

作物种质资源库、保护体系与种业振兴

卢新雄 辛霞 尹广鹑 张金梅 何娟娟

(中国农业科学院作物科学研究所,北京 100081)

摘要:作物种质资源是种业振兴的源头与源泉,是保障国家粮食安全和生态安全的战略性资源。随着《种业振兴行动方案》发布与实施,种源安全提升到关系国家安全的战略高度。通过对种质资源库和保护体系的功能作用进行系统阐述,指出目前我国作物种质资源工作比以往任何时候更显重要,我国作物种质资源保护与利用进入了一个机遇与挑战并存的新时代。能否为我国种业振兴提供源源不断的“芯片”,关键一环是要建好种质资源库,发挥好种质资源保护体系的核心作用。

关键词:种质资源库;保护体系;种业振兴

随着《国务院办公厅关于加强农业种质资源保护与利用的意见》(国办发〔2019〕56号)的实施,2020年中央工作经济会议“加强种质资源保护和利用,加强种子库建设,立志打一场种业翻身仗”的重点任务部署,2021年中央一号文件《中共中央、国务院关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见》发布,作物种质资源库建设和种质资源保护工作进入了新的发展阶段。本文就种质资源库圃设施的建设、保护体系的功能及对种业发展的支撑作用做一阐述,并就我国如何加强种质资源保护工作,进一步提升对种业振兴的支撑作用提出建议。

1 作物种质资源库

作物种质资源库主要包括低温种质库、种质圃、试管苗库、超低温库和DNA库。低温种质库是专门保存各农作物及其近缘野生植物种质资源的保存设施,简称种质库。低温种质库又分为长期库、中期库和复份库。长期库保存资源一般不动用,主要供给中期库作为资源繁种的种源和国家紧急征用的用种等,种质保存寿命一般在20年以上。中期库保存资源主要用于鉴定评价和分发利用,保存寿命一般在10年以上。复份库主要承担长期库资源的备份保存,以防止因水灾、火灾、地震等不可抗力原因造成资源的完全丧失,保存条件一般同长期库。种质圃是以植株、块根、块茎、鳞茎等为保存载体,是无性繁殖、多年生、顽拗性种子等作物种质资源的野外田间保存设施。试管苗库是以试管苗/培养物为保

存载体,是薯类、香蕉、草莓等无性繁殖作物种质资源的保存设施。超低温库是以茎尖、休眠芽、花粉、胚等为保存载体,是无性繁殖等作物种质资源的保存设施。试管苗库和超低温库统称为离体种质库。离体种质试管苗保存属于中期保存,离体种质超低温库保存属于长期保存。DNA库是以DNA为保存载体,是珍稀、特异、濒危和野生等资源DNA的保存设施。

资源的妥善保存是资源有效利用的前提,现代化种质库是实现资源持久保存的根本保证。现代种质资源库发展特性:(1)国家种质库的大容量和体系化,以期大量收集占有资源和可持续利用创造条件。美国、中国、印度、日本、韩国等国家均建设有一个综合性的国家长期库,承载着各国作物种质资源长期战略保存、技术研发、信息管理、国际交流及其科普宣传等功能,是集低温种质库、试管苗库、超低温库、DNA库为一体的大容量现代化保存设施。美国、印度国家种质库保存容量分别为150万份、100万份,日本、韩国均为50万份,我国国家种质库新库保存容量为150万份。(2)中期库是作物种质鉴定评价、种质创新和共享利用的平台。其设施除低温中期库外,还包括资源分类鉴定、性状记载、特性评价、信息管理、供种分发等室内设施,以及田间繁种、田间鉴定评价、田间展示等设施。以承担某一类或某一生态区域作物及其近缘野生植物种质资源收集引进、鉴定评价、整理编目、中期保存、繁殖更新、田间展示、分发利用以及种质创新等功能,部分中期库还建有隔离检疫设施。在国际农

