



高脂肪高产大豆品种东生 79 的选育及系谱分析

宗春美^{1,2},任海祥¹,潘相文³,王燕平¹,孙霞³,李文¹,杜维广¹,刘宝辉³

(1. 黑龙江省农业科学院 牡丹江分院/国家大豆改良中心牡丹江试验站/牡丹江大豆研发中心,黑龙江 牡丹江 157041; 2. 南京农业大学 大豆研究所/国家大豆改良中心/农业部大豆生物学与遗传育种重点实验室/作物遗传与种质创新国家重点实验室,江苏 南京 210095; 3. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所,黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:为明确脂肪含量在高脂肪高产大豆品种东生 79 系谱中的传递规律,本研究分析东生 79 选育过程及系谱,追溯其祖先亲本对东生 79 细胞质及细胞核基因的贡献值。结果表明:东生 79 的细胞质由四粒黄提供,贡献率 100%。传递过程是:四粒黄—黄宝珠—满仓金—克 5501-3—绥农 3 号—黑农 33—哈 04-1824—东生 79。核基因由祖先亲本 Clark63、克山四粒黄等 25 个农家品种和育成品种提供,细胞核贡献值为 0.1% ~ 12.5%。脂肪含量是通过受体亲本哈 04-1824 的母性超亲遗传实现的。哈 04-1824 的脂肪含量来源于黑农 33 和黑农 44 的杂交组合,而黑农 33 和黑农 44 的脂肪含量又分别可追溯到绥农 3 和黑农 37 的组合,依此类推追溯到祖先亲本。高脂肪生态性状的遗传改良能发挥高脂肪受体亲本(母本)超亲遗传特性,选择脂肪含量高、缺点少的受体亲本(母本)与多个早熟高产供体亲本杂交,或用受体亲本作轮回亲本进行 1~3 次回交是其有效的途径。

关键词:大豆;东生 79;祖先亲本;系谱分析;遗传改良

Selection and Pedigree Analysis of High-oil and High-yield Soybean Variety Dongsheng 79

ZONG Chun-mei^{1,2}, REN Hai-xiang¹, PAN Xiang-wen³, WANG Yan-ping¹, SUN Xia³, LI Wen¹, DU Wei-guang¹, LIU Bao-hui³

(1. Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences /Mudanjiang Experiment Station of the National Center for Soybean Improvement/Soybean Research and Development center of Mudanjiang, Mudanjiang 157041, China; 2. Soybean Research Institute of Nanjing Agricultural University/National Center for Soybean Improvement/Key Laboratory of Soybean Biology, Genetic and Breeding, Ministry of Agriculture State Key Laboratory for Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Nanjing 210095, China; 3. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081, China)

Abstract: To clarify the transmission law of oil content in high-yield and high-oil soybean variety Dongsheng 79 pedigree, we analyzed the breeding process and pedigree of Dongsheng 79, traced the contribution of their final ancestors to the cytoplasmic and nuclear genes. The results showed that the cytoplasm of Dongsheng 79 was provided by Silihuang, and the contribution rate was 100%. The transfer process was Silihuang-Huangbaozhu-Mancangjin-Ke 5501-3-Suinong 3-Heinong 33-Ha 04-1824-Dongsheng 79. The nuclear gene was provided by 25 landrace varieties and breeding varieties, such as final ancestors Clark 63 and Keshansiluhuang, and the nuclear contribution value ranged from 0.1% to 12.5%. The oil content was achieved by maternal super-parental inheritance of the recipient parent, Ha-12-1824. The oil content of Ha 04-1824 was derived from the hybrid combination of Heinong 33 and Heinong 44, while the oil content of Heinong 33 and Heinong 44 could be traced back to the hybrid combination of Suinong 3 and Heinong 37, and so on. The genetic improvement of high-oil ecological traits can exert the hyper-genetic characteristics of high-oil receptor parents (female parent). It is an effective way to select a recipient with a high-oil content and a low defect (female parent) to hybridize with multiple early maturing and high-yield donor parents, with the using of the recipient parent as a recurrent parent for backcrossing 1-3 times.

