



牡育等系列大豆系谱关系分析

李文¹,王磊^{1,2},王燕平¹,宗春美^{1,2},齐玉鑫¹,孙晓环¹,刘长远¹,胡海波³

(1. 黑龙江省农业科学院 牡丹江分院/含硫氨基酸大豆育种工程技术研究中心/国家大豆产业技术体系牡丹江综合试验站,黑龙江 牡丹江 157041; 2. 南京农业大学 农学院,江苏 南京 210000; 3. 赤峰市农牧科学研究所,内蒙古 赤峰 024031)

摘要:品种遗传改良是实现大豆高产、优质、多抗、广适性的重要途径,理清品种的亲本来源及系谱关系,对亲本选择和合理组配及品种选育具有重要指导意义。本研究通过对黑龙江省农业科学院牡丹江分院及合作单位近年来审定的牡豆、东生等 31 个牡育系列大豆品种进行系谱分析,计算祖先亲本细胞核与细胞质遗传贡献值。结果表明:采用适应当地环境的高产优质种质资源作为受体亲本,导入抗倒伏、抗病、耐旱等有益分子模块,改进血缘狭窄,丰富遗传基础,是牡育系列大豆育种成功的关键所在,为今后的育种工作提供了理论基础。

关键词:牡育等系列大豆品种;亲本系谱;关系分析

Analysis on Genealogical Relationships of Muyu and Other Series Soybeans Varieties

LI Wen¹, WANG Lei^{1,2}, WANG Yanping¹, ZONG Chunmei^{1,2}, QI Yuxin¹, SUN Xiaohuan¹, LIU Changyuan¹, HU Haibo³

(1. Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Research Center for Sour Amino Acid Soybean Breeding Engineering Technology/Mudanjiang Comprehensive Experimental Station of National Soybean Industry Technology System, Mudanjiang 157041, China; 2. College of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210000, China; 3. Chifeng Institute of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Chifeng 024031, China)

Abstract: Genetic improvement of soybean varieties is an important way to achieve high yield, high quality, multi resistance, and wide adaptability. Clarifying the parental sources and pedigree relationships of varieties is of great guiding significance for parental selection, rational combination, and variety breeding. This article conducts genealogical analysis on 31 soybean varieties cultivated by Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences and its cooperative units, which have been approved in recent years, to calculate the genetic contribution values of ancestral parents' nuclei and cytoplasm. The results indicate that using high-yield and high-quality germplasm resources adapted to the local environment as recipient parents, introducing beneficial molecular modules such as lodging resistance, disease resistance, and drought resistance, improving narrow blood relationships, and enriching genetic basis are the key to the success of soybean breeding in series such as Muyu, providing a theoretical basis for future breeding work.

Keywords: Muyu and other series soybean varieties; parent genealogy; relationship analysis

黑龙江省农业科学院牡丹江分院及合作单位培育的大豆品种种植面积正逐年递增,同时也扩展到了新疆、吉林、内蒙古等地。牡育等系列大豆品种的推广带来了可观的经济效益和社会效益。随着农业生产的进步,以及国内对大豆及其制品的需求不断扩大,选育优良的大豆品种显得越发重要^[1]。如何有效育成突破性大豆新品种成为国家重大需求,它涉及许多科学问题和技术问题。其中解析育成品种系谱,追溯其祖先亲本来源是关键科学问题之一。盖钧镒等^[2]指出,对于常规育种来说,事实上也包括对于其他各种育种途径来说,成

功育种的关键之一是选原材料或亲本材料。在已有大量新品种育成的今天,回顾总结以往原材料或亲本材料选用的历史和经验是十分必要的。美国大豆育种家和其他作物育种家一样,很早便开始通过一个历史时期育成品种进行系谱分析,以总结出亲本材料选用及杂交组配的经验。Bernar 等和 Nelson 等美国大豆种质库负责人很早便着手大豆育成品种的系谱分析工作^[2]。盖钧镒等^[2]明确了中国大豆育成品种的系谱与种质基础。为了提高黑龙江省农业科学院牡丹江分院及合作单位大豆的育种水平,并为育成大豆新品种加以铺垫,尽快育

收稿日期:2023-05-25

基金项目:黑龙江省农业科学院牡丹江分院青年基金(fy-2022-05);国家自然科学基金项目(32272147);黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”(HNK2019CX01-7);黑龙江省“百千万”工程科技重大专项(2019ZX16B01-9);黑龙江省农业科学院院级科技攻关(2021YYF006);崖州湾种子实验室与中国种子集团有限公司联合揭榜挂帅项目(B23YQ1501);黑龙江省自然科学基金项目(SS2023C002,SS2021C002);黑龙江省重点研发计划指导类项目(GZ20210081);黑龙江省重点研发计划指导类项目(CX23ZD04)。

第一作者:李文(1987—),男,硕士,研究实习员,主要从事大豆种质资源创新研究。E-mail:liwenlevi@163.com。

通讯作者:王燕平(1981—),男,博士,研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:wyping1981@126.com。

