

# 东北春大豆种质资源表型分析及综合评价

王燕平, 宗春美, 孙晓环, 齐玉鑫, 白艳凤, 李文, 任海祥,  
王晓梅, 侯国强, 徐德海, 张帅, 师红财

(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:**种质资源是大豆遗传育种和解析复杂数量性状的基础, 通过对种质资源的评价, 可指导育种实践中优异互补亲本的选择, 提高优异基因交流累加和新品种培育的效率。本研究选用来自东北三省一区 1923–2010 年间选育的 340 份春大豆种质资源, 通过在牡丹江地区对 12 个表型性状的 2 年综合鉴定, 评价品种群体遗传变异特点和筛选优异种质资源, 结果表明: (1) 春大豆种质资源表型变异丰富。除生育期年份间差异不显著外, 其他性状品种间和年份间均呈显著的差异, 且 2 年变化趋势相同。有效分枝数变异幅度最大, 其次是主茎荚数、单株粒重和株高, 这些性状选择潜力较大, 品质性状的变异幅度较小, 选择潜力有限; (2) 表型性状特征频率分布均符合正态分布。受育成单位纬度和育种目标的影响, 生育期呈现北早南晚, 北部育成品种营养体较小、植株矮小、节数相对较少、脂肪含量较高, 南部育成品种营养体较大、植株高大、单株有效节数多且主茎单节最多荚数多, 部分品种蛋白质含量相对较高; (3) 采用主成分分析方法综合评价表明, 吉育 71 的 ZF 值最高, 综合性状表现最好, 表型性状与 ZF 值相关分析结果显示, 生育期、株高、主茎节数、地上部生物产量、收获指数、主茎荚数和主茎单节最多荚数等 7 个表型性状可作为春大豆种质资源综合评价指标。在大豆育种中应重视利用具有丰富遗传多样性的基因资源, 在亲本选配时适当选择综合性状优良、育种性状优势互补的种质。

**关键词:** 东北春大豆; 种质资源; 表型变异; 综合评价

## Phenotype Analysis and Comprehensive Evaluation on Northeast Spring Soybean Resources in Mudanjiang

WANG Yan-ping, ZONG Chun-mei, SUN Xiao-huan, QI Yu-xin,  
BAI Yan-feng, LI Wen, REN Hai-xiang, WANG Xiao-mei,  
HOU Guo-qiang, XU De-hai, ZHANG Shuai, SHI Hong-cai

(Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Mudanjiang Experiment  
Station of the National Center for Soybean Improvement, Mudanjiang 157041)

**Abstract:** Germplasm resources are the genetic basis of breeding and resolution of complicated quantitative characters, and the evaluation of germplasm resources can guide the selection of excellent parents in breeding practice to improve the exchange and accumulation of excellent genes and the efficiency of new varieties breeding. In this study, 340 spring soybean germplasm resources from Northeast China and Inner Mongolia area during 1923–2010 were selected as experimental materials. Based on the comprehensive identification of 12 phenotypic traits in Mudanjiang area, we evaluated the genetic variation of the population and screened out some excellent germplasm resources. The results showed that: (1) There was abundant phenotypic variation in spring soybean germplasm resources in Northeast China. Most traits showed significant differences between different varieties and years, and the same trend was observed in two years in addition to growth period. The maximum variation was the effective branch number, followed by the number of effective pods per plant, grain weight per plant and plant height, which had great

收稿日期: 2016-09-13 修回日期: 2017-06-05 网络出版日期: 2017-08-21

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20170821.0956.006.html>

**基金项目:** 黑龙江省农业科学院博士后科研工作站; 国家自然科学基金资助项目 (31371651); 黑龙江省博士后青年英才计划项目 (LJBH-TZ1618); 黑龙江省农业科学院引进博士人员科研启动金项目 (201507-51); 黑龙江省科技计划省院合作项目 (YS15B13)

第一作者主要从事大豆种质资源创新的研究。E-mail: [wyping1981@126.com](mailto:wyping1981@126.com)

selection potential, the variation range of quality traits was smaller than other traits and the selection potential was limited. (2) The frequency distribution of phenotypic traits was in accordance with the normal distribution, growth period of the northern breeding varieties was earlier than the southern for different latitude breeding units and breeding target. The northern breeds showed smaller nutrients, shorter plants, less effective nodes and higher fat content than the southern in Mudanjiang ecological area. (3) The results of comprehensive evaluation of principal component analysis showed that the ZF value of Jiyu 71 was the highest, and the comprehensive character was the best than the others. The correlation analysis between phenotypic traits and ZF value showed that seven traits, including growth period, plant height, number of main stem nodes, aboveground biomass, harvest index, number of pods per plant and maximum pods number of single node on main stem, could be used as a comprehensive evaluation index of spring soybean germplasm resources. It was concluded that soybean breeding should attach importance to the utilization of the genetic resources with genetic diversity, and simultaneously, also pay great attention to the use of the parents with excellent comprehensive performance and complementary breeding traits in breeding parent selection to improve genetic of varieties.

