



高产多抗大豆品种牡豆 12 亲本追溯及遗传解析

齐玉鑫,任海祥,王燕平,宗春美,孙晓环,白艳凤,李文,孙国宏

(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)

摘要:牡豆 12 是黑龙江省农业科学院牡丹江分院 2018 年审定的大豆品种,具有高产、优质、抗病等特点。为解析牡豆 12 育种过程中产量、品质、抗性等性状在其遗传改良过程中的变化和传递规律,本研究追溯牡豆 12 的祖先亲本,建立系谱树,揭示其遗传基础,并对主要亲本的农艺性状进行分析。结果表明:牡豆 12 属四粒黄细胞质家族,传递过程为四粒黄→黄宝珠→满仓金→克 5501-3→绥农 3 号→黑农 33→黑农 41→牡豆 12。牡豆 12 核基因来自 21 个祖先亲本,其中 Clark 63 的核遗传贡献率最高(25%),四粒黄和金元应用次数最多(11 次)。牡豆 12 的选育过程可归纳为 4 个阶段,随着遗传基础的拓宽和育种方法的发展,实现了大豆产量和抗性的提升。选用抗性优良的地理远缘种质可作为亲本来改良品种抗性;提高单株粒重、单株荚数及在保持一定株高范围的情况下增加主茎节数可提高大豆产量。

关键词:牡豆 12;亲本追溯;遗传解析

Ancestors Tracking and Genetic Dissection for A High Yield and Multi Resistant Soybean Cultivar Mudou 12

QI Yu-xin, REN Hai-xiang, WANG Yan-ping, ZONG Chun-mei, SUN Xiao-huan, BAI Yan-feng, LI Wen, SUN Guo-hong

(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)

Abstract: Mudou 12, with the characteristics of high yield, high quality and resistant to disease, was approved by Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences in 2018. In this study, the ancestral parents of Mudou 12 were traced, the pedigree tree was established, the genetic basis was revealed, and the agronomic traits of its main parents were analyzed. The results showed that Mudou 12 belonged to Silihuang cytoplasmic family, and its transmission process was Silihuang → Huangbaozhu → Manchangjin → Ke5501-03 → Suinong 3 → Heinong 33 → Heinong 41 → Mudou 12. The nuclear genes of Mudou 12 were provided by 21 ancestral parents. Among them, the highest contribution rate of nuclear inheritance was Clark 63 (25%). The breeding process of Mudou 12 can be divided into four stages. With the broadening of genetic basis and the development of breeding methods, the yield and resistance of soybean had been improved. Geographic distant germplasm with excellent resistance can be used as parents to improve resistance. The increasing of the seeds weight per plant and the pods number per plant, and the nodes number of main stem while keeping a certain range of plant height can improve the yield of soybean.

Keywords: Mudou 12; ancestors tracking; genetic dissection

大豆起源于中国,在农业生产中占有举足轻重的地位^[1]。我国大豆与美国、巴西等国相比,存在单产水平差、生产成本高、市场竞争力弱的差异^[2]。目前,进口大豆主要用于榨油和饲料豆粕,国产大豆主要用于食用,逐渐形成新型营养健康和绿色生态的自身定位和错位竞争的发展格局,大力实施差异化发展、多样化发展,可以增强国产大豆的竞争力^[3]。

育成品种的系谱构建对育种者来说是具有重要参考价值的工具,通过系谱能够直观地反映出品种的遗传基础,总结已育成优良品种的系谱可以发

现亲本选配的规律对于指导大豆育种有着重要作用。国内外育种者进行了包括绘制系谱图表、分析遗传贡献值、编写品种志等许多大豆育成品种的系谱分析工作。Allen 等^[4]和 Carter 等^[5]以共祖先度作为指标研究了美国大豆育成品种之间的亲缘关系。Gizlice 等^[6]分析 1947—1988 年北美 258 个育成品种的遗传基础,并以亲本系数表示了 80 个祖先亲本对 258 个育成品种的遗传贡献。崔章林等^[7]分析了中国 1923—1992 年育成的大豆品种共计 651 个品种的系谱。盖钧镒等^[8]以 1923—1995 年育成的 651 个大豆品种系谱为基础,归纳出 348 个

收稿日期:2021-09-14

基金项目:黑龙江省农业科学院杰出青年基金(2020JCQN005);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中试项目(2021ZSXM033)。