号、牡豆10、牡豆12、牡豆14、牡豆15、牡试6号、东生77、东生78、东生79、东生83等15个品种是吉林四粒黄的衍生品种,占育成品种的58.06%;牡试1

号、东生85、东生89、牡豆11等4个品种是五顶珠的衍生品种,占育成品种的12.90%。说明牡育等系列大豆品种血缘来源广泛,适应性良好。

表1 31个牡育等系列系大豆系谱树构成及占比

Table 1 The composition and proportion of soybean genealogy trees in 31 Muyu and other series soybean

系谱树 Genealogical tree	品种 Variety	占比 Proportion/%
紫花4号 Zihua 4	牡豆13	3.22
小粒豆9号 Xiaolidou 9	牡丰7号、东生202	6.45
小金黄 Xiaojinhuang	牡丰5号	3.22
吉林四粒黄 Jilinsilihuang	牡丰1、2、3、5、8、9、10号, 牡丰12、14、15,牡试6号、东生77、78、79、83	58.06
五顶珠 Wudingzhu	牡试1号、东生85、89,牡豆11	12.90

2.2 牡育等系列大豆祖先亲本的来源及变化

牡育等系列大豆品种细胞质基因来源于5个祖先亲本,5个均为地方品种(农家品种),对31个育成品种的细胞核遗传贡献值累计为23.71,平均每个育成品种拥有细胞核祖先亲本0.70个。牡育等系列大豆品种祖先亲本遗传贡献值最大的为吉林四粒黄,其次是紫花4号、小粒豆9号、小金黄和五顶珠,分别为58.06%、3.22%、6.45%、3.22%、12.90%。20世纪70和80年代以克山四粒黄、五顶珠、小粒豆9号、吉林四粒黄及铁岭短叶柄作祖先亲本育成的品种较多,90年代后借助大量引入地方品种及其衍生后代和国外品种,育成品种较多的祖先亲本是小粒豆9号、吉林四粒黄、十胜长叶、Amsoy、Clark 63等。

2.3 牡育等系列大豆直接亲本来源及利用

根据图1将31个牡育等系列大豆品种直接利用的亲本组合,如表2所示,牡育等系列大豆品种直接利用的亲本共42个,其中农家品种(地方品种)4个、育成品种26个,育成品系9个,国外品种2个、野生大豆资源1个,且有的品种具有相同的亲本,如牡丰1号、牡丰2号、牡丰3号来源于同一亲本系选;牡豆15和牡试6号来源于同一亲本组合;牡豆9号、东生77、牡豆10、东生78、牡豆15、牡试6号、牡豆41、牡豆52等8个品种都直接或间接地来源于同一亲本:黑农48。结果说明同一亲本的出现频率增多,也说明育种的趋同性,即同一个育种单位更倾向于使用同一亲本,即骨干亲本。

表2 31个牡育等系列大豆直接利用的亲本组合

Table 2 The parent combinations directly utilized by soybean lines of 31 Mudou and other series soybean

品种 Variety	亲本组合 Parental combination	育种方法 Breeding methods	审定编号 Approval number	育成年代 Released year
牡丰1号 Mufeng 1	荆山璞	系选	-	1985
牡丰2号 Mufeng 2	荆山璞	系选	-	1985
牡丰3号 Mufeng 3	荆山璞	系选	-	1985
牡丰4号 Mufeng 4	哈57-54 × 牡系6003	系谱法	-	1988
牡丰5号 Mufeng 5	小金黄 × 满仓金	系谱法	-	1988
牡丰6号 Mufeng 6	(铁岭短叶柄 × Clark63) F ₂	辐射育种	-	1990
牡丰7号 Mufeng 7	合丰25	系选	-	2007
牡豆8号 Mudou 8	垦豆19 × 滴2003	系谱法	黑审豆2012005	2012
牡豆9号 Mudou 9	(黑农48 × 绥04-5474) × 黑农48	回交育种	黑审豆2015006	2015
牡试1号 Mushi 1	(黑农48 × 垦丰16) × 垦丰16	回交育种	黑审豆2015003	2015
东生77 Dongsheng 77	(黑农48 × 垦鉴35) × 垦鉴35	分子模块设计育种与常规育种结合	黑审豆2015012	2015
牡豆10 Mudou 10	黑农48 × 黑河46	系谱法	黑审豆2016004	2016
东生78 Dongsheng 78	黑农48 × 黑河46	分子模块设计育种与常规育种结合	黑审豆2017012	2017
牡豆12 Mudou 12	黑农41 × 绥03-3068	系谱法	黑审豆2018010	2018

表 2 (续)

