

高粱种质资源的多样性和利用

卢庆善, 邹剑秋, 朱 凯, 张志鹏, 王艳秋

(辽宁省农业科学院高粱研究所/国家高粱改良中心, 沈阳 110161)

摘要:全世界收集到的高粱种质资源 168500份,其中国际热带半干旱地区作物研究所 36774份,占总数的 21.8%,美国 42221份,占 25.1%,印度 20812份,占 12.4%,中国 12836份,占 7.6%,其他国家 55857份,占 33.1%。上述国际研究所和国家在对高粱种质资源进行收集、整理、登记的基础上,对其遗传的多样性和各种性状做了鉴定,从中筛选出许多具有优良农艺性状、品质性状、抗性性状的资源,满足了高粱遗传改良的需要,成为当代和未来人类有价值的资源。建立核心种质对种质资源的保存、维护和利用是一种经济、实用和有效的方法。

关键词:高粱;种质资源;多样性;利用

Diversity and Utilization of Sorghum Germplasm

LU Qing-shan, ZOU Jian-qiu, ZHU Kai, ZHANG Zhi-peng, WANG Yan-qiu

(National Center for Sorghum Improvement, Sorghum Research Institute, Shenyang 110161)

Abstract: Sorghum [*Sorghum bicolor*(L.) Moench] germplasm collections consist of approximately 168500 accessions in the world. Among them, 36774 accessions were held at ICRI SAT, amounting for 21.8% of the total global collections; 42221 (25.1%) accessions were held in USA; 20812 accessions (12.4%) were held in India; 12836 accessions (7.6%) were held in China; and 55857 (33.1%) accessions in other countries. Based on collection, documentation and evaluation of genetic diversity and characters, ICRI SAT and other major countries screened out a lot of germplasm resources which have superior agronomic, qualitative, and resistant traits. It satisfies the needs of sorghum genetic improvement. These germplasm resources are of value as a resource for the present and future generations of people. Establishment of core collection is an economical, practical and effective method for conservation, maintenance and utilization of the germplasm.

Key words: Sorghum; Germplasm resources; Diversity; Utilization

高粱 (*Sorghum bicolor*(L.) Moench)起源于非洲,在非洲有许多野生高粱,而且那里也是世界上种植高粱最古老的地区。栽培高粱与野生高粱最大的变异地区是非洲东北部的扇形地区。Vavilov (1935)指出,现代栽培高粱是在阿比西尼亚 (Abyssinia,今埃塞俄比亚)栽培植物起源中心发展来的。埃塞俄比亚领地极适于产生高粱的多样性,因此非洲是世界上高粱种质资源最丰富的地区^[1]。

1 高粱种质资源的多样性

1.1 种质资源遗传多样性的表述和形成

遗传资源的多样性 (diversity)是指某一物种遗传资源丰富的程度,故又称基因多样性。相当数量的高粱遗传资源就组成了高粱遗传多样性。这些遗传资源是经过驯化、歧化、强化和通过农民无数世代的有意识或无意识地选择进化的产物^[2]。

收稿日期: 2009-06-18 修回日期: 2010-06-24

基因项目: 农业部国家高粱产业技术体系建设项目 (nycytx-12); “十一五”国家科技部支撑计划项目 (2006BAD02B03); 辽宁省科技厅项目 (2008209001)

作者简介: 卢庆善, 研究员, 主要从事高粱遗传育种和栽培研究。E-mail: lsnkygls@yahoo.com.cn

通讯作者: 邹剑秋, 博士, 研究员, 国家高粱产业技术体系首席科学家。E-mail: jianqiu@zou@yahoo.com.cn

De Wet等^[3]报道了两个高粱野生种和主要栽培种的分布。这种自然产生的高粱遗传多样性经历了一系列的自然选择、生境变迁以及经常发生的人类农业实践的并不是很多的有目标的选择。来自高粱遗传多样性中心的当地品种和栽培高粱野生类型为当代和未来世界的高粱改良提供了既有战略意义的基本、原始的材料,又是抗病、抗虫、抗逆性(如抗高湿和干旱等)以及提高食用和饲用品质、工业加工品质等高粱改良计划所需要材料的重要来源。

