

中国燕麦种质资源国外引种与利用

郑殿升, 张宗文

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要: 综述了中国从国外引进燕麦种质资源及其利用情况。经过长期努力, 中国从 28 个国家引进 29 个物种的燕麦种质资源共计 2099 份, 大大增加了中国燕麦种质资源的数量, 丰富了中国保存燕麦种质资源的物种和遗传多样性。与此同时, 利用国外燕麦种质资源改良和培育出了一批优良品种, 极大地提高了中国燕麦生产水平。利用引进的燕麦野生资源, 开展了燕麦种质创新、起源进化和遗传学研究, 取得了显著进展。建议继续加强国外燕麦种质资源的引进, 对野生燕麦进行深入鉴定评价和利用, 同时加强燕麦种质资源国际合作研究。

关键词: 燕麦; 种质资源; 引种; 利用

Introduction and Utilization of Foreign Oat Germplasm Resources in China

ZHENG Dian-sheng, ZHANG Zong-wen

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

Abstract: The paper synthesized the progress in introduction and utilization of oat germplasm resources from foreign countries. Through a long period of efforts, China had introduced 2099 accessions of oat germplasm resources from 28 countries, covering 29 species of *Avena* genus. It has greatly increased the number of oat accessions and enriched the species and genetic diversity of oat conserved in China. Meanwhile, the introduced oat germplasm resources were used to develop a number of new varieties and enhanced the productivity of oat in China. The considerable progress has been made in utilization of the introduced wild species of oat for germplasm enhancement, studies on origin and evolution, and genetics of oat. It was suggested that the oat germplasm introduction from abroad should be strengthened. Priorities should be given to evaluate and utilize the wild oat germplasm resources. At the same time, the international collaboration on oat germplasm resources should be strengthened.

Key words: oat; germplasm resources; introduction; utilization

作物种质资源国外引种是丰富本国作物种质资源的重要途径之一, 也是世界多数国家农业生产发展的重要措施。纵观世界农业发展史, 可以发现现今世界各国栽培的多种作物及其品种类型, 大多数是通过国家间相互引种并不断加以改良、衍生而逐步发展起来的^[1]。中国燕麦品种和生产的发展也不例外。

中国种植燕麦已有 2100 年之久, 种植的燕麦主要有两个物种, 即普通栽培燕麦又称燕麦、皮燕麦

(*Avena sativa* L.) 和大粒裸燕麦又称莠麦、裸燕麦 (*A. nuda* L.), 在主产区的内蒙古、河北、山西和西南地区的四川、云南、贵州等地, 种植的主要是大粒裸燕麦, 而西北地区的甘肃、青海、新疆等地种植的主要是普通栽培燕麦^[2]。中国燕麦生产的发展与国外燕麦引进密切相关。在 20 世纪 60 年代以前, 主要种植地方品种, 产量比较低。从 60 年代开始推广高产的引进品种, 从而提高了产量, 最典型的例子是推广从原苏联引进的品种华北 2 号 (ВНР1998),

收稿日期: 2017-03-21 修回日期: 2017-04-11 网络出版日期: 2017-10-17

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20171017.1115.016.html>

基金项目: 农业部作物种质资源保护专项 (2016NWB036-06); 中国农业科学院创新工程团队

第一作者主要从事作物种质资源研究。E-mail: zhengdiansheng@caas.cn

通信作者: 张宗文, 主要从事小宗作物种质资源研究。E-mail: zhangzongwen@caas.cn

种植面积曾达 14 万 hm^2 。从 70 年代开始以引进的普通栽培燕麦高产品种为亲本,与本国大粒裸燕麦杂交(亦称皮裸杂交),这种物种远缘和地理远缘的双远缘杂交,产生了非常好的效果,从而选育出一批又一批广适、高产的新品种,如冀张莜系列、晋燕(雁红)系列、蒙燕系列等,这些品种的推广保障了全国燕麦产量的进一步提高^[1,3]。这些历史事实充分说明了燕麦国外引种取得的成就。

