

黑龙江玉米种质资源收集保存与创新利用研究进展

马延华, 孙德全, 李绥艳, 林红, 潘丽艳, 李东林,
范金生, 吴建忠, 杨国伟

(黑龙江省农业科学院草业研究所, 哈尔滨 150086)

摘要: 玉米种质资源是保障玉米产业高质量发展的战略性资源, 是玉米科技原始创新和新品种选育的物质基础。玉米种质资源研究对推动玉米种业创新和玉米产业可持续发展具有十分重要的价值和意义。黑龙江地处中国最北部, 独特的高纬度、高寒气候和地理条件孕育了丰富的寒带早熟玉米种质资源。本文对黑龙江省在玉米种质资源收集、保存、评价、基因挖掘及创新利用等方面的研究进展进行系统阐述, 对黑龙江省玉米种质资源研究存在的问题和未来的发展方向进行探讨和展望, 为黑龙江玉米种质资源的有效利用和产业发展提供参考。

关键词: 玉米; 种质资源; 收集保存; 创新利用; 黑龙江

中图分类号: S513.024

文献标识码: A

Research Progress on the Collection, Reservation, Innovation and Application of Maize Germplasm Resources in Heilongjiang Province

MA Yan-hua, SUN De-quan, LI Sui-yan, LIN Hong, PAN Li-yan, LI Dong-lin,
FAN Jin-sheng, WU Jian-zhong, YANG Guo-wei

(Institute of Pratacultural Sciences, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: Maize germplasm resources serve as strategic resources to ensure the high-quality development of the maize industry, and provide the material foundation for the original innovation and variety breeding of maize. Research on maize germplasm resources is of great value and significance in promoting innovation in the maize seed industry and sustainable development of the maize industry. Heilongjiang Province lies in the northernmost part of China, unique high latitude, cold climate, and geographical conditions have bred rich germplasm resources of early maturing maize in the cold zone. This article systematically analyzed and evaluated the research progress in the collection, preservation, evaluation, gene discovery, innovative utilization of maize germplasm resources in Heilongjiang Province. And the existing problems and future development directions of maize germplasm resources research in Heilongjiang Province were discussed and forecasted, aiming to provide a reference for the effective utilization and industrial development of maize germplasm resources in Heilongjiang Province.

Key words: Maize; Germplasm resource; Collection and preservation; Innovation and application; Heilongjiang province

玉米种质资源是选育优良品种的物质基础。玉米种质资源的收集、保存、评价以及新种质的创新利

用, 对提高我国玉米产量、保障国家粮食安全、维持玉米产业健康可持续发展有着重要的意义。黑龙江省是我国位置最北、最东和纬度最高的省份。全省幅员辽阔, 地貌区域性差异大, 生态环境复杂多样, 玉米资源遗传多样性丰富。独特的自然和生态条件也造就了黑龙江玉米种质资源所特有的早熟和耐寒的突出特点与明显优势。一些地方种质资源的有效利用对于拓宽玉米遗传基础, 促进玉米品种更新换代发挥了重要作用。利用地方品种选育的甸骨11A、合344、K10等玉米自交系分别在黑龙江玉米

录用日期: 2024-05-08

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFD1200700)、黑龙江省农业科学院创新工程资助项目(CX23GG01)、黑龙江省重点研发计划项目(2022ZX02B01)

作者简介: 马延华(1977-), 男, 黑龙江宾县人, 博士, 研究员, 从事玉米遗传育种研究。E-mail: mayanhua1234@163.com

孙德全为本文通信作者。

E-mail: sundequan0451@163.com

生产中的不同时期起到至关重要的作用,取得了显著的经济效益和社会效益^[1-3]。因此,系统梳理黑龙江玉米种质资源收集、保存、鉴定、评价及创新利用工作的进展情况,针对玉米种质资源工作存在问题进行分析,对于促进玉米科技创新和保障种源自主可控以及推动黑龙江玉米产业跨越式发展均具有重要意义。

1 黑龙江玉米种质资源收集与保存现状

1.1 黑龙江玉米种质资源收集状况

新中国成立以来,国家对农作物种质资源工作高度重视。按照国家有关部门对收集、保护农作物地方品种资源的指示精神,黑龙江于1955-1957年进行了首次大规模的玉米品种资源普查和收集工作。全省农业科研单位共收集玉米农家品种929份,经整理归并保留333份,引入省外材料31份,国外材料44份^[4]。第二次大范围玉米品种资源调查与收集工作于1979-1983年进行,共收集玉米农家品种442份,收集和引进省内外玉米自交系248份。通过这两次全省性玉米种质资源的收集工作,使玉米地方种质资源得到了有效保护。

1983年,黑龙江省农业科学院玉米种质资源团队参加了全国玉米品种资源攻关协作组,在整理、鉴定和研究的基础上,先后有719份种质资源分三集入编《全国玉米资源目录》,其中,第一集录入黑龙江地方品种210份,自交系11份^[5];第二集录入黑龙江地方品种130份,自交系53份^[6];第三集录入黑龙江地方品种62份,自交系253份^[7],为玉米种质资源的进一步研究与利用提供了参考依据。

