



南疆地区春播大豆主要农艺性状分析与综合评价

张恒斌^{1,2}, 何宗铃³, 赵 靛^{1,2}, 曾 凯^{1,2}, 水 涌³, 张祥池^{1,2}, 苏 鑫^{1,2}, 战 勇^{1,2*}, 张占琴^{1,2*}

(1. 新疆农垦科学院, 新疆 石河子 832000; 2. 谷物品质与遗传改良兵团重点实验室, 新疆 石河子 832000; 3. 新疆生产建设兵团第一师农业科学研究所, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要:为筛选出适宜南疆地区春播种植的优质高产大豆品种(系), 2023 年对引进的 29 份大豆品种(系)的 10 个性状(生育期、株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数、百粒重、收获株数、粗蛋白、粗脂肪和产量)进行变异性、相关性、因子分析和聚类分析。结果表明: 10 个性状的变异系数范围为 3.63% ~ 23.76%; 产量与株高、主茎节数、生育期呈极显著正相关($P < 0.01$), 与单株荚数和单株粒数呈显著正相关($P < 0.05$)。因子分析将 10 个性状浓缩为 4 个主因子, 分别为株高因子、产量品质因子、产量构成因子和百粒重因子, 且累计贡献率达到 88.74%。聚类分析表明, 29 份大豆品种(系)可聚类成 6 大类群, 第 I 类群包括 8 份材料, 第 II 类群包括 7 份材料, 第 III 类群包括 10 份材料, 第 IV 类群包括 2 份材料, 第 V 和第 VI 类各 1 份材料。根据综合因子分析与聚类分析结果, 筛选出吉育 4412、吉育 4521、吉育 5412、新大豆 23 号、新振豆 10 号、新振豆 7 号、新振豆 8 号、新振豆 9 号和吉育 5523, 这 9 个品种(系)综合性状良好, 产量提升空间大, 适宜在南疆地区春播种植。

关键词:南疆; 春播种植; 大豆品种; 因子分析; 聚类分析; 综合评价

Analysis and Comprehensive Evaluation of Principal Agronomic Traits of Spring Sown Soybeans in South Xinjiang Region

ZHANG Hengbin^{1,2}, HE Zongling³, ZHAO Jing^{1,2}, ZENG Kai^{1,2}, SHUI Yong³, ZHANG Xiangchi^{1,2}, SU Xin^{1,2}, ZHAN Yong^{1,2*}, ZHANG Zhanqin^{1,2*}

(1. Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, China; 2. Key Lab of Xinjiang Production and Construction Corps for Cereal Quality Research and Genetic Improvement, Shihezi 832000, China; 3. Institute of Agricultural Sciences and Technology, Agricultural Production Division 1, Xinjiang Production and Construction Corps, Alar 843300, China)

Abstract: This research, conducted in 2023, aimed to select superior soybean varieties for spring cultivation in South Xinjiang. It analyzed 29 introduced varieties based on ten traits of vegetative period, plant height, nodes number on the main stem, number of pods per plant, number of seeds per plant, weight of 100 seeds, number of harvested plants, crude protein content, crude fat content, and overall yield. Methods included variability analysis, correlation assessment, factor analysis, and clustering techniques. It revealed that the coefficients of variation for the traits ranged from 3.63% to 23.76%. Yield was found to correlate very significantly with plant height, main stem node count, and vegetative period ($P < 0.01$), and significantly with the number of pods and seeds per plant ($P < 0.05$). Factor analysis distilled the ten traits into four primary factors. These were delineated as the Plant Height Factor, Yield Quality Factor, Yield Composition Factor, and 100-Seed Weight Factor. Collectively, these factors contributed 88.74% to the explained variance. Cluster analysis grouped the 29 soybean varieties into six distinct clusters. Cluster I consists of eight varieties, Cluster II of seven, Cluster III of ten, Cluster IV of two, and Clusters V and VI each contain one variety. Utilizing the results from the comprehensive factor and cluster analyses, the varieties selected for further consideration include Jiyu 4412, Jiyu 4521, Jiyu 5412, Xindadou 23, Xinzhendou 10, Xinzhendou 7, Xinzhendou 8, Xinzhendou 9, and Jiyu 5523. These nine varieties demonstrate robust agronomic characteristics and substantial potential for yield enhancement, recommending them for spring cultivation in the South Xinjiang region.

Keywords: South Xinjiang; spring planting; soybean varieties; factor analysis; cluster analysis; comprehensive evaluation

大豆作为人类、畜禽和水产优质植物蛋白质的主要来源, 是世界重要的粮食和经济作物^[1]。近年来, 随着大豆产能提升工程的深入实施, 新疆地区大豆种植得到积极推进, 南疆地区成为主要的大豆

收稿日期: 2024-10-16

基金项目: 南疆重点产业创新发展支撑计划(2022BC015); 兵团农业 HXGG(2023AA204); 国家重点研发子课题(2023YFD2300101); 国家自然科学基金项目(32060439); 国家大豆产业技术体系石河子综合试验站(CARS-04-CES08); 九师科技计划(2022JS007); 天山创新团队—大豆高产抗逆育种与超高产栽培创新团队; 自治区大豆产业技术体系岗位专家; 谷物品质与遗传改良兵团重点实验室基金项目(CQG2014XJ04)。