品种 Variety	亲本组合 Parental combination	育种方法 Breeding methods	审定编号 Approval number	育成年代 Released year
牡试 2 号 Mushi 2	哈北 46-1 × 东生 4805	系谱法	黑审豆 20180019	2018
东生 79 Dongsheng 79	哈 04-1824 × 绥 02-282	分子模块设计育种 与常规育种结合	黑审豆 20180013	2018
牡豆 11 Mudou 11	黑农 51 × 绥 00-1193	系谱法	黑审豆 20190019	2019
牡豆 15 Mudou 15	黑农 48 × 龙品 8807	系谱法	黑审豆 20190016	2019
牡小粒豆 1 号 Muxiaolidou 1	龙小粒豆 1 号	辐射育种	黑审豆 20190054	2019
东生 89 Dongsheng 89	黑农 35	辐射育种	黑审豆 20190066	2019
牡豆 13 Mudou 13	垦豆 23 × 绥农 30	系谱法	黑审豆 20200002	2020
牡豆 14 Mudou 14	(黑农 40 × 晋豆 23) × 晋豆 23	回交育种	黑审豆 20200008	2020
牡试 6 号 Mushi 6	黑农 48 × 龙品 8807	系谱法	黑审豆 20200012	2020
东生 83 Dongsheng 83	东农 53 × [黑农 51 × (黑农 48 × 黑农 40) × 黑农 48]	聚合育种	黑审豆 20200027	2020
东生 85 Dongsheng 85	黑农 51 × (黑农 51 × 绥 05-6022)	分子模块设计育种与 常规育种结合	黑审豆 20200033	2020
东生 202 Dongsheng 202	蒙豆 36 × 嫩奥 4 号	系谱法	黑审豆 20200060	2020
牡豆 23 Mudou 23	哈 04-1824 × 合丰 55	系谱法	黑审豆 2021L0002	2021
东生 201 Dongsheng 201	合丰 55 × [合丰 55 × (合丰 55 × 垦 04-8586)]	回交育种	黑审豆 2021L0004	2021
牡豆 41 Mudou 41	牡 508 × 东农 48	系谱法	黑审豆 20220008	2022
牡豆 52 Mudou 52	牡 508 × E12128	系谱法	黑审豆 2022L0004	2022
飞龙 14 Feilong 14	(合丰 55 × 冀黄 13) × 合丰 55	回交育种	黑审豆 20220012	2022

牡育等系列大豆的亲本各年代所使用的各个农家品种(地方品种)、育成品种、育成品系、国外品种、野生大豆等出现的频次如表 3 所示:20 世纪 80 年代农家品种(地方品种)出现的频次占总亲本的 6.98%,而育成品系占 4.65%;20 世纪 90 年代,育成品种和国外品种各占 2.33%;21 世纪 10 年代,

育成品种占 30.23%,育成品系则占 11.63%;2020—2022 年育成品种占 32.56%,育成品系则占 4.65%,国外品种与野生大豆资源均占 2.33%。说明育成的品种或品系出现的频次明显上升,牡育等系列大豆的血缘关系也明显趋于复杂。

表 3 各年代育成牡育等系列大豆品种使用的亲本类型
Table 3 Frequency of occurrence in various soybean types

时间 Time	农家品种(地方品种) Native variety (Local variety)	育成品种 Improved variety	育成品系 Finished product line	国外品种 Foreign varieties	野生大豆 Wild soybean	合计 Total
1980s	3		2			5
1990s		1		1		2
2010s		13	5			18
2020—2022		14	2	1	1	18
合计 Total	3	28	9	2	1	43

2.4 牡育等系列大豆国外血缘的利用

在牡育等系列大豆品种的直接利用的亲本共 42 个,其中农家品种(地方品种)4 个、育成品种 26 个,育成品系 9 个,国外品种 2 个、野生大豆资源 1 个等

(表 2)。其中国外血缘仅占 4.65%(表 2 和表 3)。在育成的 31 个牡育等系列大豆品种中,有 18 个大豆品种直接或间接具有外国血缘,占 58.06%,其中 2 个品种是外国血缘直接作亲本育成的(图 1)。在

这些国外血缘中十胜长叶^[6]利用率最高,为17次,占全部牡育等系列大豆的60.71%;其次是Amsoy^[7],有8次,占到全部牡育等系列大豆的28.57%;再次是Clark 63,有3次,占到全部牡育等系列大豆的10.71%(表4)。说明选择适应相同气候条件的国外大豆作为亲本,是创制优异新品种资源、拓宽遗传基础的优先考虑^[8]。

2.5 牡育等系列大豆品种地理分布

育成的31个牡育等系列大豆品种均以在黑龙省第一、二、三积温带能够正常成熟的种质资源作为骨干亲本所育成^[34,9],仅东生202适应黑龙省第六积温带。其利用了黑龙省农业科学院绥化分院育成的12个品种或者品系^[10];利用了黑龙省农业科学院大豆分院育成的13个品种(系)^[11];利用了黑龙省农业科学院佳木斯分院育成的4个品种(系)^[12]。说明这些品种或品系经受了长期的自然气候环境考验,并且大部分都含有当地农家品种血缘,对当地的生长环境具有较强的抗逆性和适应性^[13-17]。因此,以当地优质、高产种质资源作为育种受体亲本是育种成功的保证^[18-20]。