**Key words:** northeast spring soybean; germplasm resources; phenotypic variation; comprehensive evaluation

大豆 [*Glycine max* (L.) Merr.] 起源于我国, 是重要的油料作物, 也是人类食用蛋白的重要来源。东北地区是我国最主要的大豆产区, 占全国大豆种植总面积 50% 以上。近年来, 作为大豆主产区黑龙江省大豆种植面积逐年下降<sup>[1]</sup>, 严重影响了大豆产品供给。究其主要原因是大豆产量低, 种植大豆的比较效益低于玉米和水稻, 这就要求我们对现有品种进行遗传改良。在品种改良过程中, 受体亲本主要选用能很好地适应当地生态环境的主栽品种, 是品种改良的基础。供体亲本主要选用具有受体亲本待改良性状的优异种质, 是品种改良成功的关键。大豆育成品种是具有生产应用价值的资源, 经育种家长期的杂交、选育, 积聚了多方面的优异种质, 是目前品种改良最核心的遗传资源。因此, 从各类型种质资源中挖掘出对育种性状改良有益的基因, 对进一步提高育种效率, 培育出更高产更优质的大豆新品种具有重要的指导意义。

国内外学者对大豆资源农艺性状、品质及抗逆性等相关性状进行了广泛的研究报道<sup>[2-3]</sup>。文自翔等<sup>[4]</sup>研究表明: 育成品种与野生大豆和地方品种相比, 虽然分别丢失了 77.7% 和 70.9% 的等位变异, 但同时也分别增加了 54.7% 和 45.9% 的新变异。因此育成品种既是重要的受体亲本又是珍贵的供体亲本。熊冬金等<sup>[5-6]</sup>、张军等<sup>[7]</sup>分析了中国 1923 – 2005 年间育成的 1300 个大豆育成品种 (其中东北育成 682 个), 发现其源自 670 个祖先亲本, 其中有 267 个祖先亲本来自东北, 所占比例最高, 认为对东北育成大豆进行育种性状的遗传解析最具代表性。傅蒙蒙等<sup>[8-9]</sup>对 361 份东北春大豆品种群体进行了 3

年 9 点的生态鉴定试验, 对东北春大豆熟期组归属进行了划定, 认为东北春大豆可以归入到 MG000 ~ MGIII 熟期组, 确定了各个熟期组在不同生态区的天数, 并以此为基础确定了一批可以用于熟期组鉴定的标准品种, 揭示了不同熟期组在东北地区的地理分布范围。同时根据熟期组归属将不同地区品种进行比较, 研究不同熟期组的生态环境的反应特征及生育期性状的生态特征, 对阐明东北各熟期组种质资源生育期性状的生态特征具有重要意义。

牡丹江位于黑龙江省东南部, 按农业气候地区划分属于半山间农业气候区, 中温带大陆性季风气候的特点, 无霜期 140 d 左右, 平均降水量为 550 mm, 主要集中在夏季, 具有雨热同期的特点, 是高蛋白大豆产区<sup>[10]</sup>。本研究通过对 340 份东北春大豆种质资源在牡丹江地区的 2 年试验, 明确其在牡丹江生态区表型性状的变异特征及综合表现, 为这一区域春大豆种质资源利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为根据王彬如<sup>[11]</sup>对东北春大豆区划重新征集到的本区内主要育种单位 1923 – 2010 年间育成和生产上常用的地方品种、育成品种及少部分国外种质共 340 份。

### 1.2 试验设计

试验于 2013 年和 2014 年在黑龙江省农业科学院牡丹江分院试验园区进行。采用重复内分组试验设计, 4 次重复, 采用穴播, 每小区 4 穴, 每穴保留 4 株, 小区面积 1 m<sup>2</sup>。2013 年播种期为 5 月 15 日,

2014 年播种期为 5 月 5 日。田间管理同当地一般水平。牡丹江试验点生态条件见傅蒙蒙等<sup>[8]</sup>。

1.3 测定项目与方法

按照 W. R. Fehr 等<sup>[12]</sup>提出的大豆生育时期的鉴定方法调查生育期,成熟后在每个小区选择具有代表性的 1 穴(4 株),进行室内考种及测产,性状包括:株高、主茎节数、地上部生物产量、单株粒重、百粒重、主茎荚数、有效分枝数和主茎单节最多荚数,其中主茎荚数、有效分枝数和主茎单节最多荚数作为参考性状,2014 年未进行调查。用 Infratec<sup>TM</sup> 1241 Grain Analyzer V5.00 品质分析仪进行蛋白质含量和脂肪含量的测定。

1.4 数据分析

各性状数据参照《大豆种质资源描述规范和数据标准》<sup>[13]</sup>记载录入,采用 Microsoft Excel 2010 处理 340 份春大豆种质资源的表型性状数据,采用 SPSS18.0 进行描述统计、方差分析、相关分析、主成分分析及回归分析。

2 结果与分析

2.1 表型性状遗传变异

种质资源年际间性状的稳定性是资源利用的重要构成因素。从牡丹江生态区连续 2 年大豆种质资源的表型性状均值结果(表 1)可以看出,性状均值 2 年结果均有一定的波动,其中波动幅度最小的是收获指数,其次是脂肪含量。生育期、百粒重、收获指数和蛋白质含量 4 个性状均值 2014 年大于 2013 年,株高、主茎节数、地上部生物产量、单株粒重和脂肪含量 5 个性状的均值 2014 年小于 2013 年。种质

资源间不同性状均有较大的遗传变异,其中变异系数最大的是有效分枝数,2013 年为 60.12%,品质性状蛋白质含量和脂肪含量的变异系数最小。生育期:九农 39 生育期最长,2013 年为 124.5 d,2014 年为 120.00 d,来自黑龙江的品种黑河 28 生育期最短,2013 年为 79.25 d,2014 年为 83.00 d。株高:铁荚四粒黄株高最高,2013 年为 127.94 cm,2014 年为 105.64 cm,来自黑龙江的品种合丰 5 株高最低,2013 年为 39.38 cm,2014 年为 36.26 cm。主茎节数:合丰 55 主茎节数最多,2013 年为 20.31 个,2014 年为 18.94 个,来自黑龙江的品种东农 43 主茎节数最少,2013 年为 10.94 个,2014 年为 10.06 个。百粒重:绥农 27 百粒重最大,2013 年为 28.88 g,2014 年为 30.63 g,来自黑龙江的品种东农 50 百粒重最小,2013 年为 6.74 g,2014 年为 10.24 g。地上部生物产量:吉科 3 号地上部生物产量最大,2013 年为 111.94 g,2014 年为 98.99 g,来自黑龙江的品种黑河 7 号地上部生物产量最小,2013 年为 28.50 g,2014 年为 31.35 g。单株粒重:吉科 3 号单株粒重最大,2013 年为 43.80 g,2014 年为 49.98 g。收获指数:吉林 48 收获指数最大,2013 年为 0.63,2014 年为 0.63,来自吉林的品种通农 13 收获指数最小,2013 年为 0.37,2014 年为 0.38。蛋白质含量:蒙豆 11 蛋白质含量最大,2013 年为 45.10%,2014 年为 46.43%,来自吉林的品种长农 17 蛋白质含量最小,2013 年为 35.40%,2014 年为 35.20%。脂肪含量:绥农 20 脂肪含量最大,2013 年为 24.20%,2014 年为 24.53%,来自吉林的品种长农 22 脂肪含量最小,2013 年为 18.50%,2014 年为 18.70%。

