

不同生态环境下大豆农艺性状的遗传效应及杂种优势分析

颜秀娟, 李明姝, 王志国, 李楠, 孙星邈

(吉林省农业科学院 大豆研究所, 吉林 长春 130024)

摘要:以不同生态区具有代表性的6个大豆品种为材料,按照NC II遗传交配设计(3×3),配置9个杂交组合。采用加性-显性与环境互作遗传模型及统计分析方法,分析不同生态环境下大豆农艺性状的遗传效应和杂种优势。结果表明:(1)F₂代各农艺性状均以显性效应为主,环境对各性状后代选择和杂种优势利用有不同程度的影响;(2)各性状的普通广义遗传率均达到显著水平以上,单株粒重的普通广义遗传率最高,更适合在高世代选择,分枝数、单株荚数的互作广义遗传率达到极显著水平;(3)百粒重在各环境条件下杂种优势相对较稳定,在哈尔滨各性状表现明显的杂种优势,产量相关性状表现一定的杂种优势,形态性状群体超亲优势不明显。

关键词:环境;大豆;农艺性状;遗传效应;杂种优势

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2013)06-0727-04

Analysis for Genetic Effect and Heterosis of Agronomic Traits in Soybean under Different Ecological Environments

YAN Xiu-juan, LI Ming-shu, WANG Zhi-guo, LI Nan, SUN Xing-miao

(Soybean Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130024, China)

Abstract: Six soybean varieties from different ecological region were selected and made 9 hybrid combinations according to NC II mating design. Genetic effect and heterosis of several agronomic traits under different ecological environments were analyzed by the models of genetic effects and genotype × environment interaction for additive-dominant epistasis. The results showed as follows (i) Dominant effect of all researched agronomic traits were significant, selecting and using heterosis of them were affected by environment to a certain extent. (ii) Broad-sense heritability (BSH) were significant over 0.05 level for all tested traits. Seed weight per plant had highest BSH, which was suitable for selection in higher generation. The interaction of BSH between branch number and pods per plant were significant at 0.01 level. (iii) Heterosis of 100-seed weight was more stable than other traits in different environments. Heterosis of tested traits in Harbin were more obvious than the other three sites. Yield-related traits exhibited certain heterosis, the high-parent heterosis for configuration traits was not obvious.

Key words: Environment; Soybean; Agronomic traits; Genetic effect; Heterosis

有关对大豆农艺性状的遗传效应、遗传力和杂种优势方面的研究,国内外曾有过一些报道^[1-17]。但以往的遗传效应和杂种优势研究多数是在单一环境条件下进行的。作物数量性状除受遗传主效应影响外,还受到环境效应和基因型与环境互作效应的影响,因此无论是后代选择还是杂种优势的利用,都应与适当的生态环境结合起来。本文通过对不同生态环境下大豆农艺性状的遗传效应和杂种优势分析,明确基因主效应以及基因型与环境的互作效应,正确评价各性状在不同生态环境下的遗传表现,为大豆杂交育种提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验设计

选用不同生态区具有一定代表性的吉育47、吉

育69、吉育83、吉育85、绥农14和黑农38共6个大豆品种为亲本,按照NC II遗传交配设计(3×3),配置9个杂交组合。

2009年按上述交配设计进行有性杂交,2010年在吉林省农业科学院大豆研究所试验地(公主岭)种植F₁,2011年分别在敦化市(E I)、哈尔滨市(E II)、吉林市(E III)和公主岭市(E IV)4个地点种植6个亲本和9个杂交组合F₂代。小区行长4.5 m,2行区,随机区组设计,3次重复。成熟后收获,每行取中间5株,室内考种,调查株高、节数等农艺性状。

1.2 统计及遗传模型分析方法

采用朱军提出的加性-显性及环境互作遗传模型^[18]及统计分析方法,采用MINQUE法估算性状的各项遗传效应在不同环境的遗传方差,采用调整无偏预测法(AUP法)预测各项遗传效应和杂种优

收稿日期:2013-08-02

基金项目:“十二五”农村领域国家科技计划课题(2011BAD35B06-2)。

第一作者简介:颜秀娟(1980-),女,硕士,助理研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:yanxiujuan2000@126.com。

