



东北大豆种质群体生态性状在北安地区的表现及其潜在的育种意义

宋豫红¹, 白艳凤², 包荣军¹, 王燕平², 单利民³, 任海祥², 谭淑玲¹, 傅蒙蒙⁴, 王晓梅², 赵团结⁴, 杜维广², 盖钧镒⁴

(1. 黑龙江省农垦总局 北安农业科学研究所, 黑龙江 北安 164009; 2. 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, 黑龙江 牡丹江 157041; 3. 北大荒垦丰种业股份有限公司北安分公司, 黑龙江 北安 164009; 4. 南京农业大学 大豆研究所/农业部大豆生物学与遗传育种重点实验室/国家大豆改良中心/作物遗传与种质创新国家重点实验室, 江苏 南京 210095)

摘要:大豆种质资源的鉴定、挖掘及利用对新品种选育及品种遗传改良具有重要的意义。为明确东北大豆种质资源群体生态性状在北安地区生态条件下的表现及其育种潜势, 本研究以东北三省一区 361 份大豆种质资源群体为材料, 2012–2014 年在北安地区采用重复内分组试验设计, 针对主要生态性状进行了 3 年精准表型鉴定。结果表明: 东北大豆种质资源群体在北安地区全生育期为 127.3 d (96.8 ~ 143.0 d), 当地最适宜熟期组为 MG00 组, 全生育期平均为 117.4 d。地上部生物量随熟期组变晚而增大, 产量则为当地最适宜熟期组 (MG00) 最高。生育期、株高、主茎节数、百粒重遗传率超过 75%, 遗传进度相对较大; 蛋白质含量、脂肪含量、蛋脂总量遗传率超过 60%, 遗传进度相对较低。同时探讨了北安地区大豆育种目标及第一亚区种质群体遗传构成, 并选出优异种质资源。本研究旨在为该生态区大豆种质资源利用及品种遗传改良提供理论参考。

关键词: 东北大豆; 生态性状; 熟期组; 育种潜势; 北安

Performance and Breeding Potential of Northeast Soybean Germplasm Population in Beian

SONG Yu-hong¹, BAI Yan-feng², BAO Rong-jun¹, WANG Yan-ping², SHAN Li-min³, REN Hai-xiang², TAN Shu-ling¹, FU Meng-meng⁴, WANG Xiao-mei², ZHAO Tuan-jie⁴, DU Wei-guang², GAI Jun-yi⁴

(1. Beian Institute of Agricultural Sciences of Heilongjiang Agricultural Reclamation Bureau, Beian 164009, China; 2. Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Mudanjiang Experiment Station of the National Center for Soybean Improvement, Mudanjiang 157041, China; 3. The Beian Branch of Beidahuang Kenfeng Seed Limited Company, Beian 164009, China; 4. Soybean Research Institute of Nanjing Agricultural University/Key Laboratory for Soybean Biology, Genetics and Breeding, Ministry of Agriculture/National Center for Soybean Improvement/National Key Laboratory for Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Nanjing 210095, China)

Abstract: The identification, excavation and utilization of soybean germplasm resources play an important role in new varieties breeding and genetic improvement. In order to identify the performance and breeding potential in Beian, 361 soybean germplasm resources of Northeast China were used to evaluate phenotype of main ecological traits by repeating internal grouping design from 2012 to 2014. The result showed that the whole growth period of Northeast soybean germplasm resource group was 127.3 d (96.8 ~ 143.0 d) in Beian, the most suitable maturity group was MG00, and the average growth period was 117.4 d. The aboveground biomass increased with the later maturity, the most suitable local maturity group (MG00) had the highest yield and the average yield has a decreasing trend toward the near maturity. The heritability of growth period, plant height, main stem node number and 100-seed weight was more than 75%, and the genetic progress was relatively larger than other traits. The heritability of protein, fat and total content was over 60%, and the genetic progress was relatively smaller. At the same time, we discussed the soybean breeding objective in Beian and the germplasm population genetic composition in the sub1, and selected some excellent germplasm resources. The results can provide theoretical reference for the soybean germplasm resources utilization and varieties genetic improvement in Beian ecological area.

Keywords: Northeast soybean; Ecological characters; Maturity group; Breeding potential; Beian

大豆种质资源贫乏已成为限制品种改良的瓶颈, 优异种质资源的引进与利用是大豆育种突破的

关键^[1-7]。大豆优异性状的表达是种质基因与生态环境互作的结果, 同一种质在不同的生态条件下生

收稿日期: 2018-06-08

基金项目: 黑龙江省科技计划省院科技合作 (HZ201210, YS15B13); 黑龙江省博士后特别资助 (博士后青年英才计划) (LBH-TZ1618); 国家重大基础研究发展计划 (“973 计划”) (2011CB1093); 农业部公益性行业专项 (201203026-4); 中央高校基础科研业务费项目 (KYZ201202-8); 农业部国家大豆产业技术体系 (CARS-04); 中国科学院大豆分子设计育种重点实验室开放课题 (SMDB-1403); 农业部农业作物基因资源与创制重点实验室开放课题 (CXGC2018KFKT006-2)。

第一作者简介: 宋豫红 (1972–), 女, 推广硕士, 高级农艺师, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: basdds@163.com;

白艳凤 (1975–), 女, 推广硕士, 助理研究员, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: mdjnybyf@163.com。

通讯作者: 盖钧镒 (1936–), 男, 教授, 主要从事作物遗传育种研究。E-mail: sri@njau.edu.cn;

杜维广 (1943–), 男, 研究员, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: weiguangdu@126.com。

长则表现不甚相同的表型。引进的种质资源要进行生育期等生态性状的精准表型鉴定,在此基础上才能挖掘和利用其优异的种质基因,为品种生态性状的改良奠定基础。

前人^[8-11]根据耕作方式和气候特点制定了我国大豆品种生态区域划分的方案,各地区^[12-15]也根据当地气候特点对品种进行熟期组的区域划分,但各地标准不一,不利于品种的引进与交流,限制各地种质遗传基础的拓宽。美国^[16-18]拥有一套国际通用的熟期组鉴定方法(Maturity Group,简称MG,下同),盖钧镒等^[19-22]也对我国大豆品种熟期组进行归属鉴定,目前该方法正逐渐在国内普及^[23-27]。傅蒙蒙等^[25-26]将东北春大豆按生态区和熟期划分为4个亚区,北安地区为第一亚区^[26]。