3 结论及育种经验

3.1 牡育等系列大豆亲缘关系

充分利用农家品种或地方品种,文中31个大豆品种都是由农家品种或地方品种衍生而来,具有很强的抗逆性、适应性,适应牡丹江地区或黑龙省第二积温带相似的积温地区。

3.2 牡育等系列大豆祖先亲本的来源

牡育系大豆品种细胞质基因来源于5个祖先亲本,5个都是地方品种(农家品种),对31个育成品种的细胞核遗传贡献值累计为23.71,平均每个育成品种拥有细胞核祖先亲本0.70个。

3.3 拓宽牡育等系列大豆品种的遗传基础,充分利用地理远缘品种

牡育等系列大豆品种细胞质基因来源于5个祖先亲本,5个都是农家品种(地方品种),对31个育成品种的细胞核遗传贡献值累计为23.71,可见其遗传基础较狭窄,有待拓宽。

在育成的31个牡育等系列大豆中,有18个大豆品种直接或间接具有外国血缘,占58.06%。说明国外血缘在育成牡育等系列大豆中起到较重要作用。这也提示育种者要拓宽品种的遗传基础,改进育种工作中遗传狭窄的问题是育种成败关键之一。

3.4 分子模块设计育种与常规育种结合

分子模块设计育种与常规育种结合,是培育突破性品种的新育种方向,而在亲本选择上,在以往基础上,考虑选择亲本的新思路有待育种者进一步深入思考。

4 未来育种工作的展望与思考

4.1 拓宽牡育等系列大豆品种的遗传基础

一个育成品种的遗传基础的宽广程度可以以其涉及到的祖先亲本数量来衡量。牡育等系列大豆品种细胞质基因来源于5个祖先亲本,均是农家品种(地方品种),对31个育成品种的细胞核遗传贡献值累计为23.71,每个育成品种平均拥有细胞核祖先亲本0.70个。

结果说明其育成品种的亲本来源比较狭窄,有待进一步按系谱分析的结果拓宽亲本的来源,尤其是地理远缘亲本的应用。

4.2 以常规育种为主体,与生物育种结合,拓宽育种途径与方法

为区别杂种优势利用育种和生物育种等,育种工作者将系选和有性杂交育种称为“常规育种”。随着育种科学的发展,“常规”的概念和内容也不断调整和发展。

对31个牡育等系列大豆品种育种途径与方法进行分析,其主要采用的是常规育种途径与方法,包括系选、有性杂交育种、回交转育、辐射育种,同时东生83的育成也采用了聚合育种方法;分子模块设计育种与常规育种结合育成高油品种东生79和2级耐旱高产突破性品种东生85;东生77和东生78高产品种。这说明牡丹江分院和合作单位在常规育种的基础上,已拓宽育种途径,践行生物育种新方法。

4.3 探讨育种亲本选择的新途径和新表型

在亲本选择上应在早期选择农家品种,随时间推移再选择品系、品种、国外品种和野生大豆品种,且育成品种(含国外品种)越来越占据主导地位。这基本符合大豆育种亲本选择的演变规律。

分子模块设计育种与常规育种结合是培育突破性品种的新育种方向,而在亲本选择上,在以往基础上如何考虑新的亲本选择思路有待育种者进一步思考。

其次,通过对31个牡育等系列大豆品种性状的观察,发现多数品种的性状是亚有限结荚习性、长叶、紫花、灰毛^[21-25]。不可否认这种性状特征有利

于丰产,但也要更多关注圆叶^[26]、白花^[27]以及棕毛^[28]等特殊的大豆种质特征。这些种质资源中有可能具有其它特性,如叶酸^[29-30]、异黄酮^[31]、维生素E^[32-33]、生物活性肽^[34]、叶黄素^[35-36]、皂苷^[37]含量高、鲜食^[38]等,或是具有优质的耐性基因,比如具有抗寒性^[39-40]、耐旱性^[41-46]、耐盐碱性^[47-49]、抗病性^[50-52]等。因此,更应该注意圆叶、白花以及棕毛等特殊的大豆种质资源,包括野生大豆^[53]、半野生大豆^[54]等。在配置高特异性组分或具有优异特性的大豆新品种或新品系时,这些大豆种质资源可能发挥更大作用。

本研究发现多数品种的适应积温都在黑龙江省第二积温带^[55],因此以后应该侧重配制适应黑龙江省第二积温带的亲本组合,同时也要兼顾配制黑龙江省第一积温带^[56]和黑龙江省第三、四、五、六积温带的组合^[57-58]。

本研究发现多数品种利用的都是建国后到20世纪70年代引入我国的外国血缘^[8,59],例如十胜长叶、Amsoy和Clark 63等。因此,在今后的育种研究中需要引入其他优秀外国血缘拓宽中国大豆的遗传基础。

参考文献

[1] 王济民. 我国的大豆经济:供给与需求的重点分析[D]. 北京:中国农业科学院,2000. (WANG J M. China's soybean economy: Key analysis of supply and demand [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Science, 2000.)

