

## 美国大豆生产、育种及产业现状

李晓芝<sup>1</sup>, 张强<sup>1</sup>, 赵双进<sup>1</sup>, 刘兵强<sup>1</sup>, P. Chen<sup>2</sup>, 张孟臣<sup>1</sup>

(1. 河北省农林科学院 粮油作物研究所/国家大豆改良中心石家庄分中心, 河北 石家庄 050031; 2. University of Arkansas, Division of Agriculture, USA)

**摘要:**美国是目前世界上最大的大豆生产国,大豆种植面积(每年3 000万hm<sup>2</sup>以上)和总产(每年近8 000万t)均占世界的1/3左右;在大豆高产育种、品质育种、抗性育种等方面研究均居世界领先地位。分子育种已成为美国大豆品种改良的重要手段,美国第一代转基因大豆育成引领了世界大豆育种方向。研究借鉴美国大豆生产、育种与推广的经验,对提升我国大豆国际竞争力具有积极意义。通过合作研究、考察、访谈等形式对美国大豆生产、育种及产业现状进行了分析研究。在此基础上,综述了目前美国大豆生产和育种研究现状与最新研究进展,大豆研究网络的构成与运行机制,相关技术服务与推广体系等方面内容。

**关键词:**大豆;生产;育种

**中图分类号:**S565.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-9841(2011)02-0337-04

## Current Situation of Soybean Production and Breeding Progress in the United States of America

LI Xiao-zhi<sup>1</sup>, ZHANG Qiang<sup>1</sup>, ZHAO Shuang-jin<sup>1</sup>, LIU Bing-qiang<sup>1</sup>, P. Chen<sup>2</sup>, ZHANG Meng-chen<sup>1</sup>

(1. Shijiazhuang Branch of National Soybean Improvement Center, Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050031, Hebei, China; 2. Division of Agriculture, University of Arkansas, USA)

**Abstract:** At present, the US is the largest soybean production country with yearly cultivation area over 30 million ha and yearly yield about 80 million ton, taking up nearly 1/3 of the world total respectively. American research on soybean high yield breeding, quality breeding and stress breeding takes the world leading role. Molecular breeding has already become the important measure for soybean quality improvement in the US, and the release of the first GMO soybean variety has guided the way of world soybean breeding. Study on the practice and experience of US soybean production, breeding and extension may give help for China in upgrading its soybean world competitiveness. The methods of joint research, abroad study tour and interview were used in studying the soybean production and breeding in the US. On the basis of study, this paper summarized the current situation of soybean production and breeding in the US, gave out the latest breeding research progress, and described the form and function of soybean research network and related technical services and extension system as well.

**Key words:** Soybean; Production; Breeding

中国大豆种植已有5 000多年历史,在20世纪30年代曾是世界上最大的大豆生产国和出口国。但20世纪60年代之后,先后被美国、巴西、阿根廷超越。目前,美国大豆种植面积和产量位居世界首位,大豆遗传育种研究居世界领先水平。研究借鉴美国大豆生产、育种与推广的经验,对提升我国大豆国际竞争力具有积极意义。

### 1 美国大豆生产概况

美国大豆种植多年平均总面积达7 500万英亩(3 035万hm<sup>2</sup>)以上,仅次于玉米种植面积(年平均

3 440万hm<sup>2</sup>以上)。美国大豆面积主要分布在中西部和中南部。中西部以依河华和伊利诺斯州为主产区,而中南部以阿肯色、田纳西和密西西比州为主产区。美国大豆以空茬春播为主,其次中南部有少部分麦茬夏播大豆面积,绝大多数大豆面积为旱作,灌溉大豆面积较小,并集中在中南部。春播大豆一般从5月中上旬播种,9月下旬至10月份收获。北方以早熟品种为主,生育期为MG00-3组,而南方则以中晚熟品种为主,生育期为MG4-7组。近年来,美国南方普遍推广生育期为MG3-5组的早熟品种,此外播种期由原来5月中旬提早至3月下旬

