

东北大豆种质群体在长春的表现及其潜在的育种意义

程延喜<sup>1</sup>, 孙晓环<sup>2</sup>, 郑朝春<sup>1</sup>, 李海波<sup>1</sup>, 兰磊<sup>1</sup>, 赵宽<sup>1</sup>, 王燕平<sup>2</sup>, 任海祥<sup>2</sup>, 傅蒙蒙<sup>3</sup>, 杜维广<sup>2</sup>, 盖钧镒<sup>3</sup>

(1. 长春市农业科学院, 吉林 长春 130111; 2. 黑龙江业科学院 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. 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:**东北是我国大豆的主要生态区, 长春是东北中部重要产区。本研究于 2012 – 2014 年以搜集到的东北地区各单位现存的 361 份大豆地方品种和育成品种作为东北现存的本地种质, 观察该群体在长春地区的表现, 研究其潜在育种意义。主要结果如下: 1) 东北大豆种质群体在长春地区平均表现为全生育期 114 d (93.88 ~ 137.75)、蛋白质含量 41.09% (36.68% ~ 45.85%)、油脂含量 21.94% (19.00% ~ 23.94%)、脂脂总量 63.09% (59.49% ~ 66.24%)、百粒重 20.53 g (9.47 ~ 28.20 g)、株高约 83.82 cm (45.8 ~ 146.8 cm)、主茎 16.7 节 (10.3 ~ 25.3)、分枝 2 个 (0.1 ~ 10.1)、倒伏 2 级左右 (1.4 ~ 4.0)。2) 当地适合熟期组为 MG0/MG I, 生育天数在 120 d 左右。MG000/MG00 生育天数集中在 98 ~ 104 d, 不能充分利用当地的自然条件; 株高、节数均比 MG0/MG I 低约 20 ~ 28 cm、3 ~ 4 节。MG II/MGIII 在长春不能稳定成熟, 其株高、主茎节数比 MG0/MG I 高约 25 ~ 35 cm、2 ~ 3 节。至于籽粒性状(蛋白质含量、油脂含量和百粒重), 不同熟期组间绝对值差异不大, 而各熟期组内均含有表现突出的资源。3) 根据各农艺品质性状在长春表现, 油脂和蛋白质含量遗传率高但相对遗传进度较低, 需加大选育强度; 脂脂总量的改良应建立在蛋白质、油脂改良的基础上; 本群体在倒伏性状上潜力有限, 应通过引进新的种质来进行改良。4) 长春当地的 82 个地方/育成品种(共 88 个, 其中 6 个育成品种未查到系谱资料) 共有 99 个祖先亲本, 这些祖先亲本主要来源于当地, 其次为黑龙江省和国外; 其中衍生品种最多的前 20 个祖先亲本对群体的贡献率约 63%, 衍生品种最多的前 5 个祖先亲本衍生品种数及贡献率分别为金元 (58, 6.35%)、铁莢四粒黄 (50, 8.16%)、十胜长叶 (49, 6.61%)、嘟噜豆 (44, 4.02%)、四粒黄 (P340) (41, 6.36%); 虽然当地育成品种平均含有 9.3 个祖先亲本, 但当地品种的遗传基础仍较为狭窄, 需通过其它地区资源扩展当地种质的遗传基础。

**关键词:**东北春大豆; 熟期组; 农艺品质性状; 遗传变异; 育种潜势; 祖先亲本  
**中图分类号:** S565.1      **文献标识码:** A      **DOI:** 10.11861/j.issn.1000-9841.2017.02.0165

Characteristics and Breeding Potential of Northeast China Soybean Germplasm Population in Changchun Area

CHENG Yan-xi<sup>1</sup>, SUN Xiao-huan<sup>2</sup>, ZHENG Chao-chun<sup>1</sup>, LI Hai-bo<sup>1</sup>, LAN Lei<sup>1</sup>, ZHAO Kuan<sup>1</sup>, WANG Yan-ping<sup>2</sup>, REN Hai-xiang<sup>2</sup>, FU Meng-meng<sup>3</sup>, DU Wei-guang<sup>2</sup>, GAI Jun-yi<sup>3</sup>

(1. Changchun Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130111, China; 2. Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Mudanjiang Experiment Station of the National Center for Soybean Improvement, Mudanjiang 157041, China; 3. 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:** Northeast China is a major ecoregion for soybean production in China, and of which, Changchun region is a major area. A soybean germplasm population composed of 361 landraces and released cultivars collected in Northeast China was tested in Changchun in 2012 – 2014 for evaluation of its characterization and genetic potential in local breeding programs. The following results were obtained: 1) The average performances with ranges of agronomic and seed quality traits were characterized as that whole growth period was 114 d (93.88 – 137.75 d), protein content/oil content/total protein and oil/100-seed weight were 41.09% (36.68% – 45.85%), 21.94% (19.00% – 23.94%), 63.09% (59.49% – 66.24%) and 20.53 g (9.47 – 28.2 g), plant height, nodes on main stem, number of branches and lodging score were 83.82 cm (45.8 – 146.8 cm),

收稿日期: 2016-12-06  
基金项目: 国家自然科学基金 (31371651); 国家重点基础研究发展计划 ("国家重大计划") (2011CB1093); 农业部公益性行业专项 (201203026-4); 教育部 111 项目 (B08025); 教育部长江学者和创新团队项目 (PCSRT13073); 中央高校基本科研业务费项目 (KYZ201202-8); 国家现代农业技术产业体系 (CARS-04); 江苏省优势学科建设工程专项; 江苏省 JCIC-MCP 项目。  
第一作者简介: 程延喜 (1965 –), 男, 研究员, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: cyx-88@sohu.com。  
孙晓环 (1983 –), 女, 助理研究员, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: xaozm@yeah.net。  
通讯作者: 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;  
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。

