



# 黑龙江省松嫩平原西部大豆种质资源综合评价

朱治佳<sup>1</sup>, 李敏敏<sup>2</sup>, 孙浩月<sup>1</sup>, 韩冬伟<sup>1</sup>, 张 笛<sup>1</sup>, 王 振<sup>1</sup>, 王连霞<sup>1</sup>, 袁 明<sup>1\*</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006; 2. 山东省聊城市农业科学院, 山东 聊城 252000)

**摘要:**为充分挖掘和利用黑龙江省大豆种质资源,明确性状间的相关性,提高黑龙江省松嫩平原西部大豆种质的利用率,本研究通过多样性分析、相关性分析、聚类分析和主成分分析等方法,对黑龙江省松嫩平原西部266份大豆种质资源的多个农艺性状进行分析。结果表明:在供试种质资源中,变异系数范围为4.55%~144.22%,其中有效分枝数变异系数最大,蛋白质变异系数最小;5个主成分(特征值大于1)累计贡献率达到79.078%,包含了单株荚数、单株粒数、单株粒重、生育期和株高等因素;聚类分析将表型性状分为5大类,第Ⅱ类的主要特征为生育期短、底荚高度低、结荚较密、品质较好且综合性状良好。本研究通过系统分析黑龙江省松嫩平原西部地区大豆种质资源的表型性状,为该地区大豆种质在育种上的有效利用提供参考,进而促进黑龙江省大豆新品种培育和种质资源的开发利用。

**关键词:**大豆种质;相关分析;聚类分析;主成分分析;评价

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Comprehensive Evaluation of Soybean Germplasm Resources in Western Songnen Plain of Heilongjiang Province

ZHU Zhijia<sup>1</sup>, LI Minmin<sup>2</sup>, SUN Haoyue<sup>1</sup>, HAN Dongwei<sup>1</sup>, ZHANG Di<sup>1</sup>, WANG Zhen<sup>1</sup>, WANG Lianxia<sup>1</sup>, YUAN Ming<sup>1\*</sup>

(1. Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, Heilongjiang, China; 2. Liaocheng Academy of Agricultural Sciences, Liaocheng 252000, Shandong, China)

**Abstract:** In order to fully explore and utilize soybean germplasm resources in Heilongjiang Province, clarify the correlation between traits, and improve the utilization rate of germplasm resources in the western Songnen Plain of Heilongjiang Province, this study analyzed multiple phenotypic traits of 266 soybean germplasm resources in the western part of the Songnen Plain in Heilongjiang Province using methods such as diversity analysis, correlation analysis, cluster analysis, and principal component analysis. The results showed that the coefficient of variation ranged from 4.55% to 144.22% among the tested germplasm resources, with the highest coefficient of variation for effective branches number and the lowest coefficient of variation for protein. The cumulative contribution rate of the five principal components (eigenvalues greater than 1) reached 79.078%, which included factors such as pods number per plant, seeds number per plant, seeds weight per plant, growth period, and plant height. Through cluster analysis, they were divided into five categories. Among them, the second category was mainly characterized by short growth period, low bottom pod height, dense pod formation, good quality, and comprehensive traits good. Through the analysis of the collected local soybean germplasm resources, this study has certain reference significance for the effective utilization of the phenotypic traits of soybean germplasm resources in breeding in the western Songnen Plain of Heilongjiang Province. At the same time, it provides reference for the cultivation of new soybean varieties and the exploration of germplasm resources in Heilongjiang Province.

**Keywords:** soybean germplasms; correlation analysis; cluster analysis; principal component analysis; evaluation

大豆(*Glycine max* L.)作为重要植食性蛋白来源的农作物,在不同领域广泛应用<sup>[1-2]</sup>。目前我国大豆产能不能满足市场需求,对进口大豆依赖程度较高<sup>[3-4]</sup>,因此,深挖种质资源潜力,选育优质高产大豆新品种,可有效缓解大豆产能压力,保障国家粮食安全。