1 国外引进燕麦种质资源的数量及类别

中国引进国外燕麦种质资源的途径主要有国际科技协定交换、科学家互访和学术会议相互交换、友好科学家来访赠送。燕麦国外引种大致有 3 个阶段,首先是 20 世纪 50~60 年代,引进 486 份。再者是 70~90 年代中期,先后引进 596 份。这两个阶段引进燕麦种质资源已分别编入《中国燕麦品种资源

目录》^[4-5]。第三阶段是 90 年代末至今,随着国家对燕麦研究的重视和国际合作的加强,掀起了国外燕麦引种的高潮,共引进 1017 份。迄今中国从国外引进的燕麦种质资源共计 2099 份,包括 29 个物种,其中主要是普通栽培燕麦(*A. sativa* L.)。这些种质资源引自 28 个国家,其中引进资源较多的国家有加拿大(1041 份)、丹麦(502 份)、匈牙利(52 份)、原苏联和俄罗斯(84 份)、美国(64 份)和澳大利亚(24 份)。

引进国外燕麦种质资源,增加了我国燕麦种质资源保存数量,目前我国拥有燕麦种质资源共 5282 份,居世界各国第 5 位。与此同时,引进的 29 个物种,使中国成为世界上拥有燕麦物种最多的 3 个国家(即加拿大、俄罗斯、中国)之一。引进的燕麦物种中,从倍性水平上划分,有二倍体种 15 个,四倍体种 9 个和六倍体种 5 个;从粒型上划分,有裸粒种 2 个,带皮种 27 个;从生活年限上划分,有一年生种 28 个,多年生种 1 个。详细情况见表 1^[6-7]。

表 1 中国引进的 29 个燕麦物种

Table 1 29 species of oat introduced into China

倍性水平 Ploidy level	物种数 No. of species	物种 Species	备注 Remarks
二倍体 2n = 14	15	大马士革燕麦(<i>A. damascena</i> Rajhathy & B. R. Baum)	砂燕麦为栽培种,小粒裸燕麦为裸粒种
		长颖燕麦(<i>A. longiglumis</i> Dur.)	
		葡萄牙燕麦(<i>A. prostrata</i> Ladiz.)	
		威士燕麦(<i>A. wiestii</i> Steud.)	
		小硬毛燕麦(<i>A. hirtula</i> Lag.)	
		不完全燕麦(<i>A. clauda</i> Dur.)	
		加拿大燕麦(<i>A. canariensis</i> Nees ex Steud.)	
		卢斯塔尼燕麦(<i>A. lusitanica</i> (Tab. Morais) Baum.)	
		异颖燕麦(<i>A. pilosa</i> Scop.)	
		大西洋燕麦(<i>A. atlantica</i> Baum & Fedack)	
		偏凸燕麦(<i>A. ventricosa</i> Balansa ex Coss.)	
		绵毛燕麦(<i>A. eriantha</i> Dureu)	
		小粒裸燕麦(<i>A. nudibrevis</i> Vavilov)	
		短燕麦(<i>A. brevis</i> Roth)	
		砂燕麦(<i>A. strigosa</i> Schreb.)	
四倍体 2n = 28	9	大穗燕麦(<i>A. macrostachya</i> Balansa ex Coss. & Durie)	阿比西尼亚燕麦为栽培种,大穗燕麦为多年生种
		细燕麦(<i>A. barbata</i> Pott ex Link)	
		瓦维洛夫燕麦(<i>A. vaviloviana</i> (Malzev) Mordv.)	
		阿加迪尔燕麦(<i>A. agadiriana</i> Baum & Fedak)	
		大燕麦(<i>A. magna</i> H. C. Murphy & Terrell)	
		墨菲燕麦(<i>A. murphyi</i> Ladiz.)	
		马罗卡燕麦(<i>A. maroccana</i> Gand.)	
		阿比西尼亚燕麦(<i>A. abyssinica</i> Hochst. 又称埃塞俄比亚燕麦)	
六倍体 2n = 42	5	西方燕麦(<i>A. occidentalis</i> Dur.)	后 3 个物种为栽培种,其中大粒裸燕麦为裸粒种
		普通野燕麦(<i>A. fatua</i> L.)	
		野红燕麦(<i>A. sterilis</i> L.)	
		地中海燕麦(<i>A. byzantina</i> K. Koch.)	
		普通栽培燕麦(<i>A. sativa</i> L.)	
		大粒裸燕麦(<i>A. nuda</i> L.)	