16. 7nodes (10.3 – 25.3), (0.1 – 10.1) and 2.6(1.4 – 4.0), respectively. 2) Group MG0/MG I especially MG I was the best adapted maturity period groups that could fully utilize the local frost-free period for which the days to maturity was 120 d. Groups MG000, MG00 matured in about 98 – 104 d, could not fully utilize the local frost-free period; while their plant height and nodes on main stem were about 20 – 28 cm and 3 – 4 nodes less than those of MG0/MG I, respectively. Group MGII / MGIII did not mature naturally, plant heights and nodes on main stem were about 20 – 35 cm and 2 – 3 nodes more than those of MG0/ MG I. Seed quality traits (protein content, oil content and protein + oil content) of all groups were similar, while each group has elite cultivars in seed quality traits. 3) There were certain breeding potentials for all the agronomic and seed quality traits, the heritability values were higher while the relative genetic progresses were lower for oil content and protein content, suggesting these traits need more genetic improvement; the improvement of protein + oil content should be based on the improvement of the respective two traits; however, in this local population, there was little potential in the lodging score improvement, except for some new germplasm introduced from other areas. 4) The 82 local varieties could be traced to the 99 ancestors (the total number of varieties in Changchun area was 88, but no pedigree record could be traced for six released cultivars) in an average of 9.3 ancestors per variety. The 99 ancestors are mainly from the local area with some from Heilongjiang and abroad. The genetic contribution rate of the 20 ancestors out of the 99 ones from which most of the varieties derived accounted for 63% of the total germplasm of the 82 local varieties. The top ancestors were Jinyuan (58 varieties derived from it with total contribution rate to the 82 varieties of 6.35%), Tiejiasilihuang (50, 8.16%), Shishengchangye (49, 66%), Duludou (44, 4.02%) and Silihuang (P340) (41, 6.36%). The genetic background of the local varieties was relatively narrow and was to be expanded through introduction of germplasm from outside areas.

**Keywords:** Northeast spring-sowing soybean; Maturity group; Agronomic and seed quality traits; Genetic variation; Breeding potential; Ancestor

吉林省地处东北春大豆产区的中部,自然条件优越,历史上是我国大豆的主要产区之一,该省的大豆育种工作始于1913年,建国后更取得显著进展,在大豆种质资源、生物技术和杂种优势利用上开展了大量工作。育成品种经育种家长期选育,积累了多方面优异变异,是品种改良最核心的遗传资源<sup>[1]</sup>,崔章林等<sup>[2]</sup>、盖钧镒等<sup>[3]</sup>研究也表明我国大豆育成以杂交方式为主,亲本来源主要为地方品种和育成品种(系)。为系统研究东北地区种质资源对生态环境的反应、在育种工作上潜在的利用价值及其遗传基础,本课题组于2010–2012年在东北地区广泛收集主要育种单位的大豆地方/育成品种(361份),2012–2014年在东北地区选择代表性试验点进行生态试验。这些品种来源广泛(包含东北地区及部分国外品种)、时间跨度大(约1个世纪),衍生后代多,在主要农艺性状(高产、油脂、抗病等)上大致能够代表东北地区种质资源的特点<sup>[4]</sup>,而选择的生态亚区及试验点则分别为:I区:北安、扎兰屯;II区:克山、牡丹江、佳木斯、长春;III区:大庆、白城;IV区:铁岭,大致能代表东北的生态类型<sup>[7]</sup>。通过系谱资料对育成品种的亲本来源进行追踪是研究育成品种遗传基础的重要方法,如崔章林等<sup>[2]</sup>、盖钧镒等<sup>[3]</sup>通过对我国大豆品种进行系谱分析,总结出我国大豆育成品种重要亲本及其贡献率,对育种工作具有指导意义。而对生态反应及育种潜力的评价,张勇等<sup>[5]</sup>采用遗传变异系数、表型变异系数和遗传率、遗传进度和相对遗传进度等指标<sup>[6]</sup>通过比较适合当地条件的熟期组及其它熟期组材料在当地的表現来评价该群体对克山生态环境的反应及在克山地区潜在的育种价值。

傅蒙蒙等<sup>[4,7]</sup>研究表明本试验群体包含东北地区MG000~MG III的所有熟期组类型,其中MG0和MG I为长春地区适宜熟期组类型。本文采用张勇等<sup>[5]</sup>及系谱分析的研究方法,研究东北大豆资源群体在长春地区的表现、变异与遗传潜势,长春当地资源与东北其它地区资源在长春表现的差异,以及长春地区育成品种的主要祖先亲本构成。

## 1 材料与方法

### 1.1 生态区基本情况

傅蒙蒙等<sup>[7]</sup>根据不同熟期组在东北地区的生态反应及各地区生态条件,将东北地区初步划分为4个生态亚区,长春市属第2亚区。N43.88°,干燥度0.8~1.2,降水在500~700 mm,均年降水量为567 mm,年度降水量的70%集中在6、7、8月,雨热同季,有利农作物的生长。大于10℃的有效积温2 800~3 050℃,根据播种时间大豆生长周期在120~145 d(播种时间一般为4月下旬至5月中旬,成熟在9月中旬),土壤地力条件良好<sup>[8]</sup>。

### 1.2 试验设计

将361份东北春大豆按照生育期长度分为极早熟、早熟、中早熟、中熟、中晚熟、晚熟6组,于2012–2014年种在吉林省长春市农业科学院试验地。采用重复内分组试验设计,4次重复,每小区面积1 m<sup>2</sup>,穴播,每小区4穴,每穴保留4株,初花时至少拥有2穴、每穴中至少3株的小区参与调查。按Fehr<sup>[9]</sup>提出的大豆生育时期鉴定方法,调查播种期、VE、R1、R2、R7、R8时期,当地霜降时未达到成熟标准的材料仅记录其所达到的生育时期。生态区基本条件与试验材料详情见傅蒙蒙等<sup>[4]</sup>。收获后调

查项目参考邱丽娟和常汝镇<sup>[10]</sup>的标准,品质性状统一在南京农业大学采用 FOSS 近红外谷物分析仪 Infratec TM 1241 检测。

