

中国和欧洲大豆资源农艺性状综合性评价

潘文婧 孙亚男 高陆思 曲梦楠 张维耀
付春旭 姜世波 姜成喜 付亚书 王金星

(黑龙江省农业科学院绥化分院, 152052, 黑龙江绥化)

摘要 通过对 158 份中国和欧洲大豆材料的 12 个主要农艺性状进行分析, 利用统计分析、相关性分析、主成分分析等方法对试验材料进行综合评价, 结果表明, 欧洲大豆材料中有 10 份材料生育期过长, 无法完全成熟; 平均株高、主茎节数、有效分枝数与国内大豆材料相比均较高, 且有粗蛋白质和粗脂肪含量表现优异的材料。最终筛选出 12 份综合表现优异的材料, 可在育种中使用。

关键词 中国和欧洲大豆; 农艺性状; 品质性状

大豆起源于中国, 有悠久的种植历史, 并且向东南以及南部各国传播, 于 16 世纪进入欧洲^[1]。大豆籽粒富含油分、蛋白质、碳水化合物、矿物质和维生素, 其中蛋白质含量约占 40%, 脂肪含量约占 20%, 是人们生产生活中不可缺少的重要作物^[2]。

大豆传播到世界各地后, 经过不同生态环境的选择, 形成了丰富的种质资源。2013 年中国农业科学院作物科学研究所^[3]编制的《中国大豆品种资源目录(续编三)》中编入了由 20 多个国家引进的 3000 余个国外大豆种质, 可供科研使用。在育种及生产过程中利用国外种质能够提高大豆产量、增强抗性、改善品质等, 从而拓宽国内大豆品种选育的遗传基础^[4-5]。

我国已经有许多育种工作者利用国外大豆种质作为亲本培育出新品种, 如王源才^[6]以 Logbew 与东农 47-1D 杂交选育出高产、早熟新品种东农 36 号; 郭泰等^[7]以合丰 23 号为母本、克 4430-20 为父本杂交育成的合丰 25 号适应性强, 且稳产、高产; 胡国华等^[8]利用国外品种 DAWN 为父本、合丰 25 号为母本杂交育成的红丰八号比对照增产 8.59%; 郭泰等^[9]利用美国矮秆大豆资源育成 7 个大豆新品种。目前, 我国引进的国外种质中, 欧洲种质数量相对较少, 并且有效利用度不高。欧洲地理纬度与我国大豆主产区黑龙江省相似, 因此在黑龙江省对欧洲大豆种质进行深入研究, 同时

与国内大豆种质进行对比分析, 筛选出品质优良、符合我国生产要求的欧洲种质对培育适应我国大豆主产区栽培的优异品种有至关重要的作用^[9-10]。

本文利用来自中国和欧洲的大豆种质进行试验, 分析在生长发育过程中, 这些种质在生育期、重要农艺性状及籽粒蛋白质、油分含量等方面的差异, 对来自中国和欧洲种质进行对比与评价, 筛选适宜我国种植的优异欧洲种质, 用以改良大豆遗传基础, 提高产量, 增强抗性, 改善品质。

1 材料与方法

1.1 试验材料

共 158 份大豆材料, 其中欧洲大豆材料是由中国农业科学院作物科学研究所提供的来自塞尔维亚、奥地利、意大利、瑞士、乌克兰、法国、罗马尼亚、匈牙利、德国和波兰 10 个国家的 79 份材料, 编号 A1~A79 (其中存在 2 份重复材料, NS Atlas、CH22172/OBELIX); 中国 79 份大豆材料由 15 家单位提供, 编号 C1~C79。具体材料名称及编号详见表 1。

1.2 试验方法

158 份中国和欧洲大豆于 2020、2021 年分别在黑龙江省农业科学院绥化分院新源基地 (127°00' E, 46°35' N) 和黑龙江省农业科学院绥化分院院内试验地 (126°98' E, 46°63' N) 种植。黑龙江省绥化市年均降水量 543mm, 年均气温 1.3℃~4.0℃,

作者简介: 潘文婧, 主要从事大豆遗传育种工作, E-mail: wadrjwpp@163.com

王金星为通信作者, 主要从事大豆遗传育种工作, E-mail: wjxsuihua@126.com

基金项目: 国家重点研发计划 (2019YFE0105900); 国家大豆产业技术体系 (CARS-04-CES06)