在2020-2022年的黑龙江第三次全国农作物种质资源普查与收集行动中,共收集玉米地方品种227份,抢救性收集了“集福红火玉米”“桦南黄金米”等一批优异、珍稀、特色玉米资源,挖掘了一批可推广利用的优异玉米资源。

黑龙江省农业科学院玉米种质资源科研团队通过与中国农业科学院作物科学研究所合作,先后承担了国家科技基础平台专项、农业农村部农作物种质资源保护与利用项目、国家重点研发计划项目“玉米种质资源精准鉴定”等项目,累计向国家库上交玉米资源909份。同时,在黑龙江省科技攻关计划项目及种业创新发展项目的支持下,共收集玉米种质资源7000余份。

通过上述种质资源的收集工作,丰富了黑龙江玉米的种质资源库,为黑龙江玉米种质资源的研究

与利用奠定了一定的物质基础。

1.2 黑龙江玉米种质资源保存状况

种质资源的保存是持续有效利用的前提和基础。黑龙江省农业科学院于1982年在哈尔滨建设了我国东北地区第一个农作物种质资源库,是全国较早建立的省级种质资源保存中期库之一。通过收集农家种、征集育种家培育的新品种和创造的特异材料,共整理保存各类作物种质资源1万余份,其中包括玉米农家品种775份。

2006年,由黑龙江省政府投资在黑龙江省农业科学院草业研究所建成了“黑龙江寒带植物基因资源研究中心”。该种质资源保存库总面积540 m²,包括长期库1个、中期库2个、临时库5个,种质资源保存和研究能力均得到较大提升。该中心保存农作物种质资源15000余份,其中包括玉米种质资源3000余份。

2020年由国家投资进行了黑龙江省寒地作物种质资源库的改扩建,使中期库的数量达到7个,短期库达到2个,种质资源保存容量从8万份提升到20万份,保存能力大大提升。2022年黑龙江省农业科学院草业研究所寒地作物种质资源库被农业农村部确定为“国家寒地作物及大豆种质资源中期库(哈尔滨)”。截至2023年12月31日,该资源库共保存各类农作物种质资源52376份,其中玉米种质资源12463份,为黑龙江省乃至国家的农作物种质创新提供了重要资源基础。

2 黑龙江玉米种质资源的鉴定评价与优异基因挖掘研究进展

多年来,黑龙江省各科研单位对玉米种质资源开展了广泛的整理、鉴定和评价工作。黑龙江省农业科学院在玉米种质资源农艺性状、抗病和抗逆等方面做了大量的研究工作,取得了许多重要的成果。

2.1 玉米种质资源主要农艺性状鉴定

黑龙江省农业科学院玉米种质资源科研团队对收集保存的玉米种质资源均按国家农作物种质资源平台发布的“玉米种质资源描述规范和数据标准”^[8]开展主要农艺性状的鉴定,筛选出495份特异玉米种质资源,编入黑龙江寒地作物种质资源数据信息管理系统。该系统涵盖每份种质资源主要农艺性状的详实数据和照片信息,发布在单位公共网站上,供科研人员查询,为实现玉米种质资源的进一步共享提供了必要的服务基础。马延华等对来自黑龙江省农业科学院作物种质资源保存库的152份玉米地方品种的12个农艺性状进行鉴定,表明黑龙江玉米地

方品种具有丰富的表型多样性,供试品种可划分为6个类群,其中第V类群综合性状最好,适合作为高产玉米品种选育的基础材料,同时筛选出20份表现优异的地方品种,可为玉米种质的创新利用提供重要资源^[9]。农艺性状鉴定的开展为玉米种质资源的基因挖掘与遗传改良提供了表型数据,进而提高了种质资源的利用效率。

2.2 玉米种质资源抗病性鉴定与评价

大斑病和丝黑穗病是黑龙江玉米区的主要病害,每年均有不同程度发生^[10]。生产实践表明,开展玉米种质资源抗病性鉴定与挖掘,进而培育抗病新品种是提高抗病性最经济、最有效的途径。张丽薇等对黑龙江省农业科学院作物种质资源保存库的1080份玉米种质资源进行大斑病的人工接种鉴定,筛选出吉63、矮英31、Mo17、双7共4份高抗大斑病种质资源^[11]。浦子钢等对来自黑龙江省西部半干旱区的2649份玉米种质资源进行大斑病的抗性鉴定,筛选出08KB09、08KB17、08KB19等高抗大斑病自交系30份^[12]。吴丽丽采用人工接菌方法对350份黑龙江省常用的玉米自交系进行大斑病抗性评价,筛选出48份高抗大斑病自交系^[13]。王振华等采用人工接种方法对54份黑龙江常用玉米自交系进行丝黑穗病抗性鉴定,筛选出吉846、齐319、SH15、齐318共4份高抗系^[14]。左淑珍等对黑龙江生产上常用的72份玉米自交系进行了丝黑穗病的抗性鉴定,筛选出吉846、齐319、4F1等高抗系18份^[15]。吴丽丽采用人工接种方法对63份玉米自交系进行抗丝黑穗病鉴定,筛选出A24、A30、A43高抗系3份^[16]。鉴定试验表明,黑龙江省多数玉米种质感大斑病,抗丝黑穗病玉米种质资源数量相对较少,筛选鉴定出的抗病种质为抗性育种提供了宝贵的种质资源。