1.3 数据统计分析

描述统计分析采用 SAS/STAT V 9.2 的 PROC MEANS 软件进行。方差分析采用 SAS/STAT V 9.2 的 PROC GLM。平均数间的差异显著性采用 Duncan 新复极差测验。根据方差分析结果计算相对应的遗传率( $h^2$ )、遗传变异系数( $GCV$ )、遗传进度( $G$ )和相对遗传进度( $\Delta G$ ),计算方法<sup>[11-13]</sup>,线性模型等参考相关文献<sup>[5]</sup>。

育成品种祖先亲本贡献的计算参考崔章林等<sup>[2]</sup>和熊冬金等<sup>[3]</sup>等。具体的说,凡祖先亲本自然变异选择法育成的品种其祖先亲本贡献为 1;凡杂交育成品种,其双亲贡献分别为 0.5,每一亲本再按均等分割至祖先亲本;凡诱变、诱变与杂交相结合育成的,其计算同自然变异;混合花粉作为单独亲本列出;DNA 导入计算同自然变异选择法。祖先亲本的贡献则为祖先亲本对群体内各育成品种贡献之和,反映了该祖先亲本材料对育成品种群体的贡献。

表 1 东北大豆种质群体在长春生育期性状的次数分布和描述统计(2012–2014 年)

Table 1 Frequency distribution and descriptive statistics of the growth period traits of Northeast China soybean germplasm population in Changchun (2012–2014)

性状 Trait	MG	次数 Frequency	组中值 Class mid-point										平均值 Mean/d	SD	CV /%	变幅 Range/d
			28.0	32.1	36.2	40.2	44.3	48.4	52.4	56.5	60.6	64.6				
生育前期 Days to flowering/d	000	16	12	4									28.98 e	1.44	4.98	26.00 ~ 31.58
	00	45	28	17									29.65 de	1.34	4.53	26.63 ~ 32.92
	0	157	35	114	8								31.24 cd	1.74	5.58	27.88 ~ 37.25
	I	79	8	53	15	2		1					32.71 c	2.73	8.33	28.63 ~ 46.42
	II	43		13	20	6	1	2		1			36.84 b	4.77	12.94	31.50 ~ 56.13
	III	21			4	3	2		1	1	4	6	51.99 a	11.98	23.03	34.25 ~ 66.67
群体 Population		361	83	201	47	11	3	3	1	2	4	6	33.14	6.34	19.12	26.00 ~ 66.67
			67.5	71.2	75.0	78.7	82.4	86.2	89.9	93.7	97.4	101.1				
生育后期 Days from flowering to maturity/d	000	16	10	4	1	1							69.09 e	3.67	5.31	65.61 ~ 77.89
	00	45		12	26	6	1						74.50 d	2.54	3.40	70.33 ~ 82.56
	0	157			10	49	70	26	1	1			81.51 c	3.01	3.69	75.00 ~ 93.25
	I	79				2	20	41	15	1			85.91 b	2.93	3.41	78.63 ~ 93.22
	II	42				1	2	8	14	13	3	1	90.64 a	4.11	4.53	78.17 ~ 99.89
	III	14		1	2	1	0	2	0	3	3	2	89.03 a	10.47	11.76	71.67 ~ 103.00
群体 Population		353	10	17	39	60	93	77	30	18	6	3	82.42	6.50	7.89	65.61 ~ 103.00
			96.1	100.5	104.8	109.2	113.6	118.0	122.4	126.8	131.2	135.6				
全生育期 Days to maturity/d	000	16	11	3	1	1							98.08 f	3.63	3.70	93.88 ~ 107.75
	00	45		1	13	24	6	1					104.18 e	3.14	3.01	97.00 ~ 114.75
	0	157				7	53	64	29	4			112.71 d	3.48	3.08	104.50 ~ 123.50
	I	79						17	43	16	3		118.30 c	3.57	3.02	111.50 ~ 127.42
	II	42							9	26	6	1	126.67 b	3.00	2.37	120.92 ~ 137.33
	III	14									7	7	133.40 a	2.70	2.02	129.38 ~ 137.75
群体 Population		353	12	16	32	60	82	72	29	29	13	8	114.31	8.22	7.19	93.88 ~ 137.75

$f$  = 次数;  $SD$  = 标准差;  $CV$  = 变异系数;  $MG$  = 熟期组; 同一列数字后的不同小写字母说明熟期组间的差异显著性, 下同。  
 $f$  = Frequency;  $SD$  = Standard deviation;  $CV$  = Coefficient of variation;  $MG$  = Maturity group; Values in the column of Mean followed by different letters are significantly different among maturity groups. The same below.

2 结果与分析

2.1 东北大豆种质群体及各熟期组农艺品质性状在长春地区的平均表现、变异和遗传潜能

表 1 ~ 表 4 为大豆种质群体生育期性状、籽粒性状、产量性状、株型性状在长春地区的次数分布和描述统计。对生育期性状,生育前期、后期、全生育期的平均值分别为 33.14, 82.42, 114.31 d, 品种间变幅分别为 26.00 ~ 66.67 d、65.61 ~ 103.00 d、93.88 ~ 137.75 d;各熟期组在部分性状上差异达到显著水平,生育天数随着熟期组的变晚呈增大的趋势。本试验播种在 5 月中旬,当地最适宜全生育期约在 120 d。MG000/MG00 在当地全生育期平均天数在 100 d 左右,不能充分利用当地自然条件;MGI-II 组的生育天数明显超过当地无霜期天数,不适合在生产上使用;MGI 的生育天数最适宜当地自然条件,MG0 虽略早于当地条件但可保证稳定成熟,而 MGII 的材料在当地不能稳定成熟。总的说来,MG0 和 MGI 适宜当地无霜期的要求,满足当地生产需求。

表2 东北大豆种质群体在长春籽粒性状的次数分布和描述统计(2012–2014年)

Table 2 Frequency distribution and descriptive statistics of the seed quality traits of Northeast China soybean germplasm population in Changchun (2012–2014)