大豆起源于我国,种质资源丰富度位居世界首位<sup>[5]</sup>。目前已有专家学者对不同的大豆种质资源

进行了相关的评价。赵朝森等<sup>[6]</sup>通过对431份江西省大豆种质资源的19个性状进行综合评价和分析,筛选出21份优异种质。范元芳等<sup>[7]</sup>以相关性分析、主成分分析和聚类分析等方法对四川省216份大豆种质资源多个性状进行综合评价,结果表明生育期、株高、百粒重和粒色是影响不同地方大豆种质产生差异的主要性状。李明雪等<sup>[8]</sup>对北美大豆种质资源进行农艺性状鉴定,筛选出了13份优异的种

收稿日期:2025-07-09

基金项目:中央引导地方科技发展专项(ZY04JD05-007);龙江科技英才春雁支持计划(CYQN24063);财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS-04)。

第一作者:朱治佳,男,硕士,助理研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:769411851@qq.com。

通讯作者:袁明,男,硕士,副研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:55677909@163.com。

质。张素梅等<sup>[9]</sup>对240份大豆种质资源品质性状进行了聚类和相关性分析,筛选出了39份高蛋白品种。

优异种质资源的发掘与利用是大豆产量提升的关键手段之一,大豆产量属于多基因与环境互作的数量性状,遗传变异丰富<sup>[10]</sup>,与主要产量性状如单株荚数、单株粒数和百粒重等密切相关,同时生育期和植株性状对大豆产量有一定的影响<sup>[11-12]</sup>。对大豆相关农艺性状进行多样性、相关性、主成分和聚类分析,探明大豆性状间的关系,结合种植区域生态类型与栽培措施,充分挖掘种质资源增产潜力,筛选出优异高产大豆种质,对我国大豆品种培育具有重要意义。

本研究通过多样性分析、相关性分析、聚类分析和主成分分析等方法,对黑龙江省松嫩平原西部266份大豆种质资源的11个综合农艺性状进行鉴定和综合评价,以期对黑龙江省大豆新品种培育和优异种质资源挖掘提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料为266份种质资源(附表1),由黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院保存。

### 1.2 方法

2022—2023年,将266份供试材料种植在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院富拉尔基区科研基地(47°14'8"N,123°40'33"E),采取随机区组设计,小区2行区,5 m行长,株距0.06 m,行距0.65 m,播

种前施用磷酸二铵 150 kg·hm<sup>-2</sup>、尿素 300 kg·hm<sup>-2</sup>作为底肥,进行常规田间管理。调查记录各材料的生育期。待材料成熟后,在小区内随机选取10株正常生长的植株,测定株高、底荚高度、主茎节数、有效分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重、蛋白质含量和脂肪含量共11个农艺性状。

### 1.3 数据分析

利用Excel 2010进行数据处理,使用IBM SPSS Statistics 23对各种质的农艺性状进行相关性分析和主成分分析,使用R Studio 4.3.1进行相关分析及绘图、聚类分析及绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 大豆种质资源农艺性状统计分析

由表1可知,266份供试大豆种质资源的各性状差异明显,生育期、株高、主茎节数等11个表型性状呈现出不同程度的变异,变异系数分布范围较大,为4.55%~144.22%,排序为:有效分枝数>单株粒数>单株粒重>单株荚数>底荚高度>株高>百粒重>脂肪含量>生育期>蛋白质含量。变异系数超过30%的性状有底荚高度、单株荚数、单株粒数、单株粒重和有效分枝数。其中,有效分枝数变异系数最大,为144.22%。变异系数低于10%的性状包括生育期、百粒重、蛋白质含量和脂肪含量,其中蛋白质含量的变异系数最小,为4.55%。综合各农艺性状的变异系数,有效分枝数、单株荚数、单株粒数、株高、生育期等呈现出明显的遗传差异,供试材料适合用于遗传差异相关的评价分析。