表 1 春大豆品种资源在牡丹江生态区的表型变异

Table 1 Genetic variation of Northeast spring soybean in Mudanjiang

| 性状<br>Character | 年份<br>Year | 均值<br>Mean ± SD | 变幅<br>Range    | F 值<br>F-value | 变异系数<br>(%) CV |
|-----------------|------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 生育期(d) GP       | 2013       | 103.31 ± 8.47   | 79.25 ~ 124.25 | 52.29          | 8.20           |
|                 | 2014       | 103.79 ± 10.13  | 83.00 ~ 120.00 | 62.00          | 9.76           |
| 株高(cm) PH       | 2013       | 82.49 ± 14.88   | 39.38 ~ 127.94 | 21.33          | 18.04          |
|                 | 2014       | 80.41 ± 11.33   | 36.26 ~ 105.64 | 11.14          | 14.09          |
| 主茎节数 SN         | 2013       | 16.20 ± 1.67    | 10.94 ~ 20.31  | 7.54           | 10.30          |
|                 | 2014       | 14.49 ± 1.45    | 10.06 ~ 18.94  | 3.65           | 10.00          |
| 百粒重(g) SW       | 2013       | 19.29 ± 2.32    | 6.74 ~ 28.88   | 15.70          | 12.05          |
|                 | 2014       | 20.67 ± 2.35    | 10.24 ~ 30.63  | 14.91          | 11.38          |

表 1(续)

| 性状<br>Character | 年份<br>Year | 均值<br>Mean $\pm$ SD | 变幅<br>Range    | F 值<br>F-value | 变异系数<br>(%) CV |
|-----------------|------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| 地上部生物产量(g) ABP  | 2013       | 58.55 $\pm$ 10.03   | 28.50 ~ 111.94 | 3.03           | 17.12          |
|                 | 2014       | 55.32 $\pm$ 10.41   | 31.35 ~ 98.99  | 3.37           | 18.81          |
| 单株粒重(g) SWP     | 2013       | 29.07 $\pm$ 4.85    | 11.18 ~ 43.80  | 2.19           | 16.67          |
|                 | 2014       | 27.78 $\pm$ 4.62    | 17.65 ~ 49.98  | 2.81           | 16.65          |
| 收获指数 HI         | 2013       | 0.50 $\pm$ 0.04     | 0.37 ~ 0.63    | 3.47           | 7.43           |
|                 | 2014       | 0.51 $\pm$ 0.04     | 0.38 ~ 0.63    | 1.98           | 8.13           |
| 蛋白质含量(%) PC     | 2013       | 39.67 $\pm$ 1.60    | 35.40 ~ 45.10  | 20.94          | 4.02           |
|                 | 2014       | 40.16 $\pm$ 1.79    | 35.20 ~ 46.43  | 22.88          | 4.45           |
| 脂肪含量(%) FC      | 2013       | 22.08 $\pm$ 0.98    | 18.50 ~ 24.20  | 25.17          | 4.42           |
|                 | 2014       | 21.89 $\pm$ 0.95    | 18.70 ~ 24.53  | 22.46          | 4.34           |
| 主茎荚数 MSP        | 2013       | 49.48 $\pm$ 9.53    | 23.41 ~ 81.44  | 7.39           | 19.26          |
| 有效分枝数 EB        | 2013       | 1.63 $\pm$ 0.98     | 0.00 ~ 4.31    | 7.99           | 60.12          |
| 主茎单节最多荚数 SMN    | 2013       | 5.12 $\pm$ 0.81     | 3.12 ~ 8.62    | 6.67           | 15.82          |

GP: Growth period, PH: Plant height, SN: No. of nodes on main stem, SW: 100-seed weight, ABP: Aboveground biomass production, SWP: Seed weight per plant, HI: Harvest index, PC: Protein content, FC: Fat content, EB: No. of effective branches, MSP: No. of pods on main stem, SMN: Max. pod No. of single node on main stem. The same as below

## 2.2 表型性状分布特征

图 1 为 2013 年春大豆种质资源数量性状的表型分布特征频率分布直方图,由图 1 可知,表型性状分布特征均符合正态分布特征,资源具有很好的遗传多样性。

生育期在 100 ~ 110 d 的品种最多为 185 份,占 54.41%,大部分为黑龙江省第一和第二积温带选育品种,生育期变化不太明显。生育期 100 d 以下的极早熟品种 87 份,占 25.59%,主要为黑龙江省第三、四积温带及内蒙古等育种单位选育的品种,如黑龙江省农科院黑河分院选育的黑河 43 等系列品种、北安农科所内蒙古呼伦贝尔农科院选育的蒙豆 11 等系列品种,这部分品种在牡丹江普遍提前成熟,生育期缩短 15 ~ 20 d,表现为极早熟;生育期 110 d 以上的品种 68 份,占 20.00%,这些品种为低纬度大豆育种单位选育的品种,如吉林和辽宁,生育期明显延长 10 d 左右。