2 国外引进燕麦种质资源的利用

从国外引进燕麦种质资源的目的是丰富中国燕麦种质资源的多样性,拓宽中国燕麦遗传基础,可更好地为燕麦生产提供直接利用,同时为燕麦育种和其他科研提供基础材料。自 20 世纪 50 年代以来,中国燕麦科技工作者在引进国外燕麦种质资源的同时,开展了种植观察和鉴定,择优提供生产、育种和其他科研利用,取得了非常显著的成效。

2.1 在生产上直接利用

引入国外燕麦种质资源经鉴定、品比、区试和生产示范,被审定为优良品种的即可在生产上直接推广,最突出的品种是引自原苏联的 ВІР1998,在 20 世纪 60 年代主要在华北地区(河北、山西、内蒙古)联合试验并推广,故将其定名为华北 2 号,至 80 年代推广面积曾达 14 万 hm^2 。生产上直接推广的品种还有引自法国的品种 Nuprime(曾定名为永 492 和小 46-5),从 70 年代开始在内蒙古、河北坝上和山西雁北推广,1980 年前后推广面积达 2 万 hm^2 。引自加拿大的 Ot195(曾定名永 73-7)80 年代在内蒙古推广。引自原苏联的 хидиНЫ(译

名为赫波 1 号)和引自匈牙利的品种 1-6-800(曾定名为坝选 3 号),均曾在河北坝上地区有一定的推广面积^[2,8]。

21 世纪以来,我国政府加大了对燕麦科研的支持力度,组建了燕麦荞麦产业技术体系,并增加了经费投入。从而促进了我国燕麦引种工作的快速发展,并鉴定筛选出一批优良品种,在生产上直接推广,如吉林省白城地区的白燕系列,河北省坝上地区的坝燕系列,青海省的青引(莜)系列,这些品种均在生产上试种和推广^[9]。

2.2 在育种上间接利用

利用国外引进燕麦种质资源做亲本,选育燕麦新品种即为间接利用。据不完全统计,中国燕麦育种利用国外燕麦种质资源约 50 多个^[2]。其中主要的有 ВІР1998(华北 2 号)、Nuprime(永 492,小 46-5)、Vigour(健壮)、Milford、Pendch(永 99)、хидиНЫ(赫波 1 号)、Marino、永 380、永 73-1、1-6-800(坝选 3 号)、Ot195(永 73-7)等。用这些品种做亲本,育成的新品种见表 2^[2,3,8-15]。利用其中一些育成品种作品种间渐渗式杂交选育,又培育出一批生产上推广的品种,如坝莜 1 号、草莜 1 号、坝莜 6 号等。

表 2 利用国外燕麦种质资源育成的品种

Table 2 Improved cultivars through utilization of introduced oat germplasm resources

外引品种 Introduced germplasm resources	育成品种 Improved cultivars
ВІР1998(华北 2 号)	蒙燕 7312、内莜 1 号(鉴 19)、内蒙 5 号、晋燕 5 号、晋燕 1 号(雁红 1 号)、晋燕 3 号(雁红 6 号)、晋燕 4 号(雁红 11 号)、雁红 10、品 2 号
Nuprime(永 492、小 46-5)	蒙燕 7413(内燕 4 号)、蒙燕 1 号(燕科 1 号)、蒙燕 7441、内农大莜 2 号、冀张莜 3 号(品 6)、冀张莜 2 号(品 1)、定莜 3 号、定莜 5 号
Vigour(健壮)	蒙燕 7413(内燕 4 号)、内莜 2 号、晋燕 15
永 73-1	冀张莜 3 号(品 6)、铁秆大粒、品 2 号、蒙燕 7441
хидиНЫ(赫波 1 号)	晋燕 8 号、草莜 1 号
永 955	定莜 3 号、定莜 5 号
Marino	晋燕 12、品燕 1 号
永 380	蒙燕 7312、内蒙 5 号
Milford	内莜 1 号(鉴 19)
Pendch(永 99)	晋燕 5 号
Ot195(永 73-7)	内农大莜 1 号
1-6-800(坝选 3 号)	内莜 2 号(1815)
胜利	冀杂 2 号
永 118	冀张莜 2 号(品 1)
永 292	晋燕 8 号
永 553	晋燕 9 号
永 455	晋燕 13
Manotick	陇燕 2 号
永 444	陇燕 3 号