业研究磋商组织(CGIAR)的11个涉及作物遗传改良的农业中心,都建设中期库设施并合计收集74万余份种质^[1],实践也证明了其保存资源对作物改良项目的成功起到了决定性作用。如国际水稻研究所培育IR36就是成功例子之一,1982年IR36在亚洲地区种植面积达到1100万hm²,成为历史上全世界种植最广泛的水稻品种,其原始亲本材料有1份是从IRRI种质库保存材料中筛选出来的水稻野生近缘种——一年生尼瓦拉野生稻(*Oryza nivara*),该份材料可抗草矮缩病,利用该种质材料解决了20世纪70年代以来东南亚各国水稻品种广受草丛矮缩病危害的问题^[2]。(3)种质圃是无性繁殖作物种质资源长期保存设施,也是其田间鉴定评价、种质创新和共享利用的条件平台。种质圃建设以综合性的种质资源圃为主,保存对象是该生态区域环境条件相似的所有无性繁殖作物。(4)建设试管苗和超低温库,离体保存珍稀濒危资源,并承担种质圃中重要的珍稀资源的备份保存。(5)库圃施工工艺指标日趋规范,操作管理实现智能化和信息化。FAO制定的最新种质库标准^[3],低温种质库种子干燥处理条件为5~20℃和RH10%~25%,贮藏条件为-18±3℃和RH15%±3%。自动化的立体仓库应用于日本和韩国国家种质库,实现种质出入库存取和定位管理的自动化,即不用通过人进出冷库来存取种子。(6)对于野生物种资源,除在原生境保护点保存外,也收集保存在种质圃、离体库或低温库中,采取何种保存方式取决于物种生物学特性。

2 美国种质资源保护体系及对种业的支撑作用

100多年来,美国农作物种业长期处于世界领先地位,很重要的原因是建立起了一个稳定、可持续发展的种质资源保护体系,对美国农作物种业发展起到了重要支撑作用。

2.1 重视种质资源库建设,建立了以政府为主导的种质资源保护体系 美国国家植物种质资源体系(NPGS,national plant germplasm system),虽然称为植物种质资源,但大部分是作物类的种质资源,通常也称美国作物种质资源保护体系^[4]。该体系可追溯到1862年美国植物引进和育种计划项目,之后逐步演变成现在的NPGS。20世纪40年代,美国的4个区域引种站利用空调技术建造冷库,用于保存种子

类种质资源,由此诞生了低温种质资源库,开启了规模化集中保存种质资源的实践,以便育种家随时提取材料。1958年美国在科罗拉多州的柯林斯堡建成了世界上第一座国家级种质库,开启了种质资源的长期战略保存,1992年重新扩建,保存容量扩增到100万份。1980年在美国俄勒冈州的科瓦利斯(Corvallis)建设了世界上第一个专门用于保存果树种质资源的国家级种质圃。

至2020年底,该保护体系共有29个保存机构,其中21个为联邦政府全额拨款的保护单位与资源管理单位,收集保存各类植物种质资源60万余份。第1类保存机构是种子类资源单位10个,包括4个国家区域引种站和6个特定作物的种质收集保存单位。区域引种站是依据1946年美国颁布的“研究与市场法案”建立的,负责各类作物种质资源引进、繁殖、鉴定、分发与中期保存,并开展相关技术和科学研究,从资源和技术上服务于该区域的农业科技创新。特定作物保存单位包括小粒禾谷类、棉花、水稻、玉米、马铃薯、大豆等作物,负责从事相应作物种质资源的收集整理、编目保存、鉴定评价和繁殖分发等工作。第2类是国家种质资源圃8个,均属于区域性综合种质资源圃,负责适合于该区域生态条件的各类果树作物种质资源的保存。第3类是负责全美资源引进、检疫、长期保存和信息管理的机构。包括:(1)国家种质资源实验室(NGRL)。该实验室主要负责制定并组织实施种质资源考察引进计划,以及全国种质资源信息网络(GRIN)的建设、管理和维护。(2)国家遗传资源保存实验室(NLGRP)。该实验室主要负责种质资源的长期备份保存,但不负责对外分发种质。NLGRP保存的植物种质资源不仅有改良品种、近缘物种,还有稀有和濒危物种;不仅有种子,也包括在种质圃或自然保护区保存的无性繁殖材料。(3)国家植物种质检验中心(NPGQC)。该中心隶属美国农业部动植物检验检疫局(APHIS),专门负责引进种质资源的检疫检测,同时负责对一些具有重要价值的植物材料的检疫检验。这些植物材料有助于育种和研究,但在大多数情况下不许进入美国境内,引进这些植物材料必须事先通过检验检疫,并获得美国农业部许可。