为防止高粱品种、栽培高粱的相应野生种的损失,以及推广品种和杂交种的灭绝,40多年前各国就加快了高粱种质资源的收集、整理和保存。

1.2 高粱种质资源的收集

截至2006年,全球共收集到高粱种质资源168500份,其中国际热带半干旱地区作物研究所(ICRISAT)从90多个国家收集到36774份,占总数的21.8%。这些高粱种质资源代表了目前高粱约80%的变异性,其中近90%来自热带半干旱地区的发展中国家^[4]。而60%的资源来自6个国家,印度、埃塞俄比亚、苏丹、喀麦隆、斯威士兰(恩格瓦尼)和也门。高粱种质资源总数的约63%来自非洲,约30%来自亚洲。栽培种与野生种比为99:1,在栽培种中,地方品种资源约占总数的84.2%。

保存在ICRISAT的高粱种质资源有5个族:双色、几内亚、顶尖、卡佛尔和都拉族,以及中间族。在这些资源中,都拉族占21.8%;顶尖族占20.9%;几内亚族占13.4%;在中间族中,都拉-顶尖族占12.1%,几内亚-顶尖族占9.5%,都拉-双色族占6.6%。

埃塞俄比亚是世界高粱种质资源多样性中心之一,从20世纪50年代就开始在全国收集高粱种质资源。目前种植的高粱种质资源约8000份。其主要高粱类型有:(1)Zera Zera(兹拉兹拉);(2)都拉;(3)都拉双色族。Zera Zera已作为食用高粱改良的种质,正在被广泛应用。

印度国家高粱研究中心已收集到高粱种质资源20812份,其中11860份是20世纪60年代开始收集的IS编号高粱返回来的高粱种质,其他IS编号的3442份,包括当地种质3560份,国外种质494份以及重复的1456份^[5]。

美国农业部从1905年前后开始收集和分发高粱种质资源,并在德克萨斯农业试验站进行高粱选育^[6]来列出。美国现已收集到42221份高粱种质资源,保存在美国国家植物种质资源库里^[7]。

中国在全国范围内收集到12836份地方高粱种质

资源,其中10414份作为遗传资源登记,并保存在国家遗传资源库里。这些种质包括9652份地方品种、改良品种和品系,来自全国28个省、市、自治区。如果按用途分,食用型9895份,饲用394份,糖用125份^[8]。

苏丹从20世纪50年代开始收集当地高粱种质资源781份,保存在Tozi研究站里。60年代,苏丹将这些资源完整地提供给印度的罗克菲勒基金会资助的高粱种质收集项目^[9]。苏丹有优势的高粱资源是顶尖族,作为抗旱性改良是非常有用的。

1.3 高粱种质资源的保存

目前,高粱种质资源一般都保存在基因库里,基因库保存的目标是延长种子活力和保证其种性。基因库的基本工作是定期种植、繁育、收获新种子。因为即使在最好的保存条件下,样本种子最终也会失去发芽力^[10]。

在ICRISAT,每个种质样本在雨后季自交20穗进行繁育。对收获、脱粒、干燥的种子取等量混合后称出500g,装入铝罐内置于中期贮藏库内,库温4℃,相对湿度20%。新繁育的种子发芽率100%,含水量5%±1%的样本贮藏在-20℃的长期库里。

在美国,高粱种质资源保存在位于科罗拉多州Collins的国家种子贮藏实验室和位于佐治亚州Griffin的美国农业部植物遗传资源保存单位(PGRCU)里。其主要繁育地点是位于波多黎各的美国农业部热带农业研究站^[9]。

2 高粱核心种质

尽管高粱种质资源的数量很大,而且一些高粱种质已被高粱研究者在遗传、育种、生理、生化、病虫害抗性等方面进行了利用,但是对于如此庞大的高粱种质资源群体来说,利用的种质资源数目太有限了,也就是说大多数的种质资源没有得到更好的利用。为了更有效地利用这些高粱种质,Brown^[11]提出核心种质(core collection)的概念。核心种质是指一种作物的种质资源中,以最小的种质数量代表全部种质的最大遗传多样性。在种质数量庞大时,通过遗传多样性分析,构建核心种质是从中发掘新基因的有效途径。

