重要平台基础。体系每年育成审定新品种 100 多个。体系专家研发的稻茬小麦灭茬免耕带旋播种技术、冬小麦节水省肥优质高产技术等多项技术, 涵盖了水、肥、耕、种、土壤改良等环节, 连续入选农业农村部粮油生产主推技术。研发的华北地区冬小麦滴灌水肥一体化高效利用技术, 大面积应用, 增产 20% 以上, 水分利用效率提高 10% 以上。主推了规范播种、节水技术、病虫害防控、全程机械化、科学储粮加工等一系列实用管用技术措施, 年示范面积超过 453.3 万 hm<sup>2</sup>, 辐射带动全国约 1 000 万 hm<sup>2</sup> 小麦实现绿色发展。通过国家小麦产业技术体系的技术集成示范和辐射带动, 小麦平均产量由 2006 年的 4 590 kg/hm<sup>2</sup>, 增加到 2023 年的 5 781 kg/hm<sup>2</sup>, 单产增长了 26%; 小麦总产实现了三级跳, 跃上并站稳 1.3 亿 t 台阶, 有力保障了小麦种业和口粮安全。

### 2.2 国家小麦产业技术体系科技创新进展

2.2.1 小麦重要功能基因挖掘效率显著提升 我国自主研发的 660K 高密度与 55K 中密度小麦 SNP 芯片广泛用于重要功能基因和优异单倍型挖掘, 显著提升了基因挖掘效率。结合大规模田间表型数据, 挖掘到调控小麦产量、品质、抗病、抗逆等重要性状的遗传位点 1 000 余个。克隆了小麦矮秆基因 *Rht8* 和 *GSK3*、耐盐碱调控基因 *SPL6*、长颖/长粒基因 *PI*、分蘖调控基因 *TN1*、根系形态调

控基因 *TaVSR1-B* 和 *TaMOR*、抗赤霉病基因 *Fhb1* 和 *Fhb7*、抗条锈病基因 *YrAS2388*、隐性抗病毒基因 *TaPDIL5-1*、品质调控基因 *TaNAC019-B1*、氮利用效率调控基因 *TaNRT2.1-6B* 等一批具有重要育种应用价值的关键基因，为重大新品种培育奠定了良好的遗传基础。

**2.2.2 小麦种质创新与新品种培育成效显著** 2022 年新育成高产稳产、耐盐碱、节水、优质等绿色高效小麦新品种 124 个(其中中国审品种 54 个)，其中营养强化小麦新品种航麦 106 等实现成果转化；济麦 22 等 15 个小麦品种入选农业农村部粮油生产主导品种，其中超强筋品种济麦 44 推广面积达 62.0 万  $\text{hm}^2$ ，位列强筋小麦品种推广面积的第 1 位；高抗赤霉病品种扬麦 33 入选中国农学会发布的“2022 中国农业农村重大新技术新产品新装备”；高产优质绿色高效小麦新品种郑麦 1860 持续发力，在黄淮南片大面积推广应用。

**2.2.3 技术集成促进了小麦产量和效益提升** 经过多年连续不断的研发与熟化，“冬小麦节水省肥优质高产技术”“稻茬小麦灭茬免耕带旋播种技术”等多项技术入选了 2022 年度农业农村部及各省主推技术。这些集成创新技术的典型示范和大范围应用，可使小麦产量增加 3.1%~11.8%，水分利用效率提高 6.0%~22.7%，土壤主要肥力指标提高 6.5%以上，温室气体减排 25%以上，节本增收可达 1 800~3 000 元/ $\text{hm}^2$ 。技术在不同地区产生了诸多高产记录和典型案例，保障了各区域乃至全国小麦的高产稳产、优质高效、生态绿色生产。

**2.2.4 监测和防控小麦主要病虫害并解析其致病机制进展显著** 小麦吸浆虫“粘板监测、穗期保护”防控技术取得显著成效，全国发生面积首次减少到 46.7 万  $\text{hm}^2$  以下。经过对小麦主产区 66 个县市 5 130 余份赤霉病菌样品测定，发现河南省赤霉病菌对多菌灵抗性发展迅速。明确了小麦条锈病菌源基地秋季菌源数量，鉴定到小麦易感条锈病基因 *TaPsIPK1* 并揭示其感病机理，为作物抗病育种开辟了新思路和新材料。挖掘了 2 个抗小麦土传病毒病的优异基因，明确了抗性遗传机制，为抗性品种的选育提供基因资源；解析了中国小麦花叶病毒新的致病机制并集成了小麦土传病毒病绿色防控技术体系，在病害发生区进行示范推广。

**2.2.5 全程机械化技术促进生产效率提升** 研发的小麦播种机器人技术实现了小麦无人化智能播种，克服了传统农业受农时、驾驶经验、人工疲劳等影响，提高了小麦播种精度和作业效率。小麦免少耕播种技术，在玉米秸秆覆盖地实现高效小麦免少耕播种，播种深度合格率大于 80%。研发的内镶一体式 TPE 压力补偿滴头等灌溉装置和配套技术模式可以提升灌溉效率 20%，节水 10%~25%。2023 年度，国家小麦产业技术体系创制、提升小麦耕种管收关键装备 17 套，包括基于北斗精准定位的“机载橙盒监测器”、切断式秸秆粉碎还田机、“立式旋耕-秸秆混埋-机械排种”小麦立旋播种机等；创建小麦水肥一体化精量施灌等技术模式 3 套；研制的“药液飘移预测的植保无人机新型智能施药系统”入选 2023 年度中国农业农村重大新装备。