收稿日期: 2022-04-26; 修回时间: 2022-08-16; 网络出版日期: 2022-09-27

表 1 供试大豆材料明细
Table 1 Details of test soybean materials

| 编号 Number | 材料名称 Material name | 编号 Number | 材料名称 Material name | 编号 Number | 材料名称 Material name | 编号 Number | 材料名称 Material name |
|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| A1 | CH22172/OBELIX | A41 | Favorit | C1 | 东农 54 | C41 | 黑农 52 |
| A2 | CH21912/PROTEIX | A42 | Galina | C2 | 东农 53 | C42 | 合丰 39 |
| A3 | CH22138/AMANDINE | A43 | NS Atlas | C3 | 东农 58 | C43 | 合丰 56 |
| A4 | CH22177/GALICE | A44 | NS Maximus | C4 | 东农 50 | C44 | 合农 59 |
| A5 | CH22315/MARQUISE | A45 | NS Mercury | C5 | 东农 52 | C45 | 合丰 50 |
| A6 | CH21265/ORION | A46 | NS Princeza | C6 | 黑河 43 | C46 | 合丰 57 |
| A7 | CH22429 | A47 | NS Atlas 重复 | C7 | 黑河 36 | C47 | 合农 62 |
| A8 | CH22015/CASTETIS | A48 | NS-L-201458 | C8 | 黑河 44 | C48 | 合农 58 |
| A9 | CH50111 | A49 | NS-L-401088 | C9 | 黑河 49 | C49 | 垦农 36 |
| A10 | CH50051/PACO | A50 | NS-L-401145 | C10 | 东农 55 | C50 | 垦保 1 号 |
| A11 | Atlanta | A51 | NS-L-401156 | C11 | 黑农 68 | C51 | 垦丰 16 |
| A12 | Mavka | A52 | NS-L-401157 | C12 | 合丰 51 | C52 | 黑农 63 |
| A13 | ADA TD | A53 | NS-L-501012 | C13 | 东农 51 | C53 | 黑河 48 |
| A14 | CRISTINA TV | A54 | Tajfun | C14 | 黑河 45 | C54 | 黑河 51 |
| A15 | FELIX | A55 | Valjevka | C15 | 黑河 52 | C55 | 黑农 53 |
| A16 | MIRUNA | A56 | NS Fantast | C16 | 黑农 51 | C56 | 丰收 22 |
| A17 | ERICA | A57 | NS HOGAR | C17 | 黑农 61 | C57 | 丰收 25 |
| A18 | PEPITA | A58 | NS Kraljica | C18 | 黑农 64 | C58 | 垦丰 20 |
| A19 | AMMA | A59 | NS Zita | C19 | 黑农 69 | C59 | 北丰 16 |
| A20 | Ananda | A60 | Sava | C20 | 吉育 95 | C60 | 垦丰 17 |
| A21 | BAHIA | A61 | Trijumf | C21 | 克山 1 号 | C61 | 丰收 26 |
| A22 | Prana | A62 | Venera | C22 | 登科 1 号 | C62 | 合丰 53 |
| A23 | ADONAI | A63 | Ventis | C23 | 登科 2 号 | C63 | 黑河 5 号 |
| A24 | Avatar | A64 | Victoria | C24 | 蒙豆 30 | C64 | 北豆 30 |
| A25 | BLANCAS | A65 | AUGUSTA | C25 | 绥农 22 | C65 | 北豆 44 |
| A26 | Buenos | A66 | Amadea | C26 | 绥农 23 | C66 | 丰收 27 |
| A27 | Guru | A67 | Antonia | C27 | 绥农 24 | C67 | 克豆 28 |
| A28 | ES Senator | A68 | Abelina | C28 | 绥农 26 | C68 | 北豆 40 |
| A29 | ES Gladiator | A69 | Albenga | C29 | 绥农 27 | C69 | 华疆 1 号 |
| A30 | ES Tenor | A70 | Alexa | C30 | 绥农 29 | C70 | 丰收 12 |
| A31 | ES Indicator | A71 | Ancona | C31 | 绥农 32 | C71 | 合丰 49 |
| A32 | ES Mediator | A72 | Angelica | C32 | 绥农 33 | C72 | 合丰 54 |
| A33 | GK MEDAL | A73 | Regina | C33 | 绥农 34 | C73 | 丰收 11 |
| A34 | GK SPIRIT | A74 | Christine | C34 | 绥农 35 | C74 | 丰收 13 |
| A35 | PANNONIA KINCSE | A75 | GL Hermine | C35 | 合丰 35 | C75 | 北丰 17 |
| A36 | Khutorianochka | A76 | Josefine | C36 | 合农 61 | C76 | 北丰 4 号 |
| A37 | Oriana | A77 | CH22172/OBELIX 重复 | C37 | 黑河 39 | C77 | 垦丰 13 |
| A38 | TriaDa | A78 | SM SR16050 | C38 | 合丰 48 | C78 | 绥农 7 号 |
| A39 | Vezha | A79 | smsr 17046 | C39 | 合丰 55 | C79 | 黑农 22 |
| A40 | NS Kača | | | C40 | 合农 60 | | |