收稿日期:2010-12-21

基金项目:国家现代农业产业技术体系资助项目;国家外国专家局资助项目(CG2009130002)。

第一作者简介:李晓芝(1961-),女,研究员,硕士,现从事农业技术研究。E-mail: xzhli@163.com。

通讯作者:张孟臣(1956-),男,研究员,现从事大豆遗传育种研究。E-mail: zhangmengchen@hotmail.com。

P. Chen(1957-),男,教授,现从事大豆遗传育种研究。E-mail: pchen@uark.edu。

至4月中旬,这一种植方式改进不但提高产量,并解决了生产中一些实际问题,比如干旱,病虫害和后期降雨多等。北方品种多为无限型,并以棕毛为主,而中南部以灰毛有限型品种为主,大田生产行距多为30英寸。随着早熟品种在美国南方的推广,中南部近年来出现很多早熟棕毛有限型品种,而且很多农场的播种行距也随之变窄。播种早熟品种可以缓解生产上许多问题,但是早熟品种也存在稳产性和适应性差的问题,经常出现由于高温高湿而不适应的问题,从而结荚差、粒重降低、籽粒皱缩、霉烂、植株中种子滞绿不正常成熟、后期病虫害重等。

## 2 美国转基因大豆应用现状

20世纪90年代,美国科研机构研究发现矮牵牛对他们生产的除草剂草甘膦(毒滴混剂)具有极强的耐药性,于是,他们为大豆移植了矮牵牛的这种基因,育成了一个全新的大豆品种,这就是第一代转基因大豆,这种大豆可以抵抗草甘膦除草剂(毒滴混剂),只要将草甘膦普遍性的喷洒即可,除草剂会把普通大豆植株与杂草一起杀死,只有这种转基因大豆才能够存活<sup>[1]</sup>。美国从1996年推广第一代转基因大豆后,种植面积迅速增加,几年后便达总面积70%以上,后来一直保持在90%以上。第一代转基因大豆为大田生产提供了很多便利,第一,除草剂简单有效,一季大豆生产只需喷用草甘膦除草剂2~3次,而且使用时机比较灵活,一般播种前施用一次,苗期加施一次,即可达到良好除草效果,大田喷施一般使用大型宽跨度机械或用飞机喷洒,为农户提供很多方便,很多农户只需电话预定飞机喷洒业务即可。第二,草甘膦除草剂价格便宜,与非转基因大豆需要使用多种除草剂相比,转基因大豆所需除草剂价格低出一倍以上<sup>[2]</sup>。第三,转基因大豆有利于大型农场一元化生产,美国北方大豆主产区多为玉米-大豆轮作,而南方多为大豆-小麦连作或大豆-水稻、大豆-棉花轮作。一种除草剂便于大面积使用管理。抗草甘膦转基因大豆给农民带来极大便利和优势的同时,也凸显出一个抗除草剂杂草问题,由于长期大面积使用一种除草剂,很多杂草因而产生抗药性,成为生产上面临的新问题与挑战<sup>[3]</sup>。

美国仍有近10%的非转基因大豆,这些大豆主要用于食用、有机豆和一些特殊出口市场。食用大豆以纳豆、豆腐、豆奶和菜豆为主,而有机豆各种类型均有,只是生产方式不同。此外还有一些市场需要非转基因大豆,比如酱油、饲料、豆芽、色豆(黑、绿、棕色等)。还有一些国外市场比如日本和欧洲。

非转基因大豆一般生产成本略高,因为相应除草剂贵,生产环节要求高,比如农户要在生产、运输、储藏等环节实行隔离,从种子、机械运输工具、储藏室,都应保证无转基因污染,所以生产成本要高于转基因大豆,而且出口商会以生产补贴方式鼓励农户种植非转基因大豆,这些生产环节以及价格补贴都会以合同生产方式予以保证。由于转基因大豆生产成本低、节省人力物力投入,因而转基因大豆种子约为非转基因大豆种子价格的3倍。随着第一代转基因大豆专利即将到期,孟山都公司已推出第二代转基因大豆品种。这一新品种将比第一代转基因大豆增产7%~11%,而且具有更好的除草稳定性。另外美国先锋公司正随之推出名为“onfimw-GAT”产品,还有Byer公司也推出Liberfyhink大豆产品,成为孟山都公司强有力的竞争。孟山都公司还推出抗Dicamba以及Bt大豆产品,这些新一代转基因大豆将对美国乃至世界大豆生产起到推进作用。