第一作者:齐玉鑫(1983—),男,硕士,助理研究员,主要从事大豆种质资源创新研究。E-mail:6402296@163.com。

通讯作者:王燕平(1981—),男,博士,副研究员,主要从事大豆种质资源创新研究。E-mail:wyping1981@126.com。

祖先亲本,并选出38个对全国和三大生态区遗传贡献最大的种质。

牡豆12(黑审豆2018010)是黑龙江省农业科学院牡丹江分院于2008年以黑农41为母本,绥03-3068为父本,经有性杂交,系谱法选育而成。2008年配置杂交组合,同年冬季在海南种植F₁代,2009年在分院选种圃内种植F₂代,同年冬在海南种植F₃代,2010年在分院选种圃内种植F₄代,2011年在分院选种圃内种植F₅代并决选。2012和2013年在分院产量鉴定圃和品比圃参加鉴定试验,2014年参加黑龙江省预备试验,2015和2016年参加省区域试验,两年区域试验平均产量2 894.8 kg·hm⁻²,比对照增产9.4%,2017年参加省生产试验,平均产量2 861.1 kg·hm⁻²,比对照品种合丰55增产9.1%。2018年通过黑龙江省农作物品种审定。牡豆12株高90 cm左右,紫花,尖叶,亚有限结荚习性,密度适宜时下部有小分枝,灰色茸毛,荚弯镰形,成熟时呈褐色。籽粒圆形,种皮黄色,种脐黄色,有光泽,百粒重21 g左右。株型收敛,节间短,荚密,顶荚丰富,茎秆强,抗倒伏。三年平均品质分析结果显示,蛋白质含量40.75%,脂肪含量20.87%,蛋脂和61.44%。三年灰斑病接种鉴定表现为中抗灰斑病。牡豆12在适应区出苗至成熟生育日数120 d左右,需≥10℃活动积温2 450℃左右。

本研究构建了牡豆12系谱,解析祖先亲本的遗传贡献,并通过田间试验比较牡豆12及其系谱树中的24个品种的产量、抗性 & 品质性状,研究了这些性状在牡豆12系谱中的传递规律,旨在为今后大豆品种改良提供理论基础。

1 材料和方法

1.1 材料

材料为牡豆12的24个亲本大豆品种(下文四粒黄为吉林四粒黄,四粒黄*为黑龙江四粒黄)。

1.2 试验设计

于2019年在黑龙江省农业科学院牡丹江分院大豆试验田种植供试大豆品种,试验采用随机区组设计,行长3 m,行距65 cm,保苗25万株·hm⁻²,3次重复。试验采用人工点播,出苗后进行定苗,确保试验密度。成熟后每小区取样5株,每品种15株进行产量和品质性状测定。

1.3 方法

从牡豆12父母本开始向上追溯,直至祖先亲本为止。一些地方品种、国外材料以及一些无法获知亲本的品系材料均视为祖先亲本。凡由杂交育成的品种其双亲的核遗传贡献率均为50%,辐射育种法育成的品种其亲本的核遗传贡献率为100%。每一亲本再按均等分割方法上推至双亲,直至终极的祖先亲本,最后育成品种的各祖先亲本核遗传贡献值总和应等于100%。细胞质通过母本遗传,按贡献率100%计算。牡豆12的系谱分析、贡献率的计算和系谱树的绘制参照《中国大豆品种志(1978—1992)》^[9]、《中国大豆品种志(1993—2004)》^[10]及《中国大豆育成品种系谱与种质基础(1923—2005)》^[11]。

1.4 数据分析

采用Excel 2016进行数据整理 & 分析。

2 结果与分析

2.1 牡豆12的系谱及育种阶段分析

2.1.1 祖先品种及系谱分析 系谱分析表明,祖先品种主要有黑龙江的克山四粒荚、白眉、小粒黄,吉林的四粒黄、黄宝珠,辽宁的金元;育成品种与品系材料主要来源于黑龙江省,包括了东农、丰收、黑河、合丰、黑农、黑交、北丰、哈、绥、克交等系列的品种与品系;还有来源于美国的Clark 63、日本的十胜长叶和俄罗斯的尤比列(图1和2)。