[2] 盖钧镒,熊冬金,赵团结,等. 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. (GAI J Y, XIONG D J, ZHAO T J, et al. Genealogy and germplasm foundation of Chinese soybean breeds: 1923-2005[M]. Beijing: China Agricultural Publishing House, 2015.)

[3] 顾德军,杨德忠,付连舜,等. 辽宁省大豆育种的主要成就与今后对策分析[J]. 杂粮作物,2007,144(1):19-21. (GU D J, YANG D Z, FU L S, et al. Main achievements of soybean breeding in Liaoning Province and analysis of future countermeasures[J]. Miscellaneous Grain Crops, 2007, 144(1): 19-21.)

[4] 汤复跃,陈渊,韦清源,等. 广西大豆育种四十年进展与展望[J]. 南方农业学报,2019,50(2):237-246. (TANG F Y, CHEN Y, WEI Q Y, et al. Progress and prospect of soybean breeding in Guangxi in the past 40 years[J]. Journal of Southern Agriculture, 2019, 50(2): 237-246.)

[5] 叶兴国,王连铮. 黄淮海地区大豆品种亲缘关系概势分析[J]. 大豆科学,1995,14(3):214-220. (YE X G, WANG L Z. Genetic relationship analysis of soybean varieties in Huang Hai area[J]. Soybean Science, 1995, 14(3): 214-220.)

[6] 郭娟娟,常汝镇,章建新,等. 日本大豆种质十胜长叶对我国

大豆育成品种的遗传贡献分析[J]. 大豆科学,2007,26(6):807-812. (GUO J J, CHANG R Z, ZHANG J X, et al. Analysis of genetic contribution of Japanese soybean germplasm Shisheng Changye to Chinese soybean cultivars [J]. Soybean Science, 2007, 26(6): 807-812.)

[7] PROBST A H, LAVIOLETTE F A, WILCOX J R, et al. Registration of Amsoy 70 soybean(Reg. No. 91) [J]. Crop Science, 1972, 12(3):1-6.

[8] 关荣霞,郭娟娟,常汝镇,等. 国外种质对中国大豆育成品种遗传贡献的分子证据[C]. 中国作物学会2006年学术年会论文集,2007. (GUAN R X, GUO J J, CHANG R Z, et al. Molecular evidence of genetic contribution of foreign germplasm to Chinese soybean cultivars [C]. Proceedings of the 2006 Annual Academic Conference of the Chinese Academy of Crops, 2007.)

[9] 陈亮,郑宇宏,范旭红,等. 大豆SSR指纹图谱身份鉴定的研究进展与展望[J]. 大豆科技,2015,8(2):38-43. (CHEN L, ZHENG Y H, FAN X H, et al. Research progress and prospect of soybean SSR fingerprint ID card [J]. Soybean Science and Technology, 2015, 8(2): 38-43.)

[10] 付亚书,陈维元,姜成喜,等. 绥农号大豆品种的应用及选育体会[J]. 黑龙江农业科学,2002(5):49-51. (FU Y S, CHEN W Y, JIANG C X, et al. Experience in the application and breeding of Suinong soybean variety[J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2002(5): 49-51.)

[11] 张桂茹. 黑农号大豆品种的基因源及农艺性状的遗传改进[J]. 大豆科学,1998,17(4):347-352. (ZHANG G R. Genetic improvement of soybean variety Heinong in genetic origin and agronomic traits [J]. Soybean Science,1998, 17(4): 347-352.)

[12] 胡喜平. 合丰号大豆品种系谱分析[J]. 大豆科学,2002,21(2):131-137. (HU X P. Pedigree analysis of soybean variety Hefeng[J]. Soybean Science,2002, 21(2): 131-137.)

[13] 廖林. 吉林省大豆新品种(系)血缘组成分析[J]. 吉林农业科学,1997(2):1-6. (LIAO L. Analysis of blood relationship composition of new soybean varieties(lines) in Jilin province[J]. Jilin Agricultural Science,1997(2): 1-6.)

[14] 孙志强,田佩占. 东北地区大豆品种血缘组成分析[J]. 大豆科学,1990,9(2):112-120. (SUN Z Q, TIAN P Z. Analysis of blood relationship composition of soybean varieties in Northeast China [J]. Soybean Science,1990, 9(2): 112-120.)

[15] 谢甫绋,STEVEN K S M. 大豆骨干品系在特定育种程序中的作用(英文)[J]. 大豆科学,2009,28(3):370-376. (XIE F T, STEVEN K S M. The role of key soybean strains in specific breeding procedures [J]. Soybean Science, 2009, 28(3): 370-376.)

