



基于 ms1 轮回选择的大豆新品系农艺性状综合评价

赵志刚¹, 姬月梅¹, 连金番¹, 罗瑞萍¹, 张 娇¹, 沈 静²

(1. 宁夏农林科学院 农作物研究所, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏种子管理站, 宁夏 银川 750001)

摘 要:为了加快大豆育种进程,选育出适合宁夏地区种植的大豆优良品种,对基于 ms1 轮回选择得到的 40 份春大豆新品系的 11 个主要农艺性状进行遗传变异、相关性、主成分和聚类分析,以对其农艺性状做出综合评价。结果表明:各农艺性状存在较为丰富的变异,其中有效分枝的变异系数最大(60.59%),生育天数的变异系数最小(5.2%)。变异系数指标由大到小顺序依次为:有效分枝数>分枝数>单株产量>单株粒数>底荚高>单株有效荚数>单株荚数>株高>主茎节数>百粒重。相关性分析结果显示,各农艺性状之间存在一定的相关性,大豆单株产量与株高、主茎节数、有效分枝数、单株荚数、单株有效荚数、单株粒数呈极显著正相关($r=0.4026$)。聚类分析表明,在遗传距离为 45 处,40 份品系可以分为两大类群。第 I 类群有 5 个品种,该类群生育天数 140~141 d,晚熟品种,产量较高,株高偏高、有效分枝数、单株有效荚数、单株粒数较多,生育日数长,该类群品种适合在宁夏引黄灌区作为晚熟高产品种单作栽培种植。第 II 类群有 35 个品种,该类群生育天数 130~136 d,植株较矮、分枝少、生育日数较短,适合宁夏灌区及南部山区单作密植栽培,也可作为与小麦、玉米、西瓜、果树等作物间作套种植的品种。主成分分析表明,5 个主因子累计贡献率达到 93.92%;综合评价得分排序表明,前 3 位的分别为 13LD-222、12LD-89 和 17LD-46,尤其是产量性状表现突出,与试验应用结果表现出较好的吻合性。最终筛选出适合宁夏引黄灌区以及南北山区单种和宁夏间套作种植的优良品系 13LD-222 和 12LD-89。

关键词:大豆;ms1 轮回选择;因子分析;聚类分析

Comprehensive Evaluation on Agronomic Traits of New Soybean Lines Based on MS1 Recurrent Selection

ZHAO Zhi-gang¹, JI Yue-mei¹, LIAN Jin-pan¹, LUO Rui-ping¹, ZHANG Jiao¹, SHEN jing²

(1. Crop Institute of Ningxia Academy of Agricultural and Forestry, Yinchuan 750002, China; 2. Ningxia Seed Management Station, Yinchuan 750001, China)

Abstract: In order to speed up the soybean breeding process and select the excellent soybean varieties suitable for planting in Ningxia, we took 40 new spring soybean lines selected based on ms1 recurrent selection as materials in this study and comprehensively evaluated the 11 agronomic traits of these lines by variability, correlation, principal component and cluster analysis. The results showed that there were rich variations in each agronomic traits, the variation coefficient of effective branch was the largest (60.59%), and the variation coefficient of growth days was the smallest (5.2%). The order of coefficient of variation was effective branches number > branches number > yield per plant > seed number per plant > bottom pod height > effective pods number per plant > pods number per plant > plant height > nodes number of main stem > 100-seed weight. The results of correlation analysis showed that there was a certain correlation between agronomic traits. The yield per plant was significantly positively correlated with plant height, node number of main stem, effective branch number, pod number per plant, effective pod number per plant and seed number per plant ($r=0.4026$). Cluster analysis showed that the tested 40 lines could be divided into two groups at the genetic distance of 45. There were 5 lines in the first group. The growth days of this group were 140–141 d. The late maturing lines had higher yield, higher plant height, more effective branches, more effective pods per plant, more seeds per plant, and longer growth days. These lines were suitable for monoculture cultivation as late maturing high product varieties in Ningxia Yellow River irrigation area. There were 35 lines in the second group with the growth days of 130–136 d. They had lower plant height, fewer branches, and shorter growth days. They were suitable for monoculture and close planting in Ningxia irrigation area and southern mountainous area. They could also be used as intercropping varieties with wheat, corn, watermelon, fruit tree and other crops. Principal component analysis showed that the cumulative contribution rate of the five principal factors reached 93.92%, and the comprehensive evaluation scores were ranked, and the top three were 13LD-222, 12LD-89 and 17LD-46, especially the yield traits, which was consistent with the experimental results. Finally, 13LD-222 and 12LD-89 were selected out and suitable for single cropping and intercropping in Ningxia.