通讯作者:李楠(1955-),男,研究员,从事大豆遗传育种研究。E-mail:nkylinan@126.com。

势值,采用 Jackknife 数值抽样技术^[19],对每个地点的区组进行重复抽样,计算各估算值的标准误,并用 t-测验对参数进行显著性检验,所有数据的运算和分析采用 QGASation 软件 (http://ibi.zju.edu.cn/software/qga/index_c.htm) 进行。

2 结果与分析

2.1 不同生态环境下大豆农艺性状的遗传方差分量分析

由不同杂交组合 F_2 农艺性状的遗传效应分析(表 1)可以看出,除单株粒数和单株粒重的加性效应为 0 外,其他 4 个性状加性效应均达到显著水平。所有性状的显性方差均达到显著水平,除株高和分枝数外,其他性状的显性方差达极显著水平,从与环境互作效应来看,百粒重的显性与环境互作效应为 0,节数、分枝数和单株荚数的加性与环境互作效应为 0,其余性状的遗传主效应和环境互作均达到

显著水平。

从方差分量比率来看,所有性状都是显性方差比率大于加性方差比率。株高和百粒重的加性与环境互作效应达到极显著水平,表明不同环境对后代选择的效果不尽相同;百粒重的显性与环境互作方差比率为 0,说明不同环境条件下利用杂种优势效果相同。分枝数的显性与环境互作方差分量占遗传主效应的 43.44%,达到极显著水平,表明不同环境下利用杂种优势的效果不同。单株荚数的显性和显性与环境互作分别占 15.63% 和 24.23%,分别达到极显著和显著水平。节数、单株粒数和单株粒重的加、显性效应与环境互作的方差比率均未达到显著水平。

以上各性状的机误方差占表型方差的比率均达到极显著水平,表明大豆农艺性状还会受到环境机误、抽样误差和栽培条件等其他因素的影响。

表 1 不同组合 F_2 各农艺性状的遗传效应分析
Table 1 Genetic effect analysis of agronomic traits in F_2

参数 Parameter	株高 Plant height	节数 Number of nodes	分枝数 Number of branches	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	单株粒重 Seeds weight per plant	百粒重 100-seed weight
V_A	4.954 **	0.196 **	0.012 *	6.234 *	0	0	0.088 **
V_D	7.642 *	0.552 **	0.030 *	26.003 **	212.016 **	15.332 **	0.4538 *
V_{AE}	3.337 **	0	0	0	59.816 *	0.974 *	0.562 *
V_{DE}	1.863 **	0.217 *	0.190 *	40.327 **	33.326 **	5.647 **	0
V_e	56.721 **	1.113 **	0.206 **	93.851 **	563.347 **	23.054 **	1.739 **
V_A/V_P	0.087 *	0.094 *	0.027	0.038	0	0	0.031
V_D/V_P	0.135 *	0.265 **	0.068	0.156 **	0.244 **	0.341 **	0.159 *
V_{AE}/V_P	0.059 **	0	0	0	0.069	0.022	0.198 **
V_{DE}/V_P	0.033	0.104	0.434 **	0.242 *	0.038	0.125	0
V_e/V_P	0.667 **	0.535 **	0.470 **	0.564 **	0.649 **	0.512 **	0.612 **

$V_A, V_D, V_{AE}, V_{DE}, V_e, V_P$ 分别表示加性方差、显性方差、加性×环境互作方差、显性×环境互作方差、机误方差、表现型方差;

*, ** 分别表示显著达到 0.05 和 0.01 水平。下同。

$V_A, V_D, V_{AE}, V_{DE}, V_e$ and V_P represent variances of additive, dominance, additive × environment, dominance × environment, error and phenotypic;

*, ** denote significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively. The same below.

2.2 大豆农艺性状的遗传率分析

对大豆农艺性状的遗传率分析(表 2)发现,株高和节数的普通狭义遗传率达显著水平,其余各性状的狭义遗传率均较低,单株粒数和单株粒重的狭义遗传率为 0。除分枝数的普通广义遗传率达显著水平外,其余性状的普通广义遗传率均达极显著水平,数值介于 9.55%~34.07%,以单株粒重最高。分枝数、单株荚数的互作广义遗传率达极显著水平。