## 3 美国大豆研究网络

美国大豆研究主要由公有机构与私有机构两个部分组成<sup>[4]</sup>,公有机构以美国农业部、大学为主组织参与,私有机构由种子、生物公司、研究所、农场主及个人赞助参与。另外各州大豆协会和政府与农业有关的一些组织也赞助或参与大豆研究,美国全国大豆协会ASA(American Soybean Association)和美国联合大豆协会(USB, United Soybean Board)为支撑全国大豆研究开发利用的两大专业组织,其经费来自各州大豆协会,这些经费是从大豆农户按各自大豆面积与产量折算上交的。联邦政府每年通过农业部拨款资助大豆研究,研究根据基础与实用分为很多方向,然后通过全国竞争立项,各项目基本上都是跨州多学科合作课题。美国联合大豆协会(USB)组织赞助全国大豆实用研究课题,这些课题大都是由跨州多学科参与,每3a一个周期,目前资助课题包括品种选育、资源开发、抗旱抗逆、抗病虫害、蛋白与油份改良、品质开发利用等。美国大豆协会(ASA)则以国际国内市场开发、促进大豆出口为主要目标,ASA在各个大豆进口国均设有办事处,从事双方大豆进出口的促进与协调工作。

美国私有机构大豆研究投资力度大,研究范围广。以孟山都、先锋、先正达三巨头为首,从事转基因大豆开发利用,得到了巨大经济效益,一些中小公司如Byer、Stine等也先后加入种子业的激烈竞争并投入一些基础与实用研究。各公司除了开发并保护自己商标和产品之外,还以合同方式转让技术

与产品,从中获得利润。另外,公司还会出资赞助大学的研究项目,从而得到独家拥有产品或技术。美国大中型公司均有自己的研究机构,包括基础技术研究和品种选育及其它产品开发。例如三巨头公司都有分子技术研究团队,从事分子标记辅助选择、转基因性状开发、检测手段等方面研究,并协助育种家进行分子水平检测,以提高育种选择效率。而育种团队遍布各主要大豆生产区,各点以生育期生态型分工,并与其它点合作进行品种鉴定。公方在研究方面合作比较密切,以美国农业部研究站与大学的合作居多,其次为大学与大学之间的研究合作。另外,公司与大学也有不少合作,但一般都有经济与产权方面的合作协议。

#### 4 近年来美国大豆育种研究方向及进展

美国大豆研究以转基因技术为中心,并结合育种及其它产品开发利用。目前生产上仍以第一代转基因大豆为主体,但已在 3 a 前转向第二代转基因的研究开发(RR-2yield)。孟山都 2008 年公开 RR-2yield 技术,并以合同方式转让给其它公司与大学研究机构。目前各公司、大学育种家奋力加速育种进程将 RR-2y 基因通过杂交与回交等方式导入高产品系,在 1~2 a 后将出现大量新一代 RR-2y 新产品,可望比 RR-1 品种增产 7%~11%<sup>[5]</sup>,虽然孟山都 2008~2009 年均有 RR-2y 品种大面积生产,但经济效益还不十分明显,因为品种出现抗病性问题,但孟山都坚信,以后 10~15 a RR-2y 大豆前景良好。随着 RR-2y 技术和品种的市场化,其它公司先后推出自己的转基因技术与产品,例如先锋公司已推出新的草甘膦 N-乙酰转移酶基因 GAT,byev 公司也推出 Liberty-link 大豆产品,目前这些技术和产品已在生产上推广,成为孟山都公司的竞争强手。另外一些中小公司也相继出笼自己的转基因产品,虽然涉及基因与机理有所不同,但产品功能大同小异,大都以抗除草剂便于大田生产管理为主。孟山都又相继推出 Dicamba 和 Bt 产品,Dicamba 产品对多种作物轮作区具有重要意义,而 Bt 产品则主要为南美市场开发。其次美国大豆研究着重于品质改良,从高蛋白高油、高蔗糖、高异黄酮、高含硫氨基酸、高油酸(Oleic acid)到低植酸、低亚麻酸及低多糖等<sup>[6]</sup>。高蛋白材料主要用于精饲料,而高油材料则定向于生物能源与食用油市场,高油酸(Oleic acid)到低亚麻酸(Linolenic)主要用于健康食用油的开发利用。目前孟山都和先锋公司均有品种投入商品化生产,高蔗糖低多糖(Stachyose)则用于食用豆和饲料产品市场。高异黄酮大豆用于健康产品开发,而低植酸则用于环保饲料市场开发。另

