

东北大豆种质群体在大庆的表现及其育种意义

田中艳¹, 宗春美^{2,3}, 杨柳¹, 李建英¹, 吴耀坤¹, 周长军¹, 王燕平³, 任海祥³,
傅蒙蒙², 赵团结², 杜维广³, 盖钧镒²

(¹黑龙江省农业科学院大庆分院, 大庆 161606; ²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, 南京 210095;

³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 157041)

摘要:表型评价是鉴别高产、优质和抗逆性优良大豆资源的必要步骤。为更好利用东北大豆种质资源, 2012-2014 年在大庆农科院将搜集到的东北地区各育种单位现存的 361 份大豆地方品种和育成品种(系)进行田间试验, 采用重复内分组试验设计, 对 4 类 13 个农艺、品质性状进行统计分析。结果表明: (1) 东北大豆种质群体在大庆表现为: 全生育期 121 d (94 ~ 134 d)、蛋白质含量 40.68% (36.66% ~ 45.33%)、脂肪含量 20.68% (15.77% ~ 22.90%)、蛋脂总量 61.36% (57.08% ~ 65.45%)、百粒重 17.48 g (9.69 ~ 28.42 g)、株高 66 cm (33.1 ~ 96.2 cm)、主茎 17 节 (9.76 ~ 24.00)、分枝 1.25 个 (0.0 ~ 7.4)、倒伏 1.4 级 (1.0 ~ 4.0)。(2) 大庆地区适合熟期组(MG)为 MG0 和 MG1, 更趋向于 MG1, 两熟期组内品种的各性状平均值与东北大豆种质群体的总平均值相近。MG000 ~ MG00 组生育期较短, 未能充分利用当地生态气候资源, 品质性状与 MG0 ~ MG1 相差不大; 而株高、产量性状表现较 MG0 ~ MG1 偏低(如株高约 20 cm, 地上部生物量约 1.2 t/hm²)。MGII ~ MGIII 品种则大多未能充分成熟, 导致其他性状表达不正常。大庆地区未来大豆改良的主要方向是适合的熟期组(MG0 ~ MG1)、高产、高蛋白兼顾高脂肪含量, 应重视耐逆性。从资源群体中优选出一批用以改良大庆大豆性状的不同熟期组亲本, 为育种工作者提供参考。

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

Performance and Breeding Potential of the Northeast China Soybean Germplasm Population in Daqing, China

TIAN Zhong-yan¹, ZONG Chun-mei^{2,3}, YANG Liu¹, LI Jian-ying¹, WU Yao-kun¹, ZHOU Chang-jun¹,
WANG Yan-ping³, REN Hai-xiang³, FU Meng-meng², ZHAO Tuan-jie², DU Wei-guang³, GAI Jun-yi²

(¹Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 161606; ²Soybean 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; ³Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Mudanjiang Experiment Station of the National Center for Soybean Improvement, Mudanjiang 157041)

Abstract: Phenotypic evaluation is an essential step in identifying excellent soybean germplasm accessions with high yield, quality seed and resistance to stresses. For better use of soybean germplasm resources in Northeast China, 361 soybean landraces and released cultivars (breeding lines) kindly provided by breeding institutions in Northeast China were tested in an experiment using a blocks in replication design at Daqing Agricultural Academy in 2012-

收稿日期: 2017-12-16 修回日期: 2018-01-07 网络出版日期: 2018-05-18

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20180516.1909.001.html>

基金项目: 黑龙江省科技计划省院科技合作项目 (HZ201210, YS15B13); 黑龙江省博士后特别资助(博士后青年英才计划) (LBH-TZ1618); 国家重点基础研究发展计划 (“973 计划”) (2011CB1093); 国家自然科学基金资助项目 (31371651); 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); 农业部国家大豆产业技术体系 (CARS-04); 江苏省优势学科建设工程专项; 江苏省 JCIC-MCP 项目

第一作者研究方向为大豆育种, E-mail: tianzhongyan2005@163.com。宗春美为共同第一作者

通信作者: 杜维广, 研究方向为大豆遗传育种, E-mail: weiguangdu@126.com

盖钧镒, 研究方向为作物遗传育种, E-mail: sri@njau.edu.cn

2014. The population was evaluated on thirteen agronomic and seed quality traits. The results are summarized, including: (1) The soybean accessions in Northeast China showed a great variation in Daqing area, with an average of 121 d growth period (ranging in 94 d-134 d), 40.68% protein content (36.66%-45.33%), 20.68% oil content (15.77%-22.90%), 61.36% Total protein& oil content (57.08-65.45%), 17.48 g 100-seed weight (9.69-28.42 g), 66 cm plant height (33.1-96.2 cm), 17 nodes on main stem (9.76-24.00), 1.25 branches (0.0-7.4), 1.4 lodging score (1.0-4.0). (2) In Daqing, the best fitted maturity groups are MG 0 and MG I, especially MG I, with the average values of various characters close to the population mean values in Daqing. MG000-MG00 showed early-maturation and could not make full use of local ecological climate resources, consequently the other traits, such as plant height and yield-related traits were lower than those of MG 0-MG I groups (20 cm shorter in plant height and 1.2 t/hm² lower in biomass), even though their seed quality traits were similar to those of MG 0-MG I. The majority of accessions in MG II and MG III were not fully matured, which led to abnormal performances of many traits. This resulted suggested the objective in soybean breeding for suitable MG (MG 0-MG I), increased yield and protein content, higher oil content and enhanced stress-tolerance in Daqing area. Furthermore, the materials excellent in the target traits with the variation on maturity were identified and valuable for future breeding in Daqing area.