第一作者: 张恒斌, 硕士, 副研究员, 主要从事大豆遗传育种与高产栽培技术研究。E-mail: shzzhbb@163.com。

通讯作者: 战勇, 男, 硕士, 研究员, 主要从事大豆新品种培育与高产栽培技术研究。E-mail: shzzhy01@163.com;

张占琴, 女, 硕士, 研究员, 主要从事作物高产栽培技术研究。E-mail: 1173951067@qq.com。

种植区。鉴于2020年之前该地区大豆种植面积相对较小,相关研究工作亦较为有限。研究人员开展了关于播期、密度、株行距配置对南疆春/复播大豆光合特性、产量形成和品质性状影响的研究^[2-6]。在品种筛选方面也有相关报道,严勇亮等^[7]在泽普县筛选出新大豆10号和中黄30两个大豆品种,产量分别达到3 373.5和3 866.85 kg·hm⁻²,适合南疆喀什地区复播。李有忠等^[8]在图木舒克筛选出中黄30、汾豆78和汾豆79等3个大豆品种,产量达到3 000 kg·hm⁻²以上,适合在南疆春播。严勇亮等^[9]通过主成分分析、聚类分析方法对北疆地区27个大豆新品种(系)的农艺性状和产量进行综合评价;时晓磊等^[10]运用灰色关联度分析法对23个夏大豆品种的主要农艺性状与产量关系进行分析;曾凯等^[11]通过主成分分析与聚类分析评价了北疆地区种植68份大豆种质资源。

南疆地区因其独特的生态环境、气候条件和土壤类型,对大豆品种的适应性提出了特定要求。但关于南疆春播大豆品种综合评价尚鲜见相关报道。为了科学筛选出适宜南疆地区春播种植的高产优质大豆品种,本研究采用相关分析、因子分析和聚类分析等统计手段,对从黑龙江、吉林以及新疆农垦科学院引进的29份大豆品种(系)进行了综合评价。研究旨在确保所选品种能够在南疆地区的特定条件下表现出良好的产量和品质特性,为当地农业生产提供有力支持。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

本试验于2023年在第一师阿拉尔市12团21连051#号地(40.54°N、81.38°E、海拔1 011 m)开展。该地属于温带大陆干旱荒漠气候区,降水少、光照充足。年均气温10.7℃,积温4 113℃,无霜期220 d。年日照时间约2 900 h,其中4月至10月期间,平均日照时间9.5 h。年降水量50 mm。

试验地为沙壤土,中等肥力,土壤有机质含量9.70 g·kg⁻¹,有机碳5.62 g·kg⁻¹,全氮0.57 g·kg⁻¹,全磷0.88 g·kg⁻¹,pH8.07,电导率176.5 μs·cm⁻¹,钾离子41.89 mg·kg⁻¹,钠离子27.3 mg·kg⁻¹,钙离子105.15 mg·kg⁻¹,镁离子22.38 mg·kg⁻¹,硫酸根239.89 mg·kg⁻¹,氯离子54.12 mg·kg⁻¹和碳酸氢根270.22 mg·kg⁻¹。

1.2 材料

供试材料共计29份,10份来自黑龙江省五大连池市富民种子集团有限公司(东创22、东创农科203、东昊豆1号、东昊豆4号、吉育4412、吉育4521、吉育5412、吉育5517、吉育5523和农发豆402),11份来自中国科学院海伦农业生态试验站(东生120-13、东生202、东生206、东生216、东生22、东生35号、东生366-372、东生37、东生6、东生823-840和海伦2385),8份来自新疆农垦科学院(新大豆23号、新大豆26号、新振豆10号、新振豆14号、新振豆15号、新振豆7号、新振豆8号和新振豆9号)。

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计,3次重复,共87个小区,小区长15 m,宽3.4 m,小区面积51 m²,试验总面积4 437 m²。

试验于4月14日铺地膜、滴灌带,膜宽205 cm,一膜3管6行,行距配置为20 cm + 55 cm,接行60 cm,滴灌带铺设在窄行之间。4月22日人工点播,播深为2~3 cm,穴距7.5 cm,平均行距38.3 cm,理论株数34.8万株·hm⁻²。5月2—6日放苗、定苗,保苗株数31.3万~33.1万株·hm⁻²。大豆全生育期共滴水13次,随水滴肥9次,共滴水5 700 m³·hm⁻²,肥料用量1 372.5 kg·hm⁻²,其中尿素(N≥46.4%)525 kg·hm⁻²、磷酸一铵(≥98.5%)513 kg·hm⁻²、硫酸钾(K₂O≥50%)334.5 kg·hm⁻²。

1.4 调查项目及方法

记载大豆生育期(X9),并调查田间表型性状数据。大豆收获时统计各小区收获株数(X6),取样进行室内考种(每个重复取连续10株),参照《大豆种质资源描述规范和数据标准》方法^[12],测量株高(X1)、主茎节数(X2)、单株荚数(X3)、单株粒数(X4)、百粒重(X5);各小区单独收获晒干脱粒计产(Y1)。用近红外谷物成分测定仪(瑞典波通IM9500)测定大豆粗蛋白(X7)和粗脂肪(X8)含量。对调查数据进行因子分析和综合评价,因子分析需要对主因子进行旋转,旋转后的因子变量更具有可解释性,通过“分析—降维—因子分析”过程实现综合评价^[13]。