NPGS由美国农业部农业研究服务局(USDA-ARS)负责综合协调和统筹管理。主要职责:一是获

取种质资源,包括开展种质资源调查,通过野外采集、引进收集和最初繁殖等,丰富国家植物种质资源的多样性;二是保存种质资源,包括种质的维护、保存、检测和复壮等;三是评价种质资源,包括种质的性状测定、统计、描述和评价等;四是种质资源编目,包括对种质材料进行分类、编号和入库目录描述等;五是分发种质资源,包括种质的申请、发放和交换等。

2.2 致力于从国外收集引进种质资源,拓宽种源的遗传基础 美国农业发展史就是种质资源引进史。所有引进的作物种质资源都需先在4个区域引种站试种,观察其田间农艺性状表现,确定适合在哪个生态区域种植。美国NPGS体系中,国外引进资源占到80%。目前美国政府依然在大力支持国外考察引进项目,主要通过项目资助形式,如建设种质库、濒危资源联合拯救或抢救收集、生态植被恢复、向其他国家提供资源备份保存等。美国NPGS体系每年新收集资源仍以1万份数量在递增,主要是与非洲等不发达国家合作进行资源考察收集获得的。

引进资源发挥作用的典型例子:20世纪50年代,美国14个州大面积发生大豆孢囊线虫病,大豆生产几乎面临绝收,美国科学家将中国“北京小黑豆”的抗病基因转育到当地栽培大豆中,育成了新的高产抗病品种,成功拯救了美国的大豆产业。美国孟山都公司从收集自我国的一份野生大豆资源中发掘出高产QTL,并将与此相关的64项内容在101个国家申请了专利保护,从而以此制约他国,维护其市场竞争力,这即是所谓“种中国大豆,侵美国权”的缘由。

2.3 建立了稳定、灵活、开放的保护体系,源源不断为种业提供种源 美国种业一直能处于世界领先地位,很重要的原因之一是建立了以政府主导、公益性为主的保护与共享利用体系。每年对外提供植物种质大约25万份次,为种子企业等机构源源不断输送各种各样有特色的优异种质。该体系运转方式:政府研究机构主要负责种质资源收集、评价鉴定、编目分发和保存。科学家进行各种项目的研究活动,而其他政府雇员则从事技术和后勤支持服务;政府研究机构的经费由联邦政府拨款,而州政府则提供土地及研究办公用房。私营企业则负责选择项目,致力于把优异种质培育成优良杂交种或品种,或把有

益基因转移到产品中,以产品方式卖给农民或使用。1990年国会授权成立国家遗传资源计划,以后每五年制定一次“五年行动计划”。在种质资源方面,美国实施了两大国家计划,一是在植物领域实施“国家301计划”,另一个是在动物领域实施“国家101计划”。现执行“2018-2022行动计划”,包括4个子计划项目,其中一个子项目为“植物、微生物遗传资源与信息管理系统(Plant and Microbial Genetic Resource and Information Management)”,专门为NPGR体系设计并由该体系负责实施。

保护体系首要目标是收集并保存好资源,另一重要目标是解决单个机构、单个企业无法完成或完成不好的事,解决遗传背景狭窄问题,增强生物多样性,夯实创新基础。例如:NPGS每年都拿出经费支持联邦政府非全额经费的资源保存单位,从事资源保护工作。番茄遗传资源中心(Tomato Genetics Resource Center, Davis, CA),属于戴维斯的加利福尼亚大学,2018年NPGS对该中心经费支持是2万美元(财政经费好时达到10万美元),以支持该中心从事保存番茄野生亲缘、单基因突变体和混杂遗传材料,以及从事种质创新,即把野生资源优异性状转移到常规品种中来,其收集野生种涉及13个物种,是世界上番茄野生资源最多的机构。该中心从事种质创新,不做育种,经费主要来自企业的资助。同时每年NPGS拿出经费支持玉米种质创新项目,即The Germplasm Enhancement of Maize (GEM) Project,该项目组织协调单位是USDA-ARS,其他经费主要还是来自美国种子企业。该项目参与成员单位中共有29家美国私营机构、21家美国公共机构、9家国际私营机构、5家国际公共机构以及1家非政府组织,中国农业科学院作为国际公共机构参加了该计划。该项计划的目的是拓宽玉米种质的遗传多样性,夯实玉米品种改良的物质基础,其计划实施对美国玉米种业长期以来处于的霸主地位起到了十分重要的支撑作用。

3 我国种质资源保护体系现状及其展望

20世纪80-90年代,我国相继在北京建成国家长期库1座、在青海建成国家复份库1座,在中国农业科学院专业作物研究所建设10座特定作物中期库,并在全国各地建设32个无性繁殖作物和多年生野生近缘植物种质圃^[5]。至2020年底,种质圃增加