Key words: Northeastern spring-sowing soybean; maturity group; agronomic and seed quality traits; genetic variation; breeding potential

为系统考察东北地区种质资源的特点及在不同生态区域的表现,本课题组将东北地区具有代表性的种质进行广泛搜集,主要搜集 1960-2010 年间的东北三省一区育成品种、地方品种以及少数国外引种材料,共获得 361 份种质资源,组成了宝贵的东北大豆种质群体,根据盖钧镒等^[1]提出的中国大豆熟期组归属的鉴定方法及傅蒙蒙等^[2]对东北大豆的熟期组分类结果,将不同熟期的种质划归到 000、00、0、I、II、III 等 6 个熟期组 (MG, Maturity Group) 中。除 MG II 含有 61 份材料外,其他 5 个熟期组均包含 60 份材料。于 2012-2014 年在东北地区选取了 9 个具有典型生态代表性的育种单位为试验点 (北安、扎兰屯、克山、牡丹江、佳木斯、长春、大庆、白城、铁岭),采用相同试验设计对 4 类 13 项农艺、品质性状进行精准表型鉴定试验。本研究拟对该群体在大庆的表现进行评价。潘铁夫等^[3]研究认为,大庆地区位于松嫩平原中西部,土壤多为风沙盐碱土,肥力低,为黑龙江省大豆低产区, > 10 ℃ 活动积温 2600 ~ 2800 ℃, 年降水量 400 ~ 450 mm, 生育季干旱指数为 1.2 ~ 1.4, 春旱比较严重,属于半干旱类型,该地区的生态条件影响该群体的农艺性状表现及其评价。

傅蒙蒙等^[2,4]根据各熟期组大豆材料在东北代表性地区的生育期表现和各地区生态条件将东北地区划为 4 个生态亚区,大庆地区属于第 3 亚区,该亚区主要分布在以大庆、白城为代表的黑龙江西南部、

吉林省东北部降水量低的区域,该区域土壤盐碱化较为严重,是世界三大片苏打盐碱地集中区域之一,同时也是我国大豆胞囊线虫病比较严重的地区^[5-6],主要适宜 MG0 /MG I 熟期组。大庆地区大豆育种基础较好,拥有黑龙江省农业科学院大庆分院、黑龙江八一农垦大学等多家育种单位,其中前者多年从事抗胞囊线虫大豆育种工作,培育出多个抗线虫品种来满足生产上的需要^[6]。张勇等^[7]、程延喜等^[8]、任海祥等^[9]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来分别评价本群体在克山、长春、牡丹江的表现,同时通过比较适合当地条件的熟期组及其他熟期组在当地的表現来评价该群体对当地生态环境的反应及潜在的育种价值。本文也是 9 个代表地点系列研究报告之一。

本文旨在重点研究:(1) 东北大豆种质群体在大庆地区的表现和育种潜势。(2) 为大庆地区品种改良提出建议并筛选部分优异亲本材料。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验材料:361 份东北春大豆种质组成的自然群体。其中,黑龙江省 233 份,吉林省 89 份,辽宁省 21 份,内蒙古自治区 13 份,国外 5 份。

本试验于 2012-2014 年在黑龙江省农业科学院大庆分院 (地址:黑龙江省大庆市) 进行,试验采用

重复内分组试验设计,4次重复,穴播,穴距0.4 m×0.65 m,每小区4穴,小区面积1 m²,每穴保留4株,初花时选择至少拥有2穴、每穴中至少3株的小区进行调查,为有效减小边际效应,成熟期每小区选取中间2穴收获。

按 Fehr^[10] 提出的大豆生育时期鉴定方法,调查播种期、出苗期、始花期、盛花期、初熟期、完熟期,当地霜降时记录未达到成熟标准的材料所处生育时期。

收获后以邱丽娟等^[11] 的标准进行室内考种、南京农业大学使用 FOSS 近红外谷物分析仪 Infra-tec TM 1241 对试验收获材料统一进行品质性状测定。

1.2 数据统计分析

采用 SAS 9.1 软件进行表型分析:利用 proc means 进行表型的描述统计包括频率分布、群体平均值。利用 proc glm 进行方差分析,并估算遗传率;遗传率 $h^2 = \sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_e^2 / r)$, 其中 σ_g^2 = 遗传方差, σ_e^2 = 误差方差, r = 重复。遗传变异系数(GCV)计算公式为 $GCV = \sigma_g / \mu$, 其中 μ 为群体的平均值。在 proc glm 中,利用 means 语句进行多重比较,比较方法为 DUNCAN,显著水平为 $P \leq 0.05$ 。

多年联合方差分析线性模型: $y_{ijkl} = \alpha_i + \beta_j + \delta_{l(j)} + A_{ij} + \varepsilon_{ijl}$, α_i 为第 i 个基因型的效应, β_j 为第 j 年的效应, $\delta_{l(j)}$ 为 j 年第 l 个重复的效应, A_{ij} 为基因型与年份的互作, ε_{ijl} 为残差。运算过程中,所有变异来源均作为随机效应处理。 σ_p^2 为表型方差, σ_{gl}^2 为基因型与年份互作方差, j 为年份, r 为重复, $\bar{X}$ 为性状平均值,

遗传进度(G): $G = k \times \sigma_g \times \sqrt{h^2}$

相对遗传进度 ΔG 公式: $\Delta G = 100 \times G / \bar{X}$

$\bar{X}$ 为性状平均值, k 为选择强度,5% 选择强度下为 2.06^[12]。

2 结果与分析

2.1 东北大豆种质群体主要农艺性状的表现

表1~表4列举了大豆种质群体4类13项主要农艺性状在大庆地区的次数分布。4类及13项农艺性状包括:生育期性状(生育前期、生育后期、全生育期),籽粒性状(蛋白质含量、脂肪含量、蛋