1.5 数据分析

数据录入和整理采用Excel 2010进行,并计算平均值和标准差。选用SPSS 21.0数据处理系统进行方差分析、聚类分析、主成分分析和相关统计分析。

2 结果与分析

2.1 大豆品种(系)产量及主要农艺性状的变异性分析

本研究中参数的 29 份大豆品种(系)产量及主要农艺性状变异系数详见表 1。变异系数最大为株高,达到 23.76%;变异系数 > 15% 的性状有单株荚数、单株粒数、主茎节数和产量,分别为 22.76%、19.22%、16.74% 和 15.01%;变异系数在 8.0% ~ 12.5% 之间的有百粒重、收获株数和生育期,分别为

12.26%、9.73% 和 8.16%;变异系数较小的是品质性状,蛋白质和脂肪含量的变异系数分别为 3.63% 和 3.97%。

根据以上分析,南疆地区春播大豆品种在单株荚数、单株粒数、主茎节数和产量具有较大的改良空间,重点关注单株荚数、单株粒数两个与产量构成密切相关的指标。品质性状的变异系数较小,供试品种间蛋白含量和脂肪含量的差异较小,需要引进高油或高蛋白品种予以改良。

表 1 南疆春播大豆主要农艺性状的变异性分析
Table 1 Variation analysis of main agronomic traits of spring sowing soybeans in South Xinjiang

性状 Traits	最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV/%
株高 Plant height/cm	106.4	41.8	70.86	16.84	23.76
主茎节数 Nodes number of main stem	19.6	9.2	12.98	2.17	16.74
单株荚数 Pods number per plant	39.6	17.2	27.12	6.17	22.76
单株粒数 Seeds number per plant	107.2	47.9	77.61	14.92	19.22
百粒重 100-seed weight/g	30.11	18.11	23.98	2.94	12.26
收获株数 Number of harvested plants/(万株·hm ⁻²)	41.70	23.10	32.99	3.21	9.73
蛋白含量 Protein content/%	45.14	39.69	42.11	1.53	3.63
脂肪含量 Fat content/%	24.22	20.89	22.36	0.89	3.97
生育期 Growth period/d	145.00	118.00	125.97	10.28	8.16
产量 Yield/(kg·hm ⁻²)	6420.00	3310.50	5238.67	786.34	15.01

2.2 大豆各性状间的相关性分析

2.2.1 产量与各性状间的相关性分析 由表 2 可知,株高、主茎节数、生育期与产量呈极显著正相关($P < 0.01$),表明主茎节数增多,株高随之增高,延长生育期有利于提高产量。单株荚数、单株粒数与产量呈显著正相关($P < 0.05$),说明增加单株荚数和单株粒数有利于提高产量。

2.2.2 各性状间的相关性分析 株高与主茎节数、单株荚数、生育期呈极显著正相关($P < 0.01$),表明株高与这 3 个性状之间存在很强的关联;生产中生育期较长的品种,通常株高也较高,随着株高的增加,主茎节数、单株荚数也随之增多。主茎节数与单株粒数呈显著正相关($P < 0.05$),表明主茎节数增加,单株粒数也会增加;主茎节数与百粒重呈极显著负相关($P < 0.01$),表明主茎节数增加可能导致百粒重降低。单株荚数与单株粒数呈极显著正

相关($P < 0.01$),表明单株荚数增加,单株粒数也随之增多;单株荚数、主茎节数与百粒重呈极显著负相关($P < 0.01$),说明百粒重会因主茎节数和单株荚数的增加而降低。

蛋白质含量与产量、株高、脂肪含量、生育期呈极显著负相关($P < 0.01$),与主茎节数呈显著负相关($P < 0.05$),与百粒重呈显著正相关($P < 0.05$)。脂肪含量与产量、株高、生育期呈极显著正相关($P < 0.01$),与主茎节数和单株荚数呈显著正相关($P < 0.05$),与百粒重呈显著负相关($P < 0.05$)。

上述分析表明南疆地区要提高大豆产量可通过选用生育期较长、株高适中、单株粒数、单株荚数、主茎节数较多的品种实现。增加单株荚数的同时,注意保持百粒重的稳定,避免产量损失。在种植过程中,注意平衡各性状之间的关系,以达到最佳产量和品质水平。

表 2 南疆春播大豆产量及农艺性状的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of yield and agronomic characters of spring sowing soybeans in South Xinjiang										
相关系数 Correlation	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	Y1
X1	1									
X2	0.77 **	1								
X3	0.37	0.51 **	1							
X4	0.37	0.42 *	0.84 **	1						
X5	-0.37	-0.44 *	-0.55 **	-0.35	1					
X6	0.21	0.16	-0.43 *	-0.54 **	-0.04	1				
X7	-0.61 **	-0.39 *	-0.22	-0.24	0.39 *	-0.09	1			
X8	0.43 **	0.37 *	0.37 *	0.25	-0.42 *	-0.05	-0.78 **	1		
X9	0.90 **	0.73 **	0.35	0.40 *	-0.41 *	0.10	-0.54 **	0.39 **	1	
Y1	0.67 **	0.50 **	0.41 *	0.42 *	-0.33	-0.03	-0.84 **	0.70 **	0.60 **	1

注: *表示在 $P < 0.05$ 水平上显著相关; **表示在 $P < 0.01$ 水平上极显著相关。X1. 株高;X2. 主茎节数;X3. 单株荚数;X4. 单株粒数;X5. 百粒重;X6. 收获株数;X7. 蛋白含量;X8. 脂肪含量;X9. 生育期;Y1. 产量。

Note: * means significance at level of $P < 0.05$; ** means significance at level of $P < 0.01$. X1. Plant height; X2. Nodes number of main stem; X3. Pods number per plant; X4. Seeds number per plant; X5. 100-seed weight; X6. Number of harvested plants; X7. Protein content; X8. Fat content; X9. Growth period; Y1. Yield.