表1 大豆种质资源的农艺性状统计分析

Table 1 Statistical analysis of agronomic traits of soybean germplasm resources

农艺性状 Agronomic traits	平均值 Mean	标准差 SD	最小值 Min.	最大值 Max.	变异系数 CV/%
生育期 Growth period	119.02	5.96	95.00	136.00	5.00
株高 Plant height/cm	80.34	15.85	36.80	126.40	19.70
底荚高度 Bottom pod height/cm	13.35	4.27	4.50	27.30	31.97
主茎节数 Main stem nodes number/个	13.12	2.25	8.00	20.00	17.18
有效分枝数 Effective branches number/个	1.28	1.85	0.00	15.00	144.22
单株荚数 Pods number per plant/个	40.27	14.40	16.00	128.00	35.80
单株粒数 Seeds number per plant/个	94.74	35.42	36.72	335.36	37.40
单株粒重 Seeds weight per plant/g	18.97	6.84	7.19	64.72	36.04
百粒重 100-seed weight/g	20.16	1.86	9.50	29.10	9.25
蛋白质含量 Protein content/%	39.93	1.82	30.12	46.78	4.55
脂肪含量 Fat content/%	20.38	1.14	16.70	25.31	5.60

### 2.2 大豆种质资源农艺性状相关性分析

对供试材料 11 个性状进行相关性分析的结果如图 1 所示;生育期与株高、主茎节数、有效分枝数呈极显著正相关,说明生育期影响着大豆株型的生长发育,在大豆株型选择时可作为重要参考指标;底荚高度与主茎节数、有效分枝数呈极显著负相关;主茎节数与有效分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重呈极显著正相关,说明主茎节数对产量的

构成有一定的影响;有效分枝数与单株荚数、单株粒数、单株粒重呈极显著正相关;单株荚数与单株粒数呈极显著正相关,与百粒重呈极显著负相关;蛋白质含量与脂肪含量呈极显著负相关。由此可知株高和有效分枝数与单株荚数、单株粒数和单株粒重相关程度,在大豆种质资源遗传改良和选育中,可选育矮秆多节多荚品种作为生产用种,对提升大豆单产具有一定作用。



注: \*表示  $P < 0.05$ , \*\*表示  $P < 0.01$ , \*\*\*表示  $P < 0.001$ 。T1. 生育期;T2. 株高;T3. 底荚高度;T4. 主茎节数;T5. 有效分枝数;T6. 单株荚数;T7. 单株粒数;T8. 单株粒重;T9. 百粒重;T10. 蛋白质含量;T11. 脂肪含量。

Note: \* indicates  $P < 0.05$ , \*\* indicates  $P < 0.01$ , and \*\*\* indicates  $P < 0.001$ . T1. Growth period; T2. Plant height; T3. Bottom pod height; T4. Main stem nodes number; T5. Effective branches number; T6. Pods number per plant; T7. Seeds number per plant; T8. Seeds weight per plant; T9. 100-seed weight; T10. Protein content; T11. Fat content.

图 1 大豆种质资源农艺性状相关性分析

Fig. 1 Correlation analysis of agronomic traits in soybean germplasm resources

### 2.3 大豆种质资源农艺性状主成分分析

如表 2 所示,将 11 个表型性状其划分为 5 个主成分(特征值大于 1),累计贡献率为 79.078%,解释了大部分信息。第 1 主成分特征值为 3.577,方差贡献率最大(32.515%),包括了单株荚数(0.339)、单株粒数(0.345)和单株粒重(0.357) 3 个大豆产量性状。第 2 主成分特征值为 1.631,方差贡献率为 14.830%,包括了生育期(0.498)、株高

(0.504)和主茎节数(0.340) 3 个大豆植株形态性状。第 3 主成分特征值为 1.376,方差贡献率为 12.513%,包括了蛋白质(-0.550)和脂肪(0.555) 2 个大豆品质性状。第 4 主成分特征值为 1.098,方差贡献率为 9.979%,包括了底荚高度(0.836) 1 个大豆植株性状。第 5 主成分特征值为 1.071,方差贡献率为 9.241%,包括了百粒重(0.924) 1 个大豆产量性状。

表2 大豆种质资源农艺性状主成分分析

Table 2 Principal component analysis of agronomic traits in soybean germplasm resources