性状 Trait	MG	次数 Frequency	组中值 Class mid-point										平均值 Mean/d	SD	CV /%	变幅 Range/d
			37.1	38.1	39.0	39.9	40.8	41.7	42.6	43.6	44.5	45.4				
蛋白质含量 Protein	000	16			1	2	2	5	3	2		1	41.90 a	1.61	3.83	39.22 ~ 45.85
	00	45			2	6	12	10	14		1		41.44 ab	1.08	2.60	38.87 ~ 44.28
	0	157		2	11	28	47	37	20	10	1	1	41.18 ab	1.27	3.08	38.17 ~ 45.35
	I	79		4	10	17	24	12	11	1			40.64 b	1.26	3.10	37.97 ~ 43.14
	II	42	4		5	4	12	8	4	4	1		40.81 b	1.80	4.41	36.68 ~ 44.54
	III	20			1	2	6	6	4	1			41.25 ab	1.14	2.80	38.98 ~ 42.30
群体 Population		359	4	6	30	59	103	78	56	18	3	2	41.09	1.37	3.32	36.68 ~ 45.85
			19.6	20.1	20.5	21.0	21.4	21.9	22.3	22.8	23.3	23.7				
油脂含量 Oil content/%	000	16			1		1	3	6	3	2		22.10 a	0.70	3.18	20.39 ~ 23.10
	00	45			1	1	2	9	11	13	6	2	22.35 a	0.70	3.13	20.43 ~ 23.62
	0	157		1		4	19	31	37	40	20	5	22.22 a	0.72	3.24	19.56 ~ 23.94
	I	79			2	4	9	17	21	20	6		22.03 a	0.69	3.14	20.01 ~ 23.41
	II	42	3	3	8	7	5	10		1	3	2	21.06 b	1.12	5.33	19.37 ~ 23.61
	III	20	1	5	9	2	3						20.27 c	0.59	2.89	19.00 ~ 21.43
群体 Population		359	4	9	21	18	39	70	75	77	37	9	21.94	0.94	4.27	19.00 ~ 23.94
			59.8	60.5	61.2	61.9	62.5	63.2	63.9	64.6	65.2	65.9				
蛋脂总量 Total protein and oil/%	000	16					3	2	5	2	3	1	64.00 a	1.07	1.67	62.62 ~ 66.24
	00	45					5	10	15	13	2		63.79 a	0.74	1.16	62.17 ~ 65.28
	0	157		1		4	29	51	48	18	5	1	63.40 a	0.81	1.27	60.46 ~ 65.56
	I	79		1	8	13	18	23	14	2			62.67 b	0.95	1.51	60.48 ~ 64.42
	II	42	1	6	7	11	10	3	3	1			61.79 c	1.10	1.77	59.49 ~ 64.82
	III	20	1	2	8	3	4	2					61.46 c	1.16	1.88	60.25 ~ 63.13
群体 Population		359	2	10	23	31	69	91	85	36	10	2	63.09	1.10	1.74	59.49 ~ 66.24
			10.4	12.3	14.2	16.0	17.9	19.8	21.7	23.5	25.4	27.3				
百粒重 100-seed weight/g	000	16					2	6	7	1			20.69 b	1.86	8.99	17.28 ~ 23.86
	00	45	1				3	12	16	8	5		21.32 b	2.62	12.31	10.15 ~ 25.58
	0	157	1			3	33	54	45	14	2	5	20.39 b	2.33	11.44	9.47 ~ 28.23
	I	79				5	15	32	17	10			20.10 b	1.88	9.37	15.59 ~ 23.75
	II	42	1			4	7	14	12	2	1	1	19.92 b	2.70	13.58	9.72 ~ 26.48
	III	20	0			1	1	4	3	4	4	3	23.08 a	2.98	12.92	17.45 ~ 27.55
群体 Population		359	3			13	61	122	100	39	12	9	20.53	2.44	11.88	9.47 ~ 28.20

表3 东北大豆种质群体在长春产量性状的次数分布和描述统计(2012–2014年)

Table 3 Frequency distribution and descriptive statistics of the yield traits of Northeast China soybean germplasm population in Changchun (2012–2014)

性状 Trait	MG	次数 Frequency	组中值 Class mid-point										平均值 Mean/d	SD	CV /%	变幅 Range/d
			5.3	7.3	9.3	11.4	13.4	15.4	17.4	19.4	21.5	23.5				
地上部生物量 Above ground biomass /(t·hm <sup>-2</sup> )	000	16	6	8	1	1							6.77 f	1.75	25.80	4.27 ~ 11.33
	00	45	7	25	10	2	1						7.73 e	1.66	21.53	5.04 ~ 13.52
	0	157		53	68	28	5	1	2				9.26 d	1.79	19.29	6.33 ~ 16.69
	I	79		9	31	24	11	4					10.55 c	1.95	18.45	6.32 ~ 15.94
	II	42			6	15	11	9	1				12.52 b	1.95	15.56	9.25 ~ 17.15
	III	19				4	3	6	1	3	2		16.23 a	3.74	23.05	11.12 ~ 24.50
群体 Population		358	13	95	116	74	31	20	4	3	2		10.01	2.86	28.61	4.27 ~ 24.51
			1.6	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0				
产量 Yield/(t·hm <sup>-2</sup> )	000	16	3	3	10								2.10 e	0.35	16.76	1.37 ~ 2.49
	00	45	3	6	12	11	11	2					2.58 d	0.47	18.29	1.69 ~ 3.46
	0	157			13	36	65	37	6				3.05 c	0.36	11.90	2.20 ~ 3.96
	I	79			3	9	22	19	21	3	2		3.37 b	0.48	14.29	2.27 ~ 4.76
	II	42			4	9	12	7	7	1	2		3.19 bc	0.55	17.36	2.28 ~ 4.49
	III	14					2	1	3	2	4	2	4.12 a	0.62	14.97	3.06 ~ 5.17
群体 Population		353	6	9	42	65	112	66	37	6	8	2	3.08	0.58	18.71	1.37 ~ 5.17

