

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

汪宝卿,张礼凤,戴海英,王彩洁,李伟,徐冉

(山东省农业科学院作物所,山东 济南 250100)

摘要:以黄淮海地区87个大豆常规栽培品种为材料,对12个产量相关的农艺性状进行了遗传变异、相关及主成分分析。结果表明:在所有供试品种中,变异系数最大的是有效分枝数,最小的是生育期;亚有限型夏大豆底荚高度、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重的变异系数(18.38%~27.56%)较大;有限型夏大豆株高、底荚高度、单株荚数、单株粒数和单株粒重的变异系数(21.02%~28.04%)较大。在亚有限型夏大豆品种中,产量与每荚粒数、单株粒重、百粒重呈极显著正相关,与有效分枝数呈极显著负相关,与生育期呈显著负相关。在有限型夏大豆品种中,产量与茎粗呈极显著正相关,与底荚高度呈显著正相关,与其它农艺性状相关性不显著。亚有限和有限结荚习性的夏大豆性状主成分分析中,前4个主成分对变异的累计贡献率分别为79.92%和79.50%。对以亚有限和有限型为主的黄淮海地区夏大豆在进行单株选择时,应根据其不同的结荚习性而有所侧重。对于亚有限型品种,应选择株高和生育期适中,有效分枝数较少,而每荚粒数、百粒重均较大的品种。对于有限型品种,应选择茎基部较粗,株高和底荚高度较高,主茎节数较多,单株荚数、单株粒数较多的品种。

关键词:黄淮海;夏大豆;相关性分析;主成分分析

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2012)02-0208-05

Genetic Variation, Correlation and Principal Component Analysis on Agronomic Traits of Summer Sowing Soybean (*Glycine max* Merr.) in Huanghuai Region

WANG Bao-qing, ZHANG Li-feng, DAI Hai-ying, WANG Cai-jie, LI Wei, XU Ran

(Crop Science Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, Shandong, China)

Abstract: Genetic variation, correlation and principal component analysis were used to analyze the relationship between yield and related agronomic traits of 87 summer sowing soybeans in Huanghuai region. Results showed that variation of effective branch number was the greatest; variation of growth duration was the least. The variation of lowest pod height, pod number per plant, seed number per plant, seed weight per plant and 100-seed weight ranged from 18.38% to 27.56% in semi-determinate soybeans; in determinate soybeans, the variation of plant height, lowest pod height, pod number per plant, seed number per plant, seed weight per plant ranged from 21.02% to 28.04%. In semi-determinate soybeans, yield had extremely significant positive correlation with seed number per pod, seed weight per plant and 100-seed weight, but significant negative positive correlation with effective branch number and growth duration. While in determinate soybeans, yield had extreme significant positive correlation with stem diameter, and significant positive correlation with lowest pod height. Principal component analysis between different stem termination soybeans showed the first four principal components respectively account for 79.92% and 79.50% of total variation. It should be emphasized according to different stem termination for selecting varieties, especially in Huanghuai region where mainly planted semi-determinate and determinate summer sowing soybean. We should choose semi-determinate varieties with moderate plant height and growth duration, fewer effective branch numbers, more seed number per pod and higher 100-seed weight. It also need to select determinate varieties with thicker stem diameter, higher plant height and pod height at bottom, more main stem nodes pods per plant and seeds per pod.

Key words: Huanghuai region; Summer sowing soybean; Correlation analysis; Principal component analysis

大豆是我国重要的油料作物,其产量是受多基因控制的数量性状,由多因素相互作用而决定,在许多农艺性状间存在信息的重叠。主成分分析可以将多个相互关联的数量性状综合为少数几个主成分,通过对变量之间的相关系数矩阵内部结构的研究,找出数目较少能控制所有变量的主成分^[1]。如果所提取主成分的特征值能达到70%以上的贡

献率,就可以用这几个主成分对事物的属性进行概括性分析,基本可以得出影响事物性质的主要因素^[2]。通过主成分分析,王彩洁等^[3]将山东24个大豆品种的10个产量相关性性状归纳为3个主因子,韩秉进等^[4]将大豆的18个性状指标归纳为4个综合指标,罗瑞萍等^[5]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^[6]将中国89

收稿日期:2012-02-14

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(nyhyz07-004-06)。

第一作者简介:汪宝卿(1979-),男,博士,研究方向为植物激素生理与化学调控。E-mail:xb970607@163.com。

通讯作者:徐冉(1967-),男,研究员,主要从事大豆育种研究。E-mail:soybeanxu@yahoo.com.cn。

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育和后代选择提供了理论支撑。黄淮海地区是我国夏大豆主产区,产量占全国的 30% 左右,目前关于黄淮海地区夏大豆产量相关农艺性状的主成分分析报道较少。