农艺性状 Agronomic traits	主成分特征 Principal component characteristics				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
生育期 Growth period	-0.106	0.498	0.020	-0.015	0.018
株高 Plant height	-0.060	0.504	-0.038	0.251	-0.009
底荚高度 Bottom pod height	0.085	0.076	0.006	0.836	-0.063
主茎节数 Main stem nodes number	-0.040	0.340	0.025	-0.195	0.001
有效分枝数 Effective branches number	0.041	0.157	-0.018	-0.292	-0.118
单株荚数 Pods number per plant	0.339	-0.065	-0.010	0.081	-0.055
单株粒数 Seeds number per plant	0.345	-0.078	-0.002	0.072	-0.039
单株粒重 Seeds weight per plant	0.357	-0.076	0.006	0.053	0.208
百粒重 100-seed weight	0.038	0.008	0.005	-0.038	0.924
蛋白质含量 Protein content	0.025	-0.035	-0.550	0.016	0.106
脂肪含量 Fat content	0.017	-0.031	0.555	0.027	0.115
特征值 Characteristic value	3.577	1.631	1.376	1.098	1.017
方差贡献率 Variance contribution rate/%	32.515	14.830	12.513	9.979	9.241
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	79.078	47.345	59.857	69.837	79.078

#### 2.4 大豆种质资源农艺性状聚类分析

基于综合评价值  $D$  值,采用最长距离法对 266 份大豆种质进行聚类分析,如图 2 所示,将所有大豆种质划分为 5 类。各群体的占比分别为 1.50%、9.77%、10.53%、27.82% 和 50.38%。第 I 类有 4 份资源,具有植株高大、主茎节数多、有效分枝多、单株荚数多、粒数多、单株粒重高等特点,其中变异系数最大的为单株粒重(24.84%),蛋脂总量平均值为 59.60%;第 II 类有 26 份资源,主要特征为生育期短、植株矮小、底荚高度低、结荚较密、有效分枝数

少、单株荚数少、粒数少等特点,蛋脂总量平均值为 60.66%,其中 3 份种质蛋白质含量超过 45.00%,变异系数最大的为底荚高度(31.10%);第 III 类有 28 份资源,主要特征为生育期较长、底荚高度较高、百粒重较大等特点,其中 4 份种质百粒重超过 23.00 g,变异系数最大的为单株粒数(31.06%);第 IV 类包括 74 份资源,生育期较短,其中变异系数最大的为有效分枝数(57.19%);第 V 类有 134 份资源,生育期略长,其中变异系数最小的为蛋白质含量(3.63%),各类群内农艺性状平均值详见表 3。

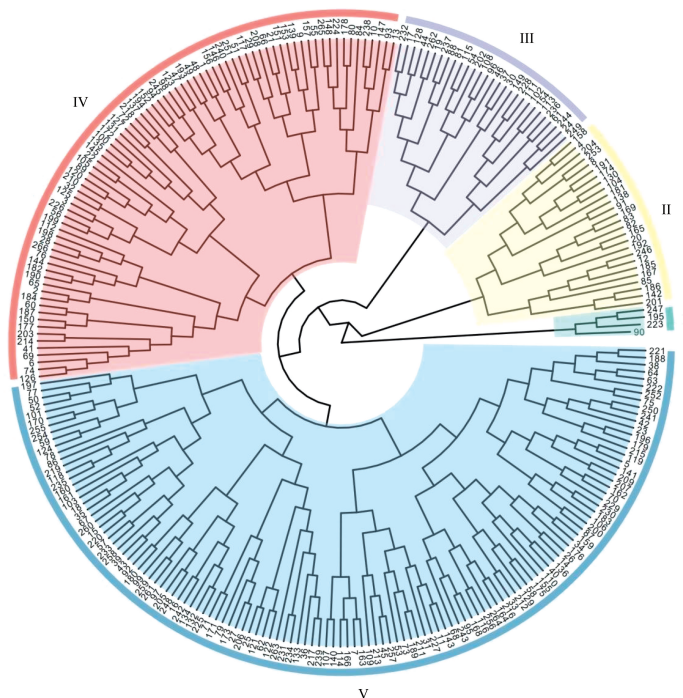


图2 大豆种质资源农艺性状聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of agronomic traits in soybean germplasm resources

