

# 育种创新造就谷子种业新发展

刁现民

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

**摘要:**谷子原产我国,是旱作可持续绿色农业的主栽作物。在回顾我国谷子种质资源和遗传育种的研究历史,总结谷子新品种培育成就的基础上,对我国谷子种业的从无到有的发展历程进行了梳理。分析了谷子种业发展存在的问题,并提出了加强谷子育种急需的种质创新和关键核心育种技术研发、促进科企育种联合、实施实质性派生品种制度,以及建立登记品种 DNA 指纹库切实保护原始创新技术成果等发展建议。

**关键词:**谷子;品种资源;品种登记;种业

我国是农作物生产大国和农业用种大国,种业已经发展成为我国基础性、战略性核心产业,是保障国家粮食安全,推动农业稳定可持续发展的根本保证。2021 年中央一号文件再次强调了我国种业发展的紧迫性和必要性,提出了“打赢种业翻身仗”的目标要求,对种业实现跨越发展提出了时间表和路线图。谷子又称为粟,是我国传统的粮饲兼用作物,具有抗旱耐瘠薄、营养丰富、保健功能突出等特点,是民众膳食结构改善和种植业结构调整的主体作物<sup>[1]</sup>。谷子起源于我国的黄河流域,驯化栽培历史上万年,种质资源保有量大且多态性丰富,是中华农耕文明发展的重要载体之一<sup>[2]</sup>。随着国家“乡村振兴”战略的持续深入实施,谷子作为作物多样性发展和中小作物的代表,在满足人民膳食健康需求以及推动种业科技进步方面发挥着越来越重要的作用。

## 1 我国谷子种业的发展历程与现状

新中国成立初期,我国谷子的播种面积为 980 万  $\text{hm}^2$  (1.47 亿亩),是仅次于水稻和小麦的第三大粮食作物,目前全国谷子年度播种面积 133.3 万 ~

140.0 万  $\text{hm}^2$  (2000 万 ~2100 万亩),总产量 520 万 t 左右。谷子种植主要分布在华北、东北和西北的干旱半干旱区域,是旱作绿色农业的主栽作物,种植面积最大的省是内蒙古、山西和河北,这 3 个省合起来的种植面积占全国的 60% 左右<sup>[1,3]</sup>。近 10 年来,随着农业合作社等新型经营主体的发展,谷子生产以大户生产方式进行组织,形成了多个谷子优势产区,其中以内蒙古东部的赤峰,辽宁西部的朝阳和吉林省西部的四平、松源等地构成的谷子产区播种面积和产能最大。

**1.1 我国谷子种质资源丰富** 我国是谷子的起源国,遗传资源丰富,从 20 世纪 50 年代开始,经过 3 次全国性地系统资源收集,目前保有谷子种质资源 28915 份,占世界谷子资源总量的 70%。但我国谷子资源在不同省份之间的分布极不平衡,山西、河北、河南和山东的资源数量占总数量 70% 左右,南方省份的资源数量很少,尤其东南地区的浙江和福建等省份,在国家种质库中的谷子资源数量很少,甚至没有<sup>[4]</sup>。丰富多样的谷子资源为我国谷子遗传育

农业,2017,461(12): 38-39

[5] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发全国现代农作物种业发展规划(2012-2020 年)的通知. (2012-12-26) [2022-01-19]. [http://www.gov.cn/jwqk/2012-12/31/content\\_2302986.htm](http://www.gov.cn/jwqk/2012-12/31/content_2302986.htm)

[6] 国家发展和改革委员会,商务部. 外商投资准入特别管理措施(负面清单). (2018-06-28) [2022-01-19]. <http://www.mofcom.gov.cn/article/b/f/201806/20180602760432.shtml>

[7] 赵军明,金琰,胡盛红. 中国农作物种业贸易现状及发展趋势分析. 热带农业科学,2020,40(4): 93-98

[8] 国家发展和改革委员会,商务部. 关于支持海南自由贸易港建设放宽市场准入若干特别措施的意见. (2021-04-07) [2022-01-19]. [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202104/t20210408\\_1271896.html?code=&state=123](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202104/t20210408_1271896.html?code=&state=123)