脂总量、百粒重),株型性状(株高、主茎节数、分枝数目、倒伏程度),产量性状(地上部生物量、籽粒产量)。

生育期性状中,生育前期、生育后期、全生育期的均值为47.4 d、75.6 d、120.8 d,变幅为35.8~82.9 d、57.1~87.1 d、94.3~134.0 d(表1)。

根据本试验区播种方式,当地适宜生育期为120~130 d。各熟期组在部分生育期性状上差异达到显著水平,具体到各熟期组, MG000/MG00 在当地全生育期平均天数为101.0~110.8 d,浪费当地有效活动积温; MGII 的材料在当地不能稳定成熟而 MGIII 组仅1个品种正常成熟,故该熟期组在当地生产不能应用。 MG0/MGI 全生育期平均天数为120.8~127.2 d,特别 MGI 熟期组材料的生育日数为当地生态条件首选熟期组, MG0 熟期组材料略早但可充分发育成熟,因此在分析各熟期组间材料差异时,宜以 MG000-MGI 的材料为主, MGII/MGIII 仅可作为参考。对 MG000-MGI, 生育期各性状均呈随熟期组的变晚呈增长的趋势。至于 MGII/MGIII 组, 呈现生育前期较其他熟期组大约长10~30 d, 而生育后期相差不大的趋势(表1)。

籽粒性状中,蛋白质含量、脂肪含量、蛋脂总量、百粒重的均值为40.68%、20.68%、61.36%、17.48g,变幅分别为36.66%~45.33%、15.77%~22.90%、57.08%~65.45%、9.69~28.42 g;部分熟期组间差异虽达到显著水平但绝对差异并不大,各组蛋白质含量、脂肪含量、蛋脂总量及百粒重性状的平均值最大差异约2%、3%、4%、2g(大部分熟期组间差异不到1g),各组内均含有在籽粒性状上突出的资源。具体到各熟期组, MGII/MGIII 组除蛋白质性状外明显低于其他各熟期组,如 MGII/MGIII 组脂肪性状平均值约19%,而其余各组主要集中在21%。这可能与这两个熟期组的材料不能正常成熟,从而影响到籽粒性状有关。 MG000/MG00 与 MG0/MGI 的籽粒性状相差不大,但 MG000/MG00 脂肪含量、蛋脂总量较 MG0/MGI 略高而百粒重略低的特点,如 MG000/MG00 的蛋脂总量在62.11%~63.40%而 MG0/MGI 在60.86%~61.68%(表2)。

表 1 东北大豆种质群体生育期性状的次数分布和描述统计

Table 1 Frequency distribution and descriptive statistics of the growth period traits of the Chinese Northeastern soybean variety resources population

性状 Trait	熟期组 MG	次数 <i>f</i>	分级组 Grading group										均值 Mean	标准差 <i>SD</i>	变异系数 (%) <i>CV</i>	变幅 Range
			37.4	42.2	47.0	51.8	56.6	61.4	66.2	71.0	75.8	80.6				
生育前期(d)	000	16	12	3	1								38.9e	2.68	6.89	35.8 ~ 45.0
Days from	00	45	16	26	3								40.7e	2.50	6.15	37.1 ~ 49.1
seeding stage	0	157	3	87	62	5							44.1d	2.44	5.52	38.1 ~ 50.8
to flowering	I	79		15	37	23	2	2					48.0c	3.84	8.00	40.4 ~ 60.1
	II	43				18	13	9	1	1	1		56.9b	5.61	9.86	50.0 ~ 77.8
	III	21				1	2	6		1	2	9	71.0a	10.64	14.99	52.3 ~ 82.9
总计 Total		361	31	131	103	47	17	17	1	2	3	9	47.4	8.58	18.12	35.8 ~ 82.9
性状 Trait	熟期组 MG	次数 <i>f</i>	分级组 Grading group										均值 Mean	标准差 <i>SD</i>	变异系数 (%) <i>CV</i>	变幅 Range
			57.6	60.8	64.0	67.2	70.4	73.6	76.8	80.0	83.2	86.4				
生育后期(d)	000	16	2	7	4	3							62.5d	2.62	4.19	57.1 ~ 67.5
Days from	00	45			2	14	16	11	2				70.1c	3.09	4.40	64.0 ~ 77.9
flowering	0	157					9	44	52	39	13		76.7ab	3.12	4.07	69.3 ~ 83.9
to maturity	I	75					1	8	21	22	21	2	79.4a	3.52	4.44	71.0 ~ 87.1
	II	25			1	2		11	6	3	1	1	74.8b	4.53	6.06	64.5 ~ 85.0
	III	1				1							68.0c			68
总计 Total		319	2	7	7	20	26	74	81	64	35	3	75.6	5.30	7.02	57.1 ~ 87.1
性状 Trait	熟期组 MG	次数 <i>f</i>	分级组 Grading group										均值 Mean	标准差 <i>SD</i>	变异系数 (%) <i>CV</i>	变幅 Range
			96.0	100.0	104.0	108.0	112.0	116.0	120.0	124.0	128.0	132.0				
全生育期(d)	000	16	2	10	3	1							101.0e	3.57	3.53	94.3 ~ 110.6
Whole growth	00	45		2	5	10	17	9		2			110.8d	4.76	4.30	101.2 ~ 123.4
period	0	157				1	6	27	64	52	6	1	120.8c	3.56	2.95	109.8 ~ 130.5
	I	75								28	32	15	127.2b	2.66	2.09	122.6 ~ 133.0
	II	25									2	23	132.1a	1.38	1.05	128.5 ~ 134.0
	III	1								1			122.0c		.	122.0
总计 Total		319	2	12	8	11	24	36	64	83	40	39	120.8	8.08	6.70	94.3 ~ 134.0