表3 聚类类别方差分析  
Table 3 Analysis of variance of cluster categories

表型性状 Phenotypic traits	聚类类别 Cluster categories									
	I		II		III		IV		V	
	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	CV/%	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	CV/%	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	CV/%	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	CV/%	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	CV/%
生育期 Growth period	118.75 ± 5.68	4.78	112.73 ± 7.77	6.90	121.75 ± 6.05	4.97	118.07 ± 5.22	4.42	120.20 ± 5.00	4.16
株高 Plant height/cm	101.65 ± 20.63	20.29	66.49 ± 16.76	25.21	87.08 ± 19.76	22.69	76.82 ± 13.50	17.58	82.92 ± 13.59	16.39
底荚高度 Bottom pod height/cm	12.08 ± 1.13	9.33	11.20 ± 3.48	31.10	15.18 ± 4.23	27.85	12.49 ± 3.44	27.53	13.91 ± 4.64	33.35
主茎节数 Main stem nodes number/个	16.25 ± 3.30	20.33	11.96 ± 2.13	17.77	13.96 ± 2.52	18.02	12.58 ± 2.12	16.85	13.37 ± 2.08	15.58
有效分枝数 Effective branches number/个	4.50 ± 1.73	38.49	0.42 ± 0.03	6.28	2.07 ± 0.21	10.04	1.03 ± 0.59	57.19	1.33 ± 0.56	42.50
单株荚数 Pods number per plant/个	101.00 ± 18.24	18.06	25.54 ± 8.26	32.35	55.50 ± 16.45	29.64	34.42 ± 7.20	20.91	41.37 ± 9.34	22.57
单株粒数 Seeds number per plant/个	247.57 ± 59.89	24.19	59.29 ± 19.41	32.73	132.94 ± 41.30	31.07	80.71 ± 17.36	21.51	96.83 ± 21.61	22.32
单株粒重 Seeds weight per plant/g	47.56 ± 11.81	24.84	11.03 ± 2.69	24.35	27.26 ± 6.77	24.85	15.98 ± 3.11	19.43	19.58 ± 4.16	21.25
百粒重 100-seed weight/g	19.20 ± 0.66	3.46	19.14 ± 2.61	13.62	20.98 ± 2.59	12.36	19.95 ± 1.66	8.31	20.33 ± 1.53	7.52
蛋白质含量 Protein content/%	39.99 ± 0.76	1.90	41.18 ± 2.57	6.24	38.85 ± 2.47	6.35	40.30 ± 1.55	3.85	39.70 ± 1.44	3.63
脂肪含量 Fat content/%	19.61 ± 1.14	5.83	19.48 ± 1.42	7.28	21.15 ± 1.35	6.36	19.97 ± 0.79	3.96	20.65 ± 1.01	4.88

### 3 讨论

黑龙江省作为我国春大豆主要生产基地,其丰富的种质资源拥有着较大的变异潜力。变异系数的变化解释了种质间变异程度,多样性指数揭示了不同性状的变异多态性<sup>[13-14]</sup>,本研究对266份大豆种质资源两年的11个表型性状进行统计分析。变异系数最大的为有效分枝数(144.22%),其余性状变异系数范围为4.55%~37.40%,结果表明,266份大豆种质资源遗传多样性丰度较好,种质资源间的性状差异明显,可作为遗传改良选育新品种的基础种质资源。王玲燕等<sup>[15]</sup>通过对32份大豆种质资源的9个农艺性状综合分析,结果表明生育日数与株高、有效分枝呈极显著正相关,这与本研究结果一致,说明在大豆株型选择时生育日数可作为重要参考指标。主茎节数与有效分枝、单株荚数、单株粒数、单株粒重呈极显著正相关,这与王小翠等<sup>[16]</sup>

研究结果基本一致,说明主茎节数对产量的构成有一定影响。单株荚数与单株粒数呈极显著正相关,与百粒重呈极显著负相关,与徐泽俊等<sup>[17]</sup>研究结果一致,在实际生产种植中,应综合考虑品种本身的各个性状,而不仅注重籽粒大小。蛋白质含量与脂肪含量呈极显著负相关,与前人研究结果一致<sup>[18-19]</sup>,因此,在大豆种质资源中,生育期长短在对资源株型性状筛选中具有参考价值,产量相关性状在大豆产能提升中均起到一定作用。