[9] 陈龙江,高阳. 基于规则视角的我国种业对外开放度评估. 南方农村,2020,36(1): 4-9,13

[10] 陈龙江,熊启泉. 中国种业开放十余年:回顾与反思. 华南农业大学学报(社会科学版),2012,11(3): 7-17

(收稿日期: 2022-01-19)

种基础研究和种业创新提供了坚实的基础。

**1.2 谷子遗传育种持续发展** 科学的谷子遗传育种工作可以追溯至20世纪30–40年代,金陵大学、河南大学、燕京作物改良试验场等单位确立了青狗尾草是谷子的野生祖先,通过系统育种先后育成并推广了燕京811等谷子品种<sup>[5–6]</sup>。20世纪50–70年代育种方法主要是系统选择,从80年代开始杂交育种逐渐成为主流,而且随着国外资源六十日的引进和利用,夏谷的倒伏问题得到解决,育成了豫谷1号等产量和品质都显著提高的新品种<sup>[6–7]</sup>。春谷也育成了晋谷21和昭谷1等主推品种<sup>[8]</sup>。进入21世纪后,矮秆骨干亲本矮88的创制和育种利用,在全国多个生态区实现株高的显著降低,衍生品种已达100多个,基本解决了谷子倒伏和不适应机械化作业的问题。在杂种优势利用方面,虽然20世纪70年代已培育出高度雄性不育系蒜系28<sup>[9]</sup>,但直到21世纪初,随着抗除草剂谷子种质的创新,才实现了谷子杂交种的真正生产利用<sup>[10]</sup>。2001–2015年全国农业技术推广服务中心组织国家谷子区域试验,对这个时期培育的谷子品种产量、适应性和品质进行综合鉴定,积累这个时期谷子育成品种产量和农艺性状表现的基础数据,株高降低、抗除草剂、适宜机械化轻简栽培是这个阶段谷子育种的特点<sup>[11]</sup>。这个时期育成的广适性高产优质品种豫谷18,不仅产量高、米质优,而且打破了谷子生态区的限制,具有广泛的适应性,在华北、东北和西北三大生态区均表现突出<sup>[12]</sup>。据国家谷子高粱产业技术体系统计,谷子育种的进步使其产量潜力由原来平均4500kg/hm<sup>2</sup>提升到7500kg/hm<sup>2</sup>左右<sup>[6,13]</sup>,为谷子种业持续发展打下了基础。

**1.3 谷子基础研究国际领先** 在种业基础研究方面,我国率先在国际上完成了谷子基因组的测序,构建了国际上第一个谷子基因组单倍型图谱和关联分析群体,发掘出一批谷子重要性状相关的基因位点,率先构建了高效的遗传转化体系,转化效率是国外发达国家同类研究机构的3倍以上,构建了核心种质和突变体库,形成了较为完善的谷子功能基因发掘和基因编辑育种平台,发起并组织了首届国际谷子遗传学大会,提出并促进谷子成为功能基因研究的模式作物<sup>[2,14]</sup>,这些研究工作使谷子这一传统作物焕发出新的青春,使我国的谷子遗传育种研究保持国际领先地位。