Keywords: Soybean; ms1 recurrent selection; Factor analysis; Cluster analysis

收稿日期:2020-11-07

基金项目:宁夏农林科学院科技创新引导项目(NKYJ-19-02);宁夏回族自治区自然科学基金(2020AAC03309);国家大豆产业技术体系支撑项目(CARS-04)。

第一作者:赵志刚(1963—),男,学士,副研究员,主要从事大豆育种及栽培技术研究。E-mail:nxsoy2010@163.com。

通讯作者:姬月梅(1981—),女,硕士,副研究员,主要从事大豆育种及栽培技术研究。E-mail:ji_yuemei@126.com。

大豆起源于中国,已有五千多年的种植历史,既是人类植物蛋白和油脂的主要来源^[1],又是中国重要的粮、油、饲兼用作物。高产和优质是大豆科研工作者的目标和栽培的主攻方向。在充分利用现有的种质资源的基础上,如何加快育种进程,提高育种效率,已成为当前育种工作者面临的重要课题之一。杂交虽然可以创制变异,但由于大豆是自花授粉作物,人工杂缴费时、费力,效率较低,而利用细胞核雄性不育-雌性可育系(简称雄性不育系),通过昆虫授粉即可简化操作还可以提高效率^[2]。轮回选择在小麦和玉米中已广泛应用^[3-5]。虽然雌性不育也有研究^[6],但在大豆中轮回选择的应用主要是从雄性不育基因中发现的。在大豆中发现的雄性核不育基因共有 11 个(ms1 ~ ms9、mos、msp)(<http://www.Soybase.org>),用于大豆群体改良的主要为 ms1,此基因位于第 13 号染色体 Sat516 ~ Sat595,与 ms6 位于同一染色体^[7],该基因与花色基因连锁,遗传距离为 2 cM^[8]。

大豆产量是众多性状的综合表现^[9-10],韩秉进等^[11]认为,提高大豆产量主要应该增加荚数,而百粒重效应较小。Nonokawa 等^[12]也发现单株荚数与单株产量的相关性最高。大豆的产量与单株荚数、单株粒数、结荚高度、主茎节数、株高、百粒重等性状都有密切关系,与产量在一定阈值内呈正相关或负相关^[13-14]。众多研究表明,通径、聚类 and 主成分分析方法的联合应用在品种评价指导育种、建立理想的高产株型方面有独特的优势^[15-20]。韩秉进等^[9]将大豆的 18 个性状指标归纳为 4 个综合指标;罗瑞萍等^[21]将 12 个春大豆品种的 10 个农艺性状

归纳为 4 个主成分;李向华等^[22]将中国 8 个春大豆的 18 个数量性状归纳为 6 个综合因子,这些研究为大豆的亲本选择和后代选育提供了理论支撑。

为了提高 ms1 大豆轮回群体选择新品系的选择效果,对新品系的不同农艺性状间的相互关系及遗传多样性进行系统地分析和评价,对于大豆新品种的选育和新品系的有效利用都具有十分重要的现实意义。宁夏农林科学院的罗瑞萍等研究人员 2008 年从河北省农林科学院粮油作物研究所引进大豆 ms1 轮回群体基础材料,通过多年在宁夏引黄灌区的适应性筛选,逐步构建了适宜宁夏引黄灌区生态类型区域的春大豆高产基础群体,并根据宁夏农业生态区域大豆生产对高产、优质、广适应以及间作套种对大豆品种的需求,开展了轮回群体选择与系统育种相结合的育种研究。本研究对 40 份通过 ms1 轮回群体选择得到的春大豆新品系的农艺性状进行遗传变异和相关性分析,了解影响基于 ms1 春大豆轮回群体选择的大豆品系农艺特性及性状之间的相互关系,并通过主成分分析和聚类分析评价各类群大豆新品系的主要特点,以提高选择效率,为 ms1 春大豆轮回群体选择新品种(系)应用提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为 40 份大豆新品系,由国家大豆产业技术体系银川综合试验站通过 ms1 大豆轮回高产群体选择培育获得,具体信息详见表 1。

表 1 供试大豆品系
Table 1 Tested soybean lines

品系编号 Line No.	品系名称 Line name	品系编号 Line No.	品系名称 Line name	品系编号 Line No.	品系名称 Line name	品系编号 Line No.	品系名称 Line name
DD01	12LD-89	DD11	16LD-119	DD21	16LD-18	DD31	15LD-2
DD02	13LD-222	DD12	16LD-77	DD22	16LD-10	DD32	15LD-42
DD03	14LD-125	DD13	17LD-46	DD23	16LD-199	DD33	16LD-115
DD04	15LD-37	DD14	18LD-8	DD24	16LD-7	DD34	16LD-8
DD05	15LD-86	DD15	19LD-84	DD25	14LD-154	DD35	16LD-175
DD06	16LD-75	DD16	19LD-78	DD26	14LD-124-2	DD36	16LD-223
DD07	16LD-27	DD17	14LD-124	DD27	14LD-13	DD37	16LD-64
DD08	16LD-118	DD18	14LD-219	DD28	14LD-105	DD38	16LD-180
DD09	16LD-18-2	DD19	14LD-122	DD29	15LD-8	DD39	16LD-218
DD10	16LD-6	DD20	16LD-124	DD30	15LD-8-2	DD40	CK2

1.2 试验设计

试验于 2019—2020 年在宁夏农林科学院农作物研究所望洪试验基地(38°13'N, 106°12'E)进行。试验的前茬作物为大豆,产量3 750 kg·hm⁻²以上,土质为粉(砂)壤土。4 月 15 日结合整地施尿素和磷酸二铵各 75 kg·hm⁻²,7 月 19 日喷施叶面肥。试验采用随机区组设计,3 次重复,每区种植 6 行,行长 6 m,行距 50 cm,株距 10 cm。4 月 19 日人工小锄开沟点播,9 月 25 日收获,10 月脱粒考种。