Keywords: Soybean; Dongsheng 79; Final ancestors; Pedigree analysis; Genetic improvement strategy

大豆原产于中国,但诸多原因导致现阶段国产大豆种植面积和产量均落后于美国、巴西、阿根廷,处于世界第 4 位。国产大豆平均脂肪量较进口转基因大豆低 1~1.5 个百分点^[1-2],大豆加工企业出于

收稿日期:2019-08-05

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项(XDA08030108-1);作物遗传与种质创新国家重点实验室开放课题(ZW201815);黑龙江省农业科学院国家自然科学基金培育项目(2018JJPY008);黑龙江省农业科学院院级课题(2017XQ05,2018YYF001);黑龙江省应用技术与开发计划(GA18B101);黑龙江省博士后特别资助项目(LBH-TZ1618);国家重点研发计划(2017YFD0101303-2);农业部东北作物基因资源与种质创制重点实验室开放课题(CXGC2018KFKT006-2)。

第一作者简介:宗春美(1982-),男,博士,助理研究员,主要从事大豆种质资源创新及新品种选育研究。E-mail:zongcm@126.com。

通讯作者:刘宝辉(1964-),男,研究员,主要从事大豆分子遗传和分子设计育种及光周期研究。E-mail:liubh@neigahrb.ac.cn。

利润考虑,对加工原料的选择更青睐于脂肪含量较高的进口大豆。针对目前国产高油大豆品种短缺现状,培育高脂肪、高产大豆新品种,对增强国产大豆的国际竞争力,抵御国外大豆冲击,振兴我国大豆产业具有重要意义^[3]。近年来国内高脂肪大豆育种取得了长足发展,已育成多个高脂肪含量超过进口转基因大豆的品种^[1-2],高脂肪高产大豆新品种东生79就是很好的实例,该品种的审定填补了黑龙江省大豆品种含油量无高于24%品种的空白^[4]。对育成品种的系谱加以分析可以更好地阐明作物育种整体遗传基础,总结育种过程中亲本选择和组配上的规律,进一步发掘出可用于遗传改良的受体和供体亲本^[5]。本研究对东生79品种的选育途径、方法及其系谱进行分析,其目的一是阐明脂肪生态性状如何在东生79品种系谱中传递,二是提出脂肪生态性状遗传改良的有效途径和方法并指出系谱分析在指导大豆产量及品质改良中的意义。

1 材料和方法

1.1 材料

高脂肪高产大豆品种东生79是中国科学院东北地理与农业生态研究所与黑龙江省农业科学院牡丹江分院合作育成,于2018年通过黑龙江省农作物品种审定委员会审定;审定编号黑审豆2018013。

系谱分析资料主要来源于《中国大豆育成品种系谱与种质基础(1923-2005)》^[6]和大豆品种志^[7-8]等有关资料^[9-11]。

1.2 方法

追溯东生79的系谱,找到祖先亲本(主要指地方品种、国外引种材料以及部分中间品系)并建立系谱树。

遗传贡献率的计算方法:大豆细胞质由母系遗传,即祖先亲本的细胞质贡献率为100%;细胞核遗传由父母本双亲共同承担。通过自然变异选择法、辐射诱变育种法育成品种的亲本核遗传贡献率为100%,由杂交育成品种的双亲核遗传贡献率均为50%,每一亲本按均等分割方法下推至双亲,直至终极的祖先亲本。如果某一亲本无法追踪到系谱,则视为祖先亲本^[6]。