平均积温 2580℃，日照时数 2600~2900h，无霜期 120~140d^[11]。

试验采用随机区组法，小区为 3 行区，行长 2m，行距 65cm，株距 6cm，重复 3 次。在整个生育期内进行正常的田间管理，出苗后调查花色、茸毛、叶形和结荚习性等性状，生育期数据主要调查出苗期、开花期和成熟期。在秋季成熟后每个小区取 10 株考种，测量株高、单株有效荚数、单株粒数、主茎节数和百粒重等农艺性状。收获后利用谷物分析仪测定粗蛋白质和粗脂肪含量。

1.3 数据处理

利用 Microsoft Excel 2016 进行数据统计，并分别计算各性状的平均数、标准差和变异系数等。利用 DPS 软件进行相关性分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 中国和欧洲大豆资源质量性状分析

在田间调查中记录 158 份中国和欧洲材料的主要质量性状（花色、叶形和茸毛色）。通过对比（表 2）可知，中国和欧洲材料叶形有很大的差别，其中 79 份欧洲材料均为卵圆形叶，而 79 份中国材料中披针形叶占主要部分；欧洲材料中紫花比例达

表 2 来自中国和欧洲大豆种质质量性状分析

| Table 2 Analysis of quality traits of soybean germplasms from China and Europe | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 性状 Characteristic | 特征 Performance | 来自欧洲种质数量 Number of European germplasms | 来自中国种质数量 Number of Chinese germplasms |
| 花色 Flower color | 紫花 | 69 | 50 |
| | 白花 | 10 | 29 |
| 叶形 Leaf shape | 披针形 | 0 | 66 |
| | 卵圆形 | 79 | 13 |
| 茸毛色 Pastel color | 棕色 | 44 | 1 |
| | 灰色 | 35 | 78 |

87.34%，而中国材料中紫花占 63.29%；茸毛色在中国和欧洲材料中也有很大不同，欧洲材料棕色茸毛占 55.70%，灰色茸毛占 44.30%，而中国材料中仅有 1 份材料为棕色茸毛，其余均为灰色茸毛。综上，欧洲材料主要为卵圆形叶、紫花、棕毛；中国材料主要为披针形叶、紫花、灰毛。

2.2 中国和欧洲大豆资源数量性状分析

对 79 份欧洲材料的主要农艺性状及品质性状进行田间调查及检测（表 3），对开花期和生育期进行统计，开花期为 38.54d，变异系数为 17.00%；生育期为 117.85d，变异系数为 10.00%。对产量相关性状进行分析，株高为 110.30cm，底荚高度为 19.54cm，主茎节数、有效分枝数、单株有效荚数和单株无效荚数分别为 17.50、1.21、45.44 和 2.40，单株粒数为 105.45，百粒重为 17.28g。产量相关性状的变异系数范围在 8.84%~66.35%，排序为百粒重<株高<主茎节数<单株有效荚数<单株粒数<底荚高度<单株无效荚数<有效分枝数。其中，单株无效荚数和有效分枝数的变异系数均大于 30%，有更加广泛的变异范围。粗蛋白质含量为 40.43%，变异系数为 3.90%；粗脂肪含量为 21.08%，变异系数为 5.26%，其中粗脂肪含量的变异范围更