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, The different letters in the mean value column denote significant difference among maturity groups. The following is the same

表 2 东北大豆种质群体籽粒性状的次数分布和描述统计

Table 2 Frequency distribution and descriptive statistics of the seed quality traits of the Chinese northeastern soybean variety resources population

性状 Trait	熟期组 MG	次数 <i>f</i>	分级组 Grading group										均值 Mean	标准差 <i>SD</i>	变异系数 (%) <i>CV</i>	变幅 Range
			36.5	37.5	38.5	39.5	40.5	41.5	42.5	43.5	44.5	45.5				
蛋白质含量	000	16			1	1	1	3	4	4	1	1	42.34a	1.70	4.00	38.30 ~ 45.28
(%) Protein	00	45			3	11	16	9	6				40.61b	1.10	2.70	38.41 ~ 42.73
content	0	157	2	2	7	33	54	42	12	4	1		40.65b	1.23	3.03	36.66 ~ 44.55
	I	76	0	4	9	20	18	17	6	1		1	40.34b	1.44	3.56	37.30 ~ 45.33
	II	36	1	2	7	3	6	7	6	3	1		40.66b	1.85	4.54	36.98 ~ 44.18
	III	18			1	3	4	5	4	1			41.04b	1.27	3.10	38.47 ~ 43.17
总计 Total		348	3	8	28	71	99	83	38	13	3	2	40.68	1.41	3.47	36.66 ~ 45.33

表 2(续)

性状 Trait	熟期组	次数	分级组 Grading group										均值	标准差	变异系数	变幅	
	MG	<i>f</i>	15. 4	16. 2	17. 0	17. 8	18. 6	19. 4	20. 2	21. 0	21. 8	22. 6	Mean	<i>SD</i>	(%) <i>CV</i>	Range	
脂肪含量(%) Oil content	000	16						1	4	5	5	1	21. 07b	0. 75	3. 58	19. 59 ~ 22. 34	
	00	45						2	4	10	20	9	21. 50a	0. 76	3. 51	19. 39 ~ 22. 89	
	0	157					1	7	33	67	40	9	21. 02b	0. 75	3. 58	18. 48 ~ 22. 90	
	I	76	1			1	1	8	24	31	9	1	20. 52c	0. 96	4. 70	15. 77 ~ 22. 50	
	II	36		1		3	8	10	9	4	1		19. 43d	1. 07	5. 53	16. 00 ~ 21. 43	
	III	18		2	2	3	1	9		1			18. 51e	1. 30	7. 00	16. 10 ~ 20. 90	
总计 Total		348	1	3	2	7	11	37	74	118	75	20	20. 68	1. 14	5. 53	15. 77 ~ 22. 90	
性状 Trait	熟期组	次数	分级组 Grading group										均值	标准差	变异系数	变幅	
	MG	<i>f</i>	57. 45	58. 35	59. 25	60. 15	61. 05	61. 95	62. 85	63. 75	64. 65	65. 55	Mean	<i>SD</i>	(%) <i>CV</i>	Range	
蛋脂总量 (%) Total protein-oil	000	16		1					1	3	5	5	1	63. 40a	1. 56	2. 46	58. 53 ~ 65. 45
	00	45				3	5	21	12	4			62. 11b	0. 86	1. 38	59. 83 ~ 63. 85	
	0	157		1	2	9	46	74	20	5			61. 68b	0. 82	1. 34	58. 13 ~ 63. 99	
	I	76		3	7	18	21	24	3				60. 86c	1. 05	1. 73	58. 31 ~ 62. 80	
	II	36	1	7	7	8	5	6	2				60. 08d	1. 40	2. 32	57. 76 ~ 63. 05	
	III	18	1	4	3	5	5						59. 55e	1. 25	2. 10	57. 08 ~ 61. 30	
总计 Total		348	2	16	19	43	82	126	40	14	5	1	61. 36	1. 31	2. 14	57. 08 ~ 65. 45	
性状 Trait	熟期组	次数	分级组 Grading group										均值	标准差	变异系数	变幅	
	MG	<i>f</i>	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	Mean	<i>SD</i>	(%) <i>CV</i>	Range	
百粒重(g) 100-seed weight	000	16				7	6	1	2				17. 66a	2. 01	11. 39	15. 43 ~ 22. 35	
	00	45	1		1	15	21	7					17. 29a	1. 73	10. 00	9. 69 ~ 20. 78	
	0	157	1	0	4	40	75	28	7	1		1	17. 93a	2. 03	11. 30	10. 55 ~ 28. 42	
	I	77	1	0	5	21	26	19	4	1			17. 95a	2. 21	12. 30	9. 81 ~ 23. 25	
	II	36		2	10	14	8	1	1				15. 64b	2. 00	12. 79	11. 34 ~ 21. 13	
	III	18		1	7	7	3						15. 43b	1. 76	11. 36	12. 80 ~ 18. 65	
总计 Total		349	3	3	27	104	139	56	14	2		1	17. 48	2. 17	12. 44	9. 69 ~ 28. 42	

本试验设计并非以考察产量为重点,因此所获得的各熟期组相关产量数据(表2)仅反映不同熟期组产量趋势,且各熟期组材料发育成熟情况不尽相同,产量间并无可比性。地上部生物量、产量的平均值分别为4.97 t/hm²、3.11 t/hm²,变幅为2.07 ~ 8.73 t/hm²、0.50 ~ 4.74 t/hm²。对MG000至MGI,各熟期组间地上部总生物量及籽粒产量存在较大差异,除MG0和MGI间差异不显著外,其他熟期组间差异存在统计学意义,且随熟期组变晚地上部总生物量和籽粒产量均呈增大的趋势,