表 4 东北大豆种质群体在长春株型性状的次数分布和描述统计(2012 – 2014 年)  
Table 4 Frequency distribution and descriptive statistics of the plant-type traits of Northeast China soybean germplasm population in Changchun (2012 – 2014)

性状 Trait	MG	次数	组中值 Class mid-point										平均值	SD	CV	变幅
		Frequency	50.9	61.0	71.1	81.2	91.3	101.4	111.5	121.6	131.7	141.8	Mean/d		/%	Range/d
株高	000	16	5	8	3								59.8 f	7.03	11.74	45.8 ~ 72.0
Plant height/cm	00	45	11	14	12	3	3	2					68.0 e	13.35	19.64	51.2 ~ 103.6
	0	157	4	18	52	39	20	17	7				79.4 d	13.60	17.13	50.4 ~ 115.8
	I	79		3	17	20	17	11	9	1	1		87.9 c	15.12	17.19	60.1 ~ 131.4
	II	42			4	9	5	6	6	4	3	5	103.7 b	21.87	21.09	70.6 ~ 144.6
	III	20					1	4	6	5	2	2	115.6 a	13.90	12.02	87.0 ~ 146.8
	群体 Population	359	20	43	88	71	46	40	28	10	6	7	83.8	19.79	23.61	45.8 ~ 146.8
			11.0	12.5	14.0	15.5	16.9	18.4	19.9	21.3	22.8	24.3				
主茎节数	000	16	3	5	7	1							13.0 e	1.24	9.55	10.6 ~ 15.1
Nodes on main stem	00	45	6	10	9	10	5	3	2				14.5 d	2.38	16.41	10.3 ~ 19.8
	0	157	1	11	31	38	29	26	15	4	2		16.4 c	2.31	14.08	11.6 ~ 22.7
	I	79		1	7	23	15	13	13	5	1	1	17.4 c	2.38	13.69	12.9 ~ 23.6
	II	42		1	3	4	8	7	8	7	1	3	18.7 b	2.90	15.53	13.2 ~ 25.0
	III	20				1	2	3	5	4	3	2	20.3 a	2.51	12.37	16.0 ~ 24.7
	群体 Population	359	10	28	57	77	59	52	43	20	7	6	16.70	2.90	17.30	10.3 ~ 25.3
			0.6	1.6	2.6	3.6	4.6	5.6	6.6	7.6	8.6	9.6				
分枝数目	000	16	6	6	2	2							1.6 b	0.89	55.85	0.4 ~ 3.1
Branch number	00	45	14	20	9	1	1						1.5 b	0.79	52.01	0.6 ~ 4.4
	0	157	40	59	37	19	2						1.8 b	0.99	54.49	0.1 ~ 4.7
	I	79	19	33	17	7	3						1.8 b	1.04	58.30	0.1 ~ 4.7
	II	42	9	12	9	9	1	1	1				2.3 b	1.34	58.62	0.1 ~ 6.4
	III	20	1	1	4	1	3	2	4	2		2	5.4 a	2.77	51.17	1.1 ~ 10.1
	群体 Population	359	89	131	78	39	10	3	5	2		2	2.0	1.42	70.87	0.1 ~ 10.1
			1.8	2.7	3.6											
倒伏程度	000	16	11	5									2.5 c	0.33	15.54	1.4 ~ 2.6
Lodging	00	45	29	12	4								2.2 d	0.54	24.79	1.4 ~ 3.9
	0	157	50	95	12								2.1 d	0.44	17.47	1.6 ~ 3.7
	I	79	20	51	8								2.6 c	0.45	17.32	1.6 ~ 3.8
	II	43	1	22	20								3.2 b	0.50	15.75	2.2 ~ 4.0
	III	21		5	16								3.4 a	0.37	10.82	2.8 ~ 4.0
	群体 Population	361	111	190	60								2.6	0.56	21.56	1.4 ~ 4.0

东北资源群体籽粒性状,蛋白质含量、油脂含量、蛋脂总量、百粒重在长春的平均值分别为 41.09%、21.94%、63.09%、20.53 g,品种间变幅分别为 36.68% ~ 45.85%、19.00% ~ 23.94%、59.49% ~ 66.24%、9.47 ~ 28.20 g;部分熟期组间差异达到显著水平但绝对值差异不大,各组蛋白质、油脂含量、百粒重平均值最大相差分别仅约 1%、2%、2.5%、3 g(主要集中在 1 g 左右),各组内均含有在籽粒性状上突出的资源。

关于产量性状,由于本试验设计小区较小的限制,重在考察不同熟期组的变化趋势。从结果看,地上部生物量、产量的平均值分别为 10.01、3.08 t·hm<sup>-2</sup>,品种间变幅分别为 4.27 ~ 24.51 t·hm<sup>-2</sup>、1.37 ~ 5.17 t·hm<sup>-2</sup>;不同熟期组间产量相关性状的平均值相差较大,达到显著水平,呈现随熟期组变晚增大的趋势;比较各组的变幅,组内品种间的变幅明显大于熟期组间的变幅。产量性状在 MGIII 组达到最大,平均值为 4.12 t·hm<sup>-2</sup>左右,而其余组在 2.10 ~ 3.19 t·hm<sup>-2</sup>左右。

对株型性状,各熟期组间达到显著水平。随着熟期组变晚,各性状均呈增大的趋势,MG0 和 MGI 的株高、主茎节数、分枝数目和倒伏程度平均值分别为 79 ~ 88 cm、16 ~ 17 节、1.7 ~ 1.8 个、2 ~ 3 级,比早熟组 (MG000/MG00) 高约 20 ~ 28 cm,节位多约 3 ~ 4 节;比晚熟组 (MGII/MGIII) 低约 25 ~ 35 cm,节位少约 2 ~ 3 节,倒伏程度低约 1 个等级。