表 3 欧洲大豆材料数量性状分析

| Table 3 Quantitative characteristic analysis of soybean materials in Europe | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| 指标 Index | 平均值 Average | 最大值 Maximum | 最小值 Minimum | 标准差 Standard deviation | 变异系数 Coefficient of variation (%) | 95%置信区间 95% confidence interval |
| 开花期 Anthesis stage (d) | 38.54 | 52.00 | 22.33 | 6.57 | 17.00 | 28.29~39.56 |
| 生育期 Growth period (d) | 117.85 | 136.00 | 92.00 | 11.39 | 10.00 | 99.19~119.71 |
| 株高 Plant height (cm) | 110.30 | 165.62 | 58.82 | 16.05 | 14.55 | 106.76~113.84 |
| 底荚高度 Bottom pod height (cm) | 19.54 | 32.10 | 9.10 | 5.37 | 27.47 | 18.36~20.73 |
| 主茎节数 Main stem section number | 17.50 | 33.30 | 10.76 | 2.82 | 16.10 | 16.88~18.12 |
| 有效分枝数 Effective branch number | 1.21 | 3.32 | 0.10 | 0.81 | 66.35 | 1.03~1.39 |
| 单株无效荚数 Number of invalid pods per plant | 2.40 | 7.42 | 0.30 | 1.17 | 48.93 | 2.14~2.66 |
| 单株有效荚数 Number of effective pods per plant | 45.44 | 64.10 | 30.00 | 7.87 | 17.32 | 43.71~47.18 |
| 单株粒数 Number of grains per plant | 105.45 | 156.52 | 65.56 | 20.01 | 18.98 | 101.03~109.86 |
| 百粒重 100-grain weight (g) | 17.28 | 22.07 | 14.60 | 1.53 | 8.84 | 16.94~17.62 |
| 粗蛋白质含量 Crude protein content(%) | 40.43 | 44.89 | 36.34 | 1.58 | 3.90 | 40.08~40.78 |
| 粗脂肪含量 Crude fat content (%) | 21.08 | 23.39 | 18.51 | 1.11 | 5.26 | 20.84~21.33 |

加广泛。

由表 4 可知，79 份中国大豆材料平均开花期和生育期分别为 35.96 和 115.80d，开花期变异系数为 11.00%，生育期变异系数为 8.00%。产量相关性状中株高为 101.75cm，底荚高度为 20.47cm，主茎节数、有效分枝数、单株有效荚数和单株无

效荚数分别为 16.80、0.69、44.14 和 2.15，单株粒数为 108.99，百粒重为 19.28g。产量相关性状的变异系数范围在 14.80%~102.29%，排序为百粒重<株高<主茎节数<底荚高度<单株有效荚数<单株粒数<单株无效荚数<有效分枝数。其中，单株无效荚数和有效分枝数的变异系数分别为

79.82%和 102.29%，均大于 30%，有更广泛的变异范围。粗蛋白质含量为 39.63%，变异系数为 3.97%；粗脂肪含量为 21.21%，变异系数为 5.72%，脂肪的变异范围更加广泛。

表 4 中国大豆材料数量性状分析
Table 4 Quantitative characteristic analysis of soybean materials in China

| 指标 Index | 平均值 Average | 最大值 Maximum | 最小值 Minimum | 标准差 Standard deviation | 变异系数 Coefficient of variation (%) | 95%置信区间 95% confidence interval |
|-------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 开花期 Anthesis stage (d) | 35.96 | 52.00 | 24.33 | 3.79 | 11.00 | 30.06~36.55 |
| 生育期 Growth period (d) | 115.80 | 134.00 | 85.00 | 9.83 | 8.00 | 100.27~117.35 |
| 株高 Plant height (cm) | 101.75 | 136.90 | 66.00 | 15.17 | 14.91 | 98.41~105.10 |
| 底荚高度 Bottom pod height (cm) | 20.47 | 31.74 | 9.72 | 5.16 | 25.22 | 19.33~21.61 |
| 主茎节数 Main stem section number | 16.80 | 26.48 | 11.30 | 2.53 | 15.06 | 16.24~17.36 |
| 有效分枝数 Effective branch number | 0.69 | 3.88 | 0.10 | 0.70 | 102.29 | 0.51~0.86 |
| 单株无效荚数 Number of invalid pods per plant | 2.15 | 10.52 | 0.20 | 1.71 | 79.82 | 1.77~2.52 |
| 单株有效荚数 Number of effective pods per plant | 44.14 | 88.24 | 27.40 | 11.19 | 25.36 | 41.67~46.61 |
| 单株粒数 Number of grains per plant | 108.99 | 217.40 | 63.62 | 28.48 | 26.13 | 102.71~115.27 |
| 百粒重 100-grain weight (g) | 19.28 | 30.14 | 8.30 | 2.87 | 14.88 | 18.65~19.92 |
| 粗蛋白质含量 Crude protein content (%) | 39.63 | 45.27 | 36.33 | 1.57 | 3.97 | 39.28~39.98 |
| 粗脂肪含量 Crude fat content (%) | 21.21 | 23.54 | 16.93 | 1.21 | 5.72 | 20.94~21.48 |