目前,主成分分析作为数据分析方法,在大豆种质资源综合评价上应用较为成熟。张笛等<sup>[20]</sup>对158份中欧大豆种质资源12个性状进行主成分分析,划分成5个主成分,其中贡献率最大的为第1主成分(28.650%),相关的性状为单株粒重、单株粒数和单株荚数。孟珊等<sup>[21]</sup>对江苏203份地方大豆资源的25个性状进行主成分分析,划分成8个主成分,其中包含与生育期相关的因子的主成分贡献率

最大(19.811%)。本研究对266份大豆种质资源的11个表型性状进行主成分分析,将其划分5个主成分(特征值大于1),累计贡献率为79.078%,其中贡献率最大为第1主成分(32.515%),包括了单株荚数、单株粒数和单株粒重3个大豆产量性状。第2主成分贡献率为14.830%,包括了生育期、株高和主茎节数3个大豆植株性状。在通过挖掘大豆种质资源中提升产量时,生育期、株高和主茎节数可作为选择株型时重要参考指标,并应该考量构成其各个性状的综合表现。

聚类分析是众多学者在研究大豆种质资源有效利用上重要的数据分析方法,利用此方法可以方便清晰地划分优异种质资源类型,便于研究使用<sup>[22-25]</sup>。本研究中,将266份资源分成5个类别,第I类具有植株高大、主茎节数多、有效分枝数多、单株荚数多、单株粒数多、单株粒重高、品质普通的特点,这类的种质资源适宜在地力肥沃,水肥充足,种植密度较小的种植区域种植,具有很好的增产潜力;第II类的主要特征为生育期短、植株矮小、底荚高度低、结荚较密、有效分枝数少、单株荚数少、单株粒数少、品质较好,此类的种质资源适宜在生育期较短,肥力一般,种植密度较大的种植区域种植;第III类的主要特征为生育期较长、底荚高度较高、百粒重较大,这类种质资源适宜在生育期较长,温光充足,土地平整,可机械化作业的种植区域种植,具有一定的增产潜力;第IV类生育期较短,其余各项性状指标一般,此类种质资源应在生育期较短,温凉种植区域作为晚种或补种较为适宜。第V类生育期略长,其余各项性状指标中等,这类种质资源适宜在地力适中,温光较充足,水肥可控的种植区域种植,具有稳产托底的潜力。

## 4 结论

本研究对黑龙江省松嫩平原西部266份大豆种质资源的11个农艺性状进行综合评价,分析了与构成大豆产量和株型相关的因素。统计分析和相关性分析结果表明种质资源间的性状差异明显,生育日数可作为大豆株型选择时重要参考指标,而且主茎节数对产量的构成有一定影响。利用主成分分析将11个性状划分为5个主成分,并基于综合评价值D值进行聚类分析,将供试大豆种质资源分成5类,结果表明生育期、株高和主茎节数是构成株型的重要组成部分。在挖掘不同种质资源增产潜力时,不仅要考虑不同性状的综合表现,而且要统筹

种植区域的生态类型及配套的栽培措施。本研究通过对本地区已收集的大豆种质资源的分析,为黑龙江省松嫩平原西部大豆种质资源农艺性状在育种上的有效利用,以及黑龙江省大豆新品种培育和种质资源挖掘提供参考。