2.3 玉米种质资源抗逆性鉴定与评价

开展玉米非生物逆境抗性资源筛选,对于培育抗逆品种具有重要意义^[17]。目前,黑龙江玉米种质资源的非生物逆境抗性鉴定主要集中在冷害和盐碱害等方面。龚文娟等对从黑龙江省内收集的80份玉米种质资源进行了萌发阶段的耐冷性鉴定,从中筛选出38份耐冷材料^[18]。龚文娟等对黑龙江常用玉米种质资源进行了耐冷性鉴定,其中,芽期鉴定284份材料,筛选出海玉3号、Co158、凤黄70等26份耐冷性强的材料;苗期鉴定740份材料,筛选出耐冷材料66份,其中,耐冷性强的材料有W153r、小金153、单891、BUP44、长3、红玉米等^[19]。扈光辉以60份玉米自交系为材料,采用恒温光照培养箱开展耐冷出苗筛选,鉴定出2001-F32、FR1454、HR295、LINE

KIN060、KN3耐冷系5份^[20]。马延华对来自黑龙江省农业科学院作物种质资源保存库的276份玉米自交系进行耐冷性评价,结果表明,PFM32、吉4112、ZYM237、EY20、ZYM264等共计50份自交系表现为极强的萌发期耐冷性;T123、HR10、HB14、KLM17、ZYM249、ZYM264共6份自交系表现为极强的芽期耐冷性;PFM32、ZYM249、HR10、吉818、龙系53、H050、意牛、扎917、宾自901共9份自交系表现为极强的苗期耐冷性^[21]。段雅娟根据芽苗期综合耐冷性指数值从来自黑龙江省农业科学院玉米研究所的265份玉米自交系中筛选出高度耐冷材料9份^[22]。曹士亮等以279份玉米自交系为试验材料进行萌发期耐冷性鉴定,筛选出FS1、FS102、FS122等耐冷性强的材料30份^[23]。针对玉米不同发育时期的耐冷性鉴定研究,为开展玉米耐冷性遗传分析及选育耐冷品种提供了重要参考依据。

作物耐盐碱性是近年来备受关注的重点性状之一。付艳等采用250 mmol/L的NaCl对96份玉米自交系进行胁迫处理,鉴定出A069、F564/711、oh45/O2和黑玉米共8份苗期高耐盐种质^[24]。崔美燕采用浓度为25 mmol/L的Na₂CO₃溶液对101份玉米骨干自交系进行胁迫处理,通过苗情、株高变化率、鲜重变化率、干重变化率和含水量变化率等指标的分析表明,高度耐碱自交系所占比例为16.83%~17.82%,耐碱自交系所占比例为61.39%~68.32%^[25]。杨晓杰等通过模拟黑龙江省西部地区苏打盐碱地的特点,对118份玉米自交系进行混合盐胁迫处理,筛选出DL、A71、PHB1M、A92和WM33共5份强耐盐自交系^[26]。王明泉等通过水培实验,对来自黑龙江省农业科学院玉米研究所的242份玉米自交系进行胁迫处理,筛选出B红-2和B46等12份苗期强耐盐型自交系^[27]。研究筛选得到的各类型玉米种质资源为玉米耐盐机理研究、耐盐基因定位以及耐盐玉米新品种培育提供了可靠的材料。

2.4 玉米优异基因资源挖掘

黑龙江玉米种质资源表型丰富的遗传多样性,为复杂性状基因挖掘、等位基因鉴定与关联分析提供了材料基础,科研工作者在该方面研究取得了一系列进展。王欢对70份玉米自交系采用全基因组关联分析的方式,筛选到13个与萌发期耐冷性显著相关的SNP位点,能解释9.30%~25.97%的表型变异;检测到6个与芽期耐冷性显著相关的SNP位点,能解释5.66%~28.39%的表型变异^[28]。张建国利用296份玉米自然群体资源为材料,采用全基因组关联分析的方法,定位了23个与耐冷相关的SNP位

点,通过转录组测序技术发现了5个耐冷相关候选基因^[29]。Ma等从GEO数据库下载基因表达谱GSE72508,对低温和常温条件下筛选的差异表达基因进行功能和通路富集分析,共鉴定出451个差异表达基因,挖掘到2个参与玉米低温胁迫响应的关键基因,分别为*LOC100281989*和*eno1*^[30]。李钊利用30份黑龙江省常用玉米自交系为试验材料,采用转录组测序技术,通过玉米自交系苗期冻害胁迫响应基因及相关代谢通路的比较分析,挖掘出30个玉米抗冻候选基因^[31]。韩雨以黑龙江省骨干自交系合344为试验材料,通过转录组测序和代谢组学技术获得玉米幼苗根系盐碱胁迫的差异表达基因和代谢途径,筛选出响应盐碱胁迫的*bZIP*基因及*ZmPLDs*基因家族中15个基因,功能初步鉴定结果表明,*bZIP*和*ZmPLDs*基因能够调节玉米对逆境胁迫下的响应^[32]。王婧泽等以耐盐玉米自交系M-2为试验材料,利用cDNA-AFLP技术,分析玉米在不同浓度的盐胁迫诱导下的基因表达差异,根据qRT-PCR技术对差异片段验证的结果表明,*TDF3*和*TDF98*是玉米与耐盐性有关的基因^[33]。张今杰以自交系合344为试验材料,在NaCl 150 mmol/L条件下对玉米幼苗进行处理,通过对其生理指标、转录调控、膜脂重塑、基因表达分析发现,LPP和PAH亚族参与非生物胁迫响应,为培育耐盐新品种提供新的基因资源^[34]。上述研究成果为玉米的基础生物学研究、重要基因精细定位与功能分析以及分子遗传育种等提供了参考依据。