**2.2.6 聚焦全产业链重点链打造，促进小麦一二三产融合发展** 小麦产业体系专家围绕食品加工需求调整优化种植结构，主推优质小麦品种，在种植环节实行“六统一”管理模式，不仅确保了小麦质量，还提高了麦农抵御自然风险和市场风险的能力；与粮食收贮企业对接，优质优价增加了农民收入。通过种植优质强筋、酿酒专用等品种，使得小麦收购价提高 0.2~0.3 元/kg。有效带动了“金沙河面条”“甲着小麦”“膨化小麦”“闻喜煮饼”“旱碱麦”“黑小麦”“土面条产业”“天山面粉”“奇台面粉”“天赋河套”等小麦特色品牌和产业发展。

**2.2.7 练就产业应急服务本领，全方位夯实科技支撑小麦稳产保供基础** 在 2022 年冬小麦“科技壮苗”专项行动中，面对严重秋汛引致的大面积晚播冬小麦弱苗比例前所未有的形势，小麦体系全体岗站技术专家，挂图作战，多措并举推动促弱转壮科技措施落地转化，为夺取夏粮丰收发挥了重要科技支撑作用。针对 2023 年小麦收获季节出现的持续性降水，体系第一时间组织栽培、机械收获、加工、贮藏等领域岗位专家和综合试验站站长 56 人，深入田间地头做调研，提出抢收入库建议方案，配合主管部门现场指导、快速应对，确保小麦颗粒归仓，保障了夏粮丰收。

### 3 小麦产业科技研发展望

农强方能国强，只有把牢粮食安全主动权，

才能把稳强国复兴主动权。党的二十大报告提出了“建设现代化产业体系”战略目标。助力新增千亿斤粮食产能,推动小麦产业高质量发展必须把持续提高小麦综合生产能力放在更加突出的位置,把“藏粮于地、藏粮于技”真正落实到位,把粮食生产基础越夯越实。

### 3.1 不断完善全产业链创新能力,强化小麦产业科技装备

农业现代化,种子是基础。在小麦种子创新方面,我国小麦育种家历来高度重视利用野生近缘物种优异基因进行小麦种质创新,对国际国内小麦产业发展贡献巨大。在育种技术和方法上,建立了以常规杂交育种技术为基础,与染色体工程育种、细胞工程育种、诱变育种、轮回选择育种和分子标记育种技术相融合的小麦育种技术体系,并形成独特的生态地域特色。新时期,通过融合人工智能、大数据、基因编辑、合成生物等前沿工具开展育种科技创新提升育种效率、实现小麦品质与产量的协同提升将是我国小麦种业创新的重点方向。要加快培育节水、耐寒、耐干热风、抗新发频发病害等耐逆抗病性强、稳产性突出、优质专用特性明确的小麦重大新品种,夯实高产稳产优质的种源基础。还需要从良法配套、病害防控、机械装备等全产业链角度发力,重点抓好土壤基础地力保育、智能装备开发、精准高效技术集成,提升小麦全产业链科技创新效能。

### 3.2 加速实用管用科技措施落地见效,通过推技术提单产带动新千亿斤粮食产能提升

《全国粮油等主要作物大面积单产提升行动实

施方案(2023—2030年)》明确提出,小麦单产每年提高0.5~1.0个百分点,到2030年平均单产提高8%以上,平均产量达到6300 kg/hm<sup>2</sup>,比2022年提高450 kg/hm<sup>2</sup>。技术路径上要通过高产多抗优质品种的更新迭代、新技术新模式的集成应用、农艺农机良田良制的融合配套,推动实现大面积均衡增产。科技措施上重点是“培肥地力精细整地、精量半精量适期播种、播前播后镇压、一喷三防全覆盖”,巩固提升水浇地小麦、大幅提升稻茬小麦和旱地小麦。工作机制上要在高产创建田单产已经达到13500 kg/hm<sup>2</sup>以上、国家和省级区域试验的单产普遍在7500~9750 kg/hm<sup>2</sup>基础上,进一步发挥体系全产业链专家和全国布局的优势,推动科技措施精准落地起效,着力促进中低产田产能提升,推动新千亿斤粮食产能提升。

### 3.3 加强应急能力建设,强化小麦产业韧性

近年来,影响小麦生产的极端气象灾害频发,国家小麦产业技术体系分区域制定解决方案、提出技术措施、组织专家深入一线,用科技支撑小麦稳产丰产。要持续加强应急能力建设,按区域密切关注小麦生产中的重大事件,与省级小麦产业技术体系、各级农业农村主管部门紧密协作,协同作战,不断提升重大突发事件应急能力,强化小麦产业韧性,支撑农业强国建设。

本文根据刘录祥研究员在“2024中国种子(南繁硅谷)大会——小麦种子及产业链发展专题报告会”上的发言整理。