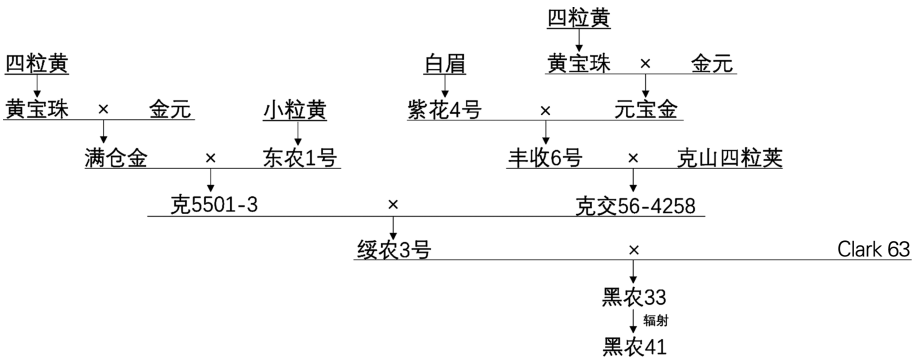


图1 牡豆12母本系谱树
Fig. 1 Pedigree tree for maternal of Mudou

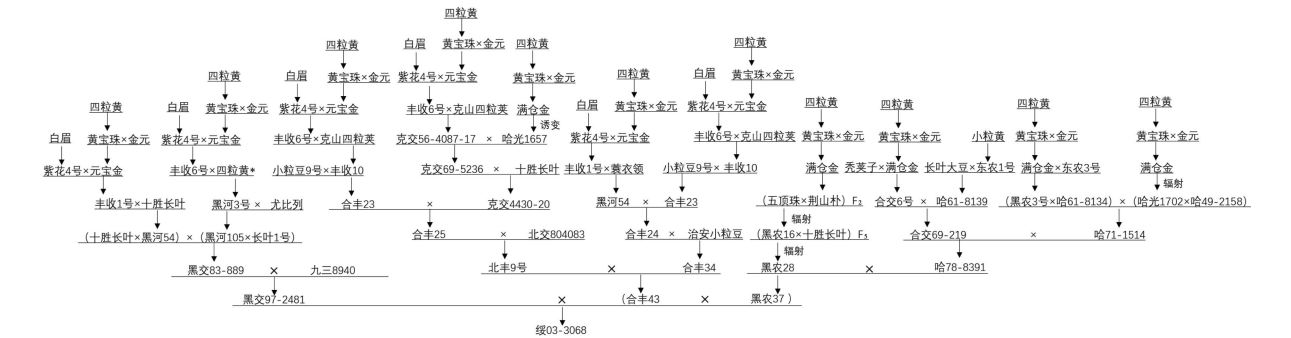


图 2 牡豆 12 父本系谱树

Fig. 2 Pedigree tree for paternal of Mudou 12

2.1.2 牡豆 12 育种阶段分析 以牡豆 12 双亲的系谱树为参考,结合不同时期东北大豆主栽品种的育成、推广和更替,将牡豆 12 的育成过程总结归纳为 4 个阶段。

第一阶段:主要是从地方品种中整理、提纯,育成四粒黄、白眉、金元、小粒黄、秃荚子、五顶珠、长叶大豆等农家品种,并通过杂交育成紫花 4 号、元宝金、满仓金等早期品种。以这些品种作为直接亲本或间接亲本又育成了大量的衍生品种,是东北大豆品种中应用广泛的祖先亲本。

第二阶段:主要包括地方品系的继续整理和早期以单交为主的杂交育种,选育出克山四粒荚、治安小粒豆、丰收 6 号、丰收 10、黑河 3、东农 3 号等品种(系)。

第三阶段:引进了一些国外品种作为育种亲本,丰富了我国大豆的遗传基础。与此同时辐射育种技术也广泛应用到了大豆育种中。在这一阶段育成了合丰 23、合丰 24、合丰 25、合丰 34、黑农 28、黑农 37 等推广面积很大的优良大豆品种以及克 4430-20、哈光 1657 等在大豆育种中有突出贡献的优良品系。

第四阶段:分子模块概念的提出、分子标记辅助育种的应用使得大豆育种进程更快、方式更多样化。育种者对受体亲本的改良也从简单的单交升级为多代的复合杂交来实现。牡豆 12 就是在这一阶段选育而成的。

2.2 牡豆 12 祖先亲本的遗传贡献率分析

牡豆 12 属四粒黄细胞质家族,传递过程为:四粒黄→黄宝珠→满仓金→克 5501-3→绥农 3 号→黑农 33→黑农 41→牡豆 12。牡豆 12 核基因来自 21 个祖先亲本包括:四粒黄、白眉、金元、克山四粒荚、小粒黄、长叶 1 号、尤比列、小粒豆 9 号、五顶珠、四粒黄*、秃荚子、长叶大豆、东农 3 号、北交 804083、治安小粒豆、Clark 63、九三 8940、十胜长叶、哈 61-8134、哈 49-2158,其中黑龙江省 16 个,吉林省 1 个,辽宁省 1 个,国外 3 个(表 1)。其中 Clark 63 的核遗传贡献率最高(25%),四粒黄和金元应用次数最多(13 次)。来自国外的亲本 Clark 63、十胜长叶、尤比列的遗传贡献率之和达到了 35.15%,这也可以看出该品种亲本生态类型差异大,类型多,具有丰富的遗传多样性,为后续的品种改良创新奠定了良好的基础。

表 1 牡豆 12 祖先亲本的核基因遗传贡献率

Table 1 Nuclear genetic contribution rates of ancestor parents of Mudou 12

祖先亲本 Ancestral ancestor	核遗传贡献率 Nuclear genetic contribution rate/%	应用次数 Number of applications	来源 Source
Clark 63	25.00	1	美国品种
九三 8940 Jiusan 8940	12.50	1	黑龙江省农垦总局九三科研所品系
十胜长叶 Tokachi nagaha	8.59	4	日本品种
四粒黄 Silihuang	7.67	13	吉林省公主岭地方品种
金元 Jinyuan	7.67	13	辽宁省开原地方品种
克山四粒荚 Keshansilijia	7.23	3	黑龙江省克山地方品种
小粒黄 Xiaoli Huang	7.03	1	黑龙江省地方品种