1.3 测定项目与方法

生长期进行田间观察及物候期记载,大豆成熟时每小区连续取 10 株连根拔起,进行室内考种,以每个性状 10 次考种数据的平均值作为该性状指标值。室内测定株高(X₁)、底荚高(X₂)、主茎节数(X₃)、分枝数(X₄)、有效分枝数(X₅)、单株荚数(X₆)、单株有效荚数(X₇)、单株粒数(X₈)、百粒重(X₉)、单株产量(X₁₀)、生育天数(X₁₁)等 11 个农艺性状。田间记载和考种标准参考《大豆种质资源描述规范和数据标准》^[23]。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 进行数据基本整理。DPS v18.10 数据处理系统软件进行遗传变异、相关性、主成分及聚类分析。

2 结果与分析

2.1 大豆新品系农艺性状的变异性分析

由表 2 可知,40 份试验材料的农艺性状存在较为丰富的变异。有效分枝数(X₅)的变异系数最大,为 60.59%;生育天数(X₁₁)的变异系数最小,为 5.18%。株高(X₁)、底荚高(X₂)、主茎节数(X₃)是决定植株株型的主要因素,变异系数分别为 18.27%、27.36%、12.76%;有效分枝数(X₅)、单株粒数(X₈)、单株产量(X₁₀)、百粒重(X₉)是构成产量的重要因素,变异系数分别为 60.59%、27.58%、29.34%、9.0%。变异系数指标由大到小顺序依次为有效分枝数(X₅)>单株分枝数(X₄)>单株产量(X₁₀)>单株粒数(X₈)>底荚高(X₂)>单株有效荚数(X₇)>单株荚数(X₆)>株高(X₁)>主茎节数(X₃)>百粒重(X₉)>生育天数(X₁₁)。结果表明,基于 ms1 轮回群体产生的春大豆新品系农艺性状之间差异明显,分枝数(X₄)、有效分枝数(X₅)、单株产量(X₁₀)、单株粒数(X₈)、单株荚数(X₆)、单株有效荚数(X₇)、底荚高(X₂)、株高(X₁)都具有较大的改良空间,在株型性状因素、产量构成因素上可供选择应用的品系也较为丰富。

表 2 不同大豆新品系农艺性状的变异性分析
Table 2 Analysis on the variation of agronomic characters in different new soybean lines

性状 Characters	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
最小值 The minimum	47.00	7.20	13.20	0.20	0.00	34.20	32.20	80.50	19.10	15.70	119.00
最大值 The maximum	123.20	32.00	21.80	4.70	4.60	88.30	87.80	231.70	27.30	52.50	145.00
平均值 Mean	94.90	19.70	17.00	1.90	1.70	50.60	48.80	123.50	22.00	27.10	134.40
标准差 SD	17.34	5.39	2.17	0.96	1.03	12.45	12.41	34.06	1.98	7.95	6.96
变异系数 CV/%	18.27	27.36	12.76	50.42	60.59	24.60	25.43	27.58	9.00	29.34	5.18

2.2 大豆新品系农艺性状间的相关性分析

农艺性状的相关性分析结果表明,主要农艺性状单株有效荚数(X₇)与主茎节数(X₃)、分枝数(X₄)、有效分枝数(X₅)、单株荚数(X₆)、单株粒数(X₈)、单株产量(X₁₀)、生育天数(X₁₁)呈极显著正相关,与株高(X₁)呈显著正相关;单株产量(X₁₀)与株高(X₁)、主茎节数(X₃)、分枝数(X₄)、有效分枝数(X₅)、单株荚数(X₆)、单株有效荚数(X₇)、单株粒数(X₈)、生育天数(X₁₁)呈极显著正相关,其中,

单株有效荚数(X₇)和单株粒数(X₈)与单株产量(X₁₀)的相关系数较大(表 3)。说明,产量的增加与单株有效荚数(X₇)和单株粒数(X₈)有很大的关系。

从相关分析可知,影响单株产量(X₁₀)的因子很多,但主要取决于株高(X₁)、主茎节数(X₃)、有效分枝数(X₅)和生育天数(X₁₁);在适宜的生育天数(X₁₁)内,单株有效荚数(X₇)越多、单株粒数(X₈)也随之增加、单株产量(X₁₀)就越高,与底荚高(X₂)和百粒重(X₉)相关性不太大,为此,在大豆新品系

的选育过程中要把株高 (X_1)、有效分枝数 (X_5)、单株有效荚数 (X_7)、单株粒数 (X_8) 作为首选对象考虑,同时降低结荚高度 (X_2)、提高百粒重 (X_9) 也是提高单株产量 (X_{10}) 的途径之一。