3 黑龙江玉米种质资源的创新与利用研究进展

种质资源的利用是资源保存的价值体现。黑龙江玉米种质资源的收集、整理和保存,为玉米育种家选育符合不同育种目标的玉米新品种奠定了材料基础。截至2023年底,黑龙江育种家利用收集品种和从国内外引进的资源材料,先后育成了1 100余个玉米新品种,对发展黑龙江不同时期的农业生产起到了重要作用。

20世纪50年代末期,从收集保存的种质资源中筛选出的小金黄、白头霜、金顶子等农艺性状相对优异的农家品种提供给生产应用。随后陆续利用大穗黄、牛尾黄等硬粒型农家种与加645、英粒子等马齿型农家品种杂交育成了“黑玉号”“合玉号”“克字号”等一批优良的品种间杂交种,对全省的粮食增产起到了一定的作用。20世纪60年代,在整理、鉴定农家品种的同时,选用优良农家种为基础材料育成了

“甸骨11A”“铁13”等一批农艺性状优良、配合力高的一环系。利用这批骨干一环系组配了“黑玉46”“黑玉71”“东农231”等一系列自交系间双交种应用于生产,使黑龙江的玉米产量得到了大幅度提升,也促进了全省玉米生产进入自交系间双交种阶段^[35]。20世纪70年代,直接利用外引杂交种或当地自交系与引进的优良系配制的杂交种为基础材料,育成了一批以“单891”“凤1B”等为代表的优良二环系,组配了嫩单1号、龙单1号、合玉9号等优良单交种。优良单交种的迅速普及推广,使当时黑龙江玉米的单产和总产都得到了巨大提升^[36]。20世纪80年代以来,针对低温冷害及大斑病、丝黑穗病的频繁发生,许多育种单位开展了耐低温、抗病自交系的改良工作,先后创制出合344、K10、龙抗11、东46、KL3、龙系53等一批具有影响力的优良自交系^[37]。黑龙江省农业科学院合江农科所用地方品种五常白头霜为母本、以外引自交系Mo17为父本杂交育成的自交系合344,因具有早熟、高产、抗病和配合力高等特点,得到黑龙江、吉林、内蒙古、河北等国内早熟玉米育种单位广泛利用。据统计,直接利用合344育成的玉米单交种有37个,其中,绥玉7、哲单37、龙育5、绿单2号等杂交种年推广面积均超过10万hm²。利用合344衍生系育成的品种则数以百计,有效地促进了我国早熟玉米育种水平的快速提高,为黑龙江乃至东北春玉米稳步持续增产提供了保障。针对高配合力一环系长3存在雌雄协调性差、易感大斑病的问题,黑龙江省农业科学院玉米研究所利用长3为母本、5003为父本组配基础材料,经回交改良育成的自交系K10具有早熟、高配合力、农艺性状优良等优点。据统计,黑龙江、吉林、内蒙古等多家育种单位以K10为亲本育成33个杂交种通过审定。这些品种普遍表现出早熟、高产、优质、适应性广等特点,在玉米生产上发挥出重要作用。其中,以龙单13最为突出,该品种自1994年推广以来,在适宜种植区域内年种植面积成倍增长,在黑龙江曾多次占据年种植面积第1位,累计推广面积超过667万hm²,2004年获得国家科技进步二等奖^[38]。目前,自交系K10、合344仍然是北方早熟春玉米育种的核心种质资源,为黑龙江玉米品种更新换代做出了重要贡献。

近年来,针对玉米种质遗传基础狭窄的问题,黑龙江玉米育种研究科技人员通过开展综合群体轮回选择、复合杂交、窄基因群体改良、辐射诱变等手段,结合单倍体育种、分子标记辅助选择等现代技术,创制了一系列优异玉米种质,丰富了早熟玉米种质的

遗传基础。黑龙江省农业科学院玉米研究所采用辐射诱变与常规育种技术相结合,选育出高配合力自交系706,组配的杂交种龙单16具有高产、优质、抗病等特点,自1998审定至2003年,累积推广面积100余万 hm^2 ,2004年获得黑龙江省科技进步一等奖。黑龙江省农业科学院绥化分院采取窄基因群体内混合授粉的方式选育优良自交系绥系601,组配的杂交种绥玉10具有高产、优质、抗逆性强、适应性广等特性,2006–2011年连续6年被确定为黑龙江省第二、三积温带主栽玉米品种,累计推广面积200万 hm^2 以上,2012年获得黑龙江省科技进步一等奖。东北农业大学利用外引热带早熟种质构建半外来群体,选育出脱水快、高淀粉、耐密玉米自交系东65003,组配的东农254具有早熟、高产、优质、适合机械化收获等特点。自2009年审定推广以来,连续10年在黑龙江第三积温带占主导地位,2017–2019年3年推广面积96.2万 hm^2 ,2020年获得黑龙江省科技进步一等奖。这些种质资源的创新利用对黑龙江玉米种质遗传基础的拓宽和育种研究的进步做出了重要贡献。