续表 1

祖先亲本 Ancestral ancestor	核遗传贡献率 Nuclear genetic contribution rate/%	应用次数 Number of applications	来源 Source
白眉 Baimei	5.18	7	黑龙江省克山地方品种
长叶 1 号 Changye 1	3.13	1	黑龙江省地方品种
北交 804083 Beijiao 804083	3.13	1	黑龙江省北安农科所品系
治安小粒豆 Zhianxiaolidou	3.13	1	黑龙江治安地方品种
尤比列 Youbilet	1.56	1	俄罗斯品种
小粒豆 9 号 Xiaolidou 9	1.56	2	黑龙江省勃利地方品种
五顶珠 Wudingzhu	1.56	1	黑龙江省绥化地方品种
四粒黄 * Silihuang *	0.78	1	黑龙江省中东部地方品种
秃荚子 Tujiazi	0.78	1	黑龙江省木兰地方品种
蓑衣领 Suoyiling	0.78	1	黑龙江地方品种
长叶大豆 Changyedadou	0.78	1	黑龙江省地方品种
哈 61-8134 Ha 61-8134	0.78	1	黑龙江省农科院品系
哈 49-2158 Ha 49-2158	0.78	1	黑龙江省农科院品系
东农 3 号 Dongnong 3	0.39	1	东北农业大学品种

2.3 牡豆 12 主要亲本的农艺性状分析

2.3.1 主要亲本株高、主茎节数及籽粒病虫粒率分析 结合对牡豆 12 育种阶段的划分,将进行田间试验的牡豆 12 系谱亲本品种归类到 4 个阶段中。第一阶段:四粒黄、金元、满仓金、黄宝珠、元宝金、紫花四号和荆山璞;第二阶段:克山四粒荚、绥农 3 号、小粒豆 9 号、丰收 6、丰收 10、黑农 28 和北丰 9;第三阶段:克 4430-20、十胜长叶、尤比列、合丰 23、Clark 63、合丰 24、合丰 34、黑农 33 和合丰 25;第四阶段:黑农 41 和牡豆 12。由表 2 可知,株高最小的是丰收 10(64.6 cm),最高的是满仓金(104.2 cm);主茎节数最少的是尤比列(12.7),最多的是满仓金(18.7);株高对于大豆来说是一项重要的农艺性状,在适当的范围内增加株高可以使大豆冠层结构更合理,以给大豆提供更大的产量形成空间,但株高过高会使得大豆容易倒伏,反而影响产量。只分析株高一项数据,很难发现其在牡豆 12 系谱中的传递规律,但结合株高与主茎节数两个育种性状可以看出,早世代亲本节间长度普遍要比晚世代亲本的节间长度要大,4 个阶段平均节间长度分别为 5.76, 5.16,5.16 和 5.11 cm,这也说明了大豆育种方向是保证株高在合理范围内的同时增加主茎节数,从而

达到增产的目的。

病粒率和虫食率对大豆产量和外观品质都有重要的影响,对病虫害的抗性是衡量品种优劣的一个重要指标。由表 2 可知,牡豆 12 的平均病粒率为 0.9%,虫食率为 6.5%,均比第一阶段的祖先亲本平均病粒率(2.9%)和平均虫食率(8.9%)明显下降。可见在牡豆 12 的系谱中,各阶段的病虫害抗性逐渐提高,4 个阶段的平均病粒率为 2.9%、1.5%、1.2% 和 0.7%,虽然同一阶段不同品种间病粒率存在差异,但整体来看,品种的抗病性逐渐增强。4 个阶段的虫食率分别为 8.9%、10.8%、8.8% 和 8.6%。随着育种进程的推进,虫食率整体出现了先升高后降低的趋势。从第一阶段到第二阶段的过程中,病粒率下降,虫食率上升,从第二阶段到第三阶段再到第四阶段病粒率和虫食率都有所下降,这表明随着遗传基础的拓宽和育种方法的发展,保证抗病性稳步提高的同时,抗虫性也得到了提高。在牡豆 12 的祖先亲本中,国外亲本的引入对抗性的改良有着重要的作用,在祖先中俄罗斯品种尤比列病粒率最低(0.6%);美国品种 Clark 63 虫食率最低(5.1%),且核遗传率达到了 25%,是牡豆 12 抗虫食性的重要抗性来源。