2.3 产量和农艺性状的因子分析

对 29 份大豆品种(系)综合性状进行因子分析,提取主因子遵循特征值大于 1,累计贡献率大于 80%的原则,分析结果列于表 3。由表 3 可知,4 个主因子累计贡献率高达 88.74%,说明上述 4 个主因子包含的信息量可以反映 10 个原始性状的大部分信息,可作为评价大豆综合性状的指标。由于因子载荷区分仍不清晰,用方差极大正交旋转,得到旋转因子载荷矩阵。各因子组成及载荷因子见表 4;第 1 主因子主要由株高、主茎节数、生育期 3 个因子决定,其载荷因子分别为 0.891,0.836 和 0.871,

称为株高因子;第 2 主因子主要由蛋白含量、脂肪含量和产量 3 个因子决定,其载荷因子分别为 -0.905,0.872 和 0.805,称为产量品质因子,此因子为生产中评价大豆区域适应性的主要指标;第 3 主因子主要由单株荚数、单株粒数和收获株数 3 个因子决定,其载荷因子分别为 0.745,0.848 和 -0.880,对产量影响最大,称为产量构成因子;第 4 主因子主要由百粒重 1 个因子决定,其载荷因子为 -0.903。综合分析表明,10 个性状对大豆综合指标贡献的主因子由大到小分别为:株高因子 > 产量品质因子 > 产量构成因子 > 百粒重因子。

表 3 主因子特征值、贡献率及累计贡献率

Table 3 The eigenvalue contribution rate and accumulative contribution rate of the main factors						
主因子 Primary factor	提取平方载荷总和 Sum of square load			旋转平方载荷总和 Sum of rotation square load		
	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate/%	累计贡献率 Accumulative contribution rate/%	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate/%	累计贡献率 Accumulative contribution rate/%
F1	4.98	49.79	49.79	2.88	28.76	28.76
F2	1.91	19.08	68.87	2.56	25.56	54.32
F3	1.17	11.73	80.60	2.12	21.23	75.55
F4	0.81	8.14	88.74	1.32	13.20	88.74

表 4 旋转后因子载荷矩阵
Table 4 The rotation of the sub-load matrix

相关指标 Relative index	F1	F2	F3	F4
株高 Plant height	0. 891	0. 366	0. 012	0. 081
主茎节数 Nodes number of main stem	0. 836	0. 141	0. 105	0. 311
单株荚数 Pods number per plant	0. 302	0. 124	0. 745	0. 497
单株粒数 Seeds number per plant	0. 346	0. 116	0. 848	0. 199
百粒重 100-seed weight	-0. 210	-0. 237	-0. 097	-0. 903
收获株数 Number of harvested plants	0. 265	-0. 027	-0. 880	0. 156
蛋白含量 Protein content	-0. 302	-0. 905	0. 024	-0. 106
脂肪含量 Fat content	0. 108	0. 872	0. 104	0. 264
生育期 Growth period	0. 871	0. 300	0. 080	0. 099
产量 Yield	0. 444	0. 805	0. 194	0. 020

2.4 产量和农艺性状主因子得分和综合评价

根据上述 4 个主因子进行得分综合分析,参照周桂梅等^[13]的方法,建立大豆品种综合评价数学模型: $F = (28.76 \times F1 + 25.56 \times F2 + 21.23 \times F3 + 13.20 \times F4) / 88.74$,利用该数学模型计算大豆品种各性状的综合得分,进行优良排序,结果见表 5。29 份大豆品种(系)中综合得分排在前 4 位的品种(系)分别是吉育 4521、新大豆 23 号、吉育 4412 和吉育 5517,株高范围为 77.2 ~ 106.4 cm,主茎节数

16.0 ~ 19.9 节,单株荚数 29.2 ~ 35.7 个,单株粒数 88.9 ~ 99.4 个,产量性状方面表现突出。排在 5 ~ 10 位的品种(系)分别为新振豆 14 号、新振豆 9 号、新大豆 26 号、新振豆 10 号、吉育 5412 和新振豆 7 号,为本单位自育品种,综合性状表现良好,适合该地区种植;排在最后 5 位的品种(系)分别海伦 2385、东生 202、东生 35 号、东生 216 和东生 206,这 5 份品种(系)单株有效荚数较低,粒数少,产量性状不理想,不适宜在该地区春播种植。

表 5 大豆种质资源的各主因子得分、综合得分及优良排序
Table 5 Scores,comprehensive scores and excellent sorting of the main factors of soybean germplasm resources