外一个主要的研究方向是抗病虫,抗病性包括各主要细菌、真菌及病毒病害,抗逆性主要包括抗旱、抗涝、抗盐、抗高温、抗低温、以及抗土壤缺素等性状。此外,各研究单位非常重视种质资源的开发利用,主要以引进种质为主开发新基因,扩大当地品种遗传基础,为育种提高产量打基础。近几年来,科研人员力图发掘新的产量基因,从野生豆和外源栽培种中寻找与当地品种不同的产量基因,并注意高产与其它性状的结合<sup>[7-8]</sup>。基础研究方面除了完成大豆基因组序列分析之外,从事遗传多样性与新基因开发等方面的研究<sup>[9-10]</sup>。此外,各研究单位都具有分子水平监测的设备与能力,在利用分子标记辅助筛选方面有较高效率。

#### 5 美国大豆生产、育种规模与环节

美国为人少地多的大农场农业模式,平均农户种植面积在 667 hm<sup>2</sup> 以上,所以机械化是美国农业的基础。一般农户从整地播种到整个生长季节管理到秋季收获,基本由 2~3 人完成。一般农户在生长季节或者播种前已将当季生产大豆出售,售价由农户观察市场行情自己选择,所以当大豆收获后,一般随即运往当地商品粮仓。联合收割机装有产量、大豆水分等测试装置,以保证种子质量。当种子从田间运到当地粮仓后,粮站重新对种子质量进行检测,测试项目包括种子水分含量、比重、杂质成分与含量、病虫害、表观质量、破粒与杂粒、纯度、蛋白和油份含量,种子按规定划分等级并以此定价。

种子生产商则更重视种子质量。一般种子公司都会专设种子生产基地。从隔离、播种、管理、去杂、收获、运输、贮藏及收后种子处理,包括清理筛选包装等环节严格控制质量,并在种子包装袋上注明各项种子质量参数和发芽率保证,生产上用种一般在早春预定,种子公司销售代表按州和生产区域分工与农户保持密切而长久联系。种子公司代表还常亲临农户大田生产观摩。以掌握大田生产和品种表现情况。各公司还会定点设立示范田,以此形式让销售代表和农户代表参观了解新品种。销售种子以 50 磅袋装为主(一般正好种一英亩)。并备大袋散装,大约每袋 1 000 kg。农户一般会选择播前种子处理,从而保证齐苗壮苗。如果种子有发芽或出苗问题,种子公司会予以赔偿,或免费提供相应种子。另外,农户会选择作物保险公司进行生产和产量保护。如果遇到天气等因素引起的作物灾害,作物保险公司会予以赔偿。美国大豆生产上还有一种特殊服务,那就是作物咨询。这些当地的小咨询公司会以合同形式提供生长季节作物观测服务,主要观测大田作物生长情况以及缺肥缺素、

病虫害等,并及时向农户提出处理建议。总之,从育种繁殖到大田生产、技术推广、质量控制及配套服务等环节保证高产优质。

育种家以常规育种为主,一般育种家配制 300~1 000 个杂交组合,之后迅速收杂交后代南繁加代。然后从  $F_4$  或  $F_5$  选单株,接着鉴定并选择品系。一般从  $F_2 \sim F_4 / F_5$  多用单粒传或混合法。以便于保持较大变异的遗传群体。群体大小因组合而定,一般每个组合均在 2 000~5 000 株,每个组合选择 50~300 株,第一代品系选择有 2 种方法,即目选和产量选择,一般公司会用产量选择法,以对所有株行进行测定。而农业部则大量利用目选法,部分入选株行进行测定。入选株行进入第 1 年产量试验,多点单重复或 2~3 点 2 次重复;入选品系进入第 2 年产量试验,3~10 点及 3~4 重复;第 3 年产量试验(15~30 点,3~4 重复)选出发放品系,次年进入提纯、示范、小面积生产试验,而农业部和大学育种单位收入选材料进行 2~3 a 的区域试验。从而选出欲发放推广品种。公司品种各有自己命名方法与发放渠道,多以公司简名加熟期与发放年份为品种名,然后由质量控制系统做繁殖、提纯、包装,而销售部门则负责品种信息、示范、宣传与销售工作。农业部和大学育种单位一般设有自己的品种繁育基地,负责 Foundation(原原种)种子生产,然后出售给公司大面积繁殖,最后由公司转销至大豆农户。