表 2 牡豆 12 系谱主要亲本株高、主茎节数及籽粒病虫粒率

Table 2 Plant height,node numbers of main stem,percentage of disease seeds and percentage of damaged seeds of the main parents in the pedigree of Mudou 12				
品种 Cultivar	株高 Plant height/cm	主茎节数 Nodes number of main stem	病粒率 Percentage of disease seeds/%	虫食率 Percentage of damaged seeds/%
四粒黄 Silihuang	102.4 ± 3.33	17.6 ± 2.05	4.3 ± 0.35	10.4 ± 1.37
金元 Jinyuan	87.7 ± 2.52	14.7 ± 0.58	4.2 ± 0.61	10.5 ± 0.95
满仓金 Mancangjin	104.2 ± 12.06	18.7 ± 1.59	4.7 ± 0.42	6.4 ± 2.19
黄宝珠 Huangbaozhu	102.1 ± 6.39	18.3 ± 3.77	2.0 ± 0.40	11.5 ± 0.21
绥农 3 号 Suinong 3	81.2 ± 12.67	16.6 ± 2.02	2.4 ± 0.42	7.3 ± 0.25
元宝金 Yuanbaojin	87.5 ± 5.20	15.8 ± 1.46	1.9 ± 0.06	6.0 ± 2.28
紫花 4 号 Zihuan 4	92.2 ± 8.05	16.6 ± 1.72	1.2 ± 0.36	10.5 ± 0.15
克山四粒莢 Keshansilijia	85.3 ± 2.52	16.0 ± 1.00	1.3 ± 0.21	11.7 ± 1.61
小粒豆 9 号 Xiaolidou 9	102.7 ± 3.06	15.7 ± 1.53	1.0 ± 0.46	9.9 ± 1.07
丰收 6 Fengshou 6	73.3 ± 2.91	15.3 ± 1.21	1.3 ± 0.21	11.7 ± 0.84
丰收 10 Fengshou 10	64.6 ± 14.55	14.2 ± 0.78	0.8 ± 0.40	10.1 ± 0.65
黑农 28 Heinong 28	89.9 ± 3.52	17.8 ± 1.15	0.6 ± 0.06	11.9 ± 1.28
克 4430-20 Ke 4430-20	76.3 ± 2.61	15.7 ± 0.17	0.7 ± 0.15	11.0 ± 0.96
十胜长叶 Tokachi nagaha	79.2 ± 1.10	16.1 ± 1.61	4.5 ± 0.64	9.8 ± 1.18
尤比列 Youbilet	82.0 ± 2.00	12.7 ± 0.58	0.6 ± 0.17	9.7 ± 0.64
合丰 23 Hefeng 23	82.5 ± 9.11	16.8 ± 1.64	0.8 ± 0.44	10.6 ± 1.37
荆山璞 Jingshanpu	93.5 ± 5.72	15.7 ± 1.91	1.0 ± 0.35	10.4 ± 0.60
Clark 63	87.4 ± 11.40	17.6 ± 0.17	4.7 ± 0.10	5.1 ± 2.48
合丰 24 Hefeng 24	83.7 ± 3.21	16.7 ± 0.58	0.7 ± 0.10	10.5 ± 1.49
北丰 9 Beifeng 9	75.6 ± 4.60	16.0 ± 0.72	0.8 ± 0.20	11.0 ± 1.29
合丰 34 Hefeng 34	84.0 ± 4.58	16.3 ± 1.53	1.0 ± 0.06	10.3 ± 0.47
黑农 33 Heinong 33	91.2 ± 2.65	16.0 ± 1.33	0.8 ± 0.21	5.5 ± 1.80
合丰 25 Hefeng 25	76.9 ± 4.94	16.7 ± 1.55	0.7 ± 0.12	6.9 ± 1.42
黑农 41 Heinong 41	73.7 ± 1.54	16.9 ± 0.44	0.7 ± 0.29	10.7 ± 0.20
牡豆 12 Mudou 12	93.3 ± 1.53	18.7 ± 0.58	0.9 ± 0.15	6.5 ± 1.82

2.3.2 牡豆 12 主要亲本的产量性状分析 根据牡豆 12 系谱主要亲本产量及产量性状组成(表 3),结合牡豆 12 育成的 4 个阶段,在母本系谱和父本系谱中分别选取一组亲本进行产量性状分析。母本系谱中四粒黄→元宝金→绥农 3 号→牡豆 12 的传递中,元宝金比四粒黄单株粒重提高 7.43%,百粒重降低 5.34%,单株荚数提高 8.83%,产量提高 13.5%;绥农 3 号比满仓金单株粒重提高 4.52%,百粒重降低 8.99%,单株荚数提高 5.35%,产量提高 2.68%;牡豆 12 比绥农 3 号单株粒重提高 12.92%,百粒重提高 10.84%,单株荚数提高 9.94%,产量提高 19.6%。父

本系谱中四粒黄→丰收 10→合丰 25→牡豆 12 的传递中,丰收 10 比四粒黄单株粒重提高 3.90%,百粒重降低 10.15%,单株荚数提高 13.42%,产量提高 14.21%;合丰 25 比丰收 10 单株粒重提高 10.98%,百粒重提高 12.44%,产量提高 9.16%;牡豆 12 比合丰 25 单株粒重提高 2.81%,百粒重降低 6.13%,产量提高 1.20%。可以看出,单株粒重、单株荚数和产量的总体趋势是逐代增加,百粒重变化无明显规律,这说明提高单株粒重、单株荚数是提高大豆产量的有效手段。