在ICRISAT,现已构建了高粱核心种质。组成核心种质的基本原则是用尽可能少的种质数目提供尽可能多的遗传多样性。在ICRISAT掌握的全部高粱种质资源中,选择有代表性的和不同地理来源的遗传资源进入核心种质。根据上述原则,按着高粱分类和不同地理来源上从总资源中选择种质进入亚组,这样就形成了种质资源的多个亚组。

下一步针对进入亚组的种质资源,根据资源材料的农艺性状表现资料进行深入分析,选择那些农艺性状优异的、遗传变异性差异大的种质资源分别进入更加密切相关的群。再从每个群中提取有代表性的种质资源,按亚群总数的一定比例进行选择。这样一来,在ICRISAT就组成了共3475份材料的一个高粱核心种质,约占ICRISAT保存的高粱种质资源总数的10%^[12]。

美国从其掌握的高粱种质资源总数42221份材料中,选择了200余份组成了美国高粱核心种质。该项工作是由美国农业部位于波多黎各的一个高粱管理者协会完成的。美国高粱核心种质选择有代表性的株高、生育期、粒色、抗旱、抗蚜象、蚜虫和抗霜霉病的种质资源(基因)^[17]。

高粱核心种质对其种质资源的保存、维护和利用是一种经济、实用、适用和有效的方法。

3 高粱种质资源的鉴定和登记

3.1 种质资源的鉴定

目前,对高粱种质鉴定的性状包括生育、农艺、产量、品质性状,以及对生物的(病、虫、草、鸟、鼠害等)和非生物性状的(干旱、涝、盐碱、酸土、冷凉、高湿、大风等)抗(耐)性。此外还有蛋白质、同工酶、DNA分子标记等。

种质鉴定最先是由其使用者进行的,包括遗传学家、育种者、昆虫学者、病理学者和农学者等。对每份种质的鉴定包括仔细调查记载其遗传的特殊性状,以及在各种环境下的一致性表现。许多性状对单个种质来说是作为鉴别性状登记的。这种鉴别性状可帮助基因库管理者记录种质和检查种质贮存多年后的遗传完整性。种质资源利用的潜在价值在于对不同种质采取的鉴定技术的有效性和可靠性。

3.2 种质鉴定性状的登记

高粱遗传多样性的正确记载对育种者、研究者利用其多样性是必须的。在利用之前必须了解应该知道的这些资料。种质性状清单是有保障的目检依据,即使用者用同样的语言和标准记录种质的性状。

为保证种质的国际间交换,在资料收集、记载、保存等方面的一致性是关键。按标准登记或写成方案对交流信息是必要的,这在大量的信息来源之间建起一个桥梁,掌握大量有关高粱种和品种的资料,并使其成为设计信息管理系统必要的、充足的资料基础^[9]。正确地登记种质鉴定资料,形成可操作的系统,以使任何已编入的种质性状资料能很容易找到,并用于育种项目。

3.3 主要国家高粱种质的鉴定和登记

3.3.1 ICRISAT ICRISAT在雨季和雨季后季对29180份高粱种质进行23项重要的形态学和农艺性状鉴定,栽培种和野生种的一系列有用变异性状被筛选出来,一些极端类型分属不同的种。对鉴定确认的资料按照“高粱描述标准”和ICRISAT资料管理系统进行登记,并贮存在1032系统里(一种基本资料管理软件),以便进行更快更有效的管理^[12]。

大量有潜力的遗传种质资源有抗虫种质,如抗盲蝇、玉米螟、摇蚊、穗螟等;抗病种质,如抗粒霉病、炭疽病、锈病、霜霉病等;抗寄生杂草种质,如抗巫婆草;以及其他具有特殊性状的种质,如无叶舌、爆裂型子粒、甜茎秆和带香味子粒。