**1.4 谷子种业发展情况** 20世纪50–70年代谷子生产依赖于农民自留品种,谷子没有种业。改革开放初期的80–90年代,尽管谷子育种有了长足进步,以豫谷1号、昭谷1号和晋谷21为代表的一系列品种培育成功,产量水平得到显著提高,虽也有一定的种子经营,但自留种仍很普遍,谷子种业发展处于萌芽阶段。从21世纪初开始,随着抗拿捕净(烯禾啶)除草剂谷子新品种的培育成功,以抗除草剂谷子品种为核心的谷子种业开始形成,同时谷子杂种优势在生产上得以成功应用,基于杂交种种子生产的种子企业也随之形成并发展壮大。2000年《种子法》颁布实施之后,谷子种业发展开始进入商业化时期,经过20年发展谷子种业体系基本形成。经国家谷子高粱产业技术体系2021年调查统计,全国进行谷子种子经营的种子公司150多家,其中河北19家、山西33家、内蒙古26家、辽宁17家、吉林20家,是谷子种业的核心力量。河北巡天种业新技术有限责任公司以杂交种为经营主体,利润显著提升,成为了我国谷子种业的龙头企业;河北东昌种业有限公司则在抗除草剂谷子新品种经营上创立了品牌,也发展成为谷子种子经营的龙头企业;内蒙古蒙龙种业科技有限公司、内蒙古禾为贵种业有限公司、内蒙古利禾农业科技发展有限公司等一批以谷子种子生产和经营为主体的企业在市场中确立了地位,谷子种业体系初步形成,为谷子种业的高效商业化发展奠定了基础。2015年《种子法》修订后,谷子品种施行登记制度,建立了相关的制度和程序。2019年李荣德等<sup>[15]</sup>对谷子品种施行登记制度后的管理工作进行了总结性梳理,提出了优化建议。截至2021年8月底,我国完成登记的谷子新品种497个,从登记单位看,企业登记238个,占47.9%,科研单位登记259个,占52.1%;从品种类型看,常规品种448个,占90.1%,杂交品种49个,占9.9%;抗除草剂品种179个,占37.4%,其中常规品种130个,占常规品种登记总数的29.1%,49个杂交种均为抗除草剂品种(资料来源:全国农业技术服务推广中心作物品种登记网站信息)。谷子种业发展迎来了蓬勃发展期。

## 2 我国谷子种业的发展差距与不足

尽管我国谷子种业发展迅速,但与发展更好的大作物及国外先进水平相比还面临着很多问题,主要体现在以下几个方面。

## 2.1 种质资源的世界覆盖度差,种质资源精准鉴定评价未开展,具有重大应用价值的种质严重缺乏

虽然我国谷子资源数量在全世界最多,但主要是我国自己的,且主要是农家品种,近缘野生种和国外资源的数量很少,国内一些非谷子主产区省份的资源数量也有限,如福建和浙江等省区<sup>[4-5]</sup>。我国谷子种质资源表型和基因型精准鉴定评价仍处于起步阶段,表型精准鉴定规模小、系统性不足,基因型精准鉴定缺乏针对性、不能覆盖全基因组,库存资源基本上未经过深度鉴定。株型紧凑耐密植的中矮秆材料、灌浆后期快脱水材料、跨生态区广泛适应的材料、品质和产量相协调的材料等具有重大育种应用前景的种质极度缺乏。

## 2.2 生物育种关键技术与大作物和世界发达国家差距巨大,仍需大发展

尽管我国在谷子基因组测序、重测序、遗传转化和基因编辑等方面取得了一定成绩,但谷子是中小作物,研究力量和经费严重不足,研究积淀薄弱。如水稻、玉米等大作物已经普遍实现的分子标记辅助育种,由于谷子关键性状遗传解析相关研究的缺乏,仅处在起始阶段,外源基因转化效率和基因编辑的效率仍然很低,且局限在少数几个模式品种上,全基因组选择、分子设计和人工智能育种等新兴交叉领域技术研发原始创新基本没有开展,这将严重影响谷子种业创新的后续深入发展。

**2.3 新品种同质化严重,杂交种的利用形式单一,真正有创新的突破性品种缺乏** 自2018年开始谷子品种登记以来,登记的品种数量已达497个,品种的数量呈现井喷式增加,这一点和同期其他作物类似。但这些品种间差异极小,同质化严重,夏谷区基本是对豫谷18的改良,在株型、产量潜力和米质上均没有新的突破。在谷子杂种优势利用方面,目前所有的杂交种均是利用20世纪70年代创制的蒜系28的高度雄性不育基因,所生产的杂交种种子是包括杂交种和母本不育系的混池,不育系繁种产量低且容易生物学混杂,谷子杂种优势利用急需开辟新的途径,或者改良现在的繁种制种方式。