邱丽娟等^[2]认为大豆品种资源中的丰富变异,可扩大育种工作者亲本的选择范围,促进大豆育种和生产的迅速发展。本课题组收集东北春大豆生产区部分育成品种和祖先品种共361份,构建了东北大豆种质群体,于2012-2014年在东北春大豆生产区9个主要生态区(北安、扎兰屯、克山、大庆、牡丹江、佳木斯、长春、白城和铁岭)进行了精准表型鉴定试验,其目的是确定主要生态区适宜的熟期组归属及明确东北大豆种质群体生态性状在特定生态区的表现及其育种潜势,本文是该项研究的系列研究之一。

北安市位于黑龙江省北部,是东北春大豆主要生态区之一。该区的生态条件有别于其它生态区,所以有必要开展此项研究。辖区内东部是海拔400~500 m的低山区,中部是海拔300~400 m的丘陵,南部为平岗宽谷区,土壤以黑土为主,全年大于10℃的积温1 900~2 300℃,年降水量500~600 mm,20世纪80年代之前无霜期不足120 d^[12-13],但随着全球气候变暖,黑龙江省有效积温普遍增加了200℃左右^[28-29]。本研究目的:(1)明确北安地区适宜熟期组;(2)对东北春大豆种质群体生态性状在北安地区生态条件下进行精准表型鉴定和潜在育种意义分析;(3)北安地区育成品种/搜集品种遗传构成;(4)北安地区品种改良和可利用的育种亲本群体构建。研究结果可为北安生态区大豆种质资源的利用与育种实践提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料采用东北春大豆生产区主要育种单位1923-2013年审定推广的部分大豆品种及祖先

亲本共计361份,傅蒙蒙等^[25-26]根据研究结果,将试验材料划归到MG 000、MG 00、MG 0、MG I、MG II、MG III这6个熟期组。试验地的生态条件和试验材料见傅蒙蒙等^[25-26]。

1.2 方法

试验在黑龙江省农垦北安分局农科所试验地种植(黑龙江省北安市,E126.52°、N48.23°)。试验设计参照傅蒙蒙等^[26-27],即采用重复内分组试验设计,4次重复,行长1.66 m,行距60 cm,小区面积1 m²,每小区4穴,每穴保苗4株。初花时至少拥有2穴3株以上的小区参与调查,按Fehr等^[30]方法调查各生育时期,在北安地区霜降时未达到成熟标准的大豆品种仅记录当时的生育时期;田间调查各品种的倒伏程度。成熟后,每次重复随机收获5株,参考邱丽娟等^[31]的标准进行室内考种,包括株型性状(株高、主茎节数、分枝数)、籽粒性(Infratec TM 1241)在南京农业大学统一分析品质。

1.3 数据分析

参照任海洋等^[32]方法:即用SAS/STAT v9.1的PROC MEANS进行统计分析,方差分析采用SAS/STAT v9.1的PROC GLM,平均数间的差异显著性用Duncan新复极差测验。根据方差分析结果计算遗传率(h^2)、遗传变异系数(GCV)、遗传进度(G)、相对遗传进度(ΔG)^[33-35]。

2 结果与分析

2.1 东北春大豆种质资源群体主要生态性状在北安的表型变异特征

由于MG III熟期组的品种在北安不能正常成熟,所以没有生育后期的天数,而全生育期也不含MG III(其它性状下同)。东北大豆种质群体在北安地区生育前期、后期、全生育期的平均值分别为46.8,84.0和127.3 d,变幅分别为29.0~73.7 d、63.5~99.3 d、96.8~143.0 d;MG00组品种生育前期、后期、全生育期的平均值分别为35.0,77.7和117.4 d,变幅分别为29.5~46.8 d、67.8~88.1 d、108.4~128.2 d(表1)。各熟期组间的生育期差异达到显著水平,随着熟期组的变晚生育期的天数呈增加的趋势。MG 000熟期组品种生育前期、后期、全生育期平均39.1,70.3和105.2 d(表1),熟期较早可在北安地区北部种植,有效利用当地活动积温;MG 00组品种在当地全生育期平均天数117.4 d,与20世纪80-90年代记载的当地无霜期接近^[12-13],能正常成熟,是该地区最适宜熟期组;MG 0组品种全生育期天数虽然超过20世纪80-90年代

记载的当地无霜期的上限^[12-13],但在全球气候变暖的大形势下^[28-29],MG 0 熟期组的品种可在北安地区的南部(赵光以南)种植。而 MG I 和 MG II 组的品种生育期超过当地无霜期不能稳定成熟,没有生产利用价值。至于 MGⅢ组品种则更不适宜当地种植。

表 1 东北春大豆种质群体在北安的生育期性状的频率分布和描述(2012 – 2014 年)

Table 1 Frequency distribution and descriptive statistics of the growth period traits of the northeast China soybean germplasm population in Beian (2012 – 2014)																
性状 Trait	生育期组 MG	次数 Frequency	组中值 Class mid-point/d										平均值 Mean/d	标准差 SD	变异系数 CV/%	变幅 Range/d
			31.2	35.7	40.2	44.6	49.1	53.6	58.0	62.5	67.0	71.4				
生育前期	000	16	2	12	2								39.0 e	2.9	8.4	29.0 ~40.4
Days to flowering	00	45	4	14	18	9							35.0 f	4.1	10.5	29.5 ~46.8
	0	157	1	3	50	69	28	6					44.1 d	3.8	8.3	32.6 ~55.3
	I	79		3	8	21	26	13	7	1			48.2 c	5.3	11.1	36.3 ~60.9
	II	43					1	6	20	14		2	59.3 b	4.3	7.3	47.6 ~73.1
	III	21					1	3	4	8	1	4	61.9 a	6.4	10.3	50.3 ~73.7
总计 Total		361	7	32	78	99	56	28	31	23	1	6	46.8	8.3	17.6	29.0 ~73.7
			65.3	68.8	72.4	76.0	79.6	83.1	86.7	90.3	93.9	97.5				
生育后期	000	16	3	8	2	2	1						70.3 c	4.5	6.4	63.5 ~80.8
Days from flowering	00	45		4	5	11	18	5	2				77.7 b	4.7	6.3	67.8 ~88.13
	to maturity	0	157				5	22	48	45	19	15	3	85.6 a	4.8	5.5
总计 Total	I	59				2	5	8	15	14	1	5	88.3 a	5.3	6.0	74.9 ~98.9
	II	1						1					83.0 ab			83.0 ~83.0
		278	3	12	7	2	46	62	62	33	25	8	84.0	6.7	8.0	63.5 ~99.3
			99.6	103.7	108.3	112.9	117.6	122.2	126.8	131.4	136.1	140.7				
全生育期	000	15	4	3	7	1							105.2 d	4.2	4.0	96.8 ~110.8
Days to maturity	00	45			3	15	13	10	4				117.4 c	5.0	4.2	108.4 ~128.2
	0	155					7	24	57	46	21		128.3 b	4.5	3.5	115.9 ~136.9
	I	65							7	14	38	6	134.0 a	3.4	2.6	125.0 ~141.0
	II	16							1	1	5	9	138.1 a	5.1	3.7	125.0 ~143.0
总计 Total		296	4	3	10	16	20	34	69	61	66	15	127.3	8.7	6.9	96.8 ~143.0