株高以 70 ~ 100 cm 中高秆品种最多为 233 份,占 68.53%,以黑龙江省第一、二积温带育种单位选育品种为主。70 cm 以下的品种 67 份,占 19.71%,主要为高纬度育种单位选育的极早熟、早熟品种,如黑河系列、蒙豆系列、北豆系列和丰收系列品种,与牡丹江地理纬度差距大,表现为生

育期缩短,早熟,植株矮小,产量较低。100 cm 以上品种 40 份,占 11.76%,主要为低纬度育种单位选育的品种,如吉林系列、吉育系列、长农系列、九农系列及铁丰系列品系,表现为营养生长时间长、开花晚、生育期长、植株营养体较大,部分品系不能在牡丹江正常成熟。

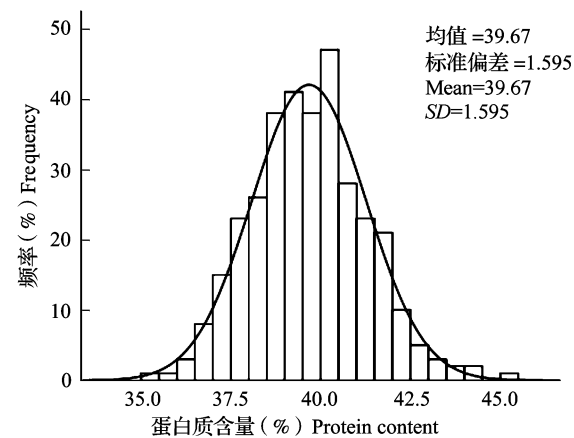
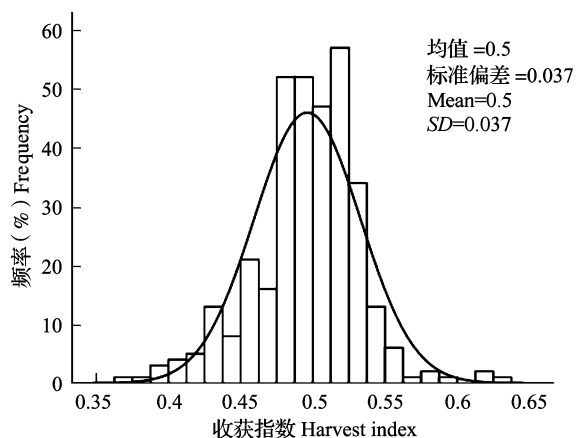
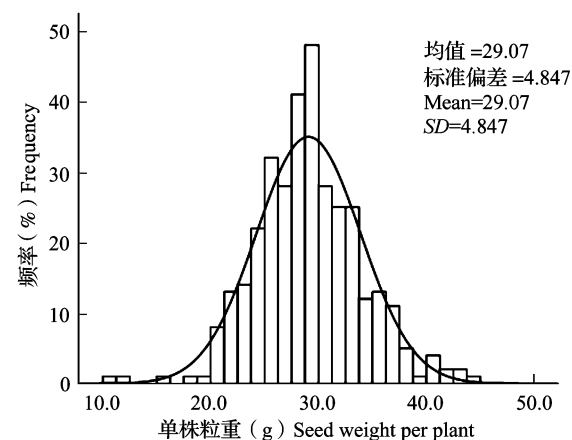
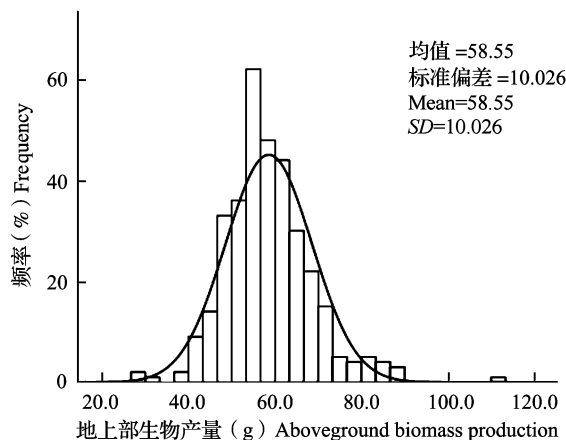
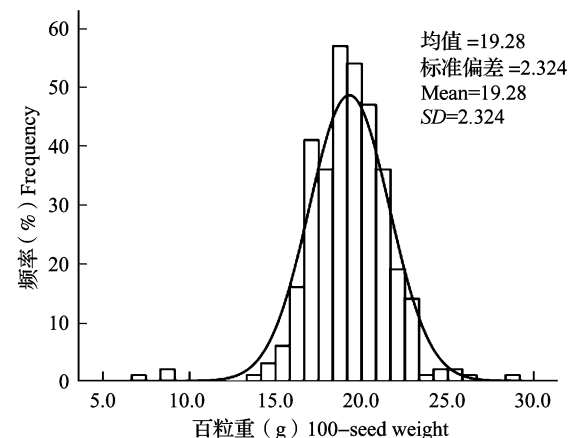
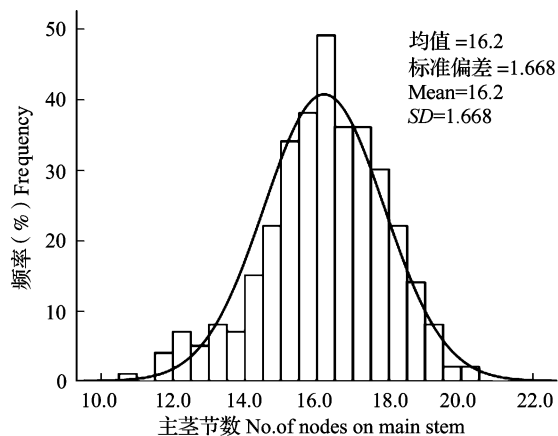
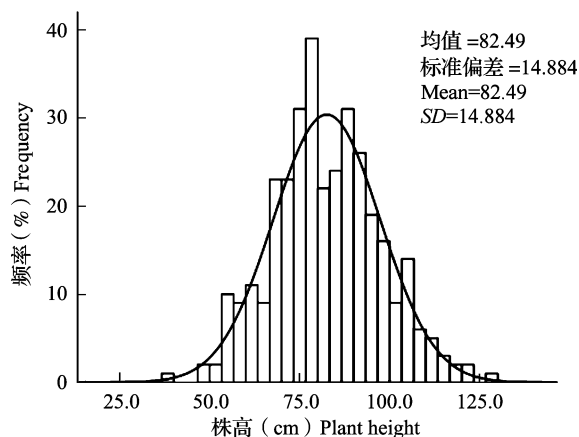
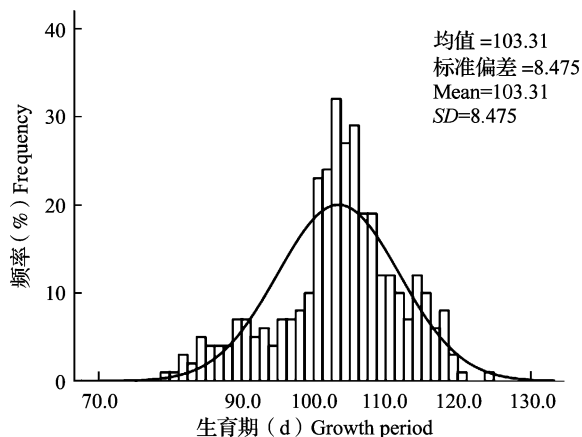
主茎节数在 15 ~ 18 个的品种最多为 222 份,占 65.30%,大部分为黑龙江省第一和第二积温带选育品种。主茎节数 15 个以下的品种 71 份,占 20.88%,主要为黑龙江省第三、四积温带及内蒙古等育种单位选育的早熟品种,主茎节数 18 个以上的品种 47 份,占 13.82%,这些品种为低纬度大豆育种单位选育的品种,如吉林和辽宁。