表 3 不同大豆新品系农艺性状的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of agronomic characters of different new soybean lines											
变量 Variable	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
X_1	1										
X_2	0.4038 **	1									
X_3	0.6961 **	0.3245 *	1								
X_4	0.3596 *	0.1332	0.3627 *	1							
X_5	0.2876	-0.0285	0.2781	0.8806 **	1						
X_6	0.3007	-0.0974	0.4409 **	0.6671 **	0.5289 **	1					
X_7	0.3692 *	-0.0986	0.4905 **	0.6814 **	0.5444 **	0.9905 **	1				
X_8	0.3924 *	-0.0009	0.5315 **	0.6595 **	0.5262 **	0.9493 **	0.9646 **	1			
X_9	0.1760	0.1250	0.3857 *	0.0677	0.0773	-0.0288	-0.0116	-0.0333	1		
X_{10}	0.4193 **	0.0193	0.6262 **	0.6552 **	0.5335 **	0.9092 **	0.9303 **	0.9571 **	0.2511	1	
X_{11}	0.7078 **	0.4906 **	0.6534 **	0.3901 *	0.2766	0.3580 *	0.4140 **	0.4771 **	0.2126	0.5109 **	1

相关系数临界值, $\alpha=0.05$ 时, $r=0.3120$; $\alpha=0.01$ 时, $r=0.4026$ 。* $P<0.05$, ** $P<0.01$ 。
When $\alpha=0.05$, $r=0.3120$, when $\alpha=0.01$, $r=0.4026$. * $P<0.05$, ** $P<0.01$.

2.3 大豆新品系农艺性状的聚类分析

采用欧氏距离中间距离法对 40 份大豆品系的 11 个农艺性状进行聚类分析,结果如图 1 所示。分析结果表明,在欧式距离为 45 时可将所有材料分为 2 大类群 4 个亚类群,不同类群材料表型性状的平均值详见表 4。

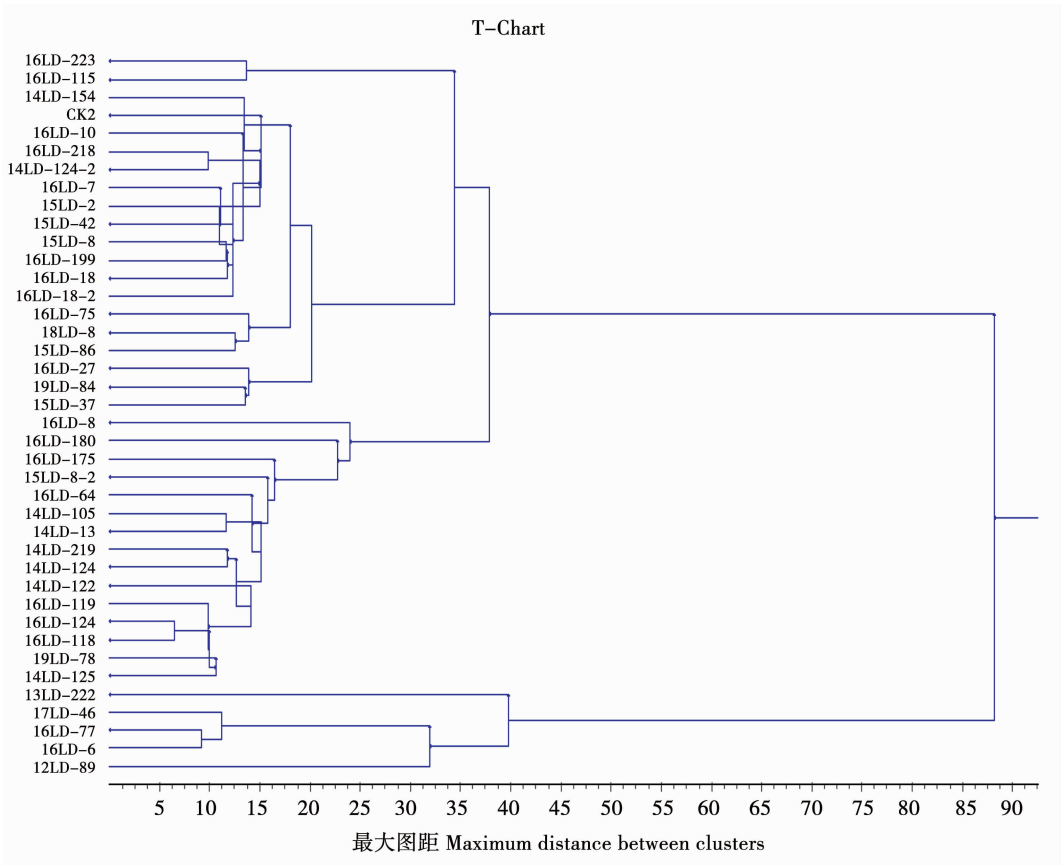


图 1 参试大豆品系聚类结果
Fig. 1 The clustering result of tested soybean lines

表 4 参试品系各类群的性状特征

Table 4 The characteristics of the various groups of tested lines

类群		品系数量	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
Class group		Lines number	/cm	/cm							/g	/g	/d
I	I - I	4	110.6	18	20.1	3.0	2.7	68.9	68.6	182.7	22.7	41.6	141
	I - II	1	113.5	18	20.7	4.7	4.6	88.3	87.8	231.7	22.7	52.5	140
II	II - I	14	88.0	19.1	16.1	1.4	1.3	38.7	37.2	92.5	22.5	20.9	130
	II - II	21	96.7	21.4	17.0	2.0	1.6	54.0	51.7	129.9	21.4	27.7	136