4 问题与展望

70年来,黑龙江玉米种质资源研究工作取得了长足的进步。玉米种质资源收集保存不够系统全面、缺乏深入精准的鉴定评价、重要基因发掘利用不够充分、地方种质资源保护不到位、共享利用率低等关键问题仍未得到有效解决。在一些领域与国际水平尚存在一定的差距。目前,国家对农作物种质资源研究的大力支持,为黑龙江玉米种质资源工作的发展带来了良好契机,玉米种质资源工作者针对玉米生产和基础研究中存在的问题联合攻关,推动黑龙江玉米产业的健康、快速发展。

4.1 加强玉米种质资源收集与保护,丰富种质资源的遗传多样性

截至目前,黑龙江已收集、保存国内外玉米种质资源万余份,尤其是使一批珍贵的农家品种资源得到有效保护。但由于我国不是玉米的原产国,玉米种质资源工作起步晚,种质资源研究总体水平与发达国家相比还存在一定的差距,在这一领域的任务仍然任重而道远。首先,需加强国外早熟玉米种质资源的收集引进。实践证明,引入国外优良玉米种质资源是加快我国玉米品种选育进程、拓宽资源遗传基础的重要途径^[39]。要加强与国外种质资源保护利用机构,特别是重要农业国际机构的交流和合作,通过实地收集、互换种质等手段从玉米多样性中心

如CIMMYT、中南美洲以及美国和欧洲引进早熟、耐旱、子粒脱水快及适合机械化收获的种质资源,丰富现有材料的遗传基础。其次,建立和规范资源收集与保护的有效机制,要系统收集整理全省新引进或新创制的种质资源,尤其是近年来新审定的应用面积较大品种的亲本自交系,进行注册登记编目和统一的规范化管理。随着玉米商业化育种的快速发展,黑龙江新培育品种和亲本的产量、品质和抗性水平都在逐步提升。由于具有适应黑龙江生态条件的优势,这些种质资源将是未来玉米遗传改良必不可少的基础材料。目前,这部分资源大都分散保存在各地相关单位的常温库中,有可能存在资源丧失的风险,亟需汇交省作物种质资源库统一保存。由于新培育的玉米品种的亲本绝大多数处于知识产权保护状态,需协调多方力量,建立有效的杂交种亲本确权和知识产权保护体系,在丰富本省的资源储备的同时,在国家有关法律法规的规范下实现玉米种质资源的有效保护与可持续利用。

4.2 强化玉米种质资源的精准鉴定评价,提高种质资源的利用效率

种质资源是作物育种的物质基础,对玉米种质资源表型和基因型进行精准鉴定与评价,是玉米种质创新和关键优异基因挖掘的前提^[40]。目前,黑龙江农作物种质库收集保存了万余份玉米种质资源,且呈持续增加趋势。由于资金和相关人才不足,保存的玉米种质资源大部分仅开展了基于单环境条件的基本农艺性状的鉴定,而对种质资源重要性状及基因型鉴定研究较为欠缺。“十三五”以来,虽然部分玉米种质资源进行了表型和基因型的精准鉴定,但是与黑龙江庞大的资源数量相比,鉴定的资源数量偏少,绝大部分玉米种质资源尚未开展表型和基因型精准鉴定评价。此外,随着气候环境的变化,绿色环保意识的加强,玉米生产对种质资源的要求也在发展变化。由于缺少对当前玉米育种目标需要的性状,如耐密性、子粒脱水速率、茎腐病和穗腐病抗性的系统评价,导致已保存资源利用率整体偏低,优异基因资源挖掘利用较为滞后。因此,应以产业需求为导向,以科研院所、高校、地方单位、企业相互结合,形成全省统筹、相互补充、分工合作的资源评价平台。对已保存的玉米种质资源进行系统梳理,构建能最大程度代表整个资源遗传多样性的核心种质,然后有针对性地对核心种质进行多性状的系统表型精准鉴定。结合全基因组高密度分子标记进行基因型鉴定,挖掘与目标性状相关联的优异等位基因。针对特异种质优异性状,利用基因组学、转录组

学、蛋白质组学、基因编辑、生物信息学等技术挖掘关键基因,揭示重要性状的关键遗传位点和基因协调表达调控机制,提高玉米种质资源的利用效率,为获得聚合多个优异基因的新种质奠定基础。