2 结果与分析

2.1 东生79的选育途径及特征特性

2.1.1 选育途径 东生79品种(参试品系号:中牡511),采用高光效高产育种体系和分子设计育种及

常规育种相结合,经多代个体选择系谱法选育而成。

2.1.2 特征特性 东生79在适应区出苗至成熟生育日数118 d左右,需≥10℃活动积温2350℃左右。亚有限结荚习性。株高101 cm左右,有分枝,白花,尖叶,灰色茸毛,荚弯镰刀形,成熟时呈褐色。籽粒圆形,种皮黄色,种脐黄色,有光泽,百粒重20 g左右。该品种平均脂肪含量为24.16%(年际间变幅0~0.12%),平均蛋白质含量为36.33%,蛋脂和为60.49%,超过审定标准,是黑龙江省自1966年以来审定的大豆品种中首个脂肪含量突破24%的品种。东生79具有早熟、高产、多抗的特点。区域试验平均比对照品种合丰50增产8%,生产试验比对照品种增产9.5%。三年抗病接种鉴定结果表明中抗大豆灰斑病,同时兼抗大豆花叶病毒病。

东生79具有节间短、荚密、顶荚丰富、株型收敛、群体通风透光性好、秆强抗倒、丰产稳产性好、生态适应性广、适合黑龙江省大豆主产区种植的突出优点。

2.2 东生79系谱树的建立及分析

东生79是以哈04-1824为受体亲本(母本),绥农29为供体亲本(父本)的杂交组合。依次追溯其父母本的系谱关系,建立了东生79的系谱树。

分析系谱可知,系谱中包含了四粒黄、黄宝珠、金元、紫花4号、满仓金、铁荚四粒黄、克山白眉、一窝蜂、佳木斯秃荚子、嘟噜豆、五顶珠、小金黄、熊岳小黄豆、秃荚子等祖先亲本,小粒豆9号、丰收6号、绥农3号、克4430-20、哈49-2158、哈61-8134、铁7518等育成品种(系)及国外品种Clark63、十胜长叶、Amsoy等多个优良亲本,因此东生79具有丰富的遗传基础,兼具各亲本的优点,为今后高脂肪品种遗传改良和高效利用奠定了基础。通过分析整理,东生79通过7轮杂交选育而来(图1和图2)。

第1轮育种工作主要是对祖先品种及1949年前育成品种的搜集、整理和提纯,育成四粒黄、黄宝珠、金元、满仓金、铁荚四粒黄、克山白眉、一窝蜂、佳木斯秃荚子、嘟噜豆、五顶珠、小金黄、熊岳小黄豆、秃荚子等农家品种,部分育成品种(系)如紫花4号和元宝金选育出的丰收6号、金元和铁荚四粒黄育成的吉林1号。

第2轮育种工作主要包括早期杂交育成品种(系)以及继续整理部分地方品种,如选育出东农1号、黑农4号、吉林5号、丰地黄、通州小黄豆、丰收4号、克山四粒荚等地方品种以及引入国外血缘品种十胜长叶。