由图 1 和表 4 的聚类结果分析可知,第 I 类群可以分为 2 个亚群共有 5 个品系,该类群的主要特征为株高 (X₁) 110.6 ~ 113.5 cm、底荚高 (X₂) 18 cm、主茎节数 (X₃) 20.1 ~ 20.7、分枝数 (X₄) 3.0 ~ 4.7、有效分枝数 (X₅) 2.7 ~ 4.6、单株荚数 (X₆) 68.9 ~ 88.3、单株有效荚数 (X₇) 68.6 ~ 87.8、单株粒数 (X₈) 182.7 ~ 231.7、百粒重 (X₉) 22.7 g、单株产量 (X₁₀) 41.6 ~ 52.5 g,生育天数 (X₁₁) 140 ~ 141 d,该类群属晚熟品种,产量较高,株高 (X₁) 偏高、单株有效分枝数 (X₅)、单株有效荚数 (X₇)、单株粒数 (X₈) 较多,生育天数 (X₁₁) 较长,该类群品种适合在宁夏引黄灌区作为晚熟高产品种单作栽培种植,也可作为饲草大豆品种与青储玉米混种作为青储饲料提高饲草品质,只要栽培技术措施得当,最终会获得较高的产量。第 II 类群分为 2 个亚群共有

35 个品系,主要特征为株高 (X₁) 88.0 ~ 96.7 cm、底荚高 (X₂) 19 ~ 21.4 cm、主茎节数 (X₃) 16 ~ 17 节、分枝数 (X₄) 1.4 ~ 2.0、有效分枝 (X₅) 1.3 ~ 1.6、单株荚数 (X₆) 38.7 ~ 50.4、单株有效荚数 (X₇) 37.2 ~ 51.7、单株粒数 (X₈) 92.5 ~ 129.9、百粒重 (X₉) 21.4 ~ 22.5 g、单株产量 (X₁₀) 20.9 ~ 27.7 g、生育天数 (X₁₁) 130 ~ 136 d。该类群大豆植株较矮、分枝少、生育天数 (X₁₁) 较短,适合宁夏灌区单作高产栽培或与小麦、玉米、西瓜、果树等作物间套种植。

2.4 大豆新品系农艺性状的综合评价

对 40 份春大豆新品系的农艺性状进行主成分因子分析,由表 5 可知,5 个主因子累计贡献率达到 93.92%,说明分析的 5 个主因子包含的信息量可以反映原始数量性状 11 个参数的所有性状信息,可以作为评价大豆品系产量性状的综合指标。

表 5 不同大豆新品系主因子特征值

Table 5 The main characteristic values of different new soybean lines

主因子	特征值	贡献率	累计贡献率
The main factor	The feature value	Contribution/%	Cumulative contribution/%
F ₁	5.776	52.5091	52.5091
F ₂	2.064	18.7638	71.2729
F ₃	0.9987	9.0795	80.3524
F ₄	0.9616	8.7418	89.0943
F ₅	0.5313	4.8299	93.9242

根据上述 5 个主因子得分进行综合分析,建立新品系综合评价数学模型: $F = (52.5091F_1 + 18.7638F_2 + 9.0795F_3 + 8.7418F_4 + 4.8299F_5) / 93.9242$ ^[24],利用该数学模型计算大豆新品系各性状得分,并对 40 份大豆新品系前 10 位进行综合得分排序的结果如表 6 所示,40 份大豆品系中排序名列前 3 位的分别为 DD02 (13LD-222)、DD01 (12LD-89)、DD13 (17LD-46)。上述 3 个大豆新品系株高 (X₁) 103 ~ 120 cm、有效分枝 (X₅) 2.5 ~ 4.6、单株有效荚数 (X₇) 67.9 ~ 87.8、单株粒数 (X₈) 180 ~

231.7、百粒重 (X₉) 22.6 ~ 24.3 g、单株产量 (X₁₀) 40.7 ~ 52.5 g,农艺性状表现突出。排序 4 ~ 10 位的品系分别为 DD12 (16LD-77)、DD10 (16LD-6)、DD14 (18LD-8)、DD06 (16LD-75)、DD15 (19LD-84)、DD25 (14LD-154)、DD07 (16LD-27)。上述 7 个大豆新品系株高 (X₁) 90 ~ 123 cm、有效分枝 (X₅) 2.0 ~ 2.6、单株有效荚数 (X₇) 44.2 ~ 65.7、单株粒数 (X₈) 104.6 ~ 174.2、百粒重 (X₉) 20.8 ~ 27.0 g、单株产量 (X₁₀) 27.2 ~ 38.8 g,各品系的农艺性状表现较好。

表 6 大豆新品系主因子综合得分情况
Table 6 The comprehensive score of main factor in new soybean lines