4.3 加快玉米优异新种质的创制,支撑种业可持续发展

种质创新泛指人们利用各种自然或人工变异,根据不同目的创造新作物、新类型、新材料的科研活动^[41]。近年来,尽管黑龙江育成玉米杂交种的数量逐渐增多,但生产上应用的品种一大部分是依赖于国外引进的,自主创新的突破性品种缺乏,尤其是单纯重视以产量为育种目标导致了适宜机收和资源高效利用型品种缺乏。种质创新技术相对落后,品种选育手段仍然以常规杂交等传统方法为主。虽然分子标记等生物技术育种手段也得到少量应用,但与欧美等发达国家相比仍存在较大的差距。随着商业化育种的快速发展,利用分子生物学和基因组学等手段,构建核心种质将是玉米种业源头创新的根本需求。因此,针对玉米产业对绿色、高效、优质和适应机械化等新需求,一是要在充分发掘优异等位基因的基础上,应用分子设计技术方法,创造出集众多优良基因和目标性状的新种质;二是综合利用复合杂交、轮回选择及辐射诱变等常规育种技术,结合单倍体、转基因、基因编辑及合成生物学等现代育种技术,创制综合性状优良的突破性新种质,实现玉米育种效率的大幅度提高;三是优化杂优模式,快速培育以满足供给侧结构性改革为重点的高产、优质、高效、绿色、宜机收玉米新品种,提升黑龙江玉米综合竞争能力。

4.4 完善资源共享平台建设,提高应用范围和实用性

种质资源的共享利用是在资源可安全保存的基础上,依据国家相关法律法规,从库圃保存的种质资源中向全社会提供公共产品和公益服务^[42]。黑龙江入库保存的玉米种质资源类型较为丰富,科研人员利用现有玉米资源在种质创制和新品种选育上取得了一定的成绩,但在种质资源共享利用体系建设上还存在很多不足之处。目前的玉米信息数据库只收录了种质资源主要农艺性状等基础数据,多数资源的来源、地域分布和生境等背景信息不全或不准确,尤其是基因型鉴定及图像信息等还不完善。为了提高黑龙江玉米育种科技持续创新能力,建立玉米种质资源共享平台势在必行。该平台的建设工作要在建立完善种质资源共享利用的法规、政策和机制的基础上,与国家种质资源平台建设规划相衔接,做到

国家与地方优势互补。在规模化表型和基因型鉴定的基础上,构建基于大数据的玉米种质资源共享与利用统一信息平台,将数据库系统由简单的资源和数据查询提升至具有表型和基因型整合分析和专家咨询功能的智能化统一标准的大数据系统。开展实物、信息、技术共享利用,最大化为科研、教学、生产服务,实现种质资源经济、社会效益最大化。

4.5 注重高素质人才培养,支撑种质资源研究体系建设

一直以来,黑龙江开展相关玉米研究的公益科研单位主要有黑龙江省农业科学院、黑龙江省农垦科学院、东北农业大学和黑龙江八一农垦大学等,除黑龙江省农业科学院组建了专门的玉米资源研究团队以外,其他单位从事玉米资源调查研究缺乏高端专业技术人才。从事玉米资源工作的单位和人员较少,导致了种质资源工作的多个环节难以形成良性循环,对保证种质资源工作的持续性存在一定的影响。种质资源研究是一项具有战略性、基础性、公益性和长期性的工作^[43]。应给予长期、稳定的经费支持,以充分保障种质资源基础工作的顺利开展和科研队伍的长期稳定。同时,要建立科学合理的种质资源绩效考核和人才评价机制,充分调动研究人员的积极性和创造性,以确保资源研究工作的可持续发展。

参考文献:

- [1] 张坪,钟占贵,苏俊,等.玉米骨干自交系“甸骨11A”的抗病性改良和利用[J].作物杂志,1990(3):13-15.
ZHANG P, ZHONG Z G, SU J, et al. Improvement and utilization of disease resistance in maize inbred line "Diangu 11A"[J]. Crops, 1990(3): 13-15. (in Chinese)
- [2] 牛忠林.合344及其衍生系在玉米育种中的应用[J].现代化农业,2010(4):1-4.
NIU Z L. Application of He344 and its derivatives in maize breeding [J]. Modernizing Agriculture, 2010(4): 1-4. (in Chinese)
- [3] 王巍.玉米自交系K10及其近源系在早熟玉米育种中的应用[J].杂粮作物,2010,30(6):379-381.
WANG W. Application of maize inbred line K10 and their nearly sources on the breeding of early ripening maize[J]. Rain Fed Crops, 2010, 30(6): 379-381. (in Chinese)
- [4] 徐兴昌,张丽薇.黑龙江省玉米品种资源的搜集、整理、保存、研究和利用[J].黑龙江农业科学,1982(2):23-26.
XU X C, ZHANG L W. Collection, organization, preservation, research, and utilization of maize variety resources in Heilongjiang Province[J]. Heilongjiang Agriculture Science, 1982(2): 23-26. (in Chinese)
- [5] 中国农业科学院作物品种资源研究所,山东省农业科学院玉米研究所.全国玉米种质资源目录[M].北京:农业出版社,1988:39-57.