同一列数字后的不同小写字母表示熟期组间差异显著,下同。
Values in the column of mean followed by different letters are significantly different among maturity groups. The same below.

株高和主茎节数各熟期组的平均值显著性分析表明(表 2),随着熟期组从 GM 000 到 GM Ⅲ,株高和主茎节数有增加的趋势,MG Ⅲ组品种和 MG II 组品种之间差异不显著,但与其它熟期组差异显著,其它熟期组之间差异均显著。分枝数目和倒伏程度各组之间差异不显著。种质群体材料中 GM II 的株高最高为 111.4 cm,MG 00 熟期组株高为 79.2 cm;主茎节数 GM II 、GM Ⅲ分别为 20.2 和 20.9 节,MG 00 熟期组为 16.3 节。种质群体材料分枝数目

除 GM Ⅲ为 4.6 外,其它熟期组分枝数目为 2.3 ~ 2.8,差异不显著。分枝数目变异系数较其它性状都高很多,达到 49.5%,说明这个性状各熟期组内遗传多样性丰富,选择的机会非常大。倒伏程度多为 1.0 ~ 1.2 级,差异不显著,MG 00 熟期组为 1.2 级。株高和主茎节数各熟期组的变异系数比总变异系数小,这也说明株高和主茎节数是重要的生态性状,可在早世代选择。不同生态区熟期组内适应的株高和主茎节数总体差异较大。

表 2 东北春大豆种质群体在北安的株型性状的频率分布和描述(2012 – 2014 年)

Table 2 Frequency distribution and descriptive statistics of the plant-type traits of the northeast China soybean germplasm population in Beian (2012 – 2014)

性状	生育期组	次数	组中值 Class mid-point/cm											平均值	标准差	变异系数	变幅
Trait	MG	Frequency	58.7	68.0	77.3	86.6	95.9	105.2	114.5	123.8	133.1	142.4	Mean/cm	SD	CV/%	Range/cm	
株高	000	16	3	3	7	3	0						67.3 e	9.4	14.0	48.9 ~ 80.9	
Plant height	00	45		7	9	12	12	5					79.2 d	10.7	13.5	59.2 ~ 99.8	
	0	157	1	3	4	31	56	39	18	5			90.1 c	10.7	11.9	56.0 ~ 118.7	
	I	79			2	9	12	20	22	8	5	1	99.4 b	12.6	12.7	71.9 ~ 135.9	
	II	43				1	4	5	8	13	8	4	111.4 a	12.7	11.4	82.8 ~ 136.2	
	III	21						6	7	8			106.1 a	8.1	7.6	93.7 ~ 118.2	
总计 Total		361	4	22	22	56	84	75	55	34	13	5	93.3	15.5	16.6	48.9 ~ 136.2	
			11.8	13.3	14.8	16.3	17.8	19.3	20.8	22.3	23.8	25.3					
主茎节数	000	16				1	6	9					14.3 e	1.5	10.4	10.8 ~ 16.2	
Nodes on main stem	00	45				1	5	22	17				16.3 d	1.5	9.2	12.1 ~ 18.8	
	0	157					5	23	97	32			17.9 c	1.5	8.4	13.1 ~ 21.20	
	I	79	1					1	32	37	7	1	19.2 b	2.5	13.0	12.7 ~ 26.2	
	II	43	1						9	21	10	2	20.2 a	3.2	15.5	12.9 ~ 25.1	
	III	21								17	4		20.9 a	0.8	4.0	19.3 ~ 22.6	
总计 Total		361	2	0	0	2	16	55	155	107	21	3	19.0	2.5	13.7	12.7 ~ 26.2	
			0.4	1.2	2.0	2.8	3.6	4.4	5.2	6	6.8	7.6					
分枝数目	000	16		3	3	2	3	2	2		1		2.3 b	1.1	48.0	0.3 ~ 4.5	
Branch number	00	45		3	7	13	12	5	4		1		2.4 b	1.3	55.9	0.6 ~ 6.9	
	0	157	1	13	14	31	38	30	20	7	1		2.8 b	1.3	46.2	0.2 ~ 7.5	
	I	78	2	11	9	15	22	10	2	5	1	1	2.6 b	1.2	46.9	0.4 ~ 6.3	
	II	41		6	3	7	11	6	6		1	1	2.8 b	1.4	50.5	0.8 ~ 7.0	
	III	20		4	3	3	1	6	2	1			4.6 a	1.4	29.5	1.9 ~ 7.6	
总计 Total		355	3	40	39	71	87	69	36	13	5	2	2.8	1.4	49.5	0.2 ~ 7.6	
			1.5	2.5	3.5												
倒伏程度	000	16	16										1.1 a	1.0	45.5	1.0 ~ 2.6	
Lodging score	00	45	42	3									1.2 a	0.8	34.4	1.0 ~ 2.3	
	0	157	141	16									1.2 a	0.8	33.5	1.0 ~ 2.2	
	I	60	53	5	2								1.3 a	0.8	36.6	1.0 ~ 3.2	
	II	1	1										1.0 a			1.0 ~ 1.0	
	总计 Total		279	253	24	2								1.2	0.8	37.6	1.0 ~ 4.0

结果表明:各熟期组脂肪含量、蛋白质含量、百粒重均不显著,各熟期组之间变化不呈规律性分布,说明脂肪含量、蛋白质含量、百粒重与熟期关系不大;本试验目的不是对参试种质的产量比较,设计小区面积较小,小区产量仅代表一种趋势,生物产量和籽粒产量仅供参考。不同熟期组品种间产量和地上部生物产量都呈现随熟期组变晚而增大