到 43 个,建立了以国家作物种质库为核心,以中期库、种质圃、离体库为支撑的国家作物种质资源保护体系,资源保存总量达 52 万余份,涵盖物种数 2200 余个,其中国家作物种质库 45.1 万份,43 个种质圃保存资源 6.97 万份。2016–2020 年 5 年间累计向全国 5600 多家育种、科研、教学和生产单位,分发供种种质资源 60 万余份次。支撑水稻、小麦、玉米、大豆等作物新品种培育 860 余个,对我国口粮安全起到重要支撑作用。支撑或服务于各类产业体系、科技计划项目/课题 2500 余个,支撑国家科技进步奖 13 项,省部级奖 77 项。支撑育成新品种 326 个,重要论文 260 余篇,著作 90 余部。同时,库圃保存资源也在乡村振兴、地方产业发展、环境治理、美丽乡村建设和科普教育等方面发挥着重要作用。

习近平总书记 2021 年 7 月 9 日主持召开中央全面深化改革委员会第二十次会议,审议通过《种业振兴行动方案》,将种源安全提升到关系国家安全的战略高度,实现种业科技自立自强、种源自主可控。因此,中国作物种质资源保护与利用进入一个机遇与挑战并存的新时代。种质资源(种源)是种业芯片,能否为我国种业发展源源不断提供有所需的芯片,关键是要建好和管理好种质资源库,发挥好保护体系的核心作用。

3.1 统筹规划布局库圃设施的建设,打牢种业振兴的种质资源条件平台 在“十三五”期间,农业农村部依据《全国农作物种质资源保护与利用中长期发展规划(2015—2030 年)》,批准新建一批库圃设施,加上现有的 55 个库圃设施,基本形成布局合理、分工明确,集长期库、复份库、中期库、离体库、种质圃为一体的作物种质资源保存设施体系,为各类资源的入库圃安全保存提供了设施保障。但各省在设施布局方面较为薄弱,鉴于种质库建设一次性投入较大,且今后需大量人力和物力来维护运行,因此各地在投资建设种质库时,首先应摸清资源拥有量的家底,合理布局库圃设施建设规划。各省至多建设一座作物类综合性种质库和若干个种质圃,承担全省各类资源收集保存、鉴定评价与分发利用工作,同时依托该种质库的单位,挂牌设立省级种质资源保护与利用中心,负责牵头协调各省(自治区、直辖市)作物种质资源工作,为政府提供决策,并在业务上接受农业农村部种质资源保护与利用中心指导。省级

种质库应定位于中期库性质,成为各省作物种质资源保护、鉴定评价、种质创新、优异种质展示的条件平台,成为各省作物育种、农业科技创新和种业振兴的支撑平台。

3.2 建立以政府为主导的高效保护与共享体系,为种业振兴提供源头保障 国务院办公厅《关于加强农业种质资源保护与利用的意见》的实施,明确指出我国种质资源保护体系是建设以政府为主导的原则,实施国家和省级两级管理。为此,在确认国家和省级种质资源保护单位基础上,建立和完善以政府为主导、多元参与的国家和省级作物种质资源保护和利用体系,构建国家统筹、分级负责、有机衔接的保护和利用机制。重点是建立起一种新运行机制,即一方面要建立能不断拓展种源基础的资源考察收集和国外优异资源引进合作机制,如对国内资源多样性富集区和科研单位育种家优异亲本材料的定期考察收集,以及研究加入《粮食和农业植物遗传资源国际条约》,建立起互惠互利的种质资源国际交流与合作机制等。另一方面要对创新的优异种质进行赋权,以体现创造者的权益,以解决种质创新原动力不足、育种家手中优异资源难于共享与利用等问题,即建立起能面向种业需求,源源不断向种业提供突破性新种质的运行机制,为我国种业振兴提供源头保障。

3.3 构建种质资源工作合理评价体系,稳定种业振兴的种质资源队伍 种质资源收集、鉴定评价、保存工作是一项基础性、长期性、稳定性、合作性的公益性事业。目前尚未建立专门针对从事种质资源基础性工作人员从业人员的考核和绩效评价机制,以 SCI 论文和获奖成果为导向的评价机制,致使种质资源工作队伍不稳定,吸引和稳定年轻人才十分困难,研究工作缺乏系统性和连续性。建立科学合理的种质资源考核评价机制已迫在眉睫,建议设立岗位科学家负责制,使种质资源走上稳定的发展轨道,让资源工作者潜心从事资源收集保存与鉴定评价,筛选与发掘种业所需种源,以支撑我国种业的振兴发展。