从群体水平上,各性状在频数分布基本呈现以平均值所在组为最高值的钟形分布。标准差和变幅反映了不同性状的多样性水平,各性状内均含有

丰富的变异。变异系数反映了不同性状的多样性水平,一般的,株型相关性状的多样性水平最高而品质性状相关性状多样性水平最低,特别是株型性状中分枝数目多样性水平在 70% 以上,远高于其它性状;品质性状的多样性水平最低,在 1.74% ~ 4.27% 间;其余性状则分布在 7.19% ~ 28.61%。

表 5 为方差分析结果,各性状的年份、基因型、年份与基因型互作均达到显著水平,表明这些农艺性状不同年份间存在一定的差异,其表达均受基因型和环境互作的影响。

表 5 东北大豆种质群体农艺品质性状方差分析表 (2012 - 2014 年)

Table 5 ANOVA of agronomic and seed quality traits of Northeast China soybean germplasm population in Changchun (2012 - 2014)

变异来源 Variation source	生育前期		生育后期 Days from		全生育期		蛋白质含量		油脂含量	
	Days to flowering/d		flowering to maturity/d		Days to maturity/d		Protein content/%		Oil content/%	
	DF	F	DF	F	DF	F	DF	F	DF	F
年份 Year	2	597.03 **	2	152.58 **	2	204.55 **	2	142.59 **	2	30.77 **
重复(年份) Repeat( Year)	9	4.21 **	8	6.53 **	9	9.3 **	9	0.64	9	1.55
基因型 Genotype	360	12.48 **	352	8.62 **	352	11.94 **	358	4.94 **	358	6.8 **
年份×基因型 Year×Genotype	641	7.73 **	607	6.58 **	608	11.32 **	609	4.60 **	609	4.29 **
误差 Error	2990		2590		2852		2588		2588	

	蛋脂总量		百粒重		地上部生物		产量		株高	
	Total protein-oil/%		100-seed weight/g		AGB/(t·hm <sup>-2</sup> )		Yield/(t·hm <sup>-2</sup> )		Plant heightcm	
年份 Year	2	220.04 **	2	108.94 **	2	43.66 **	2	203.95 **	2	256.04 **
重复(年份) Repeat( Year)	9	0.37	9	0.78	9	1.12	9	8.95 **	9	2.21 *
基因型 Genotype	358	5.92 **	358	7.51 **	360	3.66 **	352	2.47 **	358	9.28 **
年份×基因型 Year×Genotype	609	4.91 **	610	2.32 **	641	2.62 **	598	3.12 **	618	6.92 **
误差 Error	2587		2584		2768		2543		2794	

	主茎节数		分枝数目		倒伏程度	
	Nodes on main stem		Branch number		Lodging	
年份 Year	2	91.4 **	1	238.28 **	2	50.61 **
重复(年份) Repeat( Year)	9	1.34	6	3.2 **	9	1.11
基因型 Genotype	360	5.87 **	358	2.74 **	360	1.86 **
年份×基因型 Year×Genotype	641	3.48 **	273	3.74 **	641	13.26 **
误差 Error	2877		1761		2946	

AGB = Above-ground biomass; \*, \*\* 分别代表 0.05 和 0.01 水平上的显著性。  
\* and \*\* represent significance at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

表 6 可知,分枝数目、株高的相对遗传进度均大于 40%,表明这些性状进行选择潜力大;生育期相关性状的遗传率高于 80% 且相对遗传进度大于 10%,拥有较好的选择效果;蛋白质含量、油脂含量等性状的遗传率水平较高但相对遗传进度较低,需加大选育的强度;蛋脂总量是由蛋白质含量和油脂含量共同决定的,从相对遗传进度可知,对该性状直接进行选择的效果不好,该性状的改良应建立在改良蛋白质含量、油脂含量性状的基础上。而对倒伏性状,虽然其相对遗传进度较高但遗传率明显低

于其它性状,表明现有材料在长春地区改良的潜力不大,需要引进外地种质。

通过群体在长春地区的表现和各农艺性状育种潜势分析,可知本群体中一些材料在部分性状上的表现较为突出且具有一定的改良潜力,如蒙豆 11 (45.85%)、东农 50 (45.35%)、通农 9 (44.53%)、黑河 29 (44.28%)、丰收 12 (44.10%) 可用来进行蛋白质性状的改良;嫩丰 17 (23.94%)、吉育 83 (23.93%)、北豆 14 (23.62%)、牡丰 1 (23.61%)、长农 17 (23.61) 可用来进行油脂性状的改良。

表 6 东北大豆种质群体农艺品质性状育种潜势估计

Table 6 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 $\Delta G$
	/%	/%		/%
生育前期 Days to flowering/d	18.09	92.52	11.92	35.84
生育后期 Days from flowering to maturity/d	17.76	89.29	11.50	34.58
全生育期 Days to maturity /d	6.92	92.35	15.67	13.70
蛋白质含量 Protein content/%	2.96	81.87	2.26	5.50
油脂含量 Oil content/%	3.82	86.99	1.62	7.36
蛋脂总量 Total protein and oil/%	1.59	85.18	1.90	3.01
百粒重 100-seed weight/g	10.70	88.44	4.23	20.74
地上部生物量 Aboveground biomass/(t·hm <sup>-2</sup> )	9.66	73.67	3.40	17.09
小区产量 Yield/(t·hm <sup>-2</sup> )	15.00	62.49	0.75	24.50
株高 Plant height/cm	21.71	90.11	35.11	42.44
主茎节数 Nodes on main stem	14.89	84.42	4.64	28.17
分枝数目 Branch number	47.42	74.39	1.66	84.15
倒伏程度 Lodging score	20.44	37.58	0.71	25.95

$h^2$  = 遗传率;  $G$  = 遗传进度;  $\Delta G$  = 相对遗传进度。  
 $h^2$  = Heritability;  $G$  = Genetic progress;  $\Delta G$  = Relative genetic progress.