[16] 谢甫绋,包雪艳,郭小红,等. 不同年代大豆品种叶片部分生理指标的比较研究[J]. 大豆科学,2010,29(5):772-776. (XIE F T, BAO X Y, GUO X H, et al. Comparative study on some physiological indexes of soybean leaves in different ages[J]. Soybean Science, 2010, 29(5): 772-776.)

[17] 任翠翠. 近年来东北育成大豆品种的品质,产量及系谱研究[D]. 延边:延边大学,2016. (REN C C. Studies on the quality, yield and pedigree of soybean varieties bred in Northeast

- China over the years[D]. Yanbian: Yanbian University, 2016.)
- [18] 郭泰, 刘忠堂, 胡喜平, 等. 高油大豆种质创新与利用研究[J]. 中国种业, 2004, 22(7): 35-36. (GUO T, LIU Z T, HU X P, et al. Study on the innovation and utilization of high oil soybean germplasm[J]. China's Seed Industry, 2004, 22(7): 35-36.)
- [19] 武新艳, 张振晓, 张小虎. 大豆种质资源的创新利用研究[J]. 天津农林科技, 2020(6): 18-20, 23. (WU X Y, ZHANG Z X, ZHANG X H. Research on innovative utilization of soybean germplasm resources [J]. Tianjin Agriculture and Forestry Science and Technology Co., Ltd, 2020(6): 18-20, 23.)
- [20] 姚振纯, 林红. 大豆优异种间杂交新种质选育新进展[J]. 大豆科学, 1993, 12(3): 196. (YAO Z C, LIN H. New progress in breeding new excellent interspecific hybridization germplasm of soybean [J]. Soybean Science, 1993, 12(3): 196.)
- [21] 陈艳. 吉林省新审定的大豆品种[J]. 农村科学实验, 2014, 10(3): 8-12. (CHEN Y. Soybean varieties newly approved by Jilin Province[J]. Rural Science Experiment, 2014, 10(3): 8-12.)
- [22] 翟惠. 大豆新品种介绍[J]. 新农业, 2004, 31(5): 45-46. (ZHAI H. Introduction of new soybean varieties [J]. New Agriculture, 2004, 31(5): 45-46.)
- [23] 王萍, 武琦, 吕世翔, 等. 2018年黑龙江审定推广的大豆品种 II [J]. 大豆科学, 2018, 37(6): 989-998. (WANG P, WU Q, LU S X, et al. Soybean varieties approved and promoted in Heilongjiang in 2018 II [J]. Soybean Science, 2018, 37(6): 989-998.)
- [24] 温学发, 王海英, 张惠君, 等. 不同结荚习性大豆品种综合生产力的分析评价[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(2): 143-147. (WEN X F, WANG H Y, ZHANG H J, et al. Analysis and evaluation of comprehensive productivity of soybean varieties with different podding habits [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2005, 36(2): 143-147.)
- [25] 于国宜. 不同结荚习性大豆品种主要农艺性状与产量的关系[D]. 安徽: 安徽农业大学, 2015. (YU G Y. Relationship between main agronomic characters and yield of soybean varieties with different podding habits [D]. Anhui: Anhui Agricultural University, 2015.)
- [26] 滕卫丽, 韩英鹏, 李文滨. 不同叶形大豆品种产量性状边际效应指数分析[J]. 大豆科学, 2008, 27(3): 420-422. (TENG W L, HAN Y P, LI W B. Analysis of marginal effect index of yield characters of soybean varieties with different leaf shapes [J]. Soybean Science, 2008, 27(3): 420-422.)
- [27] 费家骅, 祝其昌, 凌以禄, 等. 有关大豆化学成份的相关性, 生态地理分布和形成机理的初步探讨[J]. 大豆科学, 1983, 2(1): 17-26. (FEI J X, ZHU Q C, LING Y L, et al. Preliminary discussion on the correlation, ecological geographical distribution and formation mechanism of soybean chemical composition [J]. Soybean Science, 1983, 2(1): 17-26.)