参考文献

- [1] FAO. Report on the state of the world's plants genetic resources. International Technical Conference on Plant genetic Resources,

皖苏种业发展对河南种业的借鉴探讨

李继军

(河南技丰种业集团有限公司, 郑州 450000)

摘要:中国是农业大国,粮食安全是中国人底线思维中最重要底线。种业是具有国家基础及战略意义的核心产业,没有强大的种业,中国人就不可能端牢自己的饭碗。在此背景下,豫、皖、苏3省种子骨干企业在3省种子协会的组织下,进行了深度的探讨与经验交流。通过对皖苏种企的实地考察、深度沟通交流,借鉴世界种企的发展轨迹和思路,结合河南种业实际情况,给出了河南种业发展的6点建议,供大家探讨与思考。

关键词:粮食安全;种质资源;生物育种;种企;发展

为加强豫、皖、苏 3 省种子企业全方位、多领域合作,本着“资源共享、优势互补、协同创新”的原则,2021 年 4 月 22-24 日,豫、皖、苏 3 省种子骨干企业在 3 省种子协会的组织下,进行了深度的探讨与经验交流。感触很深,收获很大,现将皖苏两省部分骨干种业企业发展情况进行分析,以期对河南种业发展有一定的借鉴意义。

1 中国种业到了解决“卡脖子”和打响翻身仗的关键时刻

中国是农业大国,粮食安全至关重要。种业是具有国家基础及战略意义的核心产业,没有强大的种业,中国人就不可能端牢自己的饭碗。但我国种子行业的科技含量与发达国家相比差距较大;而且,在种质资源上,中国部分农产品也需要大量进口外国种子,被外国“卡着脖子”。主粮方面,中国的水稻和小麦种子的国产化率都比较高,玉米次之;但一些蔬菜,如番茄、洋葱、茄子、胡萝卜、辣椒、西蓝花的种子高度依赖进口;作为“准主粮”的玉米和马铃薯的种子也在相当程度上依赖国外^[1-2]。

安信证券在 2020 年 12 月 19 日的行业快报中提到,我国常年为种子净进口国,中国种子贸易协会

数据显示,2019 年我国种子进口量 6.60 万 t,出口量 2.51 万 t,进口额 4.35 亿美元,出口额 2.11 亿美元,进出口赤字约为 2.24 亿美元^[3]。

1.1 国家高度重视,落实“藏粮于地,藏粮于技”战

略 2020年12月16-18日,中央经济工作会议在北京举行。“解决好种子和耕地问题”成为2021年中国经济八大重点任务之一。会议明确提出,2021年要解决好种子问题,打一场种业翻身仗。回顾党的十八大以来,在中央经济工作会议层面提到解决种子问题,还是首次。2020年12月28-29日,中央农村工作会议提出,要牢牢把住粮食安全主动权,粮食生产年年要抓紧,要坚持农业科技自立自强。保障粮食安全关键在于落实“藏粮于地、藏粮于技”战略,这首先就要解决好耕地问题。2021年中央一号文件提出加强农业种质资源保护开发利用,打好种业翻身仗;2021年政府工作报告中指出:保障粮食安全的要害是种子和耕地,要加强种质资源保护利用和优良品种选育推广。2021年7月9日,在中央全面深化改革委员会第二十次会议上审议《种业振兴行动方案》时,习近平主席强调:农业现代化,种子是基础,必须把民族种业搞上去,把种源安全提升

Leipzig, Germany, 1996

[2] Plucknett D L, Smith N J H, Williams J T, Anishetty N M. Gene banks and the world's food. New Jersey : Princeton University Press, 1987

[3] FAO. Genebank standards for plant genetic resources for food and agriculture. Rome : FAO, 2014

[4] Byrne P F, Volk G M, Gardner C, Gore M A, Simon P W, Smith S.

Sustaining the future of plant breeding : the critical role of the USDA-ARS National Plant Germplasm System. *Crop Science*, 2018, 58 (2): 451-468

[5] 卢新雄,辛霞,刘旭.作物种质资源安全保存原理与技术.北京:科学出版社,2019

(收稿日期: 2021-09-13)