2.2 长春当地资源与东北其它地区资源在长春表现的差异

长春地区的大豆育种工作成绩突出,本群体含有当地品种 88 个。比较当地与其它地区种质资源在当地表现(表 7)。当地种质资源的全生育期和生育后期分别在 138,88 d 左右,比其余地区资源长约 11,8 d;蛋白质含量、油脂含量、蛋脂总量及百粒重分别在 40.65%、21.53%、62.18%、19.87 g,比其余

地区种质资源分别低约 0.6%、0.57%、1.17%、0.8 g;株高、分枝、主茎节数分别为 95.08 cm、2.06 个、18 节,比其它地区种质资源分别高约 15 cm、0.13 个、2 节;产量性状是多种性状综合体现的结果,当地种质的产量平均约 3.35 t·hm<sup>-2</sup>,比其它地区种质高约 0.36 t·hm<sup>-2</sup>。当地种质资源与其它地区的种质资源在农艺性状上存在一定的差异,通过引种、杂交可能对当地品种的改良有帮助。

表 7 当地与其余地区种质资源农艺品质性状在长春的表现

Table 7 The difference performance of agronomic and seed quality traits in Changchun areas with Changchun and other region soybean germplasm population

性状 Trait	当地 Local			其他地区 Other region		
	平均值	变异系数	范围	平均值	变异系数	范围
	Mean	CV/%	Range	Mean	CV/%	Range
生育前期 Days to flowering/d	50.10	9.01	44.50 ~ 80.42	47.78	13.99	42.00 ~ 81.67
生育后期 Days from flowering to maturity/d	88.20	5.67	71.67 ~ 99.64	80.32	7.02	65.64 ~ 103.00
全生育期 Days to maturity /d	138.33	4.03	126.00 ~ 152.33	127.00	5.68	109.50 ~ 151.86
蛋白质含量 Protein content/%	40.65	3.90	36.68 ~ 44.54	41.25	3.01	38.35 ~ 45.90
油脂含量 Oil content/%	21.53	4.92	19.37 ~ 23.93	22.10	3.85	19.00 ~ 23.99
蛋脂总量 Total protein and oil/%	62.18	1.87	59.49 ~ 64.83	63.35	1.53	59.35 ~ 66.31
百粒重 100-seed weight/g	19.87	11.60	9.72 ~ 27.75	20.67	11.88	9.51 ~ 28.20
地上部生物量 Aboveground biomass/(t·hm <sup>-2</sup> )	9.25	21.96	3.83 ~ 14.28	7.04	26.76	2.83 ~ 15.51
小区产量 Yield/(t·hm <sup>-2</sup> )	3.35	17.52	2.27 ~ 4.81	2.99	19.37	1.18 ~ 5.17
株高 Plant height/cm	95.1	19.98	66.5 ~ 142.8	79.8	22.7	45.8 ~ 146.8
主茎节数 Nodes on main stem	18.0	15.4	11.6 ~ 25.0	16.2	16.9	10.3 ~ 24.7
分枝数目 Branch number	2.1	58.9	0.1 ~ 7.0	1.9	74.9	0.1 ~ 10.1
倒伏程度 Lodging score	2.9	17.2	1.6 ~ 3.92	2.5	21.7	1.4 ~ 4.0

2.3 长春地区育成品种的主要祖先亲本

表7说明当地与其它地区种质资源在表型性状上存在着一定程度的区别,因而追溯了长春地区品种的遗传来源。通过查阅崔章林等<sup>[2]</sup>、盖钧镒等<sup>[3]</sup>编著的中国大豆系谱分析及相关公开发表资料对当地88个品种进行分析,其中82个品种查到系谱资料,涉及99个祖先品种。这99个祖先亲本从地理来源上当地种质有46个,黑龙江23个,国外15个,辽宁与南方等15个;占总数的55.56%(55个)亲本仅在育种过程中使用一次。品种所含有的祖先亲本数目一定程度上反映了育成品种的遗传基础,82个品种平均含有9.3个祖先亲本,具体到各

品种,含有的祖先亲本多说明相差较大,一些材料如吉育69共含有25个祖先亲本的血缘,含有10及10个以上祖先亲本血缘的材料共31个,占总数的约37.8%。

表8为在这些品种育成过程中最常使用的前20个祖先亲本及其衍生品种数和贡献。从这前20个常用祖先亲本的来源看,主要来自于本地和黑龙江省,这20个祖先亲本对本地品种的贡献率约63%;而前10个常用祖先亲本主要来自于当地,其对本地品种的贡献率约48%。可以看出,当地育成品种主要使用当地种质资源作为亲本来源,遗传基础较为狭窄。

表8 当地种质资源主要亲本构成

Table 8 The composition of main ancestor parents for Changchun soybean germplasm population

祖先亲本 Ancestor	来源 Origin	衍生品 种数 NDV	贡献率 CR/%	祖先亲本 Ancestor	来源 Origin	衍生品 种数 NDV	贡献率 RC/%
金元 Jinyuan	辽宁 Liaoning	58	6.35	Amosoy	美国 USA	25	4.33
铁荚四粒黄 Tiejiasilihuang	吉林 Jilin	50	8.16	四粒荚 Silijia	黑龙江 Heilongjiang	20	1.10
十胜长叶 Shishengchangye	日本 Japan	49	6.61	东农33 Dongnong 33	黑龙江 Heilongjiang	20	2.10
嘟噜豆 Duludou	吉林 Jilin	44	4.02	小金黄 Xiaojinhuang	黑龙江 Heilongjiang	20	1.82
四粒黄(P340) Silihuang(P340)	吉林 Jilin	41	6.36	平与笨 Pingyuben	河南 Henan	14	2.02
四粒黄 Silihuang	吉林 Jilin	41	3.90	小粒豆9 Xiaolidou 9	黑龙江 Heilongjiang	11	0.52
一窝蜂 Yiwofeng	吉林 Jilin	41	4.46	小粒黄 Xiaoli Huang	黑龙江 Heilongjiang	11	0.46
熊岳小黄豆 XYxiaohuangdou	吉林 Jilin	36	1.82	Hun1	黑龙江 Heilongjiang	11	0.34
铁荚子 Tiejiazi	吉林 Jilin	36	4.35	立新9 Lixin 9	其它 Other	10	1.39
大白眉 Dabaimei	黑龙江 Heilongjiang	34	1.98	Beeson	美国 USA	9	0.76

Hun1 为东农10、荆山璞、紫花4号的混合花粉;衍生品种数(NDV)指含有该祖先亲本血缘的育成品种数目;贡献率(RC)指祖先亲本对长春地区各育成品种贡献之和与群体品种数(82)的比值。

Hun1 was pollination with a pollen mixture from Dongnong 10, Jingshangpu and Zihua 4; NDV is the number of derived varieties with germplasm from the ancestor; RC is the contribution rate of the ancestor to the total number of released varieties in Changchun area (82 varieties).