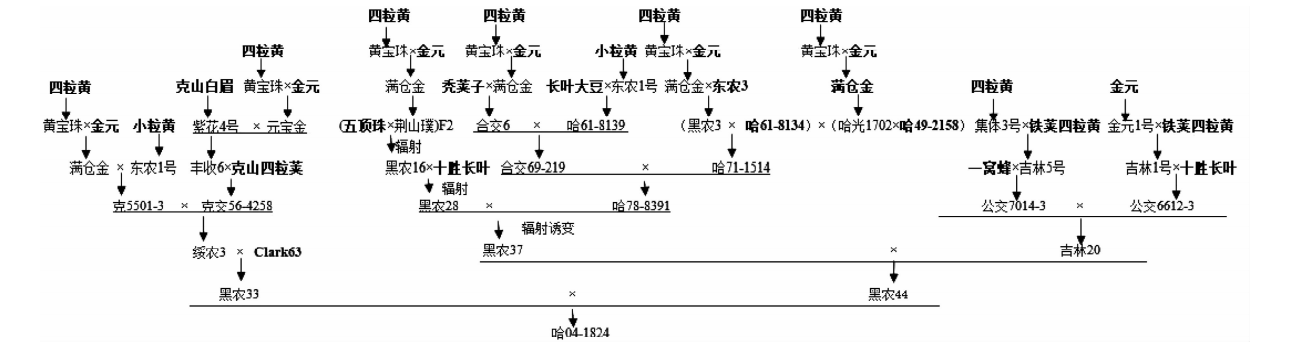


图 1 东生 79 受体亲本的系谱树

Fig. 1 The family tree of Dongsheng 79's receptor

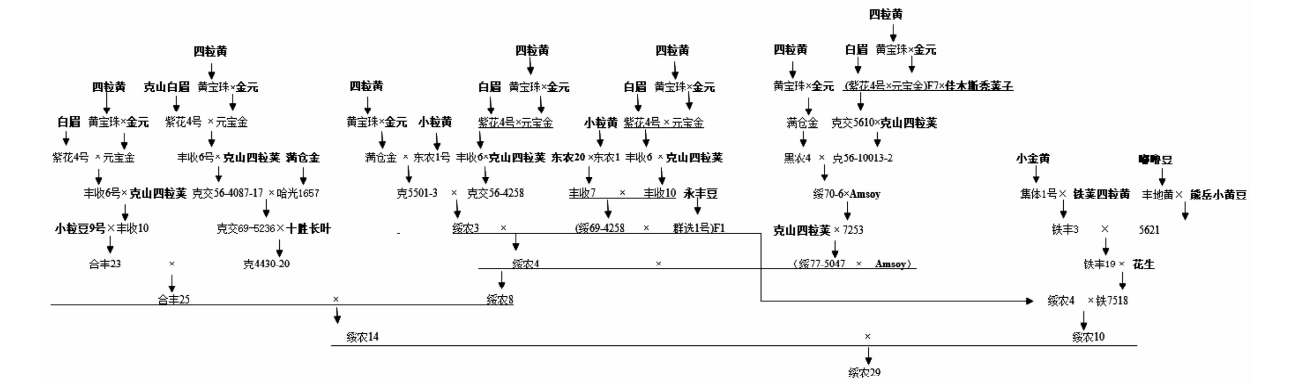


图 2 东生 79 供体亲本的系谱树

Fig. 2 The family tree of Dongsheng 79's donor

第 3 轮是国内育成品种(系),如克 5501-3、克交 56-4258、黑农 28、绥农 3 号、绥 70-6、丰收 10 号,以及国外血缘材料 Amsoy 等。

第 4 轮主要育成品种(系)有黑农 37、吉林 20、绥农 4、合丰 23 和克 4430-20 等。

第 5 轮育成的主要品种是黑农 33、黑农 44、绥农 14 和绥农 10。

第 6 轮育成东生 79 的母本哈 04-1824 和父本绥农 29。

第 7 轮育成东生 79。

2.3 脂肪含量性状在系谱中传递及祖先亲本的遗传贡献

东生 79 在品种设计上首先考虑高脂肪含量和早熟高产等育种目标,选择含有高脂肪分子模块的种质哈 04-1824(高脂肪广适应性品种黑农 33 × 高光效高脂肪品种黑农 44)为母本,该品系具有高脂肪、高光效、广适性等优点,选择含有早熟高产分子模块 *el-as* 的绥农 29 为父本进行杂交。

分析东生 79 双亲的生态性状脂肪含量可知,东生 79 的脂肪含量主要来源于哈 04-1824(23.7%,括号内数字表示该品种脂肪含量,下同)。如图 1 所示,哈 04-1824 是由高脂肪含量品种黑农 33(22.2%)和高脂肪含量品种黑农 44(23.01%)有性

杂交,采用系谱法育成。黑农 33 细胞质传递顺序依次为:四粒黄(19.5%)—黄宝珠(21%)—满仓金(22%)—克 5501-3(未知)—绥农 3 号(23%)—黑农 33(22.2%)。