2.3 F_1 和 F_2 代各性状的基因型值和杂种优势分析

2.3.1 F_1 和 F_2 各性状的群体平均优势分析 从 F_1 和 F_2 各农艺性状的群体平均优势(表 3)来看,除株

高外, F_1 和 F_2 其他性状的群体平均优势都为正值,其中分枝数达显著水平,其余性状达极显著水平,以单株粒重群体平均优势最大,其次是分枝数。从各性状的群体平均优势与环境互作来看,在 E II 环境条件下,除株高和百粒重外, F_1 和 F_2 其他性状均表现为正向互作, F_1 和 F_2 的单株荚数、单株粒数和单株粒重这 3 个产量相关性状达极显著的正向互作,表明环境 E II 更有利于群体平均优势的发挥。节数在 E I、分枝数在 E III 环境,表现较强的群体平均优势互作。百粒重在各环境下两个世代的互作效应都为 0,说明其杂种优势的发挥不受环境的影响,其余性状在各环境下都是有正有负,说明环境

条件影响其杂种优势的发挥水平。

表 2 大豆主要农艺性状的遗传率估计值

Table 2 Heritability of yield and morphological traits of soybean

参数 Parameter	株高 Plant height	节数 Number of nodes	分枝数 Number of branches	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	单株粒重 Seeds weight per plant	百粒重 100-seed weight
h_N^2	0.087 *	0.094 *	0.027	0.038	0	0	0.031
h_B^2	0.222 **	0.265 **	0.095 *	0.194 **	0.244 **	0.341 **	0.190 **
h_{NB}^2	0.059 *	0	0	0	0.069	0.022	0.198 **
h_{NE}^2	0.092	0.104	0.434 **	0.242 **	0.107	0.147	0.198 *

h_N^2 、 h_B^2 、 h_{NE}^2 和 h_{NB}^2 分别表示普通狭义遗传率、普通广义遗传率和互作狭义遗传率和互作广义遗传率。

h_N^2 、 h_B^2 、 h_{NE}^2 and h_{NB}^2 denote narrow heritability, broad heritability, interaction heritability in the narrow sense, interaction heritability in the broad sense.

表 3 F_1 和 F_2 农艺性状的群体平均优势预测

Table 3 Prediction of mean population heterosis for agronomic traits in F_1 and F_2

性状 Traits	F_1 群体平均优势 Mean population heterosis in F_1					F_2 群体平均优势 Mean population heterosis in F_2				
	G	GE I	GE II	GE III	GE IV	G	GE I	GE II	GE III	GE IV
株高 Plant height	-0.0083	0.0112	-0.01018	-0.01766 *	0.012277	-0.0042	0.0056	-0.00509	-0.00883 *	0.006139
节数 Nodes	0.0832 **	0.0275 *	0.0229	-0.0210	0.0405	0.0416 **	0.0137 *	0.0114	-0.0105	0.0203
分枝数 Number of branches	0.2334 *	-0.5042	0.2771	0.4173 *	0.3692	0.1167 *	-0.2521	0.1385	0.2086 *	0.1846
单株荚数 Pods per plant	0.1570 **	-0.0550	0.2921 **	-0.0168	-0.0100	0.0785 **	-0.0275	0.1460 **	-0.0084	-0.0050
单株粒数 Seeds per plant	0.1709 **	-0.0264	0.1271 **	-0.0126	-0.0070	0.0855 **	-0.0132	0.0635 **	-0.0063	-0.0035
单株粒重 Seeds weight per plant	0.2341 **	-0.0562	0.2530 **	-0.0073	0.0013	0.1170 **	-0.0281	0.1265 **	-0.0036	0.00065
百粒重 100-seed weight	0.0506 **	0	0	0	0	0.0253 **	0	0	0	0

2.3.2 F_1 和 F_2 各性状的群体超亲优势分析 从 F_1 和 F_2 各农艺性状的群体超亲优势(表 4)来看,除株高外, F_1 各性状的超亲优势均为正值,其中单株荚数、单株粒重和百粒重达到显著和极显著水平。 F_2 除株高和分枝数两个性状外,其他性状均表现正向超亲优势。以单株粒重的群体超亲优势最大,但未达显著水平。从环境来看,仍然是环境 E II 更适合

超亲优势的发挥,在 F_1 代只有株高和百粒重表现负互作,其他性状均为正向互作,其中单株荚数和单株粒重两个产量相关性状达到极显著的正向互作。 F_1 和 F_2 代的株高和百粒重在各环境中都表现显著的负互作,稳定性较好。单株粒数和单株粒重两个性状的 F_1 、 F_2 代超亲优势均大于 5%。