结荚习性是大豆进化的重要性状之一。不同结荚习性的大豆品种在生育日数、主茎生长速度、营养生长和生殖生长的重叠期、光合产物的积累和分配规律、开花次序和时间、结荚部位等方面均存在明显差异^[7]。虽然已有研究对黄淮海大豆区试品种进行了多元分析^[8],但关于不同结荚习性品种间农艺性状关系的研究却鲜有报道。

该文拟通过对黄淮海地区不同结荚习性夏大豆产量相关农艺性状之间的遗传变异、相关性及其主成分分析,了解影响夏大豆产量的各相关农艺性状间的主次和依存关系,旨在提高性状的选择效率,为大豆新品种的选育和改良提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

依托山东省农业科学院大豆种质资源圃,选择黄淮海地区的 87 个大豆常规栽培品种为供试材料,

其中亚有限型品种 50 个,有限型品种 37 个。

1.2 试验设计

试验于 2009 和 2010 年在山东省农业科学院试验地进行。试验采用随机区组设计,3 行区,行距 0.5 m,行长 3.0 m,株距 10.5 cm,3 次重复。生长期进行田间观察记载,成熟后每小区取 10 株进行考种,测定项目有生育期(X_1)、株高(X_2)、有效分枝数(X_3)、主茎节数(X_4)、茎粗(X_5)、底荚高度(X_6)、单株荚数(X_7)、单株粒数(X_8)、每荚粒数(X_9)、单株粒重(X_{10})、百粒重(X_{11})等,小区计产并折合为公顷产量(X_{12})。数据取 2 a 的平均值。

1.3 数据分析

主要农艺性状的遗传变异由 Excel 2003 完成,相关性和主成分分析由 DPS 3.02 完成。

2 结果与分析

2.1 农艺性状的变异分析

如表 1 所示,无论是亚有限型还是有限型夏大豆品种中,主要农艺性状均存在丰富的变异。在亚有限夏大豆品种中,有效分枝数的变异系数(45.44%)最大,底荚高度、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重的变异系数集中分布在 18.38% ~

表 1 黄淮海夏大豆主要农艺性状的变异系数

Table 1 Variant coefficient of major agronomic trait of summer sowing soybean in Huanghuai region

结荚习性 Stem determination	性状 Characters	均值 Average	变异幅度 Range	标准差 SD	变异系数 CV/%
亚有限型 Semi-determinate	X_1	107.42	100.33 - 119.33	4.18	3.89
	X_2	100.03	76.80 - 126.37	11.28	11.28
	X_3	2.58	0.33 - 6.20	1.17	45.44
	X_4	17.37	14.43 - 21.23	1.62	9.35
	X_5	0.73	0.60 - 0.93	0.07	9.51
	X_6	23.47	11.60 - 45.37	6.19	26.36
	X_7	46.06	26.90 - 76.27	11.97	25.99
	X_8	99.22	59.23 - 164.40	22.33	22.50
	X_9	2.18	1.77 - 2.70	0.23	10.37
	X_{10}	15.32	6.20 - 26.73	4.22	27.56
	X_{11}	19.98	9.63 - 26.62	3.67	18.38
	X_{12}	2504.55	88.20 - 241.10	36.76	22.02
有限型 Determinate	X_1	103.30	88.00 - 121.00	6.11	5.91
	X_2	81.63	38.93 - 122.60	18.21	22.30
	X_3	2.41	0.53 - 5.70	1.18	48.91
	X_4	14.98	9.33 - 19.63	1.89	12.59
	X_5	0.69	0.60 - 0.83	0.06	8.28
	X_6	22.33	11.93 - 32.13	4.69	21.02
	X_7	45.32	26.60 - 75.57	12.71	28.04
	X_8	94.43	54.60 - 141.57	22.44	23.77
	X_9	2.11	1.77 - 2.70	0.22	10.17
	X_{10}	15.33	6.70 - 28.10	3.62	23.59
	X_{11}	19.56	13.53 - 23.70	2.54	12.99
	X_{12}	2741.85	131.60 - 240.03	25.30	13.84

27.56%,而生育期的变异系数(3.89%)最小。这说明,在亚有限型品种中,有效分枝数、底荚高度、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重还有一定改进的余地,可通过良种选配和改善栽培措施等使这些性状获得一定程度的改善和提高。