品种(系) Cultivars (lines)	F1	F2	F3	F4	综合得分 Overall ratings	优良排序 Excellent sorting
吉育 4521 Jiyu 4521	0. 998	1. 527	0. 337	-0. 043	0. 837	1
新大豆 23 号 Xindadou 23	0. 485	0. 252	0. 902	1. 892	0. 727	2
吉育 4412 Jiyu 4412	1. 917	0. 278	0. 381	-0. 914	0. 657	3
吉育 5517 Jiyu 5517	3. 110	-1. 908	0. 000	0. 972	0. 603	4
新振豆 14 号 Xinzhendou 14	0. 076	1. 210	0. 808	0. 076	0. 578	5
新振豆 9 号 Xinzhendou 9	-0. 215	0. 187	1. 328	1. 776	0. 566	6
新大豆 26 号 Xindadou 26	-0. 208	0. 446	2. 798	-1. 274	0. 541	7
新振豆 10 号 Xinzhendou 10	0. 350	0. 387	-0. 215	2. 078	0. 482	8
吉育 5412 Jiyu 5412	1. 561	-0. 277	-0. 093	-0. 353	0. 351	9
新振豆 7 号 Xinzhendou 7	0. 274	0. 483	0. 940	-0. 735	0. 344	10
东创农科 203 Dongchuangnongke 203	-0. 750	0. 344	1. 603	0. 597	0. 328	11
新振豆 15 号 Xinzhendou 15	-0. 574	1. 620	-0. 790	1. 339	0. 291	12
新振豆 8 号 Xinzhendou 8	-0. 067	1. 164	0. 005	-0. 732	0. 206	13
吉育 5523 Jiyu 5523	1. 644	1. 027	-2. 343	-0. 575	0. 182	14
东昊豆 4 号 Donghaodou 4	-0. 498	0. 752	-0. 252	-0. 202	-0. 035	15
东生 823-840 Dongsheng 823-840	-0. 629	0. 112	0. 352	-0. 346	-0. 139	16
东生 366-372 Dongsheng 366-372	-0. 452	0. 619	0. 107	-1. 847	-0. 217	17
东生 37 Dongsheng 37	0. 074	-1. 112	0. 230	-0. 133	-0. 261	18
东生 22 Dongsheng 22	-0. 917	0. 245	-0. 640	0. 675	-0. 279	19
东昊豆 1 号 Donghaodou 1	-0. 874	1. 191	-1. 762	0. 228	-0. 328	20
东生 6 Dongsheng 6	-0. 282	-0. 153	-1. 134	-0. 090	-0. 420	21

表 5(续)

品种(系) Cultivars(lines)	F1	F2	F3	F4	综合得分 Overall ratings	优良排序 Excellent sorting
东生 120-13 Dongsheng 120-13	-0. 270	-0. 547	0. 162	-1. 916	-0. 491	22
东创 22 Dongchuang 22	-0. 422	-1. 396	-0. 107	0. 428	-0. 501	23
农发豆 402 Nongfadou 402	-1. 138	-0. 142	-0. 803	0. 402	-0. 542	24
海伦 2385 Hailun 2385	-0. 022	-0. 908	-0. 667	-0. 956	-0. 570	25
东生 202 Dongsheng 202	-0. 376	-1. 275	-0. 350	-0. 135	-0. 593	26
东生 35 号 Dongsheng 35	-0. 518	-0. 823	-0. 749	-0. 760	-0. 697	27
东生 216 Dongsheng 216	-1. 070	-1. 790	0. 296	0. 479	-0. 720	28
东生 206 Dongsheng 206	-1. 208	-1. 511	-0. 343	0. 068	-0. 899	29

2.5 大豆品种(系)综合性状的聚类分析

采用欧氏距离和可变类平均法对 29 份大豆品种(系)10 个性状进行聚类分析,具体分析结果如图 1 所示。29 份大豆品种(系)性状变异的欧式平均遗传距离的变异范围为 1.2 ~ 17.2,以遗传距离 5.0 为分界线,可将 29 份大豆品种(系)分为 6 大类群,6 类大豆品种差异分析见表 6。其中第Ⅰ类群包括 8 份大豆品种(系)(东创 22、东生 120-13、东生 202、东生 206、东生 216、东生 35 号、东生 37 和海伦 2385),该类材料生育期短、株高矮、节数少、荚数少、单株粒数少、产量低,但百粒重和蛋白含量高。第Ⅱ类群包括 7 份大豆品种(系)(东昊豆 1 号、东昊豆 4 号、东生 22、东生 366-372、东生 6、东生 823-840 和农发豆 402),与第Ⅰ类相比,产量、株高有所提高,蛋白含量略有下降,此类品种(系)推荐在南疆地区复播种植。第Ⅲ

类群包括 10 份大豆品种(系)(吉育 4412、吉育 4521、吉育 5412、新大豆 23 号、新振豆 10 号、新振豆 14 号、新振豆 15 号、新振豆 7 号、新振豆 8 号和新振豆 9 号),其中 7 份为新疆农垦科学院自育品种(系),该类品种(系)具有株高、节数、荚数偏高、生育期适中、产量高等特点,区域适应性强,可以在南疆地区春播种植的品种。第Ⅳ类包括 2 份大豆品种(系)(东创农科 203 和新大豆 26 号),与第Ⅲ类相比,产量和株高略低,单株荚数和单株粒数较多。第Ⅴ类包括 1 份大豆材料吉育 5517,该品种株高较高、产量低。第Ⅵ类包括 1 份大豆品种(系)(吉育 5523),具有生育期长、主茎节数多、株高偏高、单株荚数和单株粒数居中、收获株数高、产量较高的特点,此品种属于中晚熟品种,可通过提高单株荚数和单株粒数来提高产量,适合南疆地区春播种植。