3 讨论

生育期是重要的生态性状,从本文获得的结果看,东北大豆群体在长春地区生育前期平均在32.99 d,生育后期在82.33 d,全生育期平均在114.3 d。傅蒙蒙等<sup>[5]</sup>研究表明本地大豆生长至9月中旬左右,5月中旬播种则生长天数在120 d左右。从各熟期组的全生育天数看,MG0/MGI组特别是MGI最能充分利用该地的生长季节,产量潜力可以充分表达;而MG000/MG00组因成熟过早,产量潜力不大;MG II和MGIII大多数则因不能充分成熟,籽粒脱水过程不完全,纵有产量潜力也不能实现。而对品质性状,各熟期组间平均值的绝对值差异很小,但各熟期组内均育成有品质性状表现突出的品种,从遗传进度上看,品质性状继续改良潜力不大,通过对不同熟期组间品质性状表现突出品种

进行杂交或引进外地种质可能有助于该类性状的改良。

产量性状是大豆改良的最主要目标,由于本文的试验设计并不是严格的测产试验,所获得的有关产量的数据仅能提供趋势上的描述。杜维广等<sup>[14]</sup>总结我国高产育种时指出生物量、表观收获指数、生育期等是决定大豆产量的重要因子,而产量要素构成因子如百粒重、单株荚数等没有明显效果。倒伏性状虽然不是大豆产量的构成因素,但对大豆产量影响巨大,倒伏可致大豆减产高达56%<sup>[15]</sup>。从本文的结果看,各熟期组材料在当地的倒伏程度较高,平均倒伏程度达到了2级,而从遗传率上看倒伏性状在长春主要受环境的影响,较难改良。在长春改良倒伏性状应通过引入其他抗倒伏性状表现突出的材料进行。

张勇等<sup>[5]</sup>通过本群体在克山地区表现来研究



该群体在克山地区的表现和潜在的育种意义,两者获得的结论不完全一致。对品质性状,两者研究均表明对这类性状虽然改良的难度较大但仍有很大的潜力,通过优化亲本组合,优选重组类型完全可以实现在当地对该性状的改良;而对产量相关的地上部生物量和倒伏性状,两者的结果不相同,在克山地区对倒伏性状改良的难度较低,而地上部生物量的遗传率较低(43.85%),而在长春地区则与之相反,这充分说明产量性状改良的复杂性,不同地区对产量性状的改良应通过不同的策略。

遗传基础狭窄是大豆育种中需要克服的问题,从本文分析的结果看,长春地区当地育成品种所涉及的祖先亲本仅 99 个,特别常用的祖先亲本则以当地品种为主。虽然各材料平均含有的祖先亲本数目较多,特别是一些材料含有的祖先亲本多达 25 个,但当地品种存在着一定程度的遗传基础狭窄问题。因此,通过选取一些其它地区育成品种来改良当地品种相关性状有助于拓宽当地育成品种的遗传基础。

致谢:感谢中国农业科学院作物所、吉林省农科院大豆所提供部分大豆参试品种(系)。感谢各试验人员辛苦的工作。

参考文献

[1] 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(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. )

[2] 崔章林,盖钧镒,邱家训,等. 中国大豆育成品种及其系谱分析(1923~1995) [M]. 北京:中国农业出版社, 1998. (Cui Z L, Gai J Y, Qiu J X, et al. The released chinese soybean cultivars and their pedigree analysis [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998. )

[3] 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. 2015:2-25. (Gai J Y, Xiong D J, Zhao T J, et al. The Pedigree and germplasm bases of soybean cultivars released in China(1923~2005) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2015:2-25. )

[4] 傅蒙蒙,王燕平,任海洋,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. )

[5] 张勇,傅蒙蒙,杨兴勇,等. 东北大豆种质资源群体在克山的表现及潜在的育种意义[J]. 大豆科学,2016,35(6):881-890. (Zhang Y, Fu M M, Yang X Y, et al. Characteristics and breeding potential of Northeast China soybean germplasm population in area of Keshan[J]. Soybean Science,2016,35(6):881-890. )

[6] 杨树果. 产业链视角下的中国大豆产业经济研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014. (Yang S G. Economics of soybean industry in China from industry chain perspective[D]. Beijing: China Agricultural University, 2014. )

[7] 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. Ecological characteristics analysis of Northeast soybean germplasm growth period traits [J]. Soybean Science,2016,35(4): 541-549. )

[8] 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. Study on the ecological regions of soybean in northeast China[J]. Soybean Science, 1983,2(1): 1-13. )

[9] Fehr W R, Caviness C E. Stages of soybean development[R]. Iowa Agriculture and Home Economics Experiment Station Special Report, 1977, 80:1-11.

[10] 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: China Agriculture Press, 2006. )

[11] Hanson C H, Robinson H F, Comstock R E. Biometrical studies of yield in segregating populations of Korean Lespedeza [J]. Agronomy Journal, 1956, 48(6): 268-272.

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

[13] Fehr W R. Principles of cultivar development, theory and technical[J]. New York:McGraw-Hill Inc, 1987.

[14] 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. A discussion on advances in breeding for super high-yielding soybean cultivars [J]. Soil and Crop, 2014,3(3): 81-92. )

[15] 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, 1993,12(1): 81-85. (Xie F T, Dong Z, Wang X G, et al. Effect of lodging on soybean yield formation [J]. Soybean Science, 1993,12(1): 81-85. )