品系编号 Line number	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	综合得分 F Comprehensive score F	排序 Sort
DD02	7. 5169	- 1. 8334	0. 2412	0. 6526	0. 1117	3. 9259	1
DD01	5. 6490	- 1. 2653	1. 8290	0. 1955	-0. 4198	3. 0788	2
DD13	4. 1726	0. 3207	0. 1862	-0. 3690	-0. 2223	2. 3690	3
DD12	3. 2859	-0. 3130	0. 2117	-0. 0445	-0. 1619	1. 7825	4
DD10	3. 2437	0. 0794	-0. 1930	-0. 9383	-0. 3129	1. 7072	5
DD15	1. 4754	2. 6308	1. 1207	2. 0392	-0. 3665	1. 6297	6
DD25	2. 0347	0. 8052	0. 4303	0. 5404	1. 5156	1. 4682	7
DD14	2. 3170	1. 2054	- 1. 0028	-0. 4744	-0. 1901	1. 3853	8
DD06	2. 1550	0. 6292	- 0. 9885	0. 0231	-0. 7669	1. 1976	9
DD07	1. 2118	1. 6845	-0. 8043	0. 3981	-0. 1753	0. 9643	10

3 讨 论

轮回选择技术作为种质创新的一种方法在大豆育种中的应用较为广泛^[25]。国内外学者研究证明轮回选择对产量、大豆熟期、蛋白质含量、油分含量、抗病性等性状有效^[26]。利用 ms1 轮回选择群体已经成功培育一批优良的大豆品种,例如河北省农林科学院选育的冀豆 19、冀豆 20、冀豆 21、冀豆 22。宁夏农林科学院农作物研究所利用 ms1 轮回群体构建成了适于当地的选择群体用于研究。

本研究对 40 份 ms1 轮回选育春大豆新品系的 11 个主要产量性状进行研究,发现各性状存在较为丰富的变异,变异系数明显的指标由大到小顺序依次为:有效分枝>分枝数>单株产量>单株粒数>底荚高>单株有效荚数>单株荚数>株高>主茎节数>百粒重,与前人的研究结果略有不同^[27]。但产量性状之间差异明显,分枝数、单株产量、单株粒数、单株荚数、底荚高、株高等性状都具有较大的改良空间。株型性状因素、产量构成因素方面可供选择应用的品系较为丰富。

从不同的农艺性状与产量的相关分析来看,各农艺性状之间存在一定的相关性,轮回选育的春大豆新品系单株产量与株高、主茎节数、分枝数、有效分枝数、单株荚数、单株有效荚数、单株粒数、生育天数呈极显著正相关,这些性状都是影响最终产量的主要因素,与前人研究结果一致^[28-30]。进一步分析发现,选择一个高产大豆新品系要在适宜的生育天数和合适的株高条件下,增加单株荚数、单株粒

数和百粒重,从而提高单株粒重以获得高产。

主成分的特征值与贡献率(百分率)是选择主成分的依据。本研究对轮回选择得到的 40 个春大豆品系的农艺性状进行了主成分分析,结果显示 5 个主因子累计贡献率达到 93. 92%,并利用该数学模型计算大豆新品系进行了综合得分排序,名列前 3 位的分别为 DD02(13LD-222)、DD01(12LD-89)和 DD13(17LD-46),尤其是产量性状表现突出,这与试验应用结果表现出较好的吻合性。本课题组经多年轮回选择,运用 ms1 群体育种的方法选育出了 DD02(13LD-222)、DD01(12LD-89)等高产品系,其中 13LD-222 参加 2018—2019 年宁夏春大豆区域试验,两年平均产量 4 455. 6 kg·hm⁻²,比对照增产 9. 9%,产量位居试验第一,2019 年品质分析籽粒粗蛋白 39. 23%,粗脂肪 21. 12%;12LD-89 参加 2020 年宁夏春大豆区域试验,平均产量 4 350 kg·hm⁻²,比对照增产 6. 3%。

聚类分析可以看出,40 份大豆新品系根据生育期不同聚为两大类群。第Ⅰ类群属晚熟品种类群,产量高,株高较高、有效分枝数、单株有效荚数、单株粒数较多,生育日数长,该类群品种适合在宁夏引黄灌区作为晚熟高产品种单作栽培种植。第Ⅱ类群属中晚熟品种类群,主要表现大豆植株较矮、分枝少、生育日数较短,适合宁夏灌区以及南部山区单作栽培种植,也可作为与小麦、玉米、西瓜、果树等作物间套种的品种种植。研究结果为挖掘宁夏高产潜力和科学选择宁夏间套种品种提供了依据。

4 结 论

本研究在群体优化的前提下,经过优良单株筛选,优异株行种植,使优良性状得以稳定表现,从中鉴定出优良品系进行产量试验。对 40 份春大豆新品系的 11 个主要农艺性状进行了变异系数、相关性、主成分和聚类分析。各农艺性状存在较为丰富的变异,有效分枝的变异系数较大(60.6%),生育天数的变异系数较小(5.2%);相关性分析表明,各农艺性状之间存在一定的相关性,大豆单株产量与株高、主茎节数、分枝数、单株有效荚数、单株荚数、单株有效荚数、单株粒数、生育天数等性状呈极显著正相关($r=0.4026$);主成分分析表明,5 个主因子累计贡献率达到 93.92%,综合评价得分排序前 3 位的分别为 13LD-222、12LD-89 和 17LD-46;聚类分析表明,在遗传距离为 45 处,40 份品系可以分为两个大类群,最终筛选出适合宁夏引黄灌区以及南北山区单种和宁夏间套作种植的优良品系 13LD-222 和 12LD-89。

参考文献

[1] 赵团结,盖钧镒.栽培大豆起源与进化研究进展[J]. 中国农业科学,2004,37(7):954-962. (Zhao T J,Gai J Y. Advances in the study of the origin and evolution of cultivated soybeans[J]. Agricultural Science in China,2004,37(7):954-962.)