黑农 44 细胞质传递顺序为:五顶珠(20.12%)—黑农 16(22.25%)—黑农 28(21%)—黑农 37(21.6%)—黑农 44(23.01%)。

综上可知,东生 79 细胞质基因由四粒黄提供,贡献率 100%,传递过程依次是:四粒黄—黄宝珠—满仓金—克 5501-3—绥农 3 号—黑农 33—东生 79。

结合图 1 和图 2,追溯东生 79 的祖先亲本可知,东生 79 的核基因由 Clark63、克山四粒黄、十胜长叶等 25 个祖先亲本共同提供,这些祖先亲本包含 16 个东北地方品种、5 个育成品种(系)、4 个国外品种,以及 1 个属间远源亲本(花生);各祖先亲本的核遗传贡献值为 0.1%~12.5%,各祖先亲本应用次数和核基因遗传贡献率详见表 1。

多年育种及生产实践证明,这些祖先亲本具有广适性、高产、高配合力以及缺点少等诸多优良特征,尤其是 4 个国外品种的引进,很大程度丰富了我 国大豆的遗传基础。这些亲本的优异性状逐步累积,最终育成了东生 79 这一高脂肪高产突破性品种。

表 1 东生 79 各祖先亲本应用次数和核基因遗传贡献率

Table 1 The application numbers and nuclear genetic contribution rates of each ancestor parent of Dongsheng 79

祖先亲本 Ancestral ancestor	应用次数 Number of applications	核遗传贡献率 Nuclear genetic contribution rate/%	来源 Source
Clark 63	1	12. 50	美国品种
克山四粒莢 Keshansilijia	8	10. 74	黑龙江省克山地方品种
十胜长叶 Tokachi nagaha	1	9. 38	引自日本
金元 Jinyuan	16	9. 30	辽宁省开原地方品种
四粒黄 Silihuang	16	7. 74	吉林省公主岭地方品种
小粒黄 Xiaoli Huang	6	7. 42	黑龙江省地方品种
花生 Peanut	1	6. 25	不详
铁莢四粒黄 Tiejiasilihuang	4	4. 69	吉林省中南部地方品种
永丰豆 Yongfengdou	2	4. 69	吉林省永吉地方品种
白眉 Baimei	6	4. 54	黑龙江省克山地方品种
Amsoy	2	3. 91	美国品种
小粒豆 9 号 Xiaolidou 9	1	3. 13	黑龙江省勃利地方品种
一窝蜂 Yiwofeng	1	3. 13	吉林省中部偏西地区地方品种
嘟噜豆 Duludou	1	1. 56	吉林省中南部地方品种
四粒黄 Silihuang	2	1. 56	吉林省东丰地方品种
五顶株 Wudingzhu	1	1. 56	黑龙江省绥化地方品种
小金黄 Xiaojin Huang	1	1. 56	辽宁省沈阳地方品种
熊岳小黄豆 Xiongyuexiaohuangdou	1	1. 56	辽宁省熊岳地方品种
东农 20 Dongnong 20	2	1. 17	东北农业大学育成品种
哈 49-2158 Ha 49-2158	1	0. 78	黑龙江省农业科学院育种材料
哈 61-8134 Ha 61-8134	1	0. 78	黑龙江省农业科学院育种材料
秃莢子 Tujiazi	1	0. 78	黑龙江省木兰地方品种
长叶大豆 Changyedadou	1	0. 78	黑龙江省地方品种
东农 3 号 Dongnong 3	1	0. 39	东北农业大学育成品种
佳木斯秃莢子 Jiamusitujiazi	1	0. 10	黑龙江省佳木斯地方品种
合计 Total	25	100. 00	

3 讨 论

3.1 大豆高脂肪性状的遗传改良以及优化设计策略的思考

从东生 79 的系谱分析得出,高脂肪生态性状的遗传改良是通过发挥高脂肪受体亲本(母本)母性超亲遗传特性,与早熟高产供体亲本杂交来实现。如黑农 33 是绥农 3 号×Clark63;黑农 44 是黑农 37×吉林 20;东生 79 是哈 04-1824×绥农 29。在选择亲本和组配上,尤其要考虑品种(系)的系谱细胞质