表 3 牡豆 12 系谱主要亲本产量及产量性状组成

Table 3 Yield and its components of the main parents in the pedigree of Mudou 12

品种	单株粒重	百粒重	单株荚数	产量
Cultivar	Seeds weight per plant/g	100-seed weight/g	Pods number per plant	Yield/(kg·hm ⁻²)
四粒黄 Silihuang	13.7 ± 0.40	21.7 ± 1.18	25.8 ± 0.99	2338.8 ± 51.63
金元 Jinyuan	15.9 ± 0.81	21.2 ± 1.13	28.4 ± 1.35	2467.9 ± 43.82
满仓金 Mancangjin	14.8 ± 1.71	20.6 ± 0.69	28.3 ± 1.03	2706.2 ± 31.20
黄宝珠 Huangbaozhu	13.1 ± 0.61	20.5 ± 1.35	22.5 ± 1.08	2780.7 ± 51.29
绥农 3 号 Suinong 3	15.5 ± 1.35	18.9 ± 0.35	29.9 ± 0.95	2681.7 ± 51.62
元宝金 Yuanbaojin	14.1 ± 1.11	20.9 ± 1.92	33.7 ± 1.21	2797.8 ± 51.28
紫花 4 号 Zihuan 4	11.8 ± 0.58	20.1 ± 0.08	20.9 ± 0.78	2214.9 ± 47.65
克山四粒荚 Keshansilijia	13.9 ± 1.56	20.6 ± 0.92	30.1 ± 2.47	2678.2 ± 31.20
小粒豆 9 号 Xiaolidou 9	13.7 ± 1.36	17.2 ± 0.67	25.2 ± 2.08	2520.0 ± 31.19
丰收 6 Fengshou 6	15.0 ± 0.63	18.1 ± 0.19	30.1 ± 0.38	2686.3 ± 31.19
丰收 10 Fengshou 10	15.4 ± 1.68	19.7 ± 0.77	29.8 ± 0.99	2726.3 ± 31.20
黑农 28 Heinong 28	15.2 ± 0.91	19.5 ± 0.94	29.0 ± 2.41	2703.0 ± 31.20
克 4430-20 Ke 4430-20	15.8 ± 1.32	20.0 ± 2.10	29.8 ± 1.44	2990.0 ± 43.82
十胜长叶 Tokachi nagaha	16.8 ± 1.94	18.7 ± 0.53	29.2 ± 3.65	2710.3 ± 43.82
尤比列 Youbilet	16.7 ± 0.13	16.9 ± 1.01	26.7 ± 1.15	2193.3 ± 43.82
合丰 23 Hefeng 23	15.7 ± 0.80	21.2 ± 1.37	28.2 ± 1.84	2870.8 ± 51.28
荆山璞 Jingshanpu	11.6 ± 0.78	16.3 ± 0.35	22.4 ± 0.79	2328.2 ± 31.19
Clark 63	11.8 ± 1.27	20.6 ± 0.98	21.1 ± 1.39	2670.0 ± 51.29
合丰 24 Hefeng 24	15.1 ± 1.39	19.0 ± 0.35	34.7 ± 1.34	3164.4 ± 53.37
北丰 9 Beifeng 9	16.1 ± 1.10	18.4 ± 0.29	31.5 ± 0.85	3054.9 ± 47.65
合丰 34 Hefeng 34	17.0 ± 0.99	19.7 ± 0.67	28.8 ± 0.80	3172.5 ± 53.38
黑农 33 Heinong 33	16.7 ± 0.98	18.7 ± 0.76	31.5 ± 0.68	3220.5 ± 53.38
合丰 25 Hefeng 25	17.3 ± 0.84	22.5 ± 0.51	32.8 ± 0.34	3025.3 ± 53.37
黑农 41 Heinong 41	16.9 ± 0.38	20.7 ± 0.69	33.2 ± 2.42	2997.0 ± 47.65
牡豆 12 Mudou 12	17.8 ± 0.74	21.2 ± 0.50	33.2 ± 0.88	3460.9 ± 53.37

2.3.3 牡豆 12 主要亲本的蛋白质和脂肪含量分析

由表 4 可知,牡豆 12 系谱中,尤比列的蛋白含量最低(37.1%),丰收 10 最高(43.2%);合丰 34 的脂肪含量最低(19.4%),十胜长叶最高(23.5%);尤比列的蛋脂和最低(58.8%),丰收 10 最高(64.3%)。各育种阶段没有明显的规律。

表 4 牡豆 12 系谱主要亲本蛋白质、脂肪含量

Table 4 Protein and oil contents in the pedigree of Mudou 12

单位:%

品种	蛋白含量	脂肪含量	蛋脂和
Cultivar	Protein content	Oil content	Protein and oil content
四粒黄 Silihuang	41.9 ± 0.64	21.4 ± 0.29	63.3 ± 0.50
金元 Jinyuan	37.9 ± 0.38	21.2 ± 0.67	59.2 ± 0.64
满仓金 Mancangjin	40.6 ± 1.08	21.2 ± 0.26	61.8 ± 0.96
黄宝珠 Huangbaozhu	40.2 ± 0.43	21.4 ± 0.36	61.6 ± 0.78
绥农 3 号 Suinong 3	39.7 ± 1.58	22.2 ± 0.39	61.9 ± 1.61
元宝金 Yuanbaojin	39.5 ± 1.56	22.2 ± 0.30	61.8 ± 1.52
紫花 4 号 Zihuan 4	39.4 ± 1.00	21.6 ± 0.93	61.0 ± 1.84
克山四粒荚 Keshansilijia	38.9 ± 0.36	20.8 ± 0.61	59.7 ± 0.92
小粒豆 9 号 Xiaolidou 9	39.1 ± 0.66	20.8 ± 0.40	59.9 ± 0.52
丰收 6 Fengshou 6	42.2 ± 1.11	21.5 ± 0.62	63.7 ± 0.49