的趋势。变异系数反映了不同性状的多样性水平,东北大豆种质资源群体主要性状变异系数由高到低的顺序为地上生物产量(31.4%)>产量(28.1%)>百粒重(11.9%)>脂肪含量(4.3%)>蛋白质(3.7%)>蛋脂总量(2.1%)。当地适宜熟期组品种的表现接近东北大豆种质群体的平均表现(表3和表4)。

表 3 东北春大豆种质群体在北安的籽粒性状的频率分布和描述(2012 – 2014 年)

Table 3 Frequency distribution and descriptive statistics of the seed quality traits of the northeast China soybean germplasm population in Beian (2012 – 2014)																
性状	生育期组	次数	组中值 Class mid-point/% (g)										平均值	标准差	变异系数	变幅
Trait	MG	Frequency	35. 9	36. 8	37. 8	38. 7	39. 6	40. 5	41. 4	42. 3	43. 3	44. 2	Mean/% (g)	SD	CV/%	Range/% (g)
蛋白质含量	000	16		2		3	3	3	2	2	1		40. 1 a	1. 9	4. 7	36. 7 ~ 43. 6
Protein content	00	44		1	6	10	13	12	1	1			39. 4 a	1. 1	2. 7	37. 2 ~ 42. 3
	0	154	1	7	18	24	41	37	12	9	3	2	39. 7 a	1. 5	3. 8	35. 5 ~ 44. 6
	I	60	2	3	7	19	11	12	2	3	1		39. 3 a	1. 5	3. 9	36. 2 ~ 43. 6
	II	4		1	1		1	1					38. 6 a	1. 7	4. 4	36. 8 ~ 40. 1
总计 Total		278	3	14	32	56	69	65	17	15	5	2	39. 6	1. 5	3. 7	35. 5 ~ 44. 6
17. 5 18. 1 18. 7 19. 2 19. 8 20. 4 21. 0 21. 6 22. 1 22. 7																
脂肪含量	000	16					2	2	3	6	1	2	21. 3 a	0. 9	4. 2	19. 7 ~ 23. 0
Oil content	00	44					1	4	12	19	8		21. 4 a	0. 5	2. 6	20. 1 ~ 22. 4
	0	154	1		4	16	40	40	36	10	7		20. 2 a	1. 6	8. 0	17. 2 ~ 22. 4
	I	58			3	12	20	12	9	2			20. 0 a	0. 7	3. 3	18. 7 ~ 21. 4
	II	3					1	2					20. 1 a	0. 1	0. 7	19. 9 ~ 20. 2
总计 Total		275	1		7	28	64	60	60	37	16	2	20. 5	0. 9	4. 3	17. 2 ~ 23. 0
57. 3 57. 9 58. 6 59. 2 59. 9 60. 6 61. 2 61. 9 62. 5 63. 2																
蛋脂总含量	000	16			1		3		5	3	3	1	59. 4 c	1. 2	1. 9	58. 8 ~ 63. 3
Total protein-oil	00	44			2	3	9	10	11	7	1	1	60. 1 b	1. 0	1. 6	58. 6 ~ 62. 9
	0	153	1	4	15	28	44	34	12	9	3	3	60. 7 ab	1. 1	1. 8	57. 3 ~ 63. 5
	I	58	7	4	11	10	11	8	3	2	1	1	61. 4 a	1. 3	2. 3	57. 2 ~ 63. 0
	II	3	1				2						59. 0 c	1. 8	3. 0	56. 9 ~ 60. 1
总计 Total		274	9	8	29	1	69	52	31	21	8	6	60. 1	1. 3	2. 1	56. 9 ~ 63. 5
7. 3 9. 5 11. 7 13. 9 16. 1 18. 3 20. 5 22. 8 25. 0 27. 2																
百粒重	000	16					3	9	3	1			18. 7 a	1. 9	10. 2	15. 5 ~ 22. 4
100-seed weight	00	45				3	5	22	14	1			18. 6 a	1. 9	9. 9	13. 5 ~ 21. 9
	0	155	1			8	36	75	29	2	3	1	18. 2 a	2. 3	12. 5	6. 2 ~ 28. 3
	I	58				5	16	21	13	3			18. 1 a	2. 1	11. 4	14. 8 ~ 22. 7
	II	2					1	1					17. 6 a	1. 3	7. 3	16. 7 ~ 18. 5
		276	1			16	61	129	59	7	3	1	18. 3	2. 2	11. 9	6. 2 ~ 28. 3

表 4 东北春大豆种质群体在北安的产量性状的频率分布和描述(2012 – 2014 年)

Table 4 Frequency distribution and descriptive statistics of the yield traits of the northeast China soybean germplasm population in Beian (2012 – 2014)																
性状	生育期组	次数	组中值 Class mid-point/(t·hm ⁻²)										平均值	标准差	变异系数	变幅
Trait	MG	Frequency	2. 5	3. 7	4. 9	6. 1	7. 2	8. 4	9. 6	10. 8	12. 0	13. 2	Mean/(t·hm ⁻²)	SD	CV/%	Range/(t·hm ⁻²)
地上部生物量	000	16	1	1	3	8	2	1					5. 3 a	1. 4	27. 4	2. 0 ~ 7. 7
Above ground	00	45		1	6	7	11	17	3				6. 9 a	1. 6	23. 4	2. 6 ~ 9. 6
biomass	0	157	2	3	18	26	48	34	22	2		2	7. 0 a	1. 9	26. 9	11. 2 ~ 13. 2
	I	60	5	1	4		10	6	6	9	4	4	7. 7 a	3. 2	41. 9	1. 1 ~ 13. 9
	II	1						1					8. 6 a			8. 6 ~ 8. 6
总计 Total		279	8	6	31	52	71	59	31	11	4	6	7. 0	2. 2	31. 4	11. 1 ~ 13. 9