和细胞核基因含有高脂肪的血缘。其组配方式是高脂肪含量品种(系)为受体亲本,高产稳产品种(系)为供体亲本,进行杂交或回交。

杜维广等^[11]指出,要在解析各生态区新育成品种(系)中有很好配合力的主栽品种(系)遗传背景的基础上,发掘受体亲本(底盘品种)。其次,发掘供体亲本时,要注重选择产量和与产量相关的主要生态性状:产量、理想株型、高光效、花莢脱落、每节多莢、主茎短分枝、中秆短分枝、成熟期干物重、收获指数、R6-R8 时期、生育期、高异交率、抗病虫和

耐旱等与产量密切相关的生态性状。同时,杜维广等^[11]依据多年育种的经历还指出,常规育种在亲本组配时往往利用较多的骨干亲本为母本与较少父本(品种或品系)组配,但改造母本效率较低。要想提高改造母本的育种效率,建议利用多个供体亲本改造仅有 2~4 个缺点的受体亲本(母本),将有利于培育出突破性品种。在 1993-2004 年,育成品种和育成成品系在亲本选配上占主要地位^[12],我国大豆杂交育种采用的直接亲本多为育成品种和育成成品系,分别占 44.44%、39.23%,国外品种和地方品种仅占 6.64% 和 6.69%。而使用育成品种作为母本的直接亲本为 50.34%,育成成品系为 38.31%,国外品种为 2.75%,地方品种为 8.85%^[6]。利用综合性状优良的育成品种和品系作直接亲本,能较好的育成普通新品种。目前育成品种推广势头良好,但要想育成突破性品种,必须打破这种杂交组合配置模式。建议用具有弥补受体亲本生态性状短板的稳定优良单株为供体亲本,导入其特定生态性状,用受体亲本为轮回亲本回交 1~3 次,这是可以尝试的方法,目前已取得较好的结果。

依据东生 79 的系谱分析结果得出,吉林 20、绥农 10、绥农 14、十胜长叶、Clark63、Amsoy 等都是很好的供体亲本,这些品种作直接亲本育成衍生系个数分别为 88、14、60、287、29 和 129^[6]。

3.2 拓宽大豆遗传基础

从整体论来分析品种遗传基础的方法之一是追溯品种系谱。一要看品种系谱中细胞质和细胞核基因的数量和利用的次数,二要看品种系谱中生态类型的多样性和地理远缘及国外血缘等。

东生 79 的核基因由克山四粒黄、金元等 18 个农家品种和 Clark63、十胜长叶、Amsoy 这 3 个国外血缘及东农 20、哈 49-2158、哈 61-8134、东农 3 号 4 个育成品种,共 25 个祖先亲本提供,其遗传基础还不算太狭窄,正是因为含有高脂肪和早熟高产基因的祖先亲本在各轮的组配中参与系谱的构建才构成东生 79 的高脂肪早熟高产的遗传基础。

虽然如此,但东生 79 有的祖先亲本在系谱构建中应用的次数仍较多,Clark63、十胜长叶、Amsoy 这 3 个国外血缘核基因的贡献率分别为 12.5%、9.38% 和 3.91%,累积贡献率 25.79%;东农 20、哈 49-2158、哈 61-8134、东农 3 号这 4 个育成品种累积贡献率 3.12%。由此可见,一是国外血缘和育成品种细胞核累积贡献率总和为 28.91%,仍显得偏少;二是细胞质基因单一,造成东生 79 的遗传基础仍较狭窄。细胞质来源单一成为制约突破性的大豆品种培育的重要因素^[13]。

目前,国外大豆品种资源类型多,遗传基础丰富^[14]。盖钧镒等^[12]指出,中国东北、黄淮海和南方各大产区的育成品种,绝大多数以本地大豆品种或品系为亲本,各区内的大豆品种遗传基础趋于狭窄。因此,拓宽现有大豆品种的遗传基础将为大豆育种持续发展提供可靠保证。