2.3 在其他基础研究上的利用

国外引进的燕麦种质资源除在生产和育种上利用外,还用于燕麦的种质创新、起源进化、植物学分类、细胞学、遗传学等方面的研究,并取得了可喜进展。

2.3.1 种质创新 河北省张家口市农业科学院杨才领导的课题组,利用引进的四倍体大燕麦(*A. magna* H. C. Murphy & Terrell)与六倍体大粒裸燕麦品种品 16(*A. nuda* L. cv. Pin 16)杂交,利用幼胚拯救离体培养技术,并经多代选择而创制出高蛋白含量的新种质 S09 和 S20,蛋白质含量分别为 24.4% 和 24.6%,它们的高蛋白含量来源于大燕麦。该课题组进而用 S20 做亲本,培育出了冀张燕 1 号和冀张燕 2 号,这两个品种蛋白质含量分别为 18.1% 和 17.85%,成为加工专用型新品种^[16]。

2.3.2 核型鉴定 中国农业科学院作物科学研究所张宗文领导的课题组,对从加拿大引进的 3 个二倍体燕麦即西班牙燕麦(*A. hispanica* Ard.)、短燕麦(*A. brevis* Roth)和砂燕麦(*A. strigosa* Schreb.)进行核型鉴定,结果表明,这 3 种燕麦的核型均属于 2A 型,说明它们在进化程度上都比较原始。但是它们的核型不对称系数有异,砂燕麦的为 68.17%,短燕麦的为 63.91%,西班牙燕麦的为 59.31%,由此说明在这 3 个燕麦中,砂燕麦是较进化的物种,而西班牙燕麦是较原始的物种,短燕麦与砂燕麦进化关系较近^[17]。另外,武生辉等^[18]对大燕麦和砂燕麦的核型进行了研究,其中砂燕麦的研究结果与张宗文课题组研究的结果完全一致。这些研究结果可为燕麦的进化研究提供基础依据。

2.3.3 燕麦属物种系统发育研究 四川农业大学彭远英^[19]对引进的 28 个燕麦种进行了系统发育研究,发现燕麦属中 A 基因组二倍体物种相对于其他物种具有更大的遗传分化,推测 *A. damascena* Rajhathy & B. R. Baum 可能是 *A. fatua* L. 的母本,而 *A. strigosa* Schreb. 和 *A. lusitanica* (Tab. Morais) B. R. Baum 分别与不同六倍体物种以及 AACCC 基因组四倍体物种的关系较近,表明多倍体燕麦物种的 A 基因组是从不同 AA 基因组的二倍体物种起源的。燕麦属多倍体物种中的 C 基因组显示了与 C_p 基因组物种 *A. clauda* Durieu 更近的遗传关系。这一结果为六倍体栽培燕麦种的基因组起源研究提供了思路。

2.3.4 不同倍性燕麦种质资源抗旱性鉴定评价 彭远英等^[20]对国外引进的燕麦属不同倍性种质资源进行了抗旱性评价,从二倍体 *Avena atlantica* B.