## 参考文献

- [1] KOFISKY J, ZHANG H, SONG B H. The untapped genetic reservoir: The past, current, and future applications of the wild soybean (*Glycine soja*) [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2018, 9: 949.
- [2] NAWAZ M, LIN X, CHAN T F, et al. Korean wild soybeans (*Glycine soja* sieb & zucc.): Geographic distribution and germplasm conservation [J]. *Agronomy*, 2020, 10(2): 214.
- [3] 计晗, 张学彪, 康孜涵, 等. 全产业链视角下我国大豆产业发展现状、问题与对策 [J/OL]. *中国农业资源与区划*, 2025: 1-18 [2025-10-24]. <https://link.cnki.net/urlid/11.3513.s.20250908.1354.008>.
- [4] JI H, ZHANG X B, KANG Z H, et al. Current Status, Issues, and Countermeasures of China's Soybean Industry Development from the Perspective of the Full Industrial Chain [J/OL]. *China Agricultural Resources and Planning*, 2025: 1-18 [2025-10-24]. <https://link.cnki.net/urlid/11.3513.s.20250908.1354.008>.
- [4] 林凤岩, 黄永娜, 褚洪俊, 等. 我国大豆蛋白加工产业现状及发展趋势 [J]. *中国油脂*, 2023, 48(11): 33-37, 56.
- [5] LIN F Y, HUANG Y N, CHU H J, et al. Current situation and development trend of Chinese soybean protein processing industry [J]. *China Oils and Fats*, 2023, 48(11): 33-37, 56.
- [5] 常汝镇, 孙建英, 邱丽娟. 中国大豆种质资源研究进展 [J]. *作物杂志*, 1998(3): 7-9.
- [6] CHANG R Z, SUN J Y, QIU L J. Research progress of soybean germplasm resources in China [J]. *Crops*, 1998(3): 7-9.
- [6] 赵朝森, 王瑞珍, 李英慧, 等. 江西大豆种质资源表型及品质性状综合分析与评价 [J]. *大豆科学*, 2019, 38(5): 686-693.
- [7] ZHAO C S, WANG R Z, LI Y H, et al. Comprehensive analysis and evaluation of the phenotype and quality traits of Jiangxi soybean germplasm resources [J]. *Soybean Science*, 2019, 38(5): 686-693.
- [7] 范元芳, 王娴淑, 何芳, 等. 四川省大豆种质资源表型性状鉴定及综合评价 [J]. *大豆科学*, 2024, 43(3): 295-302.
- [8] FAN Y F, WANG X S, HE F, et al. Phenotypic identification and evaluation of soybean germplasm resources in Sichuan Province [J]. *Soybean Science*, 2024, 43(3): 295-302.
- [8] 李明雪, 孙旭红, 张勇, 等. 北美大豆种质资源农艺综合性状鉴定与分析 [J]. *江苏农业科学*, 2024, 52(10): 69-74.
- [9] LI M X, SUN X, ZHANG Y, et al. Identification and analysis of agronomic comprehensive characters of soybean germplasm from North America [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2024, 52(10): 69-74.
- [9] 张素梅, 刘玉芹, 刘进谦, 等. 240份大豆种质资源品质分析与评价 [J]. *种子*, 2023, 42(3): 76-80.