美国育种单位均有从种子整理到种和收一体化的操作与管理系统,各育种单位都有自己的计算机系统操作资源档案、试验设计、数据输出与分析、选择参数设计、试验计划书、田间操作图等。从种子准备、播种、小区管理、收获、收后处理,实行机械化和系统化操作与管理。从而以多快取胜,一般育种单位有能力管理 1 000 多个组合及 20~50 万株行,以及 133~333  $\text{hm}^2$  小区试验田。试验与选择精确度取决于多点与重复,而不是多年重复。美国育种家非常重视效率,争取时间最为重要,育种田常由 10~12 a 缩短到 6~8 a。

## 6 美国大豆生产相关的推广与服务

美国各大豆生产州均设有试验推广站,从事大豆与其它作物栽培管理方面的研究工作,科技推广工作人员包括生理、病理、昆虫、土肥、机械化、水利灌溉、杂草、加工等方面的专业人才,他们主要把新产品和技术推广至农户,并设计田间试验,有目的地解决生产和技术上存在的问题。另外,这些专家还建立示范田,对农户实施新产品与新技术示范。另外一个服务分支是咨询体系,这个商业化的咨询

体系为农户从种到收服务,以合同的方式保证农户生产效益,而获得小额提成回报。除此之外,各州和各个大学及农业部都有自己的服务网站,定期收集新信息向社会发布,而且提供网上问答与讨论活动,农户之间也可以交流经验与教训。此外,国内外生产情况与市场价格和供需信息每天都有及时报道。美国几大大豆组织都设立网站交流信息,ASA、USB、SoyTech 等机构还会定期登载发布系列性大豆文章,这些信息使农户及时掌握市场、产品、技术,并调整市场的经营管理。

## 参考文献

- [1] 季志强,盖颜欣,王奇,等. 国内外大豆生产概况及大豆育种的发展方向[J]. 农业科技通讯, 2010(7): 8-10. (Ji Z Q, Ge Y X, Wang Q, et al. Survey of soybean production and breeding orientation in China and abroad[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2010(7): 8-10.)
- [2] 姜萍,王思明. 转基因大豆技术发展动因探析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(4): 342-347. (Jiang P, Wang S M. On dynamics of the development of genetically modified soybean[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(4): 342-347.)
- [3] 强胜,宋小玲,戴伟民. 抗除草剂转基因作物面临的机遇与挑战及其发展策略[J]. 农业生物技术学报, 2010, 18(1): 114-125. (Qing S, Song X L, Dai W M. The opportunity and challenge faced by transgenic herbicide-resistant crops and their development strategy[J]. Journal of Agricultural Biotechnology, 2010, 18(1): 114-125.)
- [4] Sleper D A, Shannon J G. Role of public and private soybean breeding programs in the development of soybean varieties using biotechnology[J]. AgBioForum, 2003, 1/2: 27-32.
- [5] Konduru S, Kruse J, Kalaitzandonakes N. The global economic impacts of Roundup Ready soybeans[M]// Gary Stacey. Genetics and genomics of soybean. Heidelberg: Springer-Verlag GmbH, 2008: 375-395.
- [6] 刘章雄,邱丽娟,关荣霞,等. 美国大豆育种研究进展[J]. 大豆科学, 2004, 23(2): 123-129. (Liu Z X, Qiu L J, Guan R X, et al. New advances in the study soybean breeding of U. S. A. [J]. Soybean Science, 2004, 23(2): 123-129.)
- [7] Diers B W, Cary T, Thomas D, et al. Registration of LD00-2817P soybean germplasm line with resistance to soybean cyst nematode from PI 437654 [J]. Journal of Plant Registrations, 2010, 4(2): 141-144.
- [8] Carter T E Jr., Rzewnicki P E, Burton J W, et al. Registration of N6202 soybean germplasm with high protein, favorable yield potential, large seed, and diverse pedigree[J]. Journal of Plant Registrations, 2010, 4(1): 73-79.
- [9] Mikel M A, Diers B W, Nelson R L, et al. Genetic diversity and agronomic improvement of north American soybean germplasm [J]. Crop Science, 2010, 50(4): 1219-1229.
- [10] Feng C, Hou A, Chen P, et al. Genetic diversity among popular historical southern U. S. soybean cultivars using AFLP markers [J]. Journal of Crop Improvement, 2008, 22(1): 31-46.