百粒重在 17 ~ 20 g 的品种最多为 172 份,占 50.59%,17 g 以下的品种 49 份,占 14.41%,20 g 以上的品种 119 份,占 35.00%。

地上部生物产量在 50 ~ 70 g 的品种最多为 242 份,占 71.18%,50 g 以下的品种 61 份,占 17.94%,70 g 以上的品种 37 份,占 10.88%。

单株粒重在 20.5 ~ 30.5 g 的品种最多为 218 份,占 64.12%,20.5 g 以下的品种 7 份,占 2.06%,30.5 g 以上的品种 115 份,占 33.82%。





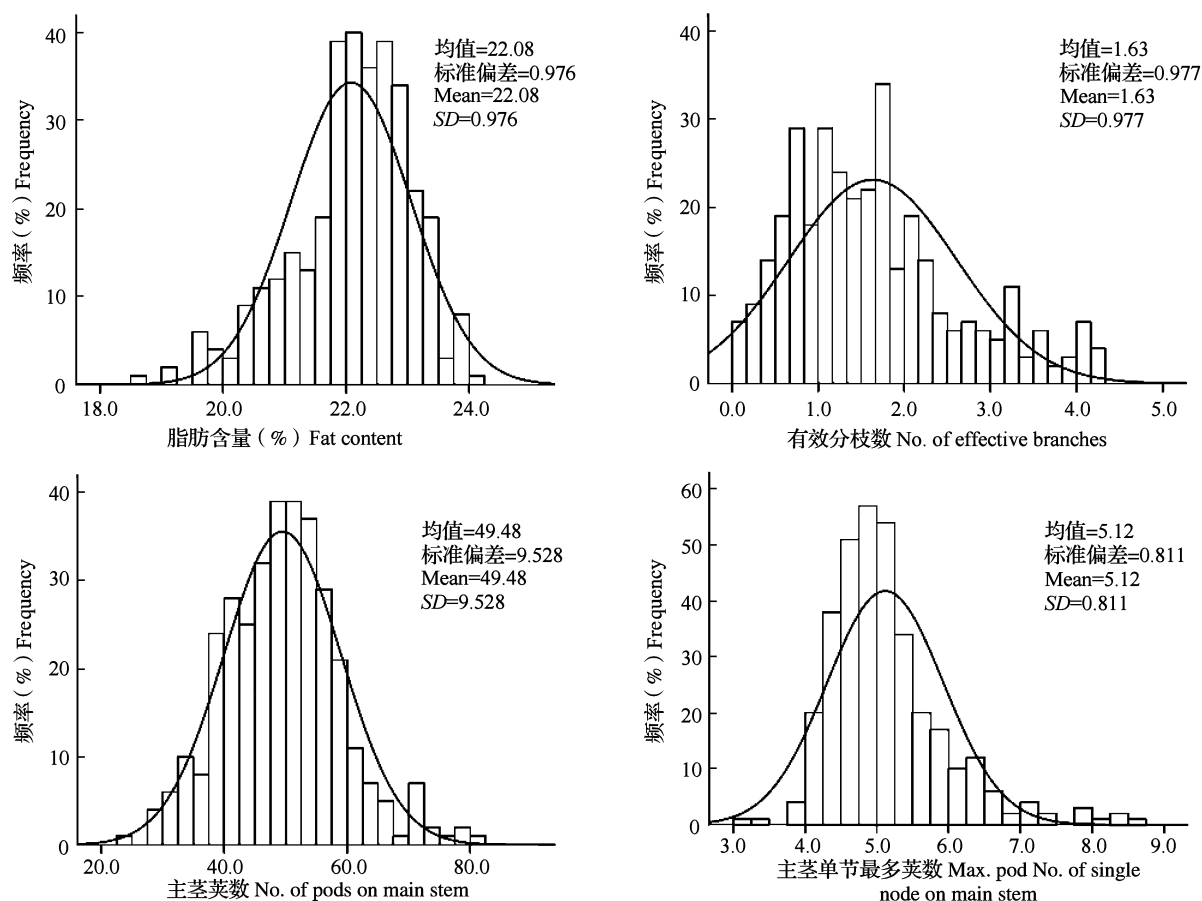


图1 340份春大豆种质资源在牡丹江主要数量性状指标的分布特征(2013年)