- ZHANG S M, LIU Y Q, LIU J Q, et al. Quality analysis and evaluation of 240 soybean germplasm resources[J]. *Seed*, 2023, 42(3): 76-80.
- [10] 田雨, 王艳殊, 张佳楠, 等. 大豆关联重组自交系群体蛋白质、油分含量的 QTL 分析[J]. *华北农学报*, 2020, 35(4): 106-112.
- TIAN Y, WANG Y S, ZHANG J N, et al. QTL mapping of protein and oil contents in soybean using recombinant inbred population[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2020, 35(4): 106-112.
- [11] 陈亚光, 笄凯, 王凤菊, 等. 黄淮海地区夏大豆新品种产量相关性状的综合分析[J]. *天津农业科学*, 2022, 28(6): 16-20.
- CHEN Y G, ZAN K, WANG F J, et al. Comprehensive analysis of yield related characters of new summer soybean cultivars in Huang-Huai-Hai Region [J]. *Tianjin Agricultural Sciences*, 2022, 28(6): 16-20.
- [12] 常世豪, 李金花, 李琼, 等. 不同大豆类型产量及相关性状的逐步回归与通径分析[J]. *种子*, 2022, 41(4): 96-99, 105.
- CHANG S H, LI J H, LI Q, et al. Stepwise regression and path analysis of yield and related traits of different soybean types[J]. *Seed*, 2022, 41(4): 96-99, 105.
- [13] 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[J]. *北京农学院学报*, 2006, 21(3): 9-14.
- CHEN X Z, XIE H, TIAN W W, et al. Analysis of represent and relation on the agronomic characters of the germplasm resources of soybean[J]. *Journal of Beijing Agricultural College*, 2006, 21(3): 9-14.
- [14] 张礼凤, 李伟, 王彩洁, 等. 山东大豆种质资源形态多样性分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2006, 7(4): 450-454.
- ZHANG L F, LI W, WANG C J, et al. Morphological diversity of soybean germplasm resources in Shandong [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2006, 7(4): 450-454.
- [15] 王玲燕, 黄金华, 张素平, 等. 夏大豆种质资源农艺性状与产量的多样性分析[J]. *湖北农业科学*, 2022, 61(10): 15-19, 47.
- WANG L Y, HUANG J H, ZHANG S P, et al. Diversity analysis of agronomic characters and yield of summer soybean germplasm resources[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2022, 61(10): 15-19, 47.
- [16] 王小翠, 赵朝森, 彭任文, 等. 不同来源大豆种质资源产量与品质性状评价[J]. *江西农业学报*, 2023, 35(6): 16-23.
- WANG X C, ZHAO C S, PENG R W, et al. Evaluation of yield and quality traits of soybean germplasm from different regional sources[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2023, 35(6): 16-23.
- [17] 徐泽俊, 齐玉军, 邢兴华, 等. 黄淮海大豆种质农艺与品质性状分析及综合评价[J]. *植物遗传资源学报*, 2022, 23(2): 468-480.
- XU Z J, QI Y J, XING X H, et al. Analysis and evaluation of agronomic and quality traits in soybean germplasm from Huang-Huai-Hai Region[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2022, 23(2): 468-480.
- [18] 邵振启, 李文龙, 孔佑宾, 等. 黄淮海大豆种质资源品质鉴定与优异种质筛选[J]. *中国农业科技导报*, 2023, 25(11): 58-69.
- SHAO Z Q, LI W L, KONG Y B, et al. Identification of soybean quality traits and screening of elite germplasm in Huang-Huai-Hai ecoregion[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2023, 25(11): 58-69.
- [19] 许文静, 张威, 黎松松, 等. 765 份大豆种质资源蛋白质和脂肪酸组分分析[J]. *江苏农业科学*, 2022, 50(6): 78-81.
- XU W J, ZHANG W, LI S S, et al. Analysis of protein and fatty acid composition of 765 soybean germplasm resources[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2022, 50(6): 78-81.
- [20] 张笛, 袁明, 韩冬伟, 等. 158 份中欧大豆种质资源农艺性状综合评价及分析[J/OL]. *分子植物育种*, 2023:1-9[2024-12-25]. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.s.20230216.1615.027>.
- ZHANG D, YUAN M, HAN D W, et al. Comprehensive evaluation and analysis of agronomic characters of 158 Chinese and European soybean germplasm resources [J/OL]. *Molecular Plant Breeding*, 2023: 1-9[2024-12-25]. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.s.20230216.1615.027>.
- [21] 孟珊, 徐婷婷, 朱小品, 等. 江苏大豆地方种质资源表型多样性分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2023, 24(2): 419-436.
- MENG S, XU T T, ZHU X P, et al. Phenotypic diversity analysis of soybean germplasm resources in Jiangsu Province[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2023, 24(2): 419-436.
- [22] 黎松松, 赖建军, 张红梅, 等. 江苏鲜食春大豆种质资源表型鉴定及综合评价[J]. *大豆科学*, 2022, 41(4): 385-396.
- LI S S, LAI J J, ZHANG H M, et al. Phenotyping identification and comprehensive evaluation of fresh spring soybean germplasm in Jiangsu Province [J]. *Soybean Science*, 2022, 41(4): 385-396.
- [23] 郁晓敏, 牛二利, 金杭霞, 等. 浙江省黑大豆种质资源主要性状分析[J]. *分子植物育种*, 2023, 21(3): 988-996.
- YU X M, NIU E L, JIN H X, et al. Character analysis of black soybean germplasm resources collected from Zhejiang Province [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2023, 21(3): 988-996.
- [24] 侯慧婧. 大豆种质资源籽粒品质和农艺性状综合评价[D]. 太谷: 山西农业大学, 2020.
- HOU H J. Comprehensive evaluation of seed quality and agronomic characters of soybean germplasmresources[D]. Taigu: Shanxi Agricultural University, 2020.
- [25] 刘冰, 周长军, 顾鑫, 等. 黑龙江省西部地区大豆种质资源聚类分析及综合评价[J]. *黑龙江农业科学*, 2022(5): 7-12.
- LIU B, ZHOU C J, GU X, et al. Cluster analysis and comprehensive evaluation of soybean germplasm resources in western of Heilongjiang Province [J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2022(5): 7-12.