续表 4

品种 Cultivar	蛋白含量 Protein content	脂肪含量 Oil content	蛋脂和 Protein and oil content
丰收 10 Fengshou 10	43.2 ± 1.25	21.1 ± 1.07	64.3 ± 2.16
黑农 28 Heinong 28	40.1 ± 0.60	22.0 ± 0.37	62.0 ± 0.61
克 4430-20 Ke 4430-20	40.0 ± 0.41	21.4 ± 0.59	61.5 ± 0.67
十胜长叶 Tokachi nagaha	38.5 ± 0.71	23.5 ± 0.18	62.0 ± 0.63
尤比列 Youbilet	37.1 ± 0.36	21.7 ± 0.59	58.8 ± 0.35
合丰 23 Hefeng 23	40.0 ± 0.25	21.8 ± 0.18	61.8 ± 0.33
荆山璞 Jingshanpu	37.6 ± 0.80	21.9 ± 0.50	59.4 ± 0.75
Clark 63	40.7 ± 0.79	21.9 ± 0.21	62.6 ± 0.64
合丰 24 Hefeng 24	38.8 ± 0.25	21.8 ± 0.20	60.6 ± 0.38
北丰 9 Beifeng 9	39.8 ± 0.53	23.2 ± 0.29	63.0 ± 0.27
合丰 34 Hefeng 34	42.2 ± 0.47	19.4 ± 0.42	61.5 ± 0.76
黑农 33 Heinong 33	39.8 ± 0.59	22.1 ± 1.10	61.9 ± 0.97
合丰 25 Hefeng 25	41.6 ± 0.90	20.6 ± 0.49	62.2 ± 0.73
黑农 41 Heinong 41	38.3 ± 0.18	22.7 ± 0.09	60.9 ± 0.10
牡豆 12 Mudou 12	40.9 ± 0.13	20.8 ± 0.22	61.6 ± 0.14

3 讨论

从牡豆 12 的系谱分析可以看出,其祖先亲本数量为 21 个,远超出全国平均水平(7.44 个),且国外亲本的育成贡献率达到了 35.15%,从牡豆 12 主要亲本病粒率和虫食率的数据来看,尤比列和 Clark 63 这 2 个国外亲本对牡豆 12 病虫害抗性有重要的改良作用,Clark 63 的抗虫性是通过 Clark 63→黑农 33→黑农 41→牡豆 12 传递的,尤比列的抗病性是通过尤比列→黑河 105→黑交 83-889→黑交 97-2481→绥 03-3068→牡豆 12 传递的。这说明了以抗性优良的地理远缘种质作为亲本来改良本地品种的方法切实可行。

对作物基因型进行遗传改良是作物产量提升的重要途径^[12]。大豆产量是单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重等众多性状的综合表现^[13]。本研究对牡豆 12 及其系谱亲本的产量性状进行的分析可以看出,通过提高单株粒重、单株荚数实现了大豆产量的逐年提升。现阶段的大豆高产育种,多以适应当地生态条件的优良品种(系)为母本,通过有性杂交引入能够弥补母本不足的高产基因,并筛选优良的中间材料为骨干亲本,再对骨干亲本进一步改造,选育出高产大豆品种。要在大豆育种上取得长足的进步,关键是要突破遗传基础狭窄的瓶颈^[14]。在早期的大豆育种中,是以地方品种和农家品种作为亲本,在之后的育种中,地方品种和农家品种逐步被其衍生系和其他品种替代,并引入国外

品种和国内地理远缘品种的优良基因。目前,本研究团队利用黄淮海及南方夏大豆材料来改良现有的优良东北大豆品系,创造了一系列主茎节数多、单株荚数多的中间材料。由于大豆对光温反应比较敏感,夏大豆材料无法直接被东北大豆育种者利用,需要通过多代回交和复合杂交等手段将其优良基因导入骨干亲本中,拓宽东北大豆遗传基础。

孙晓环等^[15]对牡试 6 号的亲本解析中指出,选择高蛋白亲本,可以优化高蛋白的遗传基础,从而选育出高蛋白品种。刘秀林等^[16]对黑农 48 进行亲本追溯及蛋白遗传解析,指出高蛋白大豆育种在选择育种亲本时,应以适应当地气候条件的具有广适性的主栽高蛋白品种为母本,以融入地理远缘基因和生态远缘基因的材料为父本。本研究对牡豆 12 系谱亲本蛋白分析结果中蛋白含量最高的为丰收 10 (43.2%),其母本丰收 6 蛋白含量较高(42.2%),父本克山四粒荚蛋白含量偏低(38.9%),可见即使父本蛋白含量偏低,也会出现蛋白含量超亲的后代,在高蛋白大豆育种中,也可选用蛋白含量不高,但产量高、抗性好的品种(系)作为父本,从而选育出高蛋白、高产、多抗的大豆新品种。

目前黑龙江大豆市场中,蛋白含量 40% 以上,百粒重 22 ~ 24 g 的大豆市场收购价格较高,大粒、高蛋白大豆品种备受推崇,未来的大豆品种选育在注重提高单产的同时,还要在高品质、抗旱、抗病等方面有所突破,从而更好地适应我国大豆种植业结构调整,以推动大豆产业发展。