R. Baum & Fedak、*A. wiestii* Steud. 和 *A. strigosa* Schreb., 四倍体种 *A. murphyi* Ladiz., 以及六倍体栽培燕麦 *A. sativa* L. 和普通野燕麦 *A. fatua* L. 的部分居群中筛选出综合抗旱性强的材料。这些材料将在燕麦抗旱机理和抗旱育种研究中发挥重要作用。

3 讨论

3.1 继续加强国外燕麦种质资源的引进

国外燕麦种质资源的引进,在我国燕麦生产、育种和其他基础研究中已发挥了重要作用。然而,我国迄今拥有燕麦种质资源的数量仅列世界各国的第 5 位,并且有已知的物种,如二倍体种布鲁斯燕麦(*A. bruhsiana* Gruner)、四倍体种岛屿燕麦(*A. insularis* Ladiz.)和六倍体种南燕麦(*A. ludoviciana* Dur.)还未引进。另外,根据我国燕麦产业发展需要,应加强皮燕麦即普通栽培燕麦(*A. sativa* L.)的引进,随着我国燕麦加工技术的发展和饲用燕麦的增加,使得皮燕麦的消费和使用越来越广泛,并且育种的需求亦更加迫切。因此,我国燕麦国外引种还有很大潜力,应继续加强引进的力度。同时,根据国家有关规定,应做好隔离检疫等引种管理工作^[21]。

3.2 加强野生燕麦的鉴定和利用

我国对引进的野生燕麦种质资源已有较好的利用事例,但是还远远不够。因为野生燕麦具有栽培燕麦缺少的优异性状基因,如二倍体种较抗秆锈病和大麦黄矮病毒(BYDV),四倍体种一般抗冠锈病。还有一些相关的研究报导,如四倍体大穗燕麦(*A. macrostachya* Balansa ex Coss. & Durieu)抗寒、抗秆锈病、冠锈病、大麦黄矮病毒和蚜虫^[22]。四倍体种大燕麦(*A. magna* H. C. Murphy & Terrell)和墨菲燕麦(*A. murphyi* Ladiz)的蛋白质含量高达 25% ~ 30%^[23]。六倍体种野红燕麦(*A. sterilis* L.)子粒大,蛋白质含量达 25%,脂肪含量为 10%, β -葡聚糖含量为 6%,同时,抗寒、抗锈病、白粉病、黑穗病和线虫^[24]。这些野生燕麦资源是我国燕麦创新种质和育种的重要基础材料,将它们的优异基因转育到栽培品种中,从而提高栽培品种的抗性和品质。为此,首先要对这些野生燕麦资源进行鉴定评价,进而选择优异者利用。

3.3 加强燕麦种质资源国际合作与共享

国际合作不但能提高燕麦研究水平,而且能共享相关研究信息和种质资源。目前国际上燕麦研究水平较高的国家包括美国、加拿大、英国、俄罗斯、瑞典、德国等国家,这些国家不但保存有丰富的燕麦种质资源,而且在鉴定、评价等方面的研究也处于领先

位置。加强同这些国家相关机构的合作,能够有效引进这些国家的技术和种质资源,共享相关信息,例如由美国和加拿大主导的“全球燕麦研究项目”吸引了众多研究机构参加,每个参加单位都提供了研究材料,基本代表了全球燕麦应用核心种质,凡是参加单位,都可以共享相关资源。双边合作也是引进燕麦资源的重要途径,例如,我国吉林省白城市农业科学院与加拿大农业部的合作,中国农业科学院作物科学研究所与蒙古农业和植物科学研究所的合作,都引进了大批燕麦种质资源。因此,加强燕麦种质资源国际合作,促进燕麦种质资源交换与共享,将有助于促进我国燕麦育种研究和产业发展。