按照中国高蛋白、高油大豆品种的审定要求^[12]，对蛋白质及脂肪含量进行划分，其中欧洲大豆籽粒粗蛋白质含量在 38.01%~40.00%的材料有 26 份，占 32.91%；粗蛋白质含量在 40.01%~45.00%的材料有 48 份，占 60.76%，未发现粗蛋白质含量大于 45.01%的材料。籽粒粗脂肪含量在 18.01%~20.00%的材料有 12 份，占 15.19%；粗脂肪含量在 20.01%~21.50%的材料有 40 份，占 50.63%；粗脂肪含量大于 21.50%的材料有 27 份，占 34.18%。中国大豆籽粒粗蛋白质含量在 38.01%~40.00%的材料有 34 份，占 43.04%；粗蛋白质含量在 40.01%~45.00%的材料有 30 份，占 37.97%；仅 1 份粗蛋白质含量大于 45.01%。籽粒粗脂肪含量在 18.01%~20.00%的材料有 9 份，占 11.39%；粗脂肪含量在 20.01%~21.50%的材料有 39 份，占 49.37%；粗脂肪含量大于 21.50%的材料有 30 份，占 37.97%。

综合分析以上结果，中国及欧洲大豆材料的主要农艺性状及品质性状的变异系数范围分别为 3.97%~102.29%和 3.90%~66.35%，变异系数最大的均为有效分枝数，最小的均为粗蛋白质含量。根据表 3 和表 4 可知，欧洲材料的平均株高较大，最大值达 165.62cm（A13），中国材料的百粒重较大，最大值为 30.14g（C29）。中国大豆材料的粗蛋白质及粗脂肪含量的变异系数均大于欧洲大

豆材料，即中国大豆材料之间粗蛋白质及粗脂肪含量的差异较大。中国大豆材料中有 1 份为高蛋白大豆材料（C4），30 份为高油大豆材料；欧洲材料中有 27 份高油大豆材料。这些品质性状优异的材料可以为大豆遗传改良提供重要的物质基础。

2.3 中国和欧洲大豆资源主要农艺及品质性状相关性分析与主成分分析

2.3.1 相关性分析 79 份欧洲大豆的 10 个农艺性状相关性数据（表 5）显示，呈显著或极显著正相关的有株高与有效分枝数、主茎节数，有效分枝数与主茎节数、单株无效荚数，单株无效荚数与单株有效荚数、单株粒数、百粒重，单株有效荚数与百粒重、单株粒数，单株粒数与百粒重；达显著或极显著负相关的有底荚高度与主茎节数，单株无效荚数与粗蛋白质、粗脂肪含量，单株有效荚数与粗蛋白质，单株粒数与粗蛋白质，百粒重与粗蛋白质、粗脂肪含量。

79 份中国大豆的 10 个农艺性状相关性数据（表 6）显示，呈显著或极显著正相关的有株高与有效分枝数，单株无效荚数与单株有效荚数、单株粒数、百粒重，单株有效荚数与单株粒数；达显著或极显著负相关水平的有株高与单株无效荚数、单株有效荚数、单株粒数，有效分枝数与单株无效荚数、单株有效荚数、单株粒数，单株无效荚数与

表 5 欧洲大豆资源农艺性状的相关性分析
Table 5 Correlation analysis of agronomic traits of European soybean resources