分别从3.61 t/hm²、1.83 t/hm²增长至5.37 t/hm²、3.54 t/hm²。至于MGII/MGIII,其地上部产量呈现低于MG0/MGI而略高于MG000/MG00的特点,而对于产量而言,则表现为高于MG000但低于MG00/MG0/MGI的状况,究其原因,大部分MGII/MGIII材料不能正常成熟,而MG000材料在大庆地区表现为过早成熟,营养体太小,如对产量性状,其主要分布在2.34 ~ 2.49 t/hm²而MG0/MGI分布在3.36 ~ 3.54 t/hm²,MG000/MG00分布在1.83 ~ 2.62 t/hm²(表3)。

表 3 东北大豆种质群体产量性状的次数分布和描述统计

Table 3 Frequency distribution and descriptive statistics of the yield traits of the Chinese northeastern soybean variety resources population

性状 Trait	熟期组	次数	分级组 Grading group										均值	标准差	变异系数	变幅
	MG	f	2.35	3.05	3.75	4.45	5.15	5.85	6.55	7.25	7.95	8.65	Mean	SD	(%)CV	Range
地上部生物量 (t/hm ²) Above ground biomass	000	16		7	7	2							3.61d	0.51	14.25	2.82~4.56
	00	45		2	9	25	6	3					4.42c	0.60	13.57	3.33~5.94
	0	157			3	47	74	30	3				5.06ab	0.54	10.64	3.56~6.49
	I	79			5	12	28	22	10	2			5.37a	0.76	14.13	3.78~7.14
	II	43	1	2	5	11	15	4	1	3		1	4.98b	1.21	24.40	2.07~8.73
	III	21			5	4	8	2	1	1			4.94b	1.00	20.15	3.52~7.32
总计 Total		361	6	9	19	56	94	83	47	24	8	3	4.97	0.83	16.72	2.07~8.73
性状 Trait	熟期组	次数	分级组 Grading group										均值	标准差	变异系数	变幅
	MG	f	0.67	1.11	1.55	1.99	2.43	2.87	3.31	3.75	4.19	4.63	Mean	SD	(%)CV	Range
产量(t/hm ²) Yield	000	16	1	1	5	6	2	1					1.83c	0.52	28.33	0.50~2.96
	00	45			2	9	10	16	5	3			2.62b	0.52	19.76	1.48~3.69
	0	156				3	10	24	57	51	9	1	3.36a	0.46	13.72	1.92~4.72
	I	71			1	4	3	3	12	37	9	2	3.54a	0.63	17.77	1.59~4.64
	II	22	2	1		6	6	3	3	1			2.34b	0.75	31.99	0.81~3.66
	III	18			1	8	4	1	2	1		1	2.49b	0.83	33.24	1.41~4.74
总计 Total		327	3	2	9	36	35	48	79	93	18	4	3.11	0.74	23.91	0.50~4.74

在株型性状表现上,各熟期组中主茎节数、株高、倒伏程度、分枝数目的平均值分别为 16.58 节、65.50 cm、1.42 及 1.25,变幅为 9.76~24.00、33.1~96.2 cm、1.0~4.0、0.0~7.4。对各熟期组,虽然差异达到显著水平但绝对差异并不大,株高、主茎节数和分枝最多相差约 28 cm(主要集中在 10 cm 以内),7 节(主要集中在 3 节内)及 3 个(主要集中在 1 个以内),对 MG000-MGI,各性状呈随熟期组变晚增大的趋势,如株高从 MG000 的 45.1 cm 增长至 MGI 的 72.9 cm,随着熟期变晚,株高又呈降低趋势;但主茎节数、分枝数目,MGI/II/MGIII 组材料较 MG0/MGI 则多约 1~2 节、1~3 个(表 4)。

从群体整体看,除生育期性状外,各性状表现值在次数分布上均表现为以均值所在组为峰值的正态分布。不同性状的多样性水平通过标准差和变异系数来体现,变异系数越大体现该性状的多样性水平越高。群体各熟期组间各性状的变异系数均大于熟期组内部的变异系数,这说明外来熟期组材料可能含有本地熟期组材料所不具有的变异,采用外来材料可能有利于当地熟期组材料的改良。而对群体,不同性状所含有的多样性水平并不一致,如生育期

性状的变异系数主要在 10% 以下,而分枝数目的变异系数远大于其余性状,达到 96%,而其余性状主要集中在 15%~35% 之间。

2.2 东北大豆种质群体在大庆地区的可能遗传潜势

通过对各农艺性状方差分析可知,各性状的年份、基因型、年份与基因型互作均达到显著水平,表明这些农艺性状年份间存在差异,表型值不仅受基因型影响,还受基因型和环境互作影响。所以仅关注基因型而忽视基因型和生态条件的关联互作,很难育成理想的品种。

种质资源多样性评价的重要内容之一就是育种潜势分析,利用相对潜势分析资源群体,可为种质资源的利用提供理论依据。在育种材料的选择过程中提供重要参考价值的遗传参数有遗传率、遗传变异系数、相对遗传进度等,遗传率(也称遗传力)是反映性状遗传能力的大小,根据遗传率的大小,可进行有效的性状选择。而衡量性状遗传变异能力大小指标的重要参数则是遗传变异系数,变异系数愈大,获得具有优良遗传性状类型的几率愈大^[13]。相对遗传进度可挖掘性状选择的潜力,进度大表明对该性状改良潜力也大。

表 4 东北大豆种质群体株型性状的次数分布和描述统计

Table 4 Frequency distribution and descriptive statistics of the plant-type traits of the Chinese northeastern soybean variety resources population