[2] Lewers K S,Palmer R G. Recurrent selection in soybean[J]. Plant Breeding Reviews,1997,15:275-314.

[3] 孙苏阳,王永军,李海军,等.小麦冬春轮回选择育种方法研究进展[J]. 中国农学通报,2013,29(36):15-20. (Sun S Y,Wang Y J,Li H J, et al. Research progress of winter-spring recurrent selection wheat breeding method[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2013,29(36):15-20.)

[4] Yoseph B, Kassa S, Stephen M, et al. Performance and grain yield stability of maize populations developed using marker-assisted recurrent selection and pedigree selection procedures [J]. Euphytica,2016,208(2):285-297.

[5] Ordas B, Malvar R A, Díaz R, et al. Molecular changes in two maize(*Zea mays* L.) synthetics after reciprocal selection with two alternative methods[J]. Molecular Breeding, 2015, 35(111):1-9.

[6] Yang Y, Benjamin D, Napatsakorn B, et al. Molecular mapping of three male-sterile, female-fertile mutants and generation of a comprehensive map of all known male sterility genes in soybean [J]. Genome, 2014,57(3):155-160.

[7] Speth B, Rogers J P, Boonyoo N, et al. Molecular mapping of five soybean genes involved in male-sterility, female-sterility [J]. Genome,2015,58(4):143-149.

[8] Mahama A A, Palmer R G. Translocation breakpoints in soybean classical genetic linkage groups 6 and 8[J]. Crop Science, 2003, 43(5):1602-1609.

[9] 韩秉进,潘相文,金剑,等.大豆农艺及产量性状的主成分分析[J]. 大豆科学,2008,27(1):67-73. (Han B J,Pan X W,Jin J, et al. Principal component analysis of agronomic and yield-related traits in soybean[J]. Soybean Science,2008,27(1):67-73.)

[10] 周恩远,刘丽君,祖伟,等.春大豆农艺性状与品质相关关系的研究[J]. 东北农业大学学报,2008,3(2):145-149. (Zhou E Y,Liu L J,Zu W, et al. Study on the relationship between the agronomic character and quality of spring soybeans[J]. Journal of Northeast Agricultural University,2008,3(2):145-149.)

[11] 韩秉进,潘相文,金剑,等.大豆植株性状相关性与产量回归分析[J]. 中国生态农业学报,2008,16(6):1429-1433. (Han B J, Pan X W, Jin J, et al. Correlation and regression of trait and yield of soybean[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2008,16(6):1429-1433.)

[12] Nonokawa K, Kokubun M, Nakajima T, et al. Roles of auxin and cyto kininin soybean pod setting [J]. Japanese Journal of Plant Production Science,2007,10(2):199-206.

[13] Board J, Kang M. Path analyses of the yield formation process for late-planted soybean[J]. Agronomy Journal,1999,91:128-135.

[14] Ouarrara S, Weaver D B. Effect of growth habit on yield components of late-planted soybean [J]. Crop Science,1995,35:411-415.

[15] 郭数进,杨凯敏,霍瑾,等.大豆不同性状与产量的相关性 & 主成分分析[J]. 山西农业科学,2015,43(5):505-508. (Guo S J, Yang K M, Huo J, et al. Correlation and principal component analysis between traits and yield in soybean[J]. Journal of Shanxi Agricultural Science,2015,43(5):505-508.)

[16] 赵银月,耿智德,保丽萍,等.云南省大豆地方品种资源的主成分分析及聚类分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2007(21):120-122. (Zhao Y Y, Geng Z D, Bao L P, et al. Principal component analysis and cluster analysis of local soybean varieties of Yunnan[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences),2007(21):120-122.)

[17] 王彩洁,李连华,李伟,等.大豆品种产量与主要性状的主成分分析[J]. 山东农业科学,2008(1):5-6. (Wang C J, Li L H, Li W, et al. Principal component analysis of soybean production and main characters [J]. Shandong Agricultural Science, 2008(1):5-6.)

[18] 张玉革,胡绪彬.基于主成分和聚类分析的大豆品种生物学性状的比较研究[J]. 大豆科学,2004,23(3):178-183. (Zhang Y G, Hu X B. A comparative study on biological characters of soybean varieties using principal component analysis and cluster analysis[J]. Soybean Science,2004,23(3):178-183.)

[19] 赵双进,张孟臣,蒋春志,等.大豆 ms1 轮回群体品质改良效应与分离特性研究[J]. 中国农业科学,2006,39(12):2422 - 2427. (Zhao S J, Zhang M C, Jiang C Z, et al. Study on quality improvement effect and separate character of soybean male sterile (ms1) recurrent selection population [J]. Scientia Agricultura Sinica,2006,39(12):2422-2427.)