续表 4

性状 Trait	生育期组 MG	次数 Frequency	组中值 Class mid-point/(t·hm ⁻²)										平均值 Mean/(t·hm ⁻²)	标准差 SD	变异系数 CV/%	变幅 Range/(t·hm ⁻²)
			2.5	3.7	4.9	6.1	7.2	8.4	9.6	10.8	12.0	13.2				
产量 Yield	000	16	1		3	6	4	2					2.4 b	0.7	28.6	0.7~3.5
	00	44			4	4	18	12	6				3.1 a	0.6	19.6	1.7~4.2
	0	156		2	6	29	43	53	19	2			3.1 a	0.7	22.5	1.3~5.8
	I	60	1	3	6	6	15	9	6	3	9	2	3.3 a	1.3	38.5	0.4~6.0
	II	1						1					3.5 a			3.5~3.5
总计 Total		278	2		19	45	80	77	31	5	10	3	3.2	0.9	28.1	0.4~6.0

2.2 东北春大豆种质资源在北安地区的可能遗传
 潜力

对各性状遗传变异系数、遗传率、遗传进度和
 相对遗传进度的研究表明,生育期、株高、主茎

节数、百粒重的遗传率高于75%、相对遗传进度也
 较大,说明亲本对杂交后代的影响很大,具有较好的
 选择效果(表5)。

表 5 东北春大豆种质资源农艺品质性状育种种潜势估计

Table 5 Estimation of breeding potential of agronomic and seed quality traits
in northeast China soybean germplasm population

性状 Trait	遗传变异系数 GCV /%	遗传率 h ² /%	遗传进度 G	相对遗传进度 ΔG
生育前期 Days to flowering	15.5	90.5	13.0	30.3
生育后期 Days from flowering to maturity	6.9	84.0	11.2	13.0
全生育期 Days to maturity	6.8	92.3	17.0	13.4
蛋白质含量 Protein content	2.6	60.8	1.7	4.1
脂肪含量 Oil content	3.5	75.1	1.3	6.2
蛋脂总量 Total protein-oil	1.5	65.9	1.5	2.4
百粒重 100-seed weight	10.1	79.2	3.4	18.5
地上部生物量 Aboveground biomass	11.4	36.3	1.1	14.1
小区产量 Yield	8.4	21.5	0.3	8.0
株高 Plant height	14.8	78.4	25.5	27.0
主茎节数 Nodes on main stem	10.4	75.1	3.5	18.6
分枝数目 Branch number	18.7	42.3	0.7	25.1
倒伏程度 Lodging score	16.5	29.7	0.2	18.5

2.3 东北春大豆种质资源群体中可供北安地区育
 种利用的优异资源

东北大豆种质群体中有许多表现突出的品种
 可作为该地区育种的供体亲本利用(表6)。黑农
58、黑农61、牡豆8号、黑农62、黑农54等材料与北
安地区适宜熟期相近,倒伏程度低,产量相对较高,
可作为改良倒伏性状的供体亲本;增加主茎节数可
选黑农62、垦丰10号、吉育35、黑农61、牡豆8号;
百粒重是数量遗传性状、以基因的累加效应为

主^[36],绥农27、吉林48、北垦9395、北丰11、黑农43
百粒重较高,熟期与北安地区最适宜熟期相近,可
以作为增加百粒重的供体或受体亲本。蛋白质含
量较高的品种有黑农43、丰收12、东农50、蒙豆11、
东农48;脂肪含量较高的品种有北豆16、丰收24、
蒙豆9号、黑农64、蒙豆12等品种,可为改良品质
的优异基因源;若要增加株高,可用四粒黄、嫩丰
18、黑农35、黑农11、嫩丰7号做改良供体亲本。

表 6 可用于北安地区大豆品种改良的亲本品种

Table 6 The suggested parental materials for the improvement of soybean cultivars in Beian

性状 Trait	品种/熟期组 (平均值) Cultivars/MG (average)
倒伏程度 Lodging score	黑农 58 Heinong 58 /MG I (1.0 级),黑农 61 Heinong 61/MG I (1.0 级), 牡豆 8 号 Mudou 8/MG 0(1.0 级),黑农 62 Heinong 62/MG I (1.0 级),黑农 54 Heinong 54/MG I (1.0 级)
株高 Plant height/cm	四粒黄 Silihuang/MG 0(119.7);嫩丰 18 Nenfeng 18/MG 0(118.6);黑农 35 Heinong 35/MG 0(118.3);黑农 11 Heinong 11/MG 0(116.1);嫩丰 7 号 Nenfeng 7/MG 0(111.5)
主茎节数 Nodes on main stem	黑农 62 Heinong 62/MG I (20.7), 垦丰 10 号 Kenfeng 10/MG I (20.7), 吉育 35 Jiyu 35/MG I (20.7), 黑农 61 Heinong 61/MG I (20.6), 牡豆 8 号 Mudou 8/MG 0(20.5)
百粒重 Large seed weight/g	绥农 27 Suinong 27/MG 0(28.6), 吉林 48 Jilin 48/MG 0(26.0), 北垦 9395 Beiken 9395/MG 0(25.3), 北丰 11 Beifeng 11/MG 0(24.6), 黑农 43 Heinong 43/MG 0(22.9)
蛋白质含量 Protein content/%	黑农 43 Heinong 43/MG 0(44.7), 丰收 12 Fengshou 12/MG 0(44.6), 东农 50 Dongnong 50/MG 0(44.5), 蒙豆 11 Mengdou 11/MG 000(43.7), 东农 48 Dongnong 48/MG 0(43.5)
脂肪含量 Oil content/%	北豆 16 Beidou 16/MG 000(22.9), 丰收 24 Fengshou 24/MG 000(22.5), 蒙豆 9 号 Mengdou 9/MG 00(22.3), 黑农 64 Heinong 64/MG 0(22.3), 蒙豆 12 Mengdou 12/MG 0(22.2)
蛋脂总量 Total protein-oil/%	丰收 12 Fengshou 12/MG 0(63.7), 黑农 43 Heinong 43/MG 0(63.5), 蒙豆 11 Mengdou 11/MG 000(63.4), 克拉克 63 Clark 63/MG 0(63.2), 合丰 45 Hefeng 45/MG 0(63.0)

每格数据表示为品种/熟期组 (平均值)。
The data in each cell are variety /maturity group (mean of the treat).