3.3.2 美国 美国对约50%的高粱种质资源进行了39种性状的鉴定,21661份资源在位于佐治亚州的格里芬美国农业部的9个地点进行鉴定。除了这些最初的种质鉴定之外,许多资源在育种圃里作进一步鉴定和筛选。不同资源已被鉴定出有抗氧化铝中毒(性)、抗盲蝇、玉米螟、摇蚊、巫婆草、锈病和霜霉病等。美国高粱种质鉴定和认定的详细资料已登陆在“种质资源信息网”(GRN),而且还通过位于波多黎各的高粱管理者协会进行有效管理^[17]。

3.3.3 印度 从2001年开始,印度国家高粱研究中心(NACS)对3012份高粱种质进行了鉴定。NACS对已鉴定和认定的种质性状资料整理和登记出来,并贮存在相应的信息资料系统中,可以很容易得到所需要的种质的相关信息。目前,NACS已完成全所高粱改良协作计划的高粱遗传资源的基础材料有9984份,高粱种质资源地理信息系统图(GIS)也已做好。

3.3.4 中国 中国从上个世纪80年代开始对已注册登记的高粱品种资源的农艺性状、营养性状和抗性性状进行鉴定,从中筛选出许多具有特异性的品种资源。在已登记的10414份品种资源中,株高4m的有110份,株高1m的有49份;穗长50cm的有97份,单穗粒重100g的有113份;千粒重35g的有146份;子粒蛋白质含量13%的有1050份,百克蛋白质中赖氨酸含量3.5%的有209份,单宁含量0.3%的有30份;其他还有抗(耐)干旱、水涝、盐碱、冷冻等品种资源。在中国高粱品种资源中,抗病、虫资源较少,如抗高粱丝黑穗的资源只有37份,抗蚜虫的资源只有1份,抗玉米螟的2份。

上述10414份中国高粱种质资源共有23种性状资源被编入《中国高粱品种资源目录》中,同时被

录入国家种质库数据库,对入库的种质资源及其资料实行电脑管理。

4 ICRISAT高粱种质的利用

ICRISAT从1972年成立以来,通过对高粱种质资源的大量研究工作提高了其选育新品种的产量水平;鉴定筛选出各种抗源,并有效地用来培育“三系”亲本和品种。

4.1 三系亲本和品种选育可利用的种质源

在雄性不育系的选育上,已应用的不育基因源有CK60、172、2219、3675、3667和2947。可作亲本进一步开发的有:CS3541、BTx623、IS624B、IS2225、IS3443、IS12611、IS10927、IS12645、IS571、IS1037、IS19614、E12-5、ET2039、E35-1、LuLu5、M35-1和Safra。

在恢复系亲本和品种改良中,应用的基本种质源有IS84、IS3691、IS3687、IS3922、IS3924、IS6928、IS3541、ET2039、Safra、E12-5、E35-1、E36-1、IS1054、IS1055、IS1122、IS1082、IS517、IS18961、Kaper1593、IS10927、IS12645、IS12622、IS18961、GPR168和IS1151。Zera Zera高粱因其产量和品质性状均优良已成为选育新的优良杂交种而被广泛利用。

4.2 抗性选育可利用的种质源

4.2.1 抗病源 兼抗炭疽病和锈病的ICSV1、ICSV120、ICSV138、IS2058、IS18758和SPV387;抗粒霉病、炭疽病、霜霉病和锈病的IS3547;抗粒霉病、霜霉病和锈病的IS14332;抗粒霉和炭疽病的IS17141;抗粒霉和霜霉病的IS2333和IS14387;抗粒霉和锈病的IS3413、IS14390和IS21454。

4.2.2 抗虫源 抗芒蝇和玉米螟的稳定种质,来自印度的IS1082、IS2205、IS5604、IS5470、IS5480、M35-1 (IS1054)、BP53 (IS18432)、IS17417、IS18425;尼日利亚的IS18577和IS18554;苏丹的IS2312;埃塞俄比亚的IS18511、美国的IS2122、IS2134和IS2146。