3.3 我国现阶段国产大豆脂肪现状及解决对策

国产大豆脂肪含量低于进口转基因大豆,进口大豆脂肪含量比我国东北大豆高 0.5%~1.5%^[2],相比之下,我国东北大豆竞争力较弱^[3]。但我国近年来审定的品种中不乏脂肪含量超过 23% 的品种^[3],总体平均脂肪含量较低的主要原因是国内大豆品种未能按品质区域化种植、收获、储存和运输。农业部曾根据我国不同区域大豆生产状况,制订了相应产业结构调整和大豆产业发展方向,对各省进一步进行区划^[15]。宁海龙等^[16]将东北地区绝大部分区域划为高油大豆产区。

针对这种现状,提出以下建议:

一是给予按品质区域化种植户以政策上的扶持,在种植环节,鼓励高油优势区域豆农选取脂肪含量在 21.5% 以上的高脂肪大豆新品种种植,形成高油品种集中化、区域化,同时国家应对良种进行补贴。完善农资补贴政策,降低大豆生产成本。

二是大豆加工环节,对我国国产大豆油脂企业,国家应给予税收或贷款等方面的优惠,对有潜力建立独立产业链条的大豆压榨企业要给予重点支持^[17],鼓励大油脂企业对国产高脂肪大豆专收、专储、专加工。

三是提高国家对大豆科技投入和技术推广的投资力度。国家应充分整合高校及研究机构的科研力量,加大对大豆研发的投入,有针对性地改良大豆品种,针对我国大豆含油率低的缺点,培育高脂肪高产的专用品种;同时要积极完善配套栽培技术,实施大豆种植的精细管理,形成良种+良法的模式;完善成果推广体系,通过大豆协会或专业合作社进行推广,尽快将最新成果有效运用到实践中^[18]。

参考文献

[1] 杨庆凯. 论大豆蛋白质与油分含量品质的变化及影响的因素[J]. 大豆科学, 2000,19(4):386-391. (Yang Q K. Discussion on the changes and influencing factors for soybean protein and oil content[J]. Soybean Science, 2000,19(4):386-391.)

[2] 孙向东, 兰静, 任红波, 等. 黑龙江省大豆与进口大豆品质比较[J]. 黑龙江农业科学, 2017(7):51-58. (Sun X D, Lan J, Ren H B, et al. Comparison on qualities between Heilongjiang province soybeans and imported soybeans[J]. Heilongjiang Agri-

cultural Sciences,2017(7):51-58.)

[3] 富健. 高油大豆育种研究现状与展望[A]//中国作物学会、福建农林大学. 2008 中国作物学会学术年会论文摘要集[C]. 中国作物学会、福建农林大学:中国作物学会,2008:1. (Fu J. Current status and prospects of high oil soybean breeding [A]//China Crop Society, Fujian Agriculture and Forestry University. 2008 China Crop Society Academic Annual Conference Abstracts [C]. China Crop Society, Fujian Agriculture and Forestry University: China Crop Society, 2008 :1.)

[4] 刘刚. 我国成功培育出高油高产突破性大豆新品种“东生 79”[J]. 农药市场信息,2018(13):38. (Liu G. China has successfully cultivated a new breakthrough soybean variety “Dongsheng 79” with high oil and high yield[J]. Pesticide Market News,2018 (13):38.)

[5] 王玉莲,宗春美,王燕平,等. 浅析大豆育成品种系谱分析[J]. 大豆科技,2014(2):43-44. (Wang Y L,Zong C M,Wang Y P,et al. Shallow of soybean varieties bred pedigree analysis[J]. Soybean Science & Technology,2014(2): 43-44.)