- [28] 常汝镇. 中国大豆遗传资源的分析研究 IV 不同地区大豆遗传资源的若干植株性状[J]. 中国种业, 1990, 4(4): 10-11. (CHANG R Z. Analysis and study on soybean genetic resources in China IV some plant traits of soybean genetic resources in different regions [J]. China's Seed Industry, 1990, 4(4): 10-11.)
- [29] 柳陈坚, 张海燕, 李晓然. 一种富含叶酸的发酵大豆的制备方法: CN201510608034.3 [P]. [2023-06-24]. (LIU C J, ZHANG H Y, LI X R. A preparation method of fermented soybean rich in folic acid: CN201510608034.3 [P]. [2023-06-24].)
- [30] 张玲, 孟繁磊, 张原宇, 等. 从大豆中提取叶酸的方法: CN201610004854 [P]. [2023-06-24]. (ZHANG L, MENG F L, ZHANG Y Y, et al. Methods for extracting folic acid from soybeans: CN 201610004854 [P]. [2023-06-24].)
- [31] 高志伟, 方伟南, 吴殿星. 一种高异黄酮大豆选育方法: CN201410667433.2 [P]. CN104396729A [2023-06-24]. (GAO Z W, FANG W N, WU D X. A method for breeding soybean with high isoflavones: CN201410667433.2 [P]. CN104396729A [2023-06-24].)
- [32] 李禄慧, 徐妙云, 张兰, 等. 不同作物中维生素 E 含量的测定和比较[J]. 中国农学通报, 2011, 27(26): 124-128. (LI L H, XU M Y, ZHANG L, et al. Determination and comparison of vitamin E content in different crops [J]. China Agronomy Bulletin, 2011, 27(26): 124-128.)
- [33] 刘焕成, 韩英鹏, 滕卫丽, 等. 东北大豆与北美大豆维生素 E 含量的分析[J]. 大豆科学, 2008, 27(6): 925-928. (LIU H C, HAN Y P, TENG W L, et al. Analysis of vitamin E content in northeast soybean and North American soybean [J]. Soybean Science, 2008, 27(6): 925-928.)
- [34] 张莉莉, 王恬. 大豆源生物活性肽的研究进展[J]. 中国油脂, 2005, 30(4): 33-36. (ZHANG L L, WANG T. Research progress of soybean derived bioactive peptides [J]. Chinese Grease, 2005, 30(4): 33-36.)
- [35] 滕卫丽, 韩英鹏, 赵桂云, 等. 大豆叶黄素的研究进展[J]. 作物杂志, 2012(1): 9-12. (TENG W L, HAN Y P, ZHAO G Y, et al. Research progress of soybean lutein [J]. Crop Magazine, 2012(1): 9-12.)
- [36] 卢星星. 磷酸化大豆分离蛋白乳液的制备和性质研究[D]. 安徽: 合肥工业大学, 2023. (LU X X. Preparation and properties of phosphorylated soybean protein isolate lotion [D]. Anhui: Hefei Polytechnic University, 2023.)
- [37] 赵越, 孙岩, 胡国华, 等. 黑龙江省高皂甙大豆种质资源筛选[J]. 大豆科学, 2009, 28(4): 755-757. (ZHAO Y, SUN Y, HU G H, et al. Screening of high saponin soybean germplasm resources in Heilongjiang Province [J]. Soybean Science, 2009, 28(4): 755-757.)
- [38] 吴早贵, 鲁长根. 开发鲜食大豆 增加种植效益[J]. 农村百事通, 2001, 1(4): 11. (WU Z G, LU C G. Developing fresh soybean to increase planting benefit [J]. The Countryside Knows Everything, 2001, 1(4): 11.)
- [39] 静广利. 高纬度地区大豆育种技术的研究与创新[J]. 农业与技术, 2006, 26(4): 56-57. (JING G L. Research and innovation of soybean breeding technology in high latitude area [J]. Agriculture and Technology, 2006, 26(4): 56-57.)
- [40] 张国栋, 龚文娟. 高寒地区大豆品种资源的研究—大豆品种的耐寒性及其鉴定[J]. 黑龙江农业科学, 1983(5): 14-19. (ZHANG G D, GONG W J. Studies on soybean variety resources