**2.4 种业企业育种刚刚起步,商业化育种和原始创新的能力尚待提高** 过去的谷子遗传育种一直由科研单位承担,谷子的商业化育种只是近几年才有的,而且仅局限在很少的几家公司。这些企业研发投入不足,创新能力有限,竞争力弱;标准化、程序化、信

息化、规模化的商业育种体系尚未建立。同时,企业以出品种为目标,对种业原始创新的种质创新和技术创新完全不重视,这也将限制谷子种业的长期健康发展和产业技术水平的高质量提升。

**2.5 谷子品种登记的管理制度有待完善,品种权保护应该加强** 谷子属中小作物,目前品种管理实施登记制度。该制度所要求的DUS测试指标等,申请者均可自己完成,且登记并未要求进行DNA指纹检测和数据库同质品种比对等工作,使得品种登记门槛很低,造成品种数量的井喷和品种真实性的不确定,也为套牌种子提供了方便之门。

## 3 主要经验和未来发展思考

**3.1 稳定的财政支持是谷子种业长久高水平发展的关键** 近10年来谷子种业之所以快速发展,主要得益于在优质品种的产业化开发、抗除草剂品种和杂种优势利用等方面的育种成就,这些绝大部分是国家谷子高粱产业技术体系取得的。谷子是中小作物,很难拿到国家大项目的稳定支持,而现代农业产业技术体系给谷子育种创新提供了稳定的长期支持,保证了谷子遗传育种的稳定开展。企业是未来的创新主体,但目前就谷子等中小作物而言,遗传育种创新的主要力量和科研积累仍在科研单位,应从政策上鼓励科企联合,促进谷子育种人员向企业流动。加强政策扶持与财政投入,促进知识产权保护从品种层面上升到基因层面,提高优势种质资源收集、保护与利用水平。加强种业基础设施建设,加大种质资源保护与发掘、关键核心技术创新、突破性品种选育研究投入。

**3.2 加强谷子育种急需的种质创新和关键核心育种技术研发** 我国谷子资源虽然数量巨大,但对世界产区的覆盖度低,且没有野生资源的收集和研究,在做好这两方面资源征集的同时,加强国内外优异谷子种质资源的收集保护、鉴定评价,规模化发掘、精准鉴定、创制具有重要育种价值的材料,特别是中矮秆紧凑株型、后期籽粒和植株快脱水、食味品质优质和广泛适应性等;加强谷子的育种基础研究,包括重要功能基因分析、优异单倍型发掘、分子标记开发,以及基因编辑、合成生物学、全基因组选择、智能设计育种等关键核心技术原始创新,实现传统育种技术与现代生物技术的结合,保持我国谷子遗传育种技术领先优势。

**3.3 加强科企联合和育种联合攻关,实施实质性派**



**生品种制度** 大作物水稻种业实施的种业权益改革和实质性派生品种制度,为其他作物提供了很好的榜样,相关改革和制度可以促进种业企业与科研、高校等研究机构合作,科研人员到企业兼职增加,有效促进科企平台共建、成果共享,促进人才流动和成果转化,提升企业创新能力。在品种管理上推进谷子等小作物实质性派生品种制度,遗传相似系数大于92%且其原始品种已获得植物新品种权保护的品种,则实质性派生品种育成单位向原始品种权利人分享获益分成。

**3.4 完善谷子等中小作物品种管理的登记制度,建立登记品种DNA指纹库,切实保护原始创新技术成果** 谷子育种材料、优异种质及新品种知识产权的保护力度不够,尚未建立起市场认可的多元化的品种鉴定试验及DUS测试体系,品种登记后的评价机制缺乏,没有形成谷子DNA指纹及分子身份证标准,直接导致种业市场监管难度大,品种趋同现象及套牌侵权问题严重,极大影响了育种者的积极性和种子企业的利益,影响了种业的健康发展。为了规范种业市场,避免品种雷同和套牌经营,最为有效快捷的途径就是建立品种的分子指纹数据库,并形成相应的国家标准,在品种登记、品种权申请等环节进行监测,对市场流通销售的种子进行检查,杜绝侵权套牌现象的发生。李荣德等<sup>[15]</sup>也提出了关于对登记品种加强管理的类似建议。