在有限型夏大豆品种中,也表现为有效分枝数的变异系数(48.19%)最大,株高、底荚高度、单株荚数、单株粒数和单株粒重的变异系数集中分布在21.02%~28.04%,生育期的变异系数(5.91%)最小。这说明,在有限型品种中,有效分枝数、株高、底荚高度、单株荚数、单株粒数和单株粒重具有一定的改进余地。

2.2 农艺性状间的相关性分析

如表2所示,在亚有限型夏大豆品种中,产量与每荚粒数、单株粒重、百粒重呈极显著正相关,与有效分枝数呈极显著负相关,与生育期呈显著负相

关。亚有限型夏大豆要获得高产,首先要考虑通过增加每荚粒数和百粒重,以提高单株粒重,从而提高经济系数。另外,每荚粒数与生育期、有效分枝数和单株荚数均呈极显著负相关,百粒重与株高、单株荚数、单株粒数呈极显著负相关,与茎粗和单株粒重呈极显著正相关。

在有限型夏大豆品种中,产量与茎粗呈极显著正相关,与底荚高度呈显著正相关,与其它农艺性状相关性不显著。有限型夏大豆要获得高产,可能与荚的空间分布结构有密切联系。而茎粗与主茎节数呈显著正相关,底荚高度与主茎节数呈极显著正相关,主茎节数与株高呈极显著正相关。另外,百粒重与单株荚数、单株粒数呈极显著负相关,单株粒重与单株荚数、单株粒数呈极显著正相关,茎粗与单株荚数、单株粒数均呈极显著正相关。

表2 黄淮海夏大豆主要农艺性状的相关性分析

Table 2 Correlation analysis between major agronomic traits of summer sowing soybean in Huanghuai river region

结荚习性 Stem determination	性状 Characters	相关系数 Correlation coefficient											
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂
亚有限型 Semi-determinate	X ₁	1.00											
	X ₂	0.11	1.00										
	X ₃	0.38**	-0.08	1.00									
	X ₄	0.29*	0.69**	-0.08	1.00								
	X ₅	0.45**	0.15	-0.08	0.35*	1.00							
	X ₆	0.26	-0.04	-0.06	0.18	0.12	1.00						
	X ₇	0.41**	0.21	0.51**	0.13	0.34*	-0.13	1.00					
	X ₈	0.24	0.23	0.31*	0.13	0.37**	-0.2	0.91**	1.00				
	X ₉	-0.53**	-0.02	-0.58**	-0.12	-0.06	-0.17	-0.44**	-0.06	1.00			
	X ₁₀	0.17	-0.07	-0.08	0.01	0.64**	-0.09	0.37**	0.46**	0.14	1.00		
	X ₁₁	0.02	-0.43**	-0.26	-0.18	0.42**	0.04	-0.41**	-0.36**	0.18	0.41**	1.00	
	X ₁₂	-0.29*	-0.13	-0.59**	-0.26	0.21	-0.17	-0.20	0.05	0.61**	0.41**	0.41**	1.00
有限型 Determinate	X ₁	1.00											
	X ₂	0.54	1.00										
	X ₃	0.53**	0.14	1.00									
	X ₄	0.32	0.47**	-0.10	1.00								
	X ₅	0.20	0.10	0.20	0.35*	1.00							
	X ₆	0.02	0.16	-0.21	0.50**	0.06	1.00						
	X ₇	0.35*	0.15	0.71**	-0.06	0.46**	-0.30	1.00					
	X ₈	0.21	0.20	0.58**	-0.02	0.46**	-0.34*	0.95**	1.00				
	X ₉	-0.42**	0.16	-0.53**	0.19	-0.13	0.07	-0.47**	-0.18	1.00			
	X ₁₀	-0.01	-0.14	0.32	0.03	0.51**	-0.22	0.63**	0.68**	-0.07	1.00		
	X ₁₁	-0.12	-0.50**	-0.17	-0.03	0.05	0.17	-0.44**	-0.52**	-0.04	0.08	1.00	
	X ₁₂	-0.04	0.01	-0.16	0.25	0.44**	0.36*	-0.13	-0.09	0.19	0.25	0.31	1.00

*代表 $P < 0.05$, **代表 $P < 0.01$ 。 * means $P < 0.05$, while ** means $P < 0.01$.