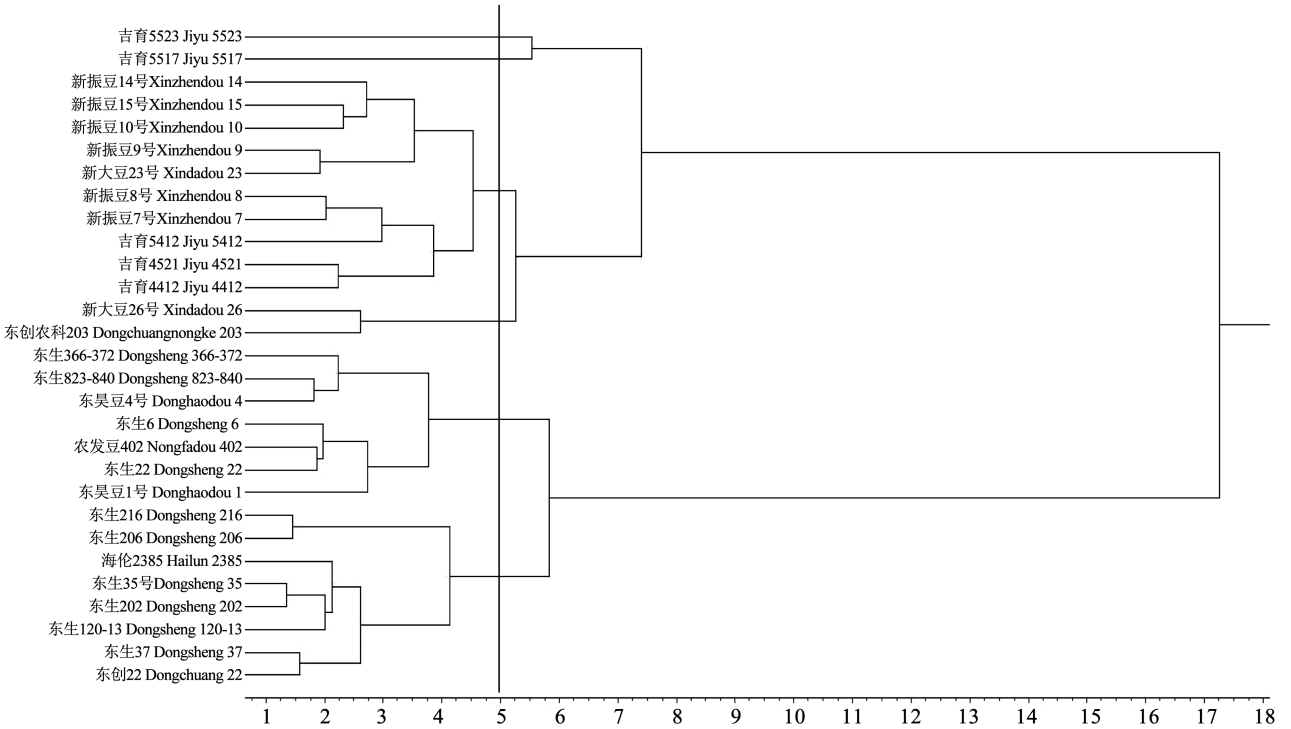


图 1 农艺性状及产量性状大豆品种(系)聚类图
Fig. 1 Clustering chart of agronomic and yield traits (lines) of soybean

表 6 6 类群大豆资源差异性分析

Table 6 Difference analysis of the six types of soybean germplasm resources

类群 Cluster	品种 数量 (系) Variety (line) number	株高 Plant height/cm	主茎节数 Nodes number of main stem	单株荚数 Pods number per plant	单株粒数 Seeds number per plant	百粒重 100-seed weight/g	收获株数 Number of harvested plants/ (万株·hm ⁻²)	蛋白含量 Protein content/%	脂肪含量 Fat conten/%	生育期 Growth period/d	产量 Yield/ (kg·hm ⁻²)
I	8	55.48 ± 9.54	11.63 ± 1.06	23.04 ± 2.40	67.99 ± 9.50	26.02 ± 2.33	33.04 ± 1.61	43.95 ± 1.16	21.59 ± 0.45	118.00 ± 0	4403.81 ± 659.64
II	7	62.86 ± 6.98	11.77 ± 1.23	23.50 ± 4.53	69.2 ± 11.52	25.12 ± 2.55	34.16 ± 1.48	41.88 ± 1.1	22.18 ± 0.82	118.00 ± 0	5006.36 ± 473.38
III	10	82.58 ± 10.47	14.30 ± 1.74	31.17 ± 5.18	86.13 ± 10.05	21.69 ± 2.61	32.25 ± 2.05	40.97 ± 0.7	23.05 ± 0.78	134.50 ± 7.25	5940.60 ± 299.20
IV	2	68.20 ± 4.81	12.30 ± 0.42	35.40 ± 1.13	103.05 ± 5.87	24.13 ± 2.09	26.10 ± 4.24	41.87 ± 0.43	22.70 ± 0.25	124.00 ± 8.49	5627.25 ± 5.30
V	1	106.4	19.6	35.7	94.8	21.83	36.9	42.77	21.58	145	4858.5
VI	1	102.6	13.8	19.4	60.1	24.44	41.7	40.26	23.03	145	6127.5

3 讨论

3.1 适合南疆地区的春播大豆品种(系)筛选

南疆地区种植大豆时间较短,缺乏优质高产适应性品种,本研究通过对 29 份大豆材料的综合评价,筛选吉育 4521、新大豆 23 号、吉育 4412 和吉育 5517 等品种在株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数和产量性状方面表现突出,表现出较强的区域适应性。相关研究表明单株有效荚数与单株粒数之间具有较强的正相关,可通过增加单株有效荚数来达到增加单株粒数的目的^[14-16]。本研究 29 份大豆材料的单株荚数、单株粒数和产量的变异系数分别为 22.76%、19.22% 和 15.01%,产量为 3 310.50 ~ 6 420.00 kg·hm⁻²,说明该地区大豆可通过增加单株荚数和单株粒数来实现产量的较大提升。