| 指标 Index | 株高 Plant height | 底荚高度 Bottom pod height | 有效分枝数 Effective branch number | 主茎节数 Main stem section number | 单株无效荚数 Number of invalid pods per plant | 单株有效荚数 Number of effective pods per plant | 单株粒数 Number of grains per plant | 粗蛋白含量 Crude protein content | 粗脂肪含量 Crude fat content | 百粒重 100-grain weight |
|-------------------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 株高 Plant height | 1.00 | | | | | | | | | |
| 底荚高度 Bottom pod height | -0.54 | 1.00 | | | | | | | | |
| 有效分枝数 Effective branch number | 0.81* | -0.46 | 1.00 | | | | | | | |
| 主茎节数 Main stem section number | 0.81* | -0.89* | 0.81* | 1.00 | | | | | | |
| 单株无效荚数 Number of invalid pods per plant | 0.71 | -0.17 | 0.95** | 0.60 | 1.00 | | | | | |
| 单株有效荚数 Number of effective pods per plant | 0.24 | 0.15 | 0.72 | 0.24 | 0.85* | 1.00 | | | | |
| 单株粒数 Number of grains per plant | 0.21 | 0.09 | 0.72 | 0.27 | 0.84* | 1.00** | 1.00 | | | |
| 粗蛋白质含量 Crude protein content | -0.45 | -0.28 | -0.73 | -0.19 | -0.90* | -0.90* | -0.86* | 1.00 | | |
| 粗脂肪含量 Crude fat content | -0.45 | -0.41 | -0.61 | -0.06 | -0.81* | -0.78 | -0.72 | 0.97** | 1.00 | |
| 百粒重 100-grain weight | 0.52 | 0.22 | 0.77 | 0.25 | 0.92* | 0.88* | 0.83* | -0.99** | -0.97** | 1.00 |

“*”表示 0.05 水平显著相关, “**”表示 0.01 水平极显著相关, 下同
“*” indicates significant correlation at 0.05 level, “**” indicates extremely significant correlation at 0.01 level, the same below

表 6 中国大豆资源农艺性状的相关性分析
Table 6 Correlation analysis of agronomic traits of soybean resources in China

| 指标 Index | 株高 Plant height | 底荚高度 Bottom pod height | 有效分枝数 Effective branch number | 主茎节数 Main stem section number | 单株无效荚数 Number of invalid pods per plant | 单株有效荚数 Number of effective pods per plant | 单株粒数 Number of grains per plant | 粗蛋白含量 Crude protein content | 粗脂肪含量 Crude fat content | 百粒重 100-grain weight |
|-------------------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 株高 Plant height | 1.00 | | | | | | | | | |
| 底荚高度 Bottom pods height | -0.43 | 1.00 | | | | | | | | |
| 有效分枝数 Effective branch number | 1.00** | -0.37 | 1.00 | | | | | | | |
| 主茎节数 Main stem section number | -0.65 | -0.40 | -0.70 | 1.00 | | | | | | |
| 单株无效荚数 Number of invalid pods per plant | -0.84* | 0.49 | -0.84* | 0.43 | 1.00 | | | | | |
| 单株有效荚数 Number of effective pods per plant | -0.97** | 0.64 | -0.95** | 0.44 | 0.89* | 1.00 | | | | |
| 单株粒数 Number of grains per plant | -0.95** | 0.70 | -0.92* | 0.37 | 0.87* | 1.00** | 1.00 | | | |
| 粗蛋白质含量 Crude protein content | 0.74 | -0.45 | 0.74 | -0.37 | -0.98** | -0.80* | -0.78 | 1.00 | | |
| 粗脂肪含量 Crude fat content | 0.60 | -0.21 | 0.61 | -0.41 | -0.91* | -0.62 | -0.59 | 0.96** | 1.00 | |
| 百粒重 100-grain weight | -0.76 | 0.23 | -0.77 | 0.56 | 0.96** | 0.76 | 0.72 | -0.97** | -0.97** | 1.00 |

粗蛋白质、粗脂肪含量, 单株有效荚数与粗蛋白质含量, 百粒重与粗蛋白质、粗脂肪含量。

中国和欧洲大豆种质各性状间的相关性整体趋势相同, 但二者之间仍存在差异。如成熟大豆株高, 中国大豆株高越高, 主茎节数、单株无效荚数、单株有效荚数和单株粒数越少, 百粒重越低, 蛋白质和脂肪含量偏高; 欧洲大豆的株高越高, 各农艺性状的变化趋势与中国大豆相反。欧洲大豆的主茎节数与株高、底荚高度和有效分枝数都呈显著正相关, 中国大豆的主茎节数与各性状间的相关性明显偏小, 且大部分表现为负相关性。

2.3.2 主成分分析 分别对大豆材料的 10 个农艺

性状进行主成分分析(表 7), 提取中国材料的 2 个主成分, 贡献率分别为 99.91%和 0.08%, 累计贡献率 99.99%; 提取欧洲材料的 2 个主成分, 贡献率分别为 99.83%和 0.16%, 累计贡献率 99.99%, 基本能够代表 2 个地区大豆农艺性状的全部特征。