2.3 农艺性状的主成分分析

对亚有限和有限型夏大豆品种的 12 个主要农艺性状进行了主成分分析,结果见表 3。按照特征值大于 1 的原则提取了前 4 个主成分,对亚有限型和有限型的累计贡献率分别达到了 79.92% 和 79.50%,能比较全面地反映所有信息。其中主成分 1 贡献最大,分别为 28.83% 和 32.09%。

在亚有限型夏大豆品种中,主成分 1 的特征向量中,载荷较高且符号为正的主要农艺性状由高到低依次为单株荚数、单株粒数,为负的农艺性状主要是每荚粒数,主成分 1 中绝对值较高的 3 个性状主要反映了夏大豆的荚粒性状特征,这说明单株荚数和单株粒数与每荚粒数之间存在负相关关系。主成分 2 的特征向量中,载荷较高且符号为正的主要农艺性状依次为单株粒重、茎粗、公顷产量、百粒重、单株粒数、每荚粒数、单株荚数,为负的农艺性状主要有有效分枝数,主成分 2 为产量性状因子。主成分 3 的特征向量中,载荷较高且符号为正的主要

农艺性状依次为株高、主茎节数,为负的为有效分枝数,主成分 3 为株型性状因子。主成分 4 的特征向量中,载荷较高且符号为正的主要农艺性状依次为底荚高度、百粒重、生育期、茎粗、主茎节数,为负的为单株粒数、单株荚数、每荚粒数、公顷产量。

在有限型夏大豆品种中,主成分 1 的特征向量中,载荷较高且符号为正的主要农艺性状由高到低依次为单株荚数、单株粒数,特征向量符号为负的农艺性状主要是每荚粒数,主成分 1 主要反映了荚粒性状特征。主成分 2 的特征向量中,载荷较高且符号为正的主要农艺性状依次为主茎节数、底荚高度、株高,为负的有效分枝数,主成分 2 反映了株型性状特征。主成分 3 的特征向量中,载荷较高且符号为正的主要农艺性状依次为单株粒重、百粒重、公顷产量,为负的主要性状为株高、生育期,主成分 3 反映了产量性状特征。主成分 4 的特征向量中,载荷较高且符号为正的主要农艺性状依次为百粒重、生育期,为负的为每荚粒数、单株粒数。

表 3 黄淮海夏大豆主要农艺性状的主成分分析

Table 3 Principal component analysis between major agronomic traits of summer sowing soybean in Huanghuai region

结荚习性 Stem determination	主成分 Principle component	规格化特征向量 Standardization eigenvector												特征值 Eigenvalue	贡献率 Cumulative /%	累计贡献率 Proportion /%
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂			
亚有限型 Semi- determinate	1	0.35	0.21	0.35	0.23	0.18	0.04	0.46	0.36	-0.36	0.08	-0.25	-0.29	3.46	28.83	28.83
	2	0.09	0.01	-0.20	0.05	0.48	-0.08	0.16	0.28	0.21	0.54	0.31	0.41	2.60	21.69	50.52
	3	-0.12	0.62	-0.36	0.55	0.03	0.05	-0.11	0.01	0.25	-0.14	-0.27	0.04	1.79	14.94	65.46
	4	0.37	-0.04	-0.07	0.26	0.29	0.51	-0.27	-0.39	-0.24	-0.01	0.37	-0.16	1.74	14.46	79.92
有限型 Determinate	1	0.26	0.14	0.40	0.01	0.26	-0.17	0.49	0.47	-0.24	0.31	-0.22	-0.06	3.85	32.09	32.09
	2	0.24	0.38	-0.08	0.56	0.33	0.44	-0.06	-0.03	0.16	0.03	0.02	0.39	2.28	19.01	51.11
	3	-0.32	-0.45	-0.08	-0.09	0.35	-0.01	0.05	0.08	0.03	0.46	0.41	0.41	1.95	16.21	67.32
	4	0.40	-0.17	0.30	-0.02	-0.01	0.20	-0.05	-0.28	-0.61	-0.16	0.45	0.02	1.46	12.17	79.50

1~4 分别代表第一主成分~第四主成分。1-4 represent the first to fourth principle component, respectively.