2.4 北安地区育成品种遗传基础

大豆育种过程中,我们既要考虑品种的生态适应性问题,又要有意识的拓宽品种的遗传宽度,这样才能育成有突破性的品种。本试验整理出第一亚区品种主要的祖先亲本来源和贡献率,研究发现,北安地区育成品种中有许多其它地区没有或应用较少的祖先亲本(表 7),如来源于俄罗斯的黑河 1 和黑龙江 41、美国种质 Wilkin、长叶、逊克地方品

种、北良 10 号、黑河 104、野 3-A、五顶珠等,可以为其它地区的种质资源遗传多样性的拓宽和一些性状的改良提供目标性状基因来源;而其它地区大量使用的、北安地区育成品种中却缺乏的嘟噜豆、佳木斯秃夹子、小金黄、熊岳小粒黄、一窝蜂、永丰豆等祖先亲本,也可有计划的作为供体亲本利用于北安地区品种改良,创造突破性的新品种。

表 7 北安育成品种主要祖先亲本构成

Table 7 The composition of main ancestor parents for Beian soybean germplasm population

祖先亲本 Ancestor	来源 Origin	衍生品种数 NDV	贡献率 RC/%
金元 Jinyuan	辽宁 Liaoning	65	7.7
四粒黄 (P340) Silihuang(P340)	吉林 Jilin	65	7.7
大白眉 Dabaimei	黑龙江 Heilongjiang	63	17.4
十胜长叶 Shishengchangye	日本 Japan	47	6.6
蓑衣领 Suoyiling	黑龙江 Heilongjiang	43	3.4
四粒荚 Silijia	黑龙江 Heilongjiang	42	5.0
四粒黄 (P266) Silihuang(P266)	黑龙江 Heilongjiang	35	1.5
黑河 1 号 Heihe 1	俄罗斯 Russia	32	1.9
小粒豆 9 号 Xiaolidou 9	黑龙江 Heilongjiang	30	2.9
逊克地方品种 Xunkelandraces	黑龙江 Heilongjiang	28	4.4
长叶 1 号 Changye 1	黑龙江 Heilongjiang	22	0.8
黑龙江 41 Heilongjiang 41	俄罗斯 Russia	20	1.1
北良 10 号 Beiliang 10	黑龙江 Heilongjiang	18	0.4
Wilkin	美国 USA	18	0.4
黑河 104 Heihe 104	黑龙江 Heilongjiang	18	0.2

续表 7

祖先亲本 Ancestor	来源 Origin	衍生品种数 NDV	贡献率 RC/%
Amsoy	美国 USA	16	2.5
野 3-A Ye3-A	黑龙江 Heilongjiang	10	1.1
五顶珠 Wudingzhu	黑龙江 Heilongjiang	9	1.3
东农 20 Dongnong 20	黑龙江 Heilongjiang	7	0.1
铁荚四粒黄 Tiejiasilihuang	吉林 Jilin	7	0.5

贡献率(RC)指祖先亲本对北安地区各育成品种贡献之和与群体品种数的比值,衍生品种数(NDV)指含有该祖先亲本血缘的育成品种数目。

CR is the contribution rate of the ancestor to the total number of released varieties in Beian area; NDV is the number of derived varieties with germ-plasm from the ancestor.

3 讨 论

3.1 北安地区大豆品种改良目标及方法

北安地区属第 1 亚区,全区最适宜的熟期组为 MG 00,全生育期 117.4 d,该地区育种工作上的困难主要是“早熟与高产稳产”和“优质与高产稳产”的矛盾。适宜该地区的育种目标是以早熟高产稳产为主,注重品质和抗逆性的改良。

在选择受体和供体亲本时首先要考虑其遗传基础,表 7 指出第 1 亚区的育成品种的遗传基础,这对指导该区育种提供依据。在北安地区适宜的 MG 00 和 MG 0 熟期组内应聚合增加生物量、耐逆性和抗倒性、收获指数及优质的生态性状基因,有助于北安地区品种改良。用本地近期育成的主栽品种为受体亲本,分别与生物量高、根冠比适宜、茎秆有韧性、抗倒伏、多抗、收获指数高、蛋白质和脂肪含量高的品种为供体亲本,可以考虑利用第 1 亚区品种资源群体的优异种质资源和遗传构成的品种(表 6 和表 7)进行有性杂交,再用本地近期育成的主栽品种为轮回亲本,进行 1~3 次回交,可育成适合北安地区早熟、高产、稳产、优质的突破性品种。

3.2 北安地区大豆产量生态性状的改良

杜维广等^[6]总结我国高产育种的途径和方法时指出植株地上部生物量、表观收获指数、生育期等可受遗传控制的 3 个生态性状是决定大豆产量的重要因素。生育期(开花期和开花后期),特别是开花期是大豆光周期反应的重要指标,也是重要的农艺性状,对大豆的产量、品质和适应性至关重要^[37]。20 年前,黑龙江省北安地区的无霜期在 120 d 左右^[12-13],随着全球气候变暖,黑龙江省有效积温普遍增加了 200℃左右^[28-29],根据东北春大豆品种各熟期组在北安地区的表现,认为全生育期平均值为 117.4 d 的 MG 00 组、128.3 d 的 MG 0 组和 105.2 d 的 MG 000 组,分别是北安地区全区和北安南部及北部适宜熟期组。大豆植株地上部生物量与产量

密切相关,其遗传变异系数及相对遗传进度显示,地上部生物量的遗传多样性较广泛,为选择该性状提供依据。不同熟期组品种间地上部生物产量呈现随熟期组变晚而增大的趋势,产量则呈现当地最适应熟期组 MG 00 和南部较适应熟期组 MG 0 产量最高,二者之间差异不显著,但与其它熟期组差异显著,产量平均值有向临近两侧熟期组递减的趋势。这能够为北安地区大豆品种通过对生物量的改良获得产量的提高提供依据。

株高、主茎节数和倒伏性是主要株型性状。在产量生态性状改良中,理想株型育种是重要途径之一^[6]。孔凡江等^[37]指出,大豆的结荚习性、主茎节数、茎粗、株高、节间距、叶片大小和分枝数等是与产量相关的重要农艺性状,表明 E3 和 E4 基因不仅影响大豆的开花期,对产量形成也具有重要作用。本文分析结果显示,随着熟期组的延长,株高和主茎节数有增加的趋势,晚熟组品种之间差异不显著,但与其它熟期组差异显著,当地全区最适应熟期组 MG 00 的株高为 79.2 cm,变幅为 59.2~99.8 cm;主茎节数为 16.3 节,变幅为 12.1~18.8,所以株高和主茎节数都有增加的空间,也就间接能够增加生物量。植株倒伏尤其是生育前期倒伏将严重影响产量,甚至可导致大豆减产高达 56%^[38]。钟超等^[39]认为筛选和发掘抗性种质资源是抗性育种的基础。东北大豆种质群体在北安严重倒伏材料较少,但培育抗倒伏材料仍是不能忽略的目标。育种潜能分析也表明,株高、分枝数、主茎节数、百粒重、倒伏程度是最易改良的性状,本文结论与前人关于农艺性状遗传潜能的分析结果类似^[40-41]。