3.2 大豆品种(系)因子分析与综合评价

因子分析法作为一种多元统计手段,旨在将多个相互影响的农艺和产量性状归并为少数几个主因子群,以便更清晰地揭示其内在结构^[17,18]。本研究运用此方法,从大豆的综合评价中提取 4 个关键主因子:株高因子>产量品质因子>产量构成因子>百粒重因子。与前人^[9,17]通过主成分因子贡献率提取到 3 个因子(产量因子>粒重因子>株高因子),用因子分析法将大豆 10 个性状浓缩为 4 个主因子(结荚数因子>高度因子>粒重因子>株数因子)略有不同。在南疆地区,大豆的株高普遍偏低,是制约大豆产量提高的关键,故本研究提取到的株高是主要因子,符合生产实际;产量品质因子则是评估大豆是否适宜在该地区种植的核心指标;而产量构成因子则直接决定了大豆的最终产量。综上所述,这些主因子为全面评估大豆在南疆地区的适应性和推广潜力提供了科学依据。

3.3 大豆品种(系)多样性聚类分析

聚类分析既可以看出类群之间的相互关系,又可以了解类群品系的亲疏远近,对大豆聚类分析的研究^[9,11,19,20]表明可根据品种来源或性状差异对大豆资源进行分类。本文通过聚类分析将 29 份大豆品种分成 6 类,第 I 类生育期短、蛋白含量较高。第 II 类和第 I 类品种来源较为相近,但第 II 类产量略高,该类品种适合南疆地区复播种植。第 III 类大多为新疆自育品种,综合性状优良,表现为较强品种适应性,适合在南疆地区春播种植。第 VI 类品种熟期偏晚,适合南疆地区不进行冬麦种植的地块。第 V 类和第 VI 类各包含 1 个吉育系列的品种,共性特点为生育期长且株高较高。聚类分析和因子分析结果表明,当地自育品种具有一定优势,说

明在引进其他地区品种的同时,要关注当地自育品种。

3.4 适宜种植品种特性与推荐

本研究中新疆自育的 7 个品种(新振豆和新大豆系列),在株高和主茎节数上均表现适中,单株荚数和粒数较多,因此产量较高。此外,这些品种还展现出了良好的区域适应性,适应南疆自然条件。鉴于新疆与吉林省在纬度上相近,从吉林引进的部分生育期适宜的大豆品种(吉育系列)在南疆地区春播种植也表现出良好的适应性。

4 结论

经过大田试验,对 29 份大豆品种(系)的 10 个性状进行了因子分析和聚类分析。这 10 个性状的变异系数在 3.63% 至 23.76% 之间,其中株高的变异系数最大,显示出较高的多样性;而蛋白含量的变异系数最小,显示出相对稳定的遗传特性。通过因子分析将这 10 个性状浓缩为 4 个主因子,分别是株高因子、产量品质因子、产量构成因子和百粒重因子。这 4 个主因子的累计贡献率高达 88.74%,有效地涵盖了原始性状的大部分信息。聚类分析的结果显示,29 份大豆品种可以被划分为 6 大类。结合因子分析和聚类分析的结果,筛选出吉育 4412、吉育 4521、吉育 5412、新大豆 23 号、新振豆 10 号、新振豆 7 号、新振豆 8 号、新振豆 9 号和吉育 5523 品种(系),这些品种(系)在南疆地区春播种植表现出较好的适应性,适合推广种植。

参考文献

[1] 冯锋,战勇,田志喜. 新疆地区发展大豆生产的可行性和初步建议[J]. 植物学报, 2020, 55(2): 199-204.
FENG F, ZHAN Y, TIAN Z X. The feasibility and recommendation for improving soybean production in Xinjiang[J]. Chinese Bulletin of Botany, 2020, 55(2): 199-204.

[2] 黄兴军,冉新月,吴树,等. 播期和密度对南疆春大豆光合特性及产量的影响[J]. 大豆科学, 2022, 41(5): 546-556.
HUANG X J, RAN X Y, WU S, et al. Effects of sowing dates and densities on photosynthetic characteristics and yield of spring soybean in southern Xinjiang[J]. Soybean Science, 2022, 41(5): 546-556.

[3] 杜亚敏,高阳,章建新. 播期对新疆高产春大豆产量和品质的影响[J]. 大豆科学, 2018, 37(1): 87-91.
DU Y M, GAO Y, ZHANG J X. Effect of sowing date on yield and quality of high-yield spring soybean in Xinjiang[J]. Soybean Science, 2018, 37(1): 87-91.

[4] 齐鑫,吴树,黄兴军,等. 株行配置对南疆复播大豆光合特性的影响[J]. 新疆农垦科技, 2023(2):3-8.
QI Q, WU S, HUANG X J, et al. Effects of plant and photosynthetic characteristics and yield of multiple planting

soybean in southern Xinjiang [J]. Xinjiang Farm Research of Science and Technology, 2023(2):3-8.

[5] 吴树,冉新月,黄兴军,等. 株行配置对南疆复播大豆生长和产量的影响[J]. 大豆科学, 2023, 42(2): 194-203.