性状 Trait	熟期组	次数	分级组 Grading group										均值	标准差	变异系数	变幅
	MG	<i>f</i>	36.2	42.6	49.0	55.4	61.8	68.2	74.6	81.0	87.4	93.8	Mean	<i>SD</i>	(%) <i>CV</i>	Range
株高 (cm)	000	16	3	6	5	1	1						45.1e	7.32	16.24	33.1 ~ 59.0
Plant height	00	45	2	8	9	8	7	5	3	2	1		56.9d	12.50	21.96	36.0 ~ 84.4
	0	157	1	1	10	25	43	33	22	18	4		65.7bc	9.90	15.08	33.7 ~ 88.6
	I	78				4	11	24	17	13	3	6	72.9a	9.53	13.07	54.9 ~ 96.2
	II	36				7	6	7	8	5	2	1	69.7ab	10.09	14.48	53.3 ~ 92.3
	III	18			3	3	3	6	2	1			63.3c	8.87	14.02	47.7 ~ 78.2
总计 Total		350	6	15	27	48	71	75	52	39	10	7	65.50	11.95	18.24	33.1 ~ 96.2

性状 Trait	熟期组	次数	分级组 Grading group										均值	标准差	变异系数	变幅
	MG	<i>f</i>	10.25	11.75	13.25	14.75	16.25	17.75	19.25	20.75	22.25	23.75	Mean	<i>SD</i>	(%) <i>CV</i>	Range
主茎节数	000	16	4	4	6	2							12.3e	1.58	12.85	9.8 ~ 15.4
Nodes on main stem	00	45	2	8	9	8	11	7					14.5d	2.16	14.86	10.3 ~ 17.9
	0	157		1	19	38	40	42	14	3			16.3c	1.81	11.16	11.7 ~ 21.0
	I	78			1	9	16	25	21	4	1	1	17.7b	1.83	10.34	12.8 ~ 24.0
	II	36					1	10	13	11	1		19.2a	1.31	6.84	16.1 ~ 21.1
	III	18				1	4	5	3	4	1		18.3ab	1.86	10.14	14.8 ~ 21.5
总计 Total		350	6	13	35	58	72	89	51	22	3	1	16.58	2.41	14.51	9.76 ~ 24.00

性状 Trait	熟期组	次数	分级组 Grading group										均值	标准差	变异系数	变幅
	MG	<i>f</i>	0.55	1.65	2.75	3.85	4.95	6.05	7.15	8.25	9.35	10.45	Mean	<i>SD</i>	(%) <i>CV</i>	Range
分枝数目	000	16	12	3	1								1.0c	0.69	69.80	0.4 ~ 2.8
Branch number	00	45	37	3	3		1				1		0.8c	0.91	113.98	0.0 ~ 5.4
	0	157	100	40	13	3						1	1.0c	0.85	88.97	0.0 ~ 4.1
	I	76	39	25	6	3	1		1			1	1.3c	1.22	95.60	0.0 ~ 7.4
	II	36	11	11	10	1	2	1					1.9b	1.32	68.10	0.2 ~ 5.8
	III	18		1	5	7	4	1					3.8a	1.16	30.70	1.4 ~ 5.6
总计 Total		348	199	83	38	14	8	2	1		1	2	1.25	1.21	96.45	0.0 ~ 7.4

性状 Trait	熟期组	次数	分级组 Grading group			均值	标准差	变异系数	变幅
	MG	<i>f</i>	1.5	2.5	3.5	Mean	<i>SD</i>	(%) <i>CV</i>	Range
倒伏程度	000	16	16			1.0c	0.07	6.56	1.0 ~ 1.2
Lodging	00	45	43	2		1.3bc	0.38	29.89	1.0 ~ 2.5
	0	157	138	19		1.4ab	0.45	31.30	1.0 ~ 2.9
	I	78	66	10	2	1.5a	0.54	35.44	1.0 ~ 4.0
	II	36	33	2	1	1.4ab	0.48	33.94	1.0 ~ 3.0
	III	18	16	2		1.4ab	0.36	25.76	1.0 ~ 2.3
总计 Total		350	312	35	3	1.42	0.47	32.92	1.0 ~ 4.0

表 5 列出各性状遗传进度、遗传率、遗传变异系数。株高、分枝数目的遗传率均大于 80% 且相对遗传进度大于 30% ,说明对其进行改良的潜力大;对于生育前期、百粒重性状及株型性状(倒伏性除外),其遗传率高于 80% 且相对遗传进度大于 14% ,尤其是分枝数目的相对遗传进度竟达到 126.4% ,

说明对这几个遗传率和相对遗传进度均高的性状进行选择会取得较好的效果;籽粒性状尤其是蛋白质和脂肪含量,虽然遗传率较高但相对遗传进度却较低,需加大选择强度,以期获得具有理想品质含量的后代;蛋脂总量的改良应建立在改良蛋白质含量、脂肪含量性状的基础上。

表 5 东北大豆种质群体农艺性状育种潜势估计

Table 5 Estimation of breeding potential of agronomic traits in variety resources 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(d) Days to flowering	17.07	93.58	16.23	34.02
生育后期(d) Days from flowering to maturity	6.08	82.03	8.56	11.34
全生育期(d) Whole growth period	5.91	91.10	13.94	11.63
蛋白质含量(%) Protein content	2.79	78.95	2.08	5.12
脂肪含量(%) Oil content	3.87	80.00	1.49	7.14
蛋脂总量(%) Total protein-oil	1.57	82.04	1.80	2.92
百粒重(g) 100-seed weight	9.10	82.00	2.99	16.69
地上部生物量(t/hm ²) Aboveground biomass	7.41	31.32	0.42	8.48
小区产量(t/hm ²) Yield	10.55	46.88	0.47	14.80
株高(cm) Plant height	17.80	88.92	22.52	34.58
主茎节数 Nodes on main stem	11.71	83.33	3.59	22.04
分枝数目 Branch number	72.76	80.63	1.58	126.40
倒伏程度 Lodging score	22.04	54.30	0.47	33.13