抗摇蚊的种质有DJ6514和IS3443,并培育出经改良的抗摇蚊品种ICSV197 (SPV694)。

4.2.3 抗杂草源 抗巫婆草的种质源IS18331 (N13)、IS87441 (Framida)、IS2221、IS4202、IS5106、IS7471、IS9630和IS9951正用于抗巫婆草的育种中。已证明某些育种系如555、168、SPV221和SPV103是有效的抗源。ICRISAT选育的抗巫婆草品种SAR1是由555×168杂交育成,并已在巫婆草发生地区推广种植。

4.2.4 抗旱源 近1300份种质资源和332份育种系筛选出来用于抗干旱育种。其中最有可能的耐旱

种质有E36-1、DJ1195、DKV17、DKV3、DKV4、IS12611、IS69628、DKV18、DKV1、DKV7、DJ1195、ICSV378、ICSV572、ICSV272、ICSV273和ICSV295。

4.2.5 耐盐碱 在3种不同含盐水平下进行2年试验,鉴定出耐盐品系有IS164、IS237、IS707、IS1045、IS1049、IS1052、IS1069、IS1087、IS1178、IS1232、IS1243、IS1261、IS1263、IS1328、IS1366、IS1568、IS19604、IS297891等。

4.3 优质源

来自埃塞俄比亚的高赖氨酸种质IS11167和IS11758在育种项目中已将高赖氨酸基因转到农艺性状优良系中,得到了高赖氨酸含量量子粒皱缩品系和丰满品系。

一些最有希望高含糖量的甜茎秆高粱种质有IS15428、IS3572、IS2266、IS9890、IS9639、IS14970、IS21100、IS8157和IS15448,并把甜茎秆性状转到农艺性状优良系中。

在饲草高粱种质中,含低氢氰酸系有IS1044、IS12308、IS13200、IS18577、IS18578和IS18580;低单宁的IS3247和PJ7R。

参考文献

- [1] 卢庆善.高粱学[M].北京:中国农业出版社,1999,263-265
- [2] 董玉琛,郑殿升.中国作物及其野生近缘植物[M].北京:中国农业出版社,2006:20-21,388-389
- [3] De Wet JM J; Harlan J R. The origin and domestication of sorghum bicolor[J]. Econ Bot, 1971, 25: 128-135
- [4] Eberhart SA, Bramel-Cox P J; Prasada Rao K E. Preserving genetic resources//Proceedings of the International Conference on Genetic Improvement of sorghum and Pearl Millet[D]; Lubbock, TX, 1997: 22-27
- [5] Elangovan M. Diverse use of sorghum [D]. Course material for the training on Alternate Uses of Sorghum and Pearl Millet NRCS, Hyderabad, 2005: 16-23
- [6] Quinby J R. Sorghum improvement and the genetics of growth [D]. College Station, Texas A & M university Press, 1974
- [7] Dahlberg J A, Spinks M S. Current status of the US sorghum germplasm collection[J]. International Sorghum and Millets, Newsletter, 1995, 36: 4-12
- [8] Qinggshan L, Dahlberg J A. Chinese sorghum genetic resources [J]. Econ Bot, 2001, 55 (3): 401-425
- [9] Rosenow D T, Dahlberg J A. Collection, conversion and utilization of sorghum // Sorghum, Origin, History, Technology and Production (Smith CW, Frederiksen A R, et al) [M]. Wiley Series in Crop Science, New York: John Wiley & Sons, 2000: 309-328
- [10] Rao N K, Hanson J, Dulloo M E, et al Manual of seed handling in genebanks[M]. Rome: Bioversity International, 2006
- [11] Brown A H D. The case for core collection // Brown A H D, Frankel O H, Marshall O R, et al The Use of Plant Genetic Resources[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1989: 136-156
- [12] Prasade Rao K E, Romanatha Rao V. Use of characterization data in developing a core collection of sorghum // (Hodgkin T, Brown H D, Hinthum J L, et al) Core Collection of Plant Genetic Resources[M]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1995: 109-111