Fig. 1 Distribution characteristics of quantitative traits of 340 spring soybean genetic resources in Mudanjiang (2013)

收获指数在0.45~0.55的品种最多为298份,占87.65%,0.45以下的品种32份,占9.41%,0.55以上的品种10份,占2.94%。

蛋白质含量在40%~44%之间的品种141份,占41.47%,40%以下的品种196份,占57.65%,44%以上的品种3份,占0.88%。蛋白质含量最高的品种是蒙豆11(45.1%),其次为丰收11(44.4%)、黑河7号(44.3%),可作为高蛋白大豆育种亲本材料加以利用。

脂肪含量在21%~23%之间的品种235份,占69.12%,21%以下的品种52份,占15.29%,23%以上的品种53份,占15.59%,脂肪含量最高品种是绥农20(24.40%),其次是黑农64(23.85%),可作为高油大豆育种亲本材料加以利用。

有效分枝数在1~2个的品种最多为149份,占43.82%,有效分枝数1个以下的品种为96份,占28.24%,有效分枝数2个以上的品种95份,占27.94%。

主茎荚数在40~60个的品种最多为251份,占73.82%,主茎荚数40个以下的品种53份,占15.59%,有效分枝数60个以上的品种36份,占10.59%。

主茎单节最多荚数在4~6个的品种最多为296份,占87.06%,小于4个的品种6份,占1.76%,大于6个的品种38份,占11.18%。

## 2.3 表型性状的相关分析

表型性状的相关分析(表2)表明,12个表型性状之间存在着不同程度的相关性,且多数性状间为显著或极显著相关。其中单株粒重和地上部生物产量呈极显著正相关,相关系数最大为0.887,且与主茎荚数、主茎节数和主茎单节最多荚数也有较高的正相关关系,说明在进行单株选择时首先要有一定的营养体,主茎节数、主茎单节最多荚数(结荚潜力)和植株高度均对其有较大影响,通过增加主茎节数或单节最多荚数是提高大豆单产的有效途径之一。而主茎单节最多荚数与主茎荚数呈极显著正相

关,相关系数最大 0.775,同时与地上部生物产量、生育期和株高也呈极显著正相关,相关系数较大,但与有效分枝数、百粒重、蛋白质含量、脂肪含量均呈极显著负相关。同时蛋白质含量与单株粒重呈极显著负相关,说明高蛋白育种仅依靠田间表型或者育种经验是不够的,有条件的情况下,需在早代进行单粒或者单株蛋白质含量的跟踪测定,因为在杂交组合配置过程中即使双亲均为高蛋白品种,但后代能被育种者选中的品系往往蛋白质含量较低,部分高蛋白品系田间表现不佳,会有漏选情况。同时应注意研究群体总蛋白和个体蛋白含量之间的矛盾。单株粒重与脂肪含量呈负相关,但相关性不显著,进一步说明生产上多数推广品种为高油品种,这与以往东北三省一区春大豆的主要用途为食用油有一定关系。

#### 2.4 表型性状主成分分析

由于性状之间存在一定的相关性,将影响对种质的评价<sup>[14-15]</sup>,为了消除此类不利因素的影响,选用主成分分析法对春大豆种质进行评价。由表 3 可知,前 5 个主成分初始特征值解释的总方差均

大于 1,且累计贡献率达 86.312%,表明这 5 个主成分可代表春大豆种质表型性状 86.312% 的遗传信息。而春大豆种质表型性状的主成分矩阵反映了主要性状对此主成分的影响程度。由表 3 可知,第 1 主成分的贡献率为 34.149%,地上部生物产量、株高、生育期和主茎节数绝对值大于其他性状,说明第 1 主成分由地上部生物产量、株高、主茎节数和生育期组成;第 2 主成分贡献率 19.939%,主茎节数、收获指数和脂肪含量绝对值明显大于其他性状,蛋白质含量为相对较高的负向载荷,说明第 2 主成分是主茎节数、收获指数和脂肪含量等指标的综合反映;第 3 主成分贡献率为 13.381%,单株粒重和地上部生物产量大于其他性状,说明第 3 主成分集中反映的是单株粒重和地上部生物产量性状;第 4 主成分贡献率为 10.423%,百粒重绝对值显著大于其他性状,有效分枝数有较高的负向载荷,说明第 4 主成分是子粒因子;第 5 主成分贡献率为 8.420%,百粒重和脂肪含量绝对值较其他性状大,说明第 5 主成分反映的是子粒品质性状。