谷子种业依托原始创新实现了种业发展从“0到1”的突破,可以预见,不久的将来,通过继续深入开展原始创新研究,在关键技术环节实现更多的技术突破,加强品种管理,必将推动谷子种业继续做大做强,实现产业水平和技术能力的快速提升,为保证我国人民的膳食健康作出积极的贡献。

#### 参考文献

- [1] 李顺国,刘裴,刘猛,程汝宏,夏恩君,刁现民. 中国谷子产业和种业发展现状与未来展望. 中国农业科学,2021,54(3): 459-470
- [2] 贾冠清,刁现民. 谷子(*Setaria italica* (L.) P. Beauv.)作为功能基因组研究模式植物的发展现状及趋势. 生命科学,2017,29(3): 292-301
- [3] 贾冠清,刁现民. 中国谷子种业原始创新现状与未来展望. 中国农业科学,2022,55(4): 653-665
- [4] 国家谷子糜子产业技术体系. 中国现代农业产业可持续发展战略研究 谷子糜子分册. 北京:中国农业出版社,2018
- [5] Diao X M, Jia G Q. Foxtail millet germplasm and inheritance of morphological characteristics. *Genetics and Genomics of Setaria*, 2017, 19: 73-92
- [6] Diao X M, Jia G Q. Foxtail millet breeding in China. *Genetics and Genomics of Setaria*, 2017, 19: 93-114
- [7] 陈家驹,王雅儒,王升文,吴舒致,王尧琴. 抗倒伏谷子种质“六十日”及其衍生系统的应用. 作物品种资源,1984(3): 30-32
- [8] 陈瑛,卫天业. 晋谷21号的选育及推广前景. 山西农业科学,1992(12): 2
- [9] 崔文生,马洪锡,张德勇. 谷子雄性不育系“蒜系28”的选育与利用. 中国农业科学,1979,12(1): 43-46
- [10] 王天宇,杜瑞恒,陈洪斌,亨利达门西,阿兰弗郎夷. 应用抗除草剂基因型谷子实行两系法杂种优势利用的新途径. 中国农业科学,1996,29(4): 96-96
- [11] 刁现民,程汝宏. 十五年区试数据分析展示谷子糜子育种现状. 中国农业科学,2017,50(23): 4469-4474
- [12] 闫宏山,刘金荣,王素英,路志国,刘海平,蒋自可,宋中强,王淑君. 谷子新品种豫谷18的选育. 作物杂志,2012(3): 147-148
- [13] Diao X M. Production and genetic improvement of minor cereals in China. *The Crop Journal*, 2017, 5(2): 103-104
- [14] Diao X M, Schnable J C, Bennetzen J L, Li J Y. Initiation of *Setaria* as a model plant. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 2014, 1(1): 16-20
- [15] 李荣德,程汝宏,陈应志,孙海艳,史梦雅. 谷子品种登记实施进展与建议. 种子,2019,38(8): 150-153, 158

(收稿日期: 2022-03-01)

#### 简讯

### 国家耐盐碱水稻技术创新中心在三亚挂牌

2022年3月16日,国家耐盐碱水稻技术创新中心在三亚挂牌。这是我国农业领域首批启动建设的国家级技术创新中心之一,致力于推动提升我国粮食科技创新和盐碱地生态修复能力,为我国突破“藏粮于地”空间、拓展“藏粮于技”储备开辟新路径。

国家耐盐碱水稻技术创新中心由湖南杂交水稻研究中心牵头,联合海南大学、三亚市南繁科学技术研究院、青岛海水稻研究发展中心等单位共建。这是一个涉及多区域、多领域、多学科统筹推进和任务协同科技创新重要平台,也是各省市争相布局的科技创新重要载体。

结合海南育种的优势条件,针对我国盐碱地分布广、类型多样,研究优势单位、平台和人才队伍分散、难以集中的特点,国家耐盐碱水稻技术创新中心将以“总部、研究中心、区域分中心和试验站/基地”的模式进行建设,通过最大范围实现全国优势力量相对集中,对接各地方政府支持,充分调动人力、物力、平台协同攻关建设好这一重大工程,为推动我国耐盐碱水稻创新发展贡献力量。(来源:海南日报)