- in alpine and cold regions-Cold tolerance and identification of soybean varieties [J]. Heilongjiang Agricultural Science, 1983 (5):14-19.)
- [41] 杜艳丽, 张兆宁, 李思琪, 等. 黑龙江地区主栽大豆品种萌发期耐旱性综合鉴定及评价[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2022, 34(4):1-8,22. (DU Y L, ZHANG Z N, LI S Q, et al. Comprehensive identification and evaluation of drought tolerance of main soybean varieties in Heilongjiang region during germination [J]. Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural Reclamation University, 2022, 34(4): 1-8,22.)
- [42] 李健平, 谢路, 韩德志, 等. 早熟大豆种质资源萌发期耐旱性评价[J]. 黑龙江农业科学, 2022(5): 1-6. (LI J P, XIE L, HAN D Z, et al. Evaluation of drought tolerance of early maturing soybean germplasm resources at germination stage [J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2022(5): 1-6.)
- [43] 张海平, 张俊峰, 陈妍, 等. 大豆种质资源萌发期耐旱性评价[J]. 植物遗传资源学报, 2021, 22(1): 130-138. (ZHANG H P, ZHANG J F, CHEN Y, et al. Evaluation of drought tolerance of soybean germplasm resources during germination[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 22(1): 130-138.)
- [44] 赵兴震, 徐江源, 于莉莉, 等. 大豆种质田间耐旱性评价及优异种质筛选[J]. 大豆科学, 2020, 39(6): 825-832. (ZHAO X Z, XU J Y, YU L L, et al. Evaluation of drought tolerance of soybean germplasm in the field and screening of excellent germplasm[J]. Soybean Science, 2020, 39(6): 825-832.)
- [45] 李志弘. 大豆品种的耐旱性评价及耐旱大豆的根系特性[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020. (LI Z H. Drought tolerance evaluation of soybean varieties and root characteristics of drought tolerant soybean[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2020.)
- [46] 赵兴震. 大豆耐旱性评价及耐旱相关基因挖掘[D]. 北京: 中国农业科学院, 2020. (ZHAO X Z. Drought tolerance evaluation and drought tolerance related gene mining of soybean [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Science, 2020.)
- [47] 韩毅强, 高亚梅, 杜艳丽, 等. 大豆耐盐碱种质资源鉴定[J]. 中国油料作物学报, 2021, 43(6): 1016-1024. (HAN Y Q, GAO Y M, DU Y L, et al. Identification of salt and alkali tolerant soybean germplasm resources [J]. Chinese Journal of Oil Crops, 2021, 43(6): 1016-1024.)
- [48] 李玉卓. 大豆耐盐碱性快速鉴定方法的建立及耐盐碱基因的初步挖掘[D]. 北京: 中国科学院大学(中国科学院东北地理与农业生态研究所), 2021. (LI Y Z. Establishment of rapid identification method for salt and alkali tolerance of soybean and preliminary excavation of salt and alkali tolerance gene [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Science (Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Science), 2021.)
- [49] 米雪. 野生大豆 CIPK2 互作蛋白筛选及其耐盐碱功能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2022. (MI X. Screening of CIPK2 interacting proteins in wild soybean and study on their salt and alkali tolerance function [D]. Harbin: Harbin Normal University, 2022.)
- [50] 刘森, 来永才, 李炜, 等. 黑龙江省野生大豆疫霉根腐病抗病性评价[J]. 中国种业, 2017, 4(8): 53-56. (LIU M, LAI Y C, LI W, et al. Evaluation of resistance to phytophthora root rot of wild soybeans in Heilongjiang province [J]. China's Seed Industry, 2017, 4(8): 53-56.)
- [51] 马淑梅. 大豆种质资源对灰斑病抗性评价和广谱抗源鉴定[J]. 中国农学通报, 2011, 27(17): 260-264. (MA S M. Evaluation of soybean germplasm resources for resistance to grey spot and identification of broad spectrum resistance [J]. China Agronomy Bulletin, 2011, 27(17): 260-264.)
- [52] 胡刘涛. 大豆资源抗白粉病鉴定与抗病基因关联定位[D]. 吉林: 吉林农业大学, 2020. (HU L T. Identification of powdery mildew resistance and mapping of resistance genes in soybean resources[D]. Jilin: Jilin Agricultural University, 2020.)
- [53] 李福山. 中国野生大豆资源的地理分布及生态分化研究[J]. 中国农业科学, 1993, 26(2): 47-55. (LI F S. Study on the geographical distribution and ecological differentiation of wild soybean resources in China [J]. Chinese Agricultural Science, 1993, 26(2): 47-55.)
- [54] 海林, 王克晶, 杨凯. 半野生大豆种质资源 SSR 位点遗传多样性分析[J]. 西北植物学报, 2002, 5(4): 27-33. (HAI L, WANG K J, YANG K. Genetic diversity analysis of SSR loci in semi wild soybean germplasm resources [J]. Journal of Northwest Botany, 2002, 5(4): 27-33.)
- [55] 傅蒙蒙, 王燕平, 任海洋, 等. 东北大豆种质资源生育期性状的生态特征分析[J]. 大豆科学, 2016, 35(4): 541-549. (FU M M, WANG Y P, REN H X, et al. Analysis on ecological characteristics of growth period characters of soybean germplasm resources in Northeast China [J]. Soybean Science, 2016, 35(4): 541-549.)
- [56] 王春英. 黑龙江省审定的大豆品种产量变化趋势分析[J]. 作物杂志, 2011(2): 103-105. (WANG C Y. Analysis on yield change trend of soybean varieties approved by Heilongjiang province[J]. Crop Magazine, 2011(2): 103-105.)
- [57] 张贵卿, 魏明丽, 夏永茂, 等. 黑龙江省第三、第四积温带大豆大垄密高产栽培技术[J]. 种子世界, 2011(4): 43. (ZHANG G Q, WEI M L, XIA Y M, et al. High yield cultivation techniques of soybean with large ridge density in the third and fourth temperate zone of Heilongjiang province[J]. Seed World, 2011(4): 43.)
- [58] 武学义, 暴兴东, 张崎峰. 黑龙江省第四积温带大豆品种比较试验[J]. 黑龙江农业科学, 2017(12): 15-17. (WU X Y, BAO X D, ZHANG Q F. Comparative Test of soybean varieties in the fourth temperate zone of Heilongjiang province[J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2017(12): 15-17.)
- [59] 刘军, 徐瑞新, 石垒, 等. 中国国审大豆品种(2003-2016年)主要性状变化趋势分析[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(11): 60-66. (LIU J, XU R X, SHI L, et al. Analysis on change trend of main characters of soybean varieties (2003-2016) under national examination in China[J]. Anhui Agricultural Bulletin, 2017, 23(11): 60-66.)