表 2 表型性状的相关系数

Table 2 Correlative coefficient of phenotypic traits

| 性状<br>Character | 生育期<br>GP | 株高<br>PH  | 主茎节数<br>SN | 百粒重<br>SW | 地上部<br>生物产量<br>ABP | 单株<br>粒重<br>SWP | 收获<br>指数<br>HI | 蛋白质<br>含量<br>PC | 脂肪<br>含量<br>FC | 有效分<br>枝数<br>EB | 主茎<br>节数<br>MSP |
|-----------------|-----------|-----------|------------|-----------|--------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 株高 PH           | 0.727 **  |           |            |           |                    |                 |                |                 |                |                 |                 |
| 主茎节数 SN         | 0.551 **  | 0.768 **  |            |           |                    |                 |                |                 |                |                 |                 |
| 百粒重 SW          | -0.084    | -0.121 *  | -0.141 **  |           |                    |                 |                |                 |                |                 |                 |
| 地上部生物产量 ABP     | 0.458 **  | 0.493 **  | 0.501 **   | 0.073     |                    |                 |                |                 |                |                 |                 |
| 单株粒重 SWP        | 0.233 **  | 0.250 **  | 0.361 **   | 0.139 *   | 0.887 **           |                 |                |                 |                |                 |                 |
| 收获指数 HI         | -0.479 ** | -0.533 ** | -0.289 **  | 0.149 **  | -0.146 **          | 0.289 **        |                |                 |                |                 |                 |
| 蛋白质含量 PC        | -0.369 ** | -0.237 ** | -0.180 **  | 0.221 **  | -0.248 **          | -0.229 **       | 0.002          |                 |                |                 |                 |
| 脂肪含量 FC         | -0.431 ** | -0.387 ** | -0.224 **  | 0.015     | -0.244 **          | -0.018          | 0.530 **       | -0.385 **       |                |                 |                 |
| 有效分枝数 EB        | 0.079     | 0.321 **  | 0.235 **   | -0.252 ** | 0.310 **           | 0.229 **        | -0.170 **      | 0.088           | -0.190 **      |                 |                 |
| 主茎节数 MSP        | 0.324 **  | 0.137 *   | 0.295 **   | -0.209 ** | 0.440 **           | 0.474 **        | 0.090          | -0.464 **       | 0.052          | -0.396 **       |                 |
| 主茎单节最多节数 SMN    | 0.422 **  | 0.212 **  | 0.100      | -0.253 ** | 0.456 **           | 0.392 **        | -0.127 *       | -0.459 **       | -0.198 **      | -0.132 *        | 0.775 **        |

\*\*  $P < 0.01$ , \*  $P < 0.05$ ,下同

\*\* indicate  $P < 0.01$ , \* indicate  $P < 0.05$ , the same as below

表 3 340 份牡丹江春大豆种质资源基于 12 个表型性状的主成分分析

Table 3 Principal component analysis based on 12 phenotypic traits of 340 spring soybean genetic resources in Mudanjiang

| 性状 Character                          | 特征向量 Power vector |           |           |           |           |
|---------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                       | PV(1) a1i         | PV(2) a2i | PV(3) a3i | PV(4) a4i | PV(5) a5i |
| 生育期 GP                                | 0.792             | -0.204    | -0.235    | 0.133     | 0.224     |
| 株高 PH                                 | 0.783             | -0.421    | -0.024    | -0.109    | 0.287     |
| 主茎节数 SN                               | 0.719             | -0.233    | 0.123     | -0.174    | 0.330     |
| 百粒重 SW                                | -0.195            | 0.027     | 0.477     | 0.633     | 0.478     |
| 地上部生物产量 ABP                           | 0.803             | 0.141     | 0.484     | 0.077     | -0.114    |
| 单株粒重 SWP                              | 0.603             | 0.414     | 0.654     | 0.029     | -0.123    |
| 收获指数 HI                               | -0.401            | 0.644     | 0.426     | -0.125    | -0.009    |
| 蛋白质含量 PC                              | -0.445            | -0.504    | 0.312     | 0.390     | -0.324    |
| 脂肪含量 FC                               | -0.386            | 0.598     | 0.054     | -0.491    | 0.394     |
| 有效分枝数 EB                              | 0.234             | -0.485    | 0.444     | -0.559    | -0.313    |
| 主茎荚数 MSP                              | 0.574             | 0.675     | -0.248    | 0.171     | -0.109    |
| 主茎单节最多荚数 SMN                          | 0.635             | 0.459     | -0.323    | 0.183     | -0.377    |
| 特征值 Eigenvalues                       | 4.098             | 2.393     | 1.606     | 1.251     | 1.010     |
| 贡献率(%) Contribution rate              | 34.149            | 19.939    | 13.381    | 10.423    | 8.420     |
| 累计贡献率(%) Cumulative contribution rate | 34.149            | 54.088    | 67.470    | 77.892    | 86.312    |

## 2.5 春大豆种质资源表型性状的综合评价

以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重计算主成分综合模型,综合主成分表达式:  $F = 0.132X_1 + 0.103X_2 + 0.134X_3 + 0.139X_4 + 0.234X_5 + 0.251X_6 + 0.056X_7 - 0.113X_8 + 0.006X_9 - 0.063X_{10} + 0.191X_{11} + 0.136X_{12}$ , 计算表型性状综合主成分值,以综合主成分值(ZF)对春大豆种质资源进行综合评价,

ZF 值越大,表型综合性状越好,排名前 10 的种质见表 4。来自吉林的品种 P331(吉育 71)的 ZF 值最大,为 2.14,其次是吉林品种 P338(九农 39),为 2.13。相关分析(表 5)表明,ZF 值与蛋白质含量、脂肪含量和收获指数呈极显著负相关,与百粒重和有效分枝数呈负相关但不显著,和其他 7 个表型性状均为极显著正相关,可作为种质综合评价指标。