GCV:genetic coefficient of variation, h^2 :heritability, G:genetic advance, ΔG :relative Genetic Progress

2.3 东北大豆第 3 亚区祖先亲本来源及贡献率

根据付蒙蒙等^[4]研究结果将大庆归为第 3 亚区,该地区共搜集/育成 47 个品种,其中除垦农 24 系谱资料未明确外,其余 46 个品种均清晰追溯了其遗传系谱,直至最初祖先亲本信息。46 个品种共有 71 个祖先亲本,其中 43 个来源于黑龙江,国外 13 个,吉林省 10 个、辽宁 4 个,其他来源 1 个。该地区育成/搜集品种平均 10.39 个祖先亲本,其中绥

农 33 共含有 23 个祖先亲本血缘。表 6 为第 3 亚区衍生品种最多的 20 个祖先亲本。这 20 个祖先亲本以黑龙江、吉林来源为主,与其他亚区前 20 的祖先亲本相比,该亚区使用了一些在其他亚区使用不多的亲本。这 20 个祖先亲本对当地品种的贡献为 58.78% ,而前 10 个祖先亲本的贡献约为 46.63% 。

表 6 第三亚区衍生品种最多的 20 个祖先亲本来源及贡献率

Table 6 The main 20 ancestor parents and their contribution rates for their own derived soybean varieties in the Sub-region III of Northeast China

祖先亲本	来源	衍生品种数	贡献率(%)	祖先亲本	来源	衍生品种数	贡献率(%)
Ancestor	Origin	NDV	CR	Ancestor	Origin	NDV	CR
金元	辽宁	40	6.42	小金黄	黑龙江	14	2.35
四粒黄(P340)	吉林	40	6.50	Amsoy	美国	12	3.01
大白眉	黑龙江	38	5.54	小粒豆 9	黑龙江	9	1.14
四粒荚	黑龙江	35	7.17	熊岳小黄豆	辽宁	9	1.15
小粒黄	黑龙江	33	5.12	佳木斯秃子	黑龙江	9	0.06
东农 20	黑龙江	27	1.25	海伦金元	黑龙江	8	0.62
永丰豆	吉林	27	5.00	辉南青皮豆	吉林	8	0.62
十胜长叶	日本	19	5.06	洋蜜蜂	吉林	8	1.23
铁荚四粒黄	吉林	18	2.81	蓑衣领	黑龙江	7	1.52
嘟噜豆	吉林	16	1.76	一窝蜂	吉林	6	0.45

NDV:各祖先亲本在育成/搜集品种中所衍生品种数量;CR:各祖先亲本在衍生品种中的遗传贡献率

NDV:number of derived varieties,is the number of varieties derived from each ancestral parent in bred / collected breeds,CR:contribution rate,is ancestor parents and their contribution rates for their own derived soybean varieties

2.4 东北大豆种质群体中可供大庆地区育种用的优异资源

进入 21 世纪,伴随全球气候变暖,极端天气频繁发生,高温、干旱、土壤贫瘠及盐碱化等问题日益严重,病虫害生理小种加速变异,这就要求作物改良的方向应逐渐转变为适当耐逆前提下的高产优质^[14]。随着全球气候变暖,大庆市的气候也有相同趋势,主要表现为冬、春季明显增温,升温直接导致蒸发量增大,从而进一步增加了干旱程度和沙漠化进程,未来 10-20 年间大庆市的主要气象灾害将是由干旱所引发的一系列严重后果^[15]。选择适合与当地生态条件下的亲本材料是实现该地区育种目标的重要前提,表 7 为根据本群体各性状在当地的表現选出的一些表现突出的材料,对某个性状进行改良还应充分考虑总体性状,所以在鉴选参考品种时,还充分考虑了熟期,尽量以早熟并含有优良目标性状的材料为主,为当地品种的改良提供材料基础。

3 讨论

本研究选取东北三省一区 361 份育成品种及祖先亲本组成的种质群体,可均匀代表东北地区各不同生态类型品种,通过对该群体主要农艺性状进行精准表型鉴定和评价,可充分了解各性状的遗传多样性,是发掘有利基因、遗传改良的重要基础^[16],进而科学充分利用现有宝贵种质资源,如何将现有资源优势转化为品种优势,以应对不断变幻和频发的复杂自然灾害,是目前遗传改良的重要研究内容^[17]。本研究对生育期、籽粒、产量及株型这 4 类性状进行了鉴定,各性状间遗传变异丰富,为有针对地改良某一性状提供了材料基础。

东北大豆种质群体在大庆地区的全生育期平均为 121 d。综合各熟期组的生育期及产量表现, MG0 和 MG1 组能充分利用该地的生长季节,产量明显高于其他熟期组,本研究认为大庆地区适宜 MG0-MG1,特别是 MG1 组。MG000-MG00 组生育期较短,未能充分利用当地生态气候资源,部分 MGII 及大部分 MGIII 品种均未能充分成熟,虽有产量潜力但无从发挥,通过综合比较品质性状及株型性状,其他 4 个熟期组材料均包含有 MG0-MG1 所不具备或表现不突出的优良性状,可通过基因聚合方式,将有利基因渗透到当地骨干亲本中,拓宽遗传变异基础。