3.3 北安地区大豆品质生态性状的改良

品质性状也是北安地区育种关注的重要生态性状。由于蛋白质含量和脂肪含量相对遗传进度分别为 1.7 和 1.3(表 5),给这两个品质性状的改良带来难度。但是在 MG 000、MG 0 熟期组中也存在一些蛋白质含量高达 44% 左右和脂肪含量 22% 以

上的品种,这就表明在北安地区对这两个性状的改良是可能的。在该地区品种品质改良方面可利用MG 000-MG I 熟期组中蛋白质和脂肪含量较高的品种作供体亲本进行回交转育,有可能实现北安地区大豆品种蛋白质和脂肪含量遗传改良的目标。

致谢:感谢黑龙江省农垦北安分局农科所和各试验点的辛苦工作。感谢吉林省农科院大豆所和中国农业科学院作物所及东北三省一区各育种单位提供部分大豆参试品种。

参考文献

[1] 王金陵. 大豆的生态性状与品种资源问题[J]. 中国油料, 1981(1):3-11. (Wang J L. Ecological character and variety resource of soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1981(1):3-11.)

[2] 邱丽娟,常汝镇,孙建英,等. 中国大豆品种资源的评价与利用前景[J]. 中国农业科技导报,2000(5):58-61. (Qiu L J, Chang R Z, Sun J Y, et al. Prospect and present statue of gene discovery and utilization for introduced soybean germplasm[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2000(5):58-61.)

[3] 邱丽娟,常汝镇,袁翠平,等. 国外大豆种质资源的基因挖掘利用现状与展望[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(1):1-6. (Qiu L J, Chang R Z, Yuan C P, et al. Prospect and present statue of gene discovery and utilization for introduced soybean[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2006,7(1):1-6.)

[4] 文自翔,赵团结,丁艳来,等. 中国栽培及野生大豆的遗传多样性、地理分化和演化关系研究[J]. 科学通报,2009,54(21):3301-3310. (Wen Z X, Zhao T J, Ding Y L, et al. Genetic diversity, geographic differentiation and evolutionary relationship among ecotypes of *Glycine max* and *G. soja* in China [J]. Chinese Science Bull, 2009,54(21):3301-3310.)

[5] 颜秀娟,李明妹,王志国,等. 不同生态环境下大豆农艺性状的遗传效应及杂种优势分析[J]. 大豆科学,2013,32(6):727-730. (Yan X J, Li M Z, Wang Z G, et al. Analysis for genetic effect and heterosis of agronomic traits in soybean under different ecological environments[J]. Soybean Science, 2013,32(6):727-730.)

[6] 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(3):81-92. (Du W G, Gai J Y. Discussion on advances in breeding for super high-yielding soybean cultivars[J]. Soil and Crop, 2014(3):81-92.)

[7] 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]. 植物遗传资源学报 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 No. 8[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2015,16(3):485-489.)

[8] 卜慕华,潘铁夫. 中国大豆栽培区域探讨[J]. 大豆科学, 1982,1(2):105-122. (Pu M H, Pan T F. A study on the regionalization of soybean producine area in China[J]. Soybean Science, 1982(2):105-122.)

[9] 王金陵. 大豆生态类型[M]. 北京:农业出版社,1991. (Wang J L. Soybean ecological type [M]. Beijing: Agriculture Press,

1991.)

[10] 潘铁夫,张德荣,张文广. 中国大豆气候区划的研究[J]. 大豆科学,1994,3(3):169-182. (Pan T F, Zhang D R, Zhang W G, et al. A study on the climatic regionalization of soybean in China [J]. Soybean Science, 1994,3(3):169-182.)

[11] 盖钧镒,汪越胜. 中国大豆品种生态区域划分的研究[J]. 中国农业科学,2001,34(2):139-145. (Gai J Y, Wang Y S. A study on the varietal eco-regions of soybeans in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2001,34(2):139-145.)

[12] 潘铁夫,张德荣,张文广. 东北地区大豆气候区划的研究[J]. 大豆科学, 1983, 2(1):1-13. (Pan T F, Zhang D R, Zhang W G, et al. Study on the ecological regions of soybean in Northeast China[J]. Soybean Science, 1983(1):1-13.)

[13] 于荣环,孙孟梅. 黑龙江省热量资源及积温带的划分[J]. 黑龙江气象,1997(1):26-34. (Yu R H, Sun M M. Heat resources and accumulated temperature zone in Heilongjiang province[J]. Heilongjiang Meteorology, 1997(1):26-34.)

[14] 王彬如. 东北地区(包括内蒙)春大豆品种区划[J]. 黑龙江农业科学,1991(5):31-34. (Wang B R. Northeast region(including Neimeng) spring soybean varieties division[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 1991(5):31-34.)

[15] 马庆文,赵永泉. 内蒙古呼伦贝尔盟(大)农业区划的探讨[J]. 内蒙古草业,1992(3):6-13. (Ma Q W, Zhao Y Q. Discussion on agricultural division of NeiMongolia Hulunbeier league [J]. Grassland and Prataculture, 1992(3):6-13.)

[16] Hartwig E E. Growth and reproduction characteristics of soybean grown under short-day conditions[J]. Crop Science, 1970(12):47-53.)

[17] Norman A Q. Soybean physiology, agronomy and utilization[M]. New York:Academic Press, 1978.)

[18] 汪越胜,马宏惠. 美国的大豆熟期划分及其影响[J]. 安徽农学通报,2000,6(4):28-29. (Wang Y S, Ma H H. The division of mature period of soybean in the United States and its influence [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2000,6(4):28-29.)

[19] 汪越胜,盖钧镒. 中国春播大豆熟期组地理分布的研究[J]. 中国油料作物学报, 1999, 21(3):23-26. (Wang Y S, Gai J Y. Geographical distribution of thematurity groups of spring surviving soybeans from China[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1999,21(3):23-26.)

[20] 汪越胜,阚显照,邱家驯. 东北三省大豆熟期组归属及地理分布概貌研究[J]. 安徽农业科学,2000,28(6):725-727. (Wang Y S, Kan X Z, Qiu J X. Classification and geographical distribution of the maturity period groups of soybeans of northeast sub-region [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2000,28(6):725-727.)