表 4 表型性状综合主成分值排名

Table 4 The ranking of comprehensive principal component value of phenotypic traits

| 材料编号<br>Material code | 主成分值 Principal component value |      |      |       |       | 综合主成分值<br>ZF | 排名<br>Ranking |
|-----------------------|--------------------------------|------|------|-------|-------|--------------|---------------|
|                       | F1                             | F2   | F3   | F4    | F5    |              |               |
| P331                  | 1.35                           | 5.15 | 2.86 | -1.78 | 1.91  | 2.14         | 1             |
| P338                  | 2.16                           | 4.72 | 2.76 | -1.2  | -0.88 | 2.13         | 2             |
| P295                  | 2.21                           | 3.07 | 2.08 | 0.88  | 0.03  | 2.02         | 3             |
| P287                  | 2.69                           | 3.17 | 1.9  | -0.85 | -0.04 | 1.99         | 4             |
| P267                  | 4.58                           | 0.81 | 2.02 | -1.25 | -1.86 | 1.98         | 5             |
| P303                  | 4.43                           | -0.4 | 2.35 | 0.3   | -1.13 | 1.95         | 6             |
| P322                  | 3.41                           | 1.64 | 1.66 | -1.57 | 0.81  | 1.88         | 7             |
| P308                  | 2.07                           | 3.19 | 2.23 | -0.31 | -0.39 | 1.83         | 8             |
| P319                  | 3.12                           | 2.51 | 0.36 | -1.34 | 0.95  | 1.8          | 9             |
| P173                  | 1.86                           | 3.67 | 1.61 | -0.6  | 0.00  | 1.76         | 10            |



表 5 表型性状与表型性状综合主成分值间的相关系数

Table 5 Correlation coefficient between phenotypic character and comprehensive principal comonent value

| 性状 Characters | 综合主成分值 ZF | 性状 Characters | 综合主成分值 ZF |
|---------------|-----------|---------------|-----------|
| 生育期 GP        | 0.839 **  | 收获指数 HI       | -0.423 ** |
| 株高 PH         | 0.816 **  | 蛋白质含量 PC      | -0.572 ** |
| 主茎节数 SN       | 0.755 **  | 脂肪含量 FC       | -0.192 ** |
| 百粒重 SW        | -0.014    | 有效分枝数 EB      | -0.019    |
| 地上部生物产量 ABP   | 0.593 **  | 主茎荚数 MSP      | 0.510 **  |
| 单株粒重 SWP      | 0.388 **  | 主茎单节最多荚数 SMN  | 0.457 **  |

3 讨论

3.1 春大豆种质在育种中的利用价值

东北是大豆主产区,遗传资源丰富,具有很大的遗传变异和选择潜力。1923 – 2005 年中国育成大豆品种 1300 个,其中东北育成 682 个,因此研究东北大豆育成品种的遗传变异,对揭示该地区遗传多样性和遗传结构具有重要意义<sup>[5]</sup>。2 年鉴定结果表明,340 份春大豆种质生育期类型极为丰富,最早的 79.25 d,基本可以满足不同地区生产的需求。其他表型性状具有丰富的遗传多样性,株高 37.82 ~ 116.79 cm,主茎节数 10.50 ~ 19.63 个,百粒重 8.49 ~ 29.76 g,单株粒重 14.42 ~ 46.89 g,地上部生物产量 29.93 ~ 105.47 g,蛋白质含量 35.30% ~ 45.77%,脂肪含量 18.60% ~ 24.37%。其中蛋白质含量均比品种原生态区提高 0.2 ~ 0.4 个百分点,究其原因牡丹江地区水资源丰富,年降雨量一般在 550 mm 左右,地处黑龙江省东南部,是黑龙江省有效积温较大的低纬度地区,热量资源具有较大优势。极早熟品种蒙豆 11 蛋白质含量,2013 年为 45.10%,2014 年为 46.43%,变幅为 1.33%,可能原因是 2013 年在极早熟种质大豆鼓粒期牡丹江生态区干旱,影响大豆蛋白累积。在牡丹江生态区 2 年表型鉴定试验中,蒙豆 11 较其他参试品种蛋白质含量相对稳定,均在 44% 以上,变化幅度不大,在育种实践中,可作为高蛋白育种亲本加以利用。吉育 71 地上部生物产量、单株粒重、单株荚数及主茎单节最多荚数等表型性状表现优异,在牡丹江地区生育期长、抗倒性较差,可与早熟抗倒或早熟高蛋白品种杂交组配进行品种遗传改良。

3.2 种质资源表型性状综合评价

关于作物品种遗传多样性研究有诸多报道<sup>[16-22]</sup>,然而对东北春大豆种质综合评价还不多见。为此,本文利用主成分分析法对春大豆种质 12 个表型性状进行综合评价,这一方法在谷子和水稻中有一定应用。通过表型性状的综合得分 ZF 值来评价各种质资源综合性状的优劣,可为育种提供直观、便捷的参考。从分析结果看,吉育 71 种质的综合得分最高,可结合其综合表现,选择差异亲本,构建遗传变异丰富的作图群体。同时由表型性状与 ZF 值的相关分析表明,使用主成分综合评价大豆种质资源整体表现具有可行性。由于大豆数量性状较多,而且彼此之间有着不同程度的相关性,给种质资源的有效研究和利用带来较大的不利影响,为此有必要筛选出影响产量的重要性状进行重点研究,以促进其在育种和生产上的应用。本文结合主成分分析,筛选出生育期、株高、主茎节数、地上部生物产量、收获指数、主茎荚数和主茎单节最多荚数等 7 个性状对种质表型性状综合值显著正相关,在育种实践中应注重这些性状的把握。

相关选择时,地上部生物产量、主茎节数和主茎单节最多荚数是高产个体的关键性状,应予以高度重视,同时注意个体与群体之间的矛盾,注重单株产量的同时,应将群体产量作为选择的最终目标。试验充分揭示了东北春大豆种质群体具有广泛基因背景和选择潜力,是大豆育种的有益资源。加强对现有品种资源的系统研究,了解其遗传动态、变异水平以及性状间的相关性,对改进育种程序及选择技术有一定的参考价值,对杂交选育有着实际借鉴意义。

(下转 859 页)