[6] 盖钧镒,熊冬金,赵团结. 中国大豆育成品种系谱与种质基础(1923-2005)[M]. 北京:中国农业出版社,2015:4-5. (Gai J Y, Xiong D J, Zhao T J. The pedigrees and germplasm bases of soybean cultivars released in China(1923-2005) [M]. Beijing:Chinese Agricultural Press, 2015:4-5.)

[7] 中国农业科学院作物科学研究所,吉林省农业科学院大豆研究中心. 中国大豆品种志(1993-2004) [M]. 北京:中国农业出版社,2007. (Institute of Crop Sciencesof Chinese Academy of Agricultural Sciences, Soybean Research Institute of Jilin Academy of Agricultural Sciences . Chinese soybean variety (1993-2004) [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2007.)

[8] 吉林省农业科学院大豆研究所. 中国大豆品种志(1978-1992) [M]. 北京:中国农业出版社,1993. (Soybean Research Institute of Jilin Academy of Agricultural Sciences . Chinese soybean variety (1978-1992) [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1993.)

[9] 陈维元,吕德昌,姜成喜,等. 绥农号大豆血缘关系分析[J]. 黑龙江农业科学,2004(4):9-12. (Chen W Y,Lyu D C, Jiang C X,et al. Pedigree analysis of soybean cultivars named by Suinong [J] . Heilongjiang Agricultural Sciences, 2004 (4): 9-12.)

[10] 白艳凤,王玉莲,王燕平,等. 牡豆 8 号祖先亲本追溯及遗传解析 [J]. 植物资源学报,2015,16(3): 485-489. (Bai Y F, Wang Y L,Wang Y P,et al. Ancestors tracking and genetic dissection for released soybean cultivar Mudou 8[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2015,16(3): 485-489.)

[11] 杜维广,盖钧镒. 大豆超高产育种研究进展的讨论 [J]. 土壤与作物,2014(3):81-92. (Du W G,Gai J Y. A discussion on advances in breeding of super high-yielding soybean cultivars[J]. Soil and Crop,2014(3):81-92.)

[12] 盖钧镒,崔章林. 中国大豆育成品种的亲本分析 [J]. 南京农业大学学报,1994,17(3):19-23. (Gai J Y, Cui Z L. Ancestral analysis of soybean cultivars released in China [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 1994,17(3):19-23.)

[13] 张国栋. 黑龙江省大豆推广品种的细胞质来源初步研究 [J]. 大豆科学,1987,6(4): 313-316. (Zhang G D. The cytoplasm sources research of soybean varieties in Heilongjiang province[J]. Soybean Science,1987,6(4): 313-316.)

[14] 王彩洁,孙石,吴宝美,等. 20 世纪 40 年代以来中国大面积种植大豆品种的系谱分析 [J]. 中国油料作物学报,2013,35(3):246-252. (Wang C J,Sun S,Wu B M,et al. Pedigree analysis of the most planted soybean cultivars in China since 1940s[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2013,35(3):246-252.)

[15] 农业部种植业管理司. 中国大豆品质区划[M]. 北京:中国农业出版社,2003. (Planting Industry Management Department, Ministry of Agriculture. Chinese soybean quality division [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press,2003.)

[16] 宁海龙,张大勇,胡国华,等. 东北三省大豆蛋白质和油含量生态区划 [J]. 大豆科学,2007,26(4):511-516. (Ning H L, Zhang D Y, Hu G H. et al. Regionization of protein and oil content in soybean(*G. Max Merrill*) in the northeast of China[J]. Soybean Science, 2007, 26 (4): 512-516.)

[17] 郭天宝. 中国大豆生产困境与出路研究[D]. 吉林农业大学,2017. (Guo T B. Study on dilemma and way out of China’s soybean production[D]. Jilin Agricultural University, 2017.)

[18] 孟岩,马俊乐,徐秀丽. 四大粮商大豆全产业链布局及对中国的启示[J]. 世界农业,2016(1):62-67. (Meng Y, Ma J L, Xu X L. The layout of the whole industry chain of the four grain traders and their enlightenment to China[J]. World Agriculture. 2016(1):62-67.)