[20] 汪宝卿,张礼凤,戴海英,等.黄淮海地区夏大豆农艺性状的遗传变异、相关及主成分分析[J]. 大豆科学,2012,31(2):208-212. (Wang B Q, Zhang L F, Dai H Y, et al. Genetic variation, correlation and principal component analysis on agronomic traits of summer sowing soybean (*Glycine max* L. Merr.) in Huanghuai region[J]. Soybean Science,2012,31(2):208-212.)

[21] 罗瑞萍,赵志刚,姬月梅,等.大豆产量及其相关数量性状关系的分析[J].安徽农业科学,2010,38(17):8910-8912. (Luo R P,Zhao Z G,ji Y M,et al. Research on there lation ship between soybean yield and its related quantitative character[J]. Journal of Anhui Agricultural Science,2010,38(17):8910-8912.)

[22] 李向华,常汝镇.中国春大豆品种聚类分析及主成分分析[J].作物学报,1998,24(3):325-332. (Li X H,Chang R Z. Cluster and principal component analysis of the spring soybean varieties in China[J]. Acta Agronomica Sinica,1998,24(3):325-332.)

[23] 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. Soybean species resource description and data standards [M]. Beijing: China Agricultural Press,2006:13-24.)

[24] 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,2018,7(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,2018,7(3):329-336.)

[25] 朱成松,盖钧镒,宋启建.大豆产量轮回选择的初步研究[J].江苏农业学报,1998,14(2):80-84. (Zhu C S,Gai J Y,Song Q J,et al. A Preliminary study on recurrent selection for yield in soybeans[J]. Jiangsu Journal of Agriculture,1998,14(2):80-84.)

[26] 赵青松,杨春燕,赵双进,等.大豆 ms1 轮回群体应用于转 EPSPS 基因大豆育种改良研究[J].华北农学报,2016,31(S):112-116. (Zhao Q S,Yang C Y,Zhao S J,et al. Application of transgenic herbicide-resistant soybean breeding based on male sterile(ms1) recurrent selection population[J]. Acta Agronomica Sinica,2016,31(S):112-116.)

[27] 段会军,张彩英,王省芬,等.河北省大豆品种主要农艺性状及聚类分析[J].河北农业大学学报,2003,26(2):5-9. (Duan H J,Zhang C Y,Wang S F,et al. Analysis of the main agro-artistic features and clustering of soybean varieties in Hebei Province[J]. Journal of Hebei Agricultural University,2003,26(2):5-9.)

[28] 刘念析,李穆,李秀平,等.大豆主要农艺性状间的相关分析[J].大豆科学,2013,32(4):570-572. (Liu N X,Li M,Li X P,et al. Correlation analysis between soybean's main agronomic features[J]. Soybean Science,2013,32(4):570-572.)

[29] 赵经荣,陈宛妹,李增禄,等.大豆主要农艺性状的因子分析[J].大豆科学,1991,10(1):24-30. (Zhao J R,Chen W M,Li Z L,et al. Factor analysis of soybean's main agro-sexuality [J]. Soybean Science,1991,10(1):24-30.)

[30] 仲义,鄂成林,孙发明,等.大豆农艺性状和品质性状间相关性分析[J].吉林农业科学,2012,(2):1-3. (Zhong Y,E C L,Sun F M,et al. Analysis of correlation between soybean agronomic and quality character[J]. Jilin Agricultural Science,2012,(2):1-3.)

欢迎订阅 2021 年《北方园艺》

中文核心期刊(1992 – 2017) 中国农业核心期刊

美国化学文摘社(CAS)收录期刊2015、2016、2018 年期刊数字影响力 100 强

《北方园艺》是由黑龙江省农业科学院主管,黑龙江省园艺学会、黑龙江省农业科学院主办的园艺类综合性学术期刊。创刊以来,《北方园艺》始终与时代同频,策划新栏目,报道行业热点,不断推出具有创新价值、学术价值和实用价值的科研成果,在全国园艺类核心期刊中排名第三;在新时代背景下,《北方园艺》积极推动传统媒体与新兴媒体的融合发展,探索新型出版模式,设有专属投稿网站和微信公众号,学术传播力不断提升。

为增加文章的可读性和更好的体现研究成果,本刊增加了内文和封二新品种彩版宣传;作者也可将团队试验成果以音视频形式在本刊微信公众号传播,具体事宜联系编辑部。

栏目设置: 研究论文、研究简报、设施园艺、园林花卉、资源环境生态、贮藏加工检测、中草药、食用菌、专题综述、产业论坛、农业信息技术、农业经济、农业经纬、实用技术、新品种(彩版封二)。

国际标准刊号:ISSN 1001 – 0009 **国内统一刊号:**CN 23 – 1247/S

邮发代号:14 – 150

半月刊 每月 15、30 日出版 **单价:**35.00 元 **全年:**840.00 元

全国各地邮局均可订阅,或直接向编辑部汇款订阅。

投稿网址:www. haasep. cn

地址:黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号《北方园艺》编辑部

邮编:150086

电话:0451 – 86694145

信箱:bffybjb@ vip. 163. com