WU S, RAN X Y, HUANG X J, et al. Effects of plant and row configuration on growing and yield of multiple planting soybean in southern Xinjiang [J]. Soybean Science, 2023, 42 (2): 194-203.

[6] 冉新月,吴树,黄兴军,等. 株行配置对南疆复播大豆籽粒灌浆特性及产量的影响[J]. 山东农业科学, 2022, 54(12): 57-62.

RAN X Y, WU S, HUANG X J, et al. Effects of plant-row configuration on grain filling characteristics and yield of reseeded soybean in southern Xinjiang [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2022, 54(12): 57-62.

[7] 严勇亮,丛花,张金波,等. 南疆夏播大豆品种比较试验研究[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(6): 1159-1162.

YAN Y L, CONG H, ZHANG J B, et al. The varieties comparison testing research of summer sowing soybeans in southern Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2015, 52 (6): 1159-1162.

[8] 李有忠,战勇,张恒斌,等. 南疆春大豆品种比较试验研究[J]. 生物学杂志, 2017, 34(3): 53-56.

LI Y L, ZHAN Y, ZHANG Z B, et al. The varieties comparison testing of soybeans in southern Xinjiang[J]. Journal of Biology, 2017, 34(3): 53-56.

[9] 严勇亮,张恒,曲可佳,等. 大豆不同品种农艺性状及产量的比较[J]. 新疆农业科学, 2023, 60(7): 1653-1662.

YAN Y L, ZHANG H, QU K J, et al. Comparative study on the agronomic traits and yields of different soybean varieties [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2023, 60(7): 1653-1662.

[10] 时晓磊,丁孙磊,丛花,等. 夏播大豆产量相关性灰色关联度分析[J]. 新疆农业科学, 2023, 60(7): 1641-1652.

SHI X L, DING S L, CONG H, et al. Gray correlation analysis of reast soybean yield correlation traits [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2023, 60(7): 1641-1652.

[11] 曾凯,张恒斌,陈李森,等. 68 份大豆品种资源在新疆灌区的农艺性状分析[J]. 中国油料作物学报, 2017, 39(5): 615-622.

ZENG K, ZHANG H B, CHEN L M, et al. Agronomic traits analysis of 68 soybean variety resources in Xinjiang irrigation area [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2017, 39 (5): 615-622.

[12] 邱丽娟,常汝镇. 大豆种质资源描述和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 13-24.

(QIU L J, CHANG R Z. Descriptors and data standard for melon (*glycine* spp.) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 13-24.

[13] 周桂梅,刘振兴,陈健,等. 小豆品种形态特征研究及综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(5): 1144-1149.

ZHOU G M, LIU Z X, CHEN J, et al. Factor analysis and comprehensive assessment for agronomic traits of adzuki bean[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15(5): 1144-1149.

[14] 李灿东. 黑龙江省北部大豆主栽品种产量性状主成分分析[J]. 现代化农业, 2020(12): 4-8.

LI C D. Principal component analysis of yield traits of soybean cultivars in northern Heilongjiang Province [J]. Modernizing Agriculture, 2020(12): 4-8.

[15] 姜磊,沈维良,王路路,等. 宿州地区大豆新品种(系)比较试验[J]. 中国种业, 2019(4): 58-60.

JIANG L, SHEN W L, WANG L L, et al. Comparative test of new soybean varieties (lines) in Suzhou area [J]. China Seed Industry, 2019(4): 58-60.

[16] 陈红,张继君,张志良,等. 大豆引种筛选鉴定研究[J]. 南方农业, 2010, 4(2): 56-59.

CHEN H, ZHANG J J, ZHANG Z L, et al. Study on screening and identification of soybean introduction [J]. South China Agriculture, 2010, 4(2): 56-59.

[17] 赵海东,冯乃杰,郑殿峰,等. 东北北部高寒区大豆品系因子分析及综合评价[J]. 大豆科学, 2018, 37(3): 329-336.

ZHAO H D, FENG N J, ZHENG D F, et al. Factor analysis and comprehensive evaluation of soybean strain in cold area of north of Northeast China[J]. Soybean Science, 2018, 37(3): 329-336.

[18] 王凤敏,赵双进,王静华,等. 河北省不同时期育成大豆品种产量构成因子分析[J]. 大豆科学, 2014, 33(6): 830-836.

WANG F M, ZHAO S J, WANG J H, et al. Analysis on the yield components of soybean cultivars released in different stages of Hebei Province[J]. Soybean Science, 2014, 33(6): 830-836.

[19] 赵连佳,李淦,徐麟,等. 不同大豆品种在新疆生态区主要农艺性状表现及产量的相关分析[J]. 新疆农业科学, 2023, 60(7): 1663-1670.

ZHAO L J, LI G, XU L, et al. Analysis of the main characters of soybean varieties in Xinjiang and their correlation with yield[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2023, 60(7): 1663-1670.

[20] 胥凯,陈亚光,申为民,等. 黄淮海夏大豆(南片)品种(系)农艺性状的综合分析及评价模型构建[J]. 大豆科学, 2023, 42(2): 129-137.

ZAN K, CHEN Y G, SHEN W M, et al. Comprehensive analysis of agronomic characters of summer sowing soybean varieties (lines) in Huang-Huai-Hai region (south) and constructing a comprehensive evaluation model[J]. Soybean Science, 2023, 42 (2): 129-137.