- [6] 中国农业科学院作物品种资源研究所,山东省农业科学院玉米研究所. 全国玉米种质资源目录[M]. 2集. 北京:农业出版社, 1990:26-38.
- [7] 中国农业科学院作物品种资源研究所. 全国玉米种质资源目录[M]. 3集. 北京:中国农业出版社,1996:47-63.
- [8] 石云素,黎裕,王天宇,等. 玉米种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006:33-59.
- [9] 马延华,孙德全,李绥艳,等. 黑龙江省玉米地方品种主要农艺性状综合评价及优异种质资源筛选[J]. 作物杂志, 2024(4): 103-112.
MA Y H, SUN D Q, LI S Y, et al. Comprehensive evaluation of main agronomic traits and screening of excellent germplasm of maize landraces in Heilongjiang Province[J]. Crops, 2024(4): 103-112. (in Chinese)
- [10] 孙德全,李绥艳,林红,等. 黑龙江省玉米主要病害发生原因分析及抗病育种对策[J]. 作物杂志, 2009(2):90-93.
SUN D Q, LI S Y, LIN H, et al. Reasons of occurrence of maize diseases and breeding strategy for disease resistance in Heilongjiang Province[J]. Crops, 2009(2): 90-93. (in Chinese)
- [11] 张丽薇,来永财. 黑龙江省玉米品种资源抗大斑病鉴定[J]. 作物品种资源, 1990(1):22.
ZHANG L W, LAI Y C. Identification of maize variety resources in Heilongjiang Province for resistance to major leaf spot disease[J]. Crop Germplasm Resources, 1990(1): 22. (in Chinese)
- [12] 浦子钢,杨克军,李德新,等. 黑龙江省西部半干旱区玉米抗大斑病种质资源的筛选[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2010, 22(3):9-12, 18.
PU Z G, YANG K J, LI D X, et al. The screening of maize idoplasm resistance on *Helminthosporium turcicum* of the west semi-arid area in Heilongjiang Province[J]. Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural University, 2010, 22(3): 9-12, 18. (in Chinese)
- [13] 吴丽丽. 黑龙江省常用玉米自交系对大斑病抗性研究[J]. 黑龙江农业科学, 2010(5):35-36.
WU L L. Research on the resistance to the northern leaf blight of the maize inbred lines commonly used in Heilongjiang Province[J]. Heilongjiang Agriculture Science, 2010(5): 35-36. (in Chinese)
- [14] 王振华,李新海,鄂文弟,等. 玉米抗丝黑穗病种质鉴定及遗传研究[J]. 东北农业大学学报, 2004(3): 261-267.
WANG Z H, LI X H, E W D, et al. Germplasms identification and genetic study of resistance to head smut in maize[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2004(3): 261-267. (in Chinese)
- [15] 左淑珍,靳学慧,李铁刚,等. 部分玉米自交系对丝黑穗病的抗性鉴定和遗传效应研究[J]. 玉米科学, 2012, 20(6):137-142.
ZUO S Z, JIN X H, LI T G, et al. Head smut resistance identification and genetic effect of portion maize inbred lines[J]. Journal of Maize Sciences, 2012, 20(6): 137-142. (in Chinese)
- [16] 吴丽丽. 玉米自交系抗丝黑穗病鉴定[J]. 黑龙江农业科学, 2014(11):6-7.
WU L L. Resistance identification of maize inbred lines to head smut[J]. Heilongjiang Agriculture Science, 2014(11): 6-7. (in Chinese)
- [17] 汤玲,袁亮,杨华,等. 西南地区玉米抗非生物逆境品种选育及其对策[J]. 分子植物育种, 2017, 15(8):3183-3190.
TANG L, YUAN L, YANG H, et al. Discussion abiotic stress tolerance and corresponding strategies for maize breeding in southwest region of China[J]. Molecular Plant Breeding, 2017, 15(8): 3183-3190. (in Chinese)
- [18] 龚文娟,邹恒荣,杨玉梅. 高粱、玉米等几种作物种子萌发阶段的抗寒性鉴定[J]. 黑龙江农业科学, 1980(4):14-18.
GONG W J, ZOU H R, YANG Y M. Identification of cold resistance in seed germination stage of several crops such as sorghum and maize[J]. Heilongjiang Agriculture Science, 1980(4): 14-18. (in Chinese)
- [19] 龚文娟,赵洪凯,杨英良,等. 玉米耐冷性筛选鉴定的研究[J]. 黑龙江农业科学, 1984(5):22-25.
GONG W J, ZHAO H K, YANG Y L, et al. Research on screening and identification of cold tolerance in maize[J]. Heilongjiang Agriculture Science, 1984(5): 22-25. (in Chinese)
- [20] 扈光辉. 耐冷玉米种质资源的筛选与鉴定[J]. 杂粮作物, 2008, 28(6):370-373.
HU G H. Screening and identification for tolerance to cold of maize germplasm resources[J]. Rain Fed Crops, 2008, 28(6): 370-373. (in Chinese)
- [21] 马延华. 玉米发芽至苗期耐冷性资源鉴定及遗传分析[D]. 沈阳:沈阳农业大学, 2014.
- [22] 段雅娟. 玉米芽苗期耐冷性全基因组关联分析及全基因组预测研究[D]. 哈尔滨:黑龙江大学, 2023.
- [23] 曹士亮,于滔,李文跃,等. 玉米自交系萌发期耐冷性鉴定研究[J]. 黑龙江农业科学, 2022(10):1-6.
CAO S L, YU T, LI W Y, et al. Identification of cold tolerance in maize inbred lines during germination stage[J]. Heilongjiang Agriculture Science, 2022(10): 1-6. (in Chinese)
- [24] 付艳,高树仁,王振华. 玉米种质苗期耐盐性的评价[J]. 玉米科学, 2009, 17(1):36-39, 50.
FU Y, GAO S R, WANG Z H. Evaluation of salt tolerance of maize germplasm in seedling stage[J]. Journal of Maize Sciences, 2009, 17(1): 36-39, 50. (in Chinese)
- [25] 崔美燕. 玉米苗期耐碱种质资源评价及盐碱条件下部分性状遗传分析[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学, 2010.
- [26] 杨晓杰,李旭业,王海艳,等. 玉米自交系耐盐种质的筛选及耐盐性评价[J]. 玉米科学, 2014, 22(4):19-25.
YANG X J, LI X Y, WANG H Y, et al. Screening of maize inbred line varieties with salt tolerance and the evaluation[J]. Journal of Maize Sciences, 2014, 22(4): 19-25. (in Chinese)
- [27] 王明泉,李春霞,龚士琛,等. 玉米自交系苗期耐盐性鉴定及筛选研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(12):30-35.
WANG M Q, LI C X, GONG S C, et al. Salt-tolerance identification and screening of maize inbred lines at seedling stage[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(12): 30-35. (in Chinese)
- [28] 王欢. 玉米萌芽期耐冷性种质筛选及其全基因组关联分析[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2020.
- [29] 张建国. 玉米萌发至出苗期耐低温性全基因组关联分析及候选基因挖掘[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2021.
- [30] MA Y H, LI S Y, LIN H, et al. Effect of cold stress on gene expression and functional pathways in maize root system[J]. Grassland Sci-