中国和欧洲大豆主成分I的贡献率分别高达 99.91%和 99.83%, 能反映 2 个地区材料的基本特征。中国和欧洲大豆的主成分I的特征向量载荷数值为正值且数值较高的性状都是株高和单株粒数, 说明 2 个地区大豆都表现为植株高、多粒, 这进一步表明 2 个地区大豆的相似点较多, 欧洲大豆基本能适应黑龙江省的耕作栽培条件。

表 7 中国和欧洲大豆资源主成分的特征向量值与贡献率
Table 7 The eigenvalues and contribution rates of principal components of soybean resources in China and Europe

| 指标 Index | 来自中国材料 Materials from China | | 来自欧洲材料 Materials from Europe | |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| | 主成分 I PCA I (Y ₁) | 主成分 II PCA II (Y ₂) | 主成分 I PCA I (Y ₁) | 主成分 II PCA II (Y ₂) |
| 株高 Plant height (X ₁) | 3.750 | 0.116 | 4.107 | 0.160 |
| 底荚高度 Bottom pod height (X ₂) | -0.996 | -0.058 | -1.051 | 0.015 |
| 有效分枝数 Effective branch number (X ₃) | -2.147 | 0.001 | -2.091 | -0.010 |
| 主茎节数 Main stem section number (X ₄) | -1.209 | 0.007 | -1.167 | 0.012 |
| 单株无效荚数 Number of invalid pods per plant (X ₅) | -2.062 | -0.007 | -2.024 | -0.012 |
| 单株有效荚数 Number of effective pods per plant (X ₆) | 0.386 | -0.034 | 0.418 | -0.043 |
| 单株粒数 Number of grains per plant (X ₇) | 4.169 | -0.113 | 3.822 | -0.184 |
| 粗蛋白质含量 Crude protein content(X ₈) | 0.124 | 0.067 | 0.130 | 0.085 |
| 粗脂肪含量 Crude fat content (X ₉) | -0.951 | 0.030 | -0.961 | 0.028 |
| 百粒重 100-grain weight (X ₁₀) | -1.064 | -0.008 | -1.182 | -0.048 |
| 特征值 Eigenvalue | 4.995 | 0.004 | 4.992 | 0.008 |
| 贡献率 Contribution rate (%) | 99.91 | 0.08 | 99.83 | 0.16 |

3 讨论

在大豆品种选育改良的过程中，优异亲本的利用是重要因素之一，国外引进大豆由于其生态条件等因素与国内存在差异，对于我国大豆遗传基础的拓宽及品种改良具有一定意义^[13-14]。

本研究中所使用的欧洲材料为中国和欧洲政府合作引进的欧洲大豆新品种，与国内大豆品种亲缘关系较远。本研究对 158 份大豆材料的农艺性状进行统计，将欧洲大豆与中国大豆进行对比，以株高、单株有效荚数、单株粒数、蛋白质含量、脂肪含量和百粒重作为主要性状进行筛选。

分析可知，欧洲大豆材料的变异系数范围为 3.90%~66.35%，说明欧洲大豆材料性状的遗传多样性较高，存在种质间差异。其中 A23、A24、A25、A26、A27、A31、A56、A61、A63 和 A64 生育期较长，在收获时尚未完全成熟，但以上品种中 A26 粗蛋白质和粗脂肪总含量高、A64 株高较大，虽然在本地区不适宜种植，但可将其作为优良性状亲本对国内大豆材料进行遗传改良。

欧洲大豆材料的株高为 58.82~165.62cm，主茎节数为 10.76~33.30，有效分枝数为 0.10~3.32，平均为 1.21；中国大豆材料的株高变化范围为 66.00~136.90cm，主茎节数变化范围为 11.30~26.48，有效分枝数变化范围为 0.10~3.88，平均为 0.69。由以上数据可以看出，欧洲大豆材料较国内大豆材料植株较高、荚密、多分枝。在 79 份欧洲

材料中，综合主要性状表现发现，A9、A10、A16、A18、A29、A36、A49、A61、A62、A64、A66 和 A76 表现优异；在 79 份中国材料中，C16、C17、C18、C20、C30、C34、C39、C41、C50、C51 和 C52 综合表现优异。