3 讨论

从黄淮海夏大豆农艺性状的变异系数来看,无论是亚有限型还是有限型品种变异系数最大的均是有效分枝数,最小的是生育期,这与前人研究结果吻合^[5,8]。除底荚高度、单株荚数、单株粒数、单株粒重等农艺性状外,亚有限型夏大豆的百粒重和有限型夏大豆的株高也有一定的改进余地。可见,不同结荚习性的夏大豆在可改良的农艺性状方面略有差异。

从农艺性状与产量的相关性分析来看,在亚有限型夏大豆品种中,产量与每荚粒数、单株粒重、百粒重呈极显著正相关。而在有限型夏大豆中,产量与茎粗呈极显著正相关,与底荚高度呈显著正相关。这与以往的结果基本一致^[9-10]。进一步分析发现,在亚有限夏大豆中,主要依靠每荚粒数和百粒重的增加来提高单株粒重,而有限型夏大豆主要依靠单株荚数和单株粒数的增加来提高单株粒重,这说明不同结荚习性夏大豆提高单株粒重的途径存在差异。综合分析表明,在亚有限夏大豆品种中,

产量的增加主要是通过协调产量构成因素以提高经济系数来实现的。而在有限型夏大豆品种中,产量的提高主要是依靠底荚高度、主茎节数和株高的提高,有效分枝数的降低等株型结构的改善,以及增加茎粗提高抗倒伏能力来实现的。

从黄淮海夏大豆农艺性状的主成分分析来看,其性状信息主要集中在前4个主成分,亚有限型和有限型的累计贡献率为分别达到了79.92%和79.50%。无论是亚有限型还是有限型夏大豆,主成分1均为由单株荚数和单株粒数为主构成的荚粒性状因子,这是构成单株产量的重要性状,所占的贡献率也最高。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。在亚有限型夏大豆品种中,主成分2为产量性状因子,主成分3为株型性状因子。而在有限型夏大豆品种中,产量性状因子和株型性状因子的顺序则相反。这种差异可能是由于不同结荚习性大豆的生长发育规律不同所致。此外,在亚有限型夏大豆品种中,产量性状因子(单株粒数、单株荚数、每荚粒数、公顷产量)和部分株型性状因子(底荚高度、茎粗、主茎节数)存在负相关关系,这说明协调株型性状与产量性状的关系可提高其经济系数。

总之,以亚有限和有限型为主的黄淮海地区夏大豆在进行单株选择时,应根据其不同的结荚习性而有所侧重。对于亚有限型品种,应选择株高和生育期适中,有效分枝数较少,而每荚粒数、百粒重较大的品种。对于有限型品种,应选择茎基部较粗,株高、底荚高度较高,主茎节数较多,单株荚数和单株粒数较多的品种。

参考文献

- [1] 唐启义,冯明光. DPS数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2007:280-284. (Tang Q Y, Feng M G. DPS data processing system[M]. Beijing: Science Press, 2007: 280-284.)
- [2] 徐克学. 生物数学[M]. 北京:科学出版社,1999:12-102. (Xu K X. Biology mathematics [M]. Beijing: Science Press, 1999: 12-102.)
- [3] 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 Sciences, 2008(1): 5-6.)
- [4] 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.)
- [5] 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 the relationship between soybean yield and its related quantitative character[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2010, 38(17): 8910-8912.)
- [6] 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.)
- [7] 孙培乐,宋兆华. 不同结荚习性大豆品种生育特性的研究[J]. 大豆科技,2008(5):17-20. (Sun P L, Song Z H. Study on growth characters of different podding propensity soybean varieties[J]. Soybean Science & Technology, 2008(5): 17-20.)
- [8] 余飞,王友华,许海涛,等. 黄淮海大豆区试品种主要农艺性状的多元相关分析[J]. 河南农业科学,2008(10):41-44. (Yu F, Wang Y H, Xu H T, et al. Multivariate correlation analyses of main agronomic characters of soybean varieties in Huanghuaihai region[J]. Henan Agricultural Sciences, 2008(10): 41-44.)
- [9] 汪宝卿,张礼凤,慈敦伟,等. 黄淮海地区夏大豆农艺性状与产量的相关性及其灰色关联度分析[J]. 山东农业科学,2010(3):20-25. (Wang B Q, Zhang L F, Ci D W, et al. Correlation and grey relation analysis between agronomic traits for yield of summer sowing soybean in Huanghe-huaihe-haihe area[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2010(3): 20-25.)
- [10] 汪宝卿,张礼凤,慈敦伟,等. 黄淮海地区夏大豆农艺性状与产量的多元回归和通径分析[J]. 大豆科学,2010,29(2):255-259. (Wang B Q, Zhang L F, Ci D W, et al. Multiple regression and path analysis between agronomic traits and yield of summer sowing soybean (*Glycine max* L. Merr.) in Huanghuai river region[J]. Soybean Science, 2010, 29(2): 255-259.)
- [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 cytokinin in soybean pod setting[J]. Japanese Journal of Plant Production Science, 2007, 10(2): 1999-206.