- ence, 2019, 65(4): 249-256.
- [31] 李钊. 玉米苗期抗冻生理响应及其转录组调控分析[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018.
- [32] 韩雨. 玉米幼苗根系响应 NaHCO_3 胁迫代谢调控相关基因分离[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2016.
- [33] 王婧泽, 高树仁, 于洋, 等. 玉米响应盐胁迫的差异表达基因分离[J]. 玉米科学, 2019, 27(5): 45-51.
WANG J Z, GAO S R, YU Y, et al. Isolation of salt stress related genes in maize[J]. Journal of Maize Sciences, 2019, 27(5): 45-51. (in Chinese)
- [34] 张今杰. 盐胁迫下玉米根系生理及膜脂代谢调控研究[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2021.
- [35] 苏俊. 黑龙江省玉米育种研究 50 年回顾与展望[J]. 黑龙江农业科学, 2006(5): 8-13.
SU J. 50 year review and prospect of maize breeding research in Heilongjiang Province[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2006(5): 8-13. (in Chinese)
- [36] 苏俊, 闫淑琴. 黑龙江省玉米育种研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2008(1): 1-6.
SU J, YAN S Q. Research progress in maize breeding in Heilongjiang Province[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2008(1): 1-6. (in Chinese)
- [37] 王羨国. 浅析近十年黑龙江省玉米种质资源利用情况[J]. 种子世界, 2013(3): 18-19.
WANG X G. Utilization of maize germplasm resources in recent 10 years in Heilongjiang[J]. Seed World, 2013(3): 18-19. (in Chinese)
- [38] 李文华, 柴永山, 申惠波, 等. 黑龙江省农业科技发展 70 年[J]. 科技导报, 2019, 37(12): 53-59.
LI W H, CHAI Y S, SHEN H B, et al. Development of agricultural science and technology in Heilongjiang Province for 70 years[J]. Science & Technology Review, 2019, 37(12): 53-59. (in Chinese)
- [39] 焦仁海, 仲义, 刘俊, 等. 玉米种质资源研究发展现状及创新途径[J]. 农业与技术, 2022, 42(11): 87-90.
JIAO R H, ZHONG Y, LIU J, et al. Research status and innovation approaches of maize germplasm resources[J]. Agriculture and Technology, 2022, 42(11): 87-90. (in Chinese)
- [40] 王晓鸣, 邱丽娟, 景蕊莲, 等. 作物种质资源表型性状鉴定评价: 现状与趋势[J]. 植物遗传资源学报, 2022, 23(1): 12-20.
WANG X M, QIU L J, JING R L, et al. Evaluation on phenotypic traits of crop germplasm: Status and development[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(1): 12-20. (in Chinese)
- [41] 刘旭, 黎裕, 李立会, 等. 作物种质资源学理论框架与发展战略[J]. 植物遗传资源学报, 2023, 24(1): 1-10.
LIU X, LI Y, LI L H, et al. Theoretical framework and development strategy for the science of crop germplasm resources[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2023, 24(1): 1-10. (in Chinese)
- [42] 武晶, 郭刚刚, 张宗文, 等. 作物种质资源管理: 现状与展望[J]. 植物遗传资源学报, 2022, 23(3): 627-635.
WU J, GUO G G, ZHANG Z W, et al. Management of crop germplasm resource: Advances and perspectives[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(3): 627-635. (in Chinese)
- [43] 刘旭, 李立会, 黎裕, 等. 作物种质资源研究回顾与发展趋势[J]. 农学学报, 2018, 8(1): 1-6.
LIU X, LI L H, LI Y, et al. Crop germplasm resources: Advances and trends[J]. Journal of Agriculture, 2018, 8(1): 1-6. (in Chinese)

(责任编辑: 朴红梅)