参考文献

- [1] 中国农学会遗传资源分会. 中国作物遗传资源[M]. 北京:中国农业出版社,1994:47-58
- [2] 杨海鹏,孙泽民. 中国燕麦[M]. 北京:农业出版社,1989:7-10
- [3] 林汝法,柴岩,廖琴,等. 中国小杂粮[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002:126-145
- [4] 中国农业科学院作物品种资源研究所. 中国燕麦品种资源目录[M]. 北京:中国农业出版社,1996:1-79
- [5] 赵秀芳,戎郁萍,赵来喜. 我国燕麦种质资源的收集和评价[J]. 草业科学,2007,24(3):36-40
- [6] 郑殿升. 中国燕麦的多样性[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(3):249-252
- [7] 董玉琛,郑殿升. 中国作物及其野生近缘植物:粮食作物卷(精)[M]. 北京:中国农业出版社,1989:251-277
- [8] 任长忠,胡跃高. 中国燕麦学[M]. 北京:中国农业出版社,2013:49-68
- [9] 郑殿升,方嘉禾. 高品质小杂粮作物品种及栽培[M]. 北京:中国农业出版社,2001:54-66
- [10] 郑殿升,方嘉禾. 高品质小杂粮作物品种及栽培[M]第二版. 北京:中国农业出版社,2009:126-151
- [11] 杨文宪. 莜麦新品种与高产栽培技术[M]. 太原:山西人民出版社,2006:1-35
- [12] 张宗文,郑殿升,林汝法. 燕麦荞麦研究与发展[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2009:29-35
- [13] 谷茂,李成雄,王雄. 皮、裸燕麦种间杂交育种的研究[J]. 山西农业科学,1997,25(3):84-87
- [14] 付晓峰,刘俊卿,刘建国,等. 国外引入燕麦种质资源在裸燕麦新品种选育中的应用[J]. 内蒙古农业科技,1999,4(2):14-15
- [15] 杨才,赵云云,王秀英,等. 采用 *A. magna* × *A. nuda* 种间杂交技术育成高蛋白 *A. nuda* 新种质 S109 和 S20[J]. 河北北方学院学报:自然科学版,2005,21(1):36-40
- [16] 杨才,周海涛,张新军,等. 利用核不育莜麦 *ZY* 基因育成优质高蛋白燕麦新品种“冀张燕 1 号”[J]. 河北北方学院学报:自然科学版,2009,25(1):39-41
- [17] 刘伟,张宗文,吴斌. 加拿大引进的二倍体燕麦种质的核型鉴定[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(1):143-147
- [18] 武生辉,李秀娟,李明哲. 野生大燕麦和砂燕麦的核型研究[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版,1989,10(2):115-120
- [19] 彭远英. 燕麦属物种系统发育与分子进化研究[D]. 成都:四川农业大学,2009
- [20] 彭远英,颜红海,郭来春,等. 燕麦属不同倍性种质资源抗旱性状评价及筛选[J]. 生态学报,2011,31(9):2478-2491
- [21] 郑殿升,刘旭,卢新雄. 农作物种质资源收集技术规程[M]. 北京:中国农业出版社,2007:28-29
- [22] Leggett J M. A further *Avena macrostachya* hybrid[J]. Proceedings of 4th International Oat Conference, Adelaide, Australia, 1992:152-153
- [23] Ladizinsky G. Domestication via hybridization of the wild tetraploid oats *Avena magna* and *Avena murphyi* [J]. Theor Appl Genet, 1995,91(4):639-646
- [24] Loskutov I. Interspecific crosses in the genus *Avena* L. [J]. Russ J Genet,2001,37(5):467-475

欢迎订阅 2018 年《植物遗传资源学报》

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊。本刊为中国科技核心期刊、全国中文核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊,被国内多家数据库收录,被 CA 化学文摘(美)(2014)收录,荣获 2015 年度中国自然资源学会高影响力十佳期刊。据《中国科技期刊引证报告》(核心版)统计:2017 年影响因子 1.180,在农艺学类期刊中排名第 4。据 CNKI《中国学术期刊影响因子年报》统计:2017 年复合影响因子 1.663,期刊综合影响因子 1.294。

本刊报道内容为有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。如种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新,信息学、管理学等;起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

双月刊,定价 68 元,全年 408 元。全国各地邮局均可订阅,邮发代号:82-643。国内连续出版物号 CN11-4996/S,国际连续出版物号 ISSN1672-1810。本刊编辑部常年办理订阅手续,如需邮挂每期另加 3 元。

地址:北京市中关村南大街 12 号《植物遗传资源学报》编辑部

邮编:100081

电话:010-82105794;010-82109494

网址:www.zwyczy.cn

E-mail:zwyczyxb2003@163.com;zwyczyxb2003@caas.cn;zwyczyxb2003@sina.com

微信 ID:植物遗传资源学报

作者 QQ 群:372958204