[21] 盖钧镒,汪越胜,张孟臣,等. 中国大豆品种熟期组划分的研究[J]. 作物学报,2001,27(3):288-292. (Gai J Y, Wang Y S, Zhang M C, et al. Studies on the classification of maturity groups of soybeans in China [J]. Acta Agronomica Sinica, 2001,27(3):288-292.)

[22] 汪越胜,盖钧镒. 黄淮海春夏豆区大豆熟期组归属及地理分布概貌[J]. 华北大学学报(自然科学版),2001,2(2):154-157. (Wang Y S, Gai J Y. Classification and geographical distribution of the maturity groups of Huang-Huai-Hai soybean cultivating region in China[J]. Journal of Beihua University(Natural Science

Edition,2001,2(2):154-157.)

[23] 邱楚婵,年海,赵祯丽,等. 华南三省区大豆生育期组划分的评价与研究[J]. 大豆科学,2015,34(4):555-564. (Qiu C C, Nian H,Zhao Z L, et al. Investigation and evaluation on maturity group of soybean in three provinces of southern China[J]. Soybean Science,2015,34(4):555-564.)

[24] 李灿东,郭泰,王志新,等. 黑龙江省主要大豆品种生育期组归属研究[J]. 中国油料作物学报,2015,37(2):154-159. (Li C D,Guo T, Wang Z X, et al. Classification on maturity groups of main soybean cultivars in Heilongjiang[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2015,37(2):154-159.)

[25] 傅蒙蒙,王燕平,任海祥,等. 东北春大豆熟期组的划分与地理分布[J]. 大豆科学,2016,35(2):181-192. (Fu M M, Wang Y P, Ren H X, et al. A Study on criterion,identification and distribution of maturity groups for spring-sowing soybeans in northeast China[J]. Soybean Science,2016,35(2):181-192.)

[26] 傅蒙蒙,王燕平,任海祥,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. Ecological characteristics analysis of northeast soybean germplasm growth period traits[J]. Soybean Science,2016,35(4):541-549.)

[27] 王燕平,宗春美,孙晓环,等. 东北春大豆种质资源表型分析及综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2017,18(5):837-845. (Wang Y P,Zong C M,Sun X H, et al. Classification on maturity groups of main soybean cultivars in Heilongjiang [J]. Journal of Plant Genetic Resources,2017,18(5):837-845.)

[28] 季生太,杨明,纪仰慧,等. 黑龙江省近45年积温变化及积温带的演变趋势[J]. 中国农业气象,2009,30(2):133-137. (Ji S T,Yang M, Ji Y H, et al. Change of accumulated temperature and evolution trends of accumulated temperature zone over last 45 years in Heilongjiang province[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2009,30(2):133-137.)

[29] 曹萌萌,李俏,张立友,等. 黑龙江省积温时空变化及积温带的重新划分[J]. 中国农业气象,2014,35(5):492-496. (Cao M M, Li Q, Zhang L Y, et al. Accumulated temperature variation and vccumulated temperature rezone in Heilongjiang province[J]. Chinese Journal of Agrometeorology,2014,35(5):492-496.)

[30] Fehr W R, Caviness C E. Stages of soybean development. In Special Report 80[R]. Iowa: Iowa State University, Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economic Experiment Station,1977:1-11.

[31] 邱丽娟,常汝镇. 大豆种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006. (Qiu L J, Chang R Z. Soybean germplasm specifications description and data standards[M]. Beijing: Agriculture Press,2006.)

[32] 任海祥,白艳凤,王燕平,等. 东北大豆种质群体在牡丹江的表现及其潜在的育种意义[J]. 大豆科学,2017,36(3):335-344. (Ren H X,Bai Y F, Wang Y P, et al. Performance and breeding potential of the northeast China soybean germplasm population in Mudanjiang area [J]. Soybean Science, 2017, 36 (3): 335-344.)

[33] Hanson C H, Robinson H F, Comstock R E. Biometrical studies of yield in segregating populations of Korean Lespedeza1[J]. Agronomy Journal,1956,48(6):112-116.

[34] 孔繁玲. 植物数量遗传学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2006. (Kong F L. Quantitative genetics of plants[M]. Beijing: China Agricultural University Press,2006.)

[35] Fehr R W. Principles of cultivar development: Theory and technical[M]. New York: McGraw-Hill Book Company. Inc,1987.

[36] 王金陵. 大豆[M]. 哈尔滨:黑龙江农业科学出版社,1981. (Wang J L. Soybean [M]. Harbin: Heilongjiang Agricultural Science Press,1981.)

[37] 孔凡江,赵晓辉,刘宝辉. 大豆光周期调控开花与产量性状的研究进展[J]. 土壤与作物,2016,5(2):65-71. (Kong F J, Zhao X H, Liu B H. Research progresses on photoperiodic flowering and yield traits in soybean[J]. Soils and Crops,2016,5(2):65-71.)

[38] 谢甫绋,董钻,王晓光,等. 大豆倒伏对植株性状和产量的影响[J]. 大豆科学,1993,11(1):81-85. (Xie F T, Dong Z, Wang X G, et al. Effect of lodging on soybean yield formation[J]. Soybean Science,1993,11(1):81-85.)

[39] 钟超,李银萍,孙素丽,等. 野生大豆资源对大豆疫病抗病性和耐病性鉴定[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(4):684-690. (Zhong C,Li Y P,Sun S L, et al. Identification of disease resistance and resistance of wild soybean resources to soybean epidemic [J]. Journal of Plant Genetic Resources,2015,16(4):684-690.)

[40] 杨德,盖钧镒,马育华. 我国南方大豆地方品种农艺和品质性状的遗传参数分析[J]. 大豆科学,1990,8(1):9-18. (Yang D, Gai J Y, Ma Y H. Analysis of genetic paramrters of agronomic and seed quality traits of soybean land races in southern China [J]. Soybean Science,1990,8(1):9-18.)

[41] 李星华,陈宛妹,李增禄. 山东大豆种质资源主要农艺性状遗传潜势分析[J]. 山东农业科学,1991,23(2):10-12. (Li X H, Chen W M, Li Z L. Genetic potential of main agronomic characters of soybean germplasm resources in Shandong province [J]. Shandong Agricultural Sciences. 1991,23(2):10-12.)