随着粮食加工业快速发展及居民膳食结构变化,农业生产也由数量型向数量、质量并重型逐步转变^[18]。通过本研究可知,东北大豆种质群体品质性状在大庆市的表现较其他优势区域呈中等偏低水平,蛋白质含量、脂肪含量、蛋脂总量和百粒重的均值分别为 40.68%、20.68%、61.36% 和 17.48 g。从遗传势上看,虽然品质性状遗传率较高,但是遗传进度均较小,应加大选择力度,宜在早代进行选择并世代跟踪,从而实现在品质上的突破。从变幅上,各熟期组均包含在品质性状上表现突出的品种,如何充分利用这些优异种质对当地主要受体亲本进行遗传改良是一个复杂的课题,胡国华等^[19]将大庆划归为黑龙江西部高油大豆产区,并认为当地土壤主要为风沙土、盐碱土,土质瘠薄,气候较干旱,所以在改良种质产量和品质的同时,要重视种质的耐逆及养分高效利用基因的深度挖掘,本研究下一步将对这个种质群体进行耐逆性的深入研究。

通过比较该群体各性状在不同地区的遗传率及相对遗传进度可知,品质性状的改良需要付出更多的育种努力,而对产量相关的性状,不同地区的表现和改良难度差异较大,如本群体在克山、牡丹江及长春的倒伏情况均较为严重(倒伏程度均大于 2 级),且在长春、牡丹江地区对该性状的改良较为困难而在克山地区改良难度较小,而本群体在大庆地区几乎不存在倒伏问题(平均倒伏程度不到 2 级),这充分说明了对产量性状改良的复杂性,不同生态类型区域对产量性状的改良应采取不同策略。

本研究追溯了本亚区育成品种的系谱和祖先亲本及其贡献,这为研究该亚区育成品种的遗传基础提供依据。对品种系谱的研究有效的指导育种工作,在选择受体和供体亲本时首先要掌握其系谱,才能合理组配,所以本研究为育种选择本亚区优异资源做受体或供体亲本时提供资料平台。

综上,依据大庆地区的生态条件和本研究的结果,建议本地区育种目标主要解决“高产稳产与耐逆性”和“高产稳产与优质”矛盾的科学问题,培育耐逆、高产稳产、优质突破性品种。

致谢:感谢黑龙江省农业科学院大庆分院和各试验点的辛苦工作。感谢吉林省农业科学院大豆研究所和中国农业科学院作物科学研究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] 盖钧镒,汪越胜,张孟臣,王继安,常汝镇. 中国大豆品种熟期组划分的研究. 作物学报,2001,27(3):286-292
- [2] 傅蒙蒙,王燕平,任海洋,王德亮,包荣军,杨兴勇,田忠艳,曹景举,傅连舜,程延喜,苏江顺,孙宾成,杜维广,赵团结,盖钧镒. 东北春大豆熟期组的划分与地理分布. 大豆科学,2016,35(2):181-192
- [3] 潘铁夫,张德荣,张文广. 东北地区大豆气候区划的研究. 大豆科学,1983(1):1-13
- [4] 傅蒙蒙,王燕平,任海洋,王德亮,包荣军,杨兴勇,田中艳,傅连舜,程延喜,苏江顺. 东北大豆种质资源生育期性状的生态特征分析. 大豆科学,2016,35(4):541-549
- [5] 李秀军,李取生,王志春,刘兴土. 松嫩平原西部盐碱地特点及合理利用研究. 农业现代化研究,2002,23(5):361-364
- [6] 袁翠平,沈波,董英山. 中国大豆抗(耐)胞囊线虫病品种及其系谱分析. 大豆科学,2009,28(6):1049-1053
- [7] 张勇,傅蒙蒙,杨兴勇,董全中,薛红,张明明,李微微,王燕平,任海洋,赵团结. 东北大豆种质群体在克山的表现及其潜在的育种意义. 大豆科学,2016,35(6):881-890
- [8] 程延喜,孙晓环,郑朝春,李海波,兰磊,赵宽,王燕平,任海洋,傅蒙蒙,杜维广. 东北大豆种质群体在长春的表现及其潜在的育种意义. 大豆科学,2017,36(2):165-173
- [9] 任海洋,白艳凤,王燕平,宗春美,孙晓环,齐玉鑫,李文,傅蒙蒙,赵团结,杜维广. 东北大豆种质群体在牡丹江的表现及其潜在的育种意义. 大豆科学,2017,36(3):335-344
- [10] Fehr W R. Stages Of Soyabaen Development. Kenya Soil Survey, 1977:1-11
- [11] 邱丽娟,常汝镇,刘章雄. 大豆种质资源描述规范和数据标准. 北京:中国农业出版社,2006:1-69
- [12] 孔繁玲. 植物数量遗传学. 北京:中国农业大学出版社,2006:186-187
- [13] 刘义华,冷蓉,张召荣,高明泉,肖丽. 茎瘤芥主要数量性状遗传力和遗传进度的初步研究. 植物遗传资源学报,2006,7(4):442-444,454
- [14] Mba C,Guimaraes E P,Ghosh K. Re-orienting crop improvement for the changing climatic conditions of the 21st century. Agriculture & Food Security,2007,1:7
- [15] 韩英. 大庆地区气候变化与气象服务. 大庆社会科学,2005(3):52
- [16] 金建楚,李小湘,黎用朝,潘孝武,刘文强. 农户保存与种质库保存的同近名地方稻品种的遗传多样性研究. 植物遗传资源学报,2018,19(3):478-487
- [17] 王丽侠,程须珍,王素华,朱旭,刘振兴. 中国绿豆核心种质资源在不同环境下的表型变异及生态适应性评价. 作物学报,2014,40(4):739-744
- [18] 刘浩,周闲容,于晓娜,杨修仕,刘三才,么杨,任贵兴. 作物种质资源品质性状鉴定评价现状与展望. 植物遗传资源学报,2014,15(1):215-221
- [19] 胡国华,陈庆山,张锡铭. 黑龙江省大豆品质区划的探讨. 大豆科学,2006,25(2):118-122