欧洲大豆材料的粗蛋白质和粗脂肪含量分别为 36.34%~44.89%和 18.51%~23.39%，中国大豆材料的粗蛋白质和粗脂肪含量分别为 36.33%~45.27%和 16.93%~23.54%。欧洲材料中 A2、A3、A5、A9、A10、A16、A28、A29、A30、A39、A70、A76 在粗蛋白质及粗脂肪含量上表现优异；中国材料 C4、C10、C20、C30、C34、C39、C46、C51、C52、C54、C68 表现优异。在接下来的研究中，将充分利用筛选得到的优异种质进行遗传改良，利用其优异性状配制杂交组合，对品种进行改良，选育优异新品种。

4 结论

综上所述，欧洲大豆材料与中国大豆材料相比植株较高、荚多、分枝多，粗脂肪含量变化范围较大，但部分品种无法适应本土种植条件，生育期较长，综合主要农艺性状在中国和欧洲材料中筛选出 12 个综合表现优异的材料，其中欧洲材料为 A9、A10、A16、A29、A71 和 A76，中国材料为 C20、C30、C34、C39、C51 和 C52。

参考文献

[1] Barik S, Pandit E, Mohanty S, et al. QTL mapping for traits at reproductive stage drought stress in rice using single marker

- analysis. *ORYZA: An International Journal on Rice*, 2018, 55(1): 134-140
- [2] 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所. 中国大豆品种志 (2005-2014). 北京: 中国农业出版社, 2018: 1-9.
- [3] 中国农业科学院作物科学研究所. 中国大豆品种资源目录 (续编三). 北京: 中国农业大学出版社, 2013: 176-255.
- [4] 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. *植物遗传资源学报*, 2006, 7(1): 1-6.
- [5] 陈学珍, 谢皓, 田炜炜, 等. 不同产地大豆种质资源农艺性状的表现与相关性分析. *北京农学院学报*, 2006, 21(3): 9-14.
- [6] 王源才. 超早熟、高蛋白大豆新品种“东农 36 号”. *种子*, 1983 (3): 84.
- [7] 郭泰, 刘忠堂, 齐宁, 等. 大豆高产品种合丰 25 号的选育及利用. *大豆科学*, 1997, 16(1): 86-88.
- [8] 胡国华, 程显伟, 栾怀海, 等. 中早熟抗病优质大豆新品种——红丰八号选育简报. *大豆通报*, 1994(2): 19.
- [9] 郭泰, 刘成贵, 郑伟, 等. 美国矮秆大豆资源引入与育种利用效果分析. *大豆科学*, 2014, 33(5): 638-641.
- [10] 钟彩霞, 钟开珍, 赵云云, 等. 巴西大豆资源及其在华南地区衍生品种的磷效率评价. *中国油料作物学报*, 2013, 35(2): 162-170.
- [11] 高庆玲, 张明利, 李新. 近 50 年绥化市北林区气候条件的变化分析. *黑龙江农业科学*, 2010, 190(4): 33-34.
- [12] 全国农业技术推广服务中心. 农作物品种审定规范大豆: NY/T 1298-2007. 北京: 中华人民共和国农业部, 2007.
- [13] 张军, 赵团结, 盖钧镒. 亚洲大豆栽培品种遗传多样性、特异性和群体分化研究. *中国农业科学*, 2008, 41(11): 3511-3520.
- [14] 刘章雄, 常汝镇, 邱丽娟. 国家种质库保存国外大豆种质的分析研究. *植物遗传资源学报*, 2009, 10(1): 68-72.

Comprehensive Evaluation of Agronomic Characteristics of Soybean Resources in China and Europe

Pan Wenjing, Sun Yanan, Gao Lusi, Qu Mengnan, Zhang Weiyao,
Fu Chunxu, Jiang Shibo, Jiang Chengxi, Fu Yashu, Wang Jinxing

(Suihua Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Suihua 152052, Heilongjiang, China)

Abstract The total of 12 main agronomic characteristics of 158 Chinese and European soybean materials were analyzed. Statistical analysis, correlation analysis, principal component analysis and other methods were used to comprehensively evaluate Chinese and European materials. The results showed that ten European soybean materials had too long growth period and could not mature completely. The average plant height, main stem section number and number of effective branches of European soybean materials were higher than those of domestic soybean materials, and there were materials with excellent crude protein and crude fat contents. Finally, a total of 12 materials with excellent comprehensive performance were selected for use in breeding research.

Key words Chinese and European soybean; Agronomic characteristics; Quality characteristics