表 4 F_1 和 F_2 各农艺性状的群体超亲优势预测

Table 4 Prediction of high-parent heterosis for agronomic traits in F_1 and F_2

性状 Traits	F_1 超亲优势 High-parent heterosis in F_1					F_2 超亲优势 High-parent heterosis in F_2					Hpb > 5% 的代数 Number of generations for Hpb > 5%
	G	GE I	GE II	GE III	GE IV	G	GE I	GE II	GE III	GE IV	
株高 Plant height	-0.0340	-0.0278 **	-0.0491 **	-0.0338 **	-0.0353 **	-0.0245	-0.0278 **	-0.0299 **	-0.0338 **	-0.0353 **	0.265
节数 Number of nodes	0.0480	0.0172	0.0038	-0.0337 **	0.0127	0.0163	0.0137	0.0114	-0.0105 **	0.0203	1.010
分枝数 Number of branches	0.0807	-0.5873 *	0.0597	0.3427	0.2749	-0.0360	-0.3352 *	-0.0788	0.1341	0.0903	1.312
单株荚数 Pods per plant	0.0912 *	-0.0776	0.2589 **	-0.0505	-0.0302	0.0128	-0.0501 *	0.1129 **	-0.0421	-0.0252	1.294
单株粒数 Seeds per plant	0.1367	-0.0936 **	0.0605	-0.0586 *	-0.0549 **	0.0512	-0.0804 **	-0.0030	-0.0523 **	-0.0514 **	1.753
单株粒重 Seeds weight per plant	0.1957 **	-0.0879 **	0.2161 **	-0.0381	-0.0347	0.0789	-0.0598 **	0.0896 **	-0.0345	-0.0353 *	2.176
百粒重 100-seed weight	0.0314 *	-0.0541 **	-0.0196 **	-0.0326 **	-0.0320 **	0.0061	-0.0541 **	-0.0196 **	-0.0326 **	-0.0320 **	0.495

3 讨论

3.1 农艺性状的遗传方差分量

本研究表明大豆农艺性状均以显性效应为主,

后代会产生明显的杂种优势。与宁海龙等^[4]的研究结果一致。单株粒数和单株荚数的加性效应为 0,显性效应达到极显著水平,说明这两个性状要注重利用杂种优势而非后代选择。节数、分枝数和单株荚数的 V_{AE}/V_P 为 0,表明这 3 个性状可以在单一

环境下进行后代选择。而株高和百粒重以 V_{AE}/V_P 为主,后代选择应该结合一定的环境条件进行。百粒重的 V_{DE}/V_P 为 0,各环境下杂种优势表现稳定,单株荚数和分枝数则相反,杂种优势的利用应与适当的环境相结合。

3.2 农艺性状的遗传率

遗传率分析结果表明各性状均适合高世代选择,以单株粒重最为突出。株高和节数等形态性状较单株粒重等产量性状的狭义遗传率高,说明在低世代,株高和节数等形态性状选择效果比产量性状好,与宁海龙等^[4],王金陵等^[9]的研究结果相同。所有性状的遗传率与环境都有不同程度的互作效应,株高、分枝数、单株荚数、百粒重的互作效应显著,说明这些性状的后代选择或杂种优势的利用应与适当的环境相结合才能有效地育种。

3.3 农艺性状的杂种优势

百粒重在各种环境条件下杂种优势表现稳定,与遗传方差分量研究结果一致。其他性状在不同环境下表现不同程度的杂种优势,说明杂交后代的这些性状在特定的环境条件下才能更好地发挥杂种优势。在哈尔滨地区,各性状表现明显的杂种优势。单株荚数、单株粒数和百粒重等产量性状表现一定的杂种优势,以单株粒重群体平均优势和超亲优势最大,与杨加银等^[20]的研究结果基本一致。

参考文献

[1] 康波,王振民,邓少华,等.大豆主要农艺性状基因效应的研究[J].吉林农业大学学报,1994,16(3):22-26. (Kang B, Wang Z M, Deng S H, et al. Study on gene effects for main agronomic traits of soybean. [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 1994, 16(3):22-26.)

[2] 崔润芝,李延军.夏大豆产量性状的遗传力和配合力分析[J].华北农学报,1994,9(4):59-64. (Cui R Z, Li Y J. An analysis of genetic ability and combining ability for yield characters in summer soybean [J]. Acta Agricultural Boreali-Sinica, 1994, 9(4):59-64.)

[3] Khanghah H Z, Sohani A R. Genetic evaluation by