4 结论

牡豆 12 通过大豆杂交重组,高度聚合了东北大豆核心种质的优良基因,其遗传背景构成丰富,祖先亲本有 21 个,国外种质遗传贡献率达到 35. 15%,具备高产多抗的遗传基础。牡豆 12 的选育过程可归纳为 4 个阶段,随着遗传基础的拓宽和育种方法的发展,实现了大豆产量和抗性的提升。选用抗性优良的地理远缘种质可作为亲本来改良品种抗性;提高单株粒重、单株荚数及在一定株高范围内增加主茎节数可提高大豆产量。

参考文献

[1] 刘爱民, 于格, 于萧萌. 大豆主产区主要竞争农作物生产成本与收益分析[J]. 中国农业资源与区划, 2005, 26(2): 35-39. (LIU A M, YU G, YU X M. Analysis of production cost and gain of major competing crops at main soya bean production regions [J]. Chinese Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning, 2005, 26(2): 35-39.)

[2] 朱思柱. 大豆进口对中国种植业的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014. (ZHU S Z. Research on the impact of soybean imports on Chinese cropping [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014.)

[3] 程遥, 马禹, 宁健康. 中美贸易争端背景下中国大豆产业发展研究[J]. 大豆科学, 2020, 39(2): 311-316. (CHENG Y, MA Y, NING J K. Research on the development of China's soybean industry under the background of the trade disputes between China and the United States [J]. Soybean Science, 2020, 39(2): 311-316.)

[4] ALLEN F L, BHARDWAJ H L. Genetic relationships and selected pedigree diagrams of North American soybean cultivars [J]. Bulletin-University of Tennessee Agricultural Experiment Station (USA), 1987, 38(652): 1-91.

[5] CARTER T E, ZIVA G, BURTON J W. Coefficient-of-parentage and genetic-similarity estimates for 258 North American soybean cultivars released by public agencies during 1945-88 [J]. Technical Bulletins, 1993: 1-184.

[6] GIZLICE Z, CARTER T E, BURTON J W. Genetic base for North American public soybean cultivars released between 1947 and 1988[J]. Crop Science, 1994, 34(5): 1143-1151.

[7] 崔章林, 盖钧镒, Carter T E J, 等. 中国大豆育成品种及其系谱分析(1923-1995)[M]. 北京: 农业出版社, 1998. (CUI Z L, GAI J Y, CARTER T E J, et al. The released Chinese soybean cultivars and their pedigree analyses(1923-1995) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998.)

[8] 盖钧镒, 赵团结, 崔章林, 等. 中国 1923—1995 年育成的 651 个大豆品种的遗传基础[J]. 中国油料作物学报, 1998(1): 17-23. (GAI J Y, ZHAO T J, CUI Z L, et al. The genetic base for 651 soybean cultivars released during 1923-1995 in China[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1998(1): 17-23.)

[9] 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. Soybean variety record of China (1978-1992) [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1993.)

[10] 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 Sciences of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Soybean Research Institute of Jilin Academy of Agricultural Sciences. Soybean variety record of China (1993-2004) [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2007.)

[11] 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. (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.)

[12] 金剑, 刘晓冰, 王光华, 等. 美国大豆品种改良过程中生理特性变化的研究进展[J]. 大豆科学, 2003, 22(2): 137-141. (JIN J, LIU X B, WANG G H, et al. Research advance on physiological changes from genetic improvement of American soybean cultivars [J]. Soybean Science, 2003, 22(2): 137-141.)

[13] 韩秉进, 潘相文, 金剑, 等. 大豆农艺及产量性状的主成分分析[J]. 大豆科学, 2008, 27(1): 67-73. (HAN B J, PAN X W, JIN J, et al. Principal component analysis of agronomic and yield-related traits in soybean [J]. Soybean Science, 2008, 27(1): 67-73.)

[14] 熊冬金, 赵团结, 盖钧镒. 1923—2005 年中国大豆育成品种种质的地理来源及其遗传贡献[J]. 作物学报, 2008, 34(2): 175-183. (XIONG D J, ZHAO T J, GAI J Y. Geographical sources of germplasm and their nuclear and cytoplasmic contribution to soybean cultivars released during 1923 to 2005 in China[J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(2): 175-183.)

[15] 孙晓环, 王燕平, 宗春美, 等. 牡试 6 号的遗传解析及增产潜力研究[J]. 大豆科学, 2020, 39(2): 183-188. (SUN X H, WANG Y P, ZONG C M, et al. Genetic dissection and yield increase potential of released soybean cultivar Mushu 6 [J]. Soybean Science, 2020, 39(2): 183-188.)

[16] 刘秀林, 张必弦, 刘鑫磊, 等. 黑农 48 祖先亲本追溯及蛋白遗传解析[J]. 大豆科学, 2017, 36(5): 679-684. (LIU X L, ZHANG B X, LIU X L, et al. Ancestors tracking and genetic dissection for released soybean cultivar Heinong 48 [J]. Soybean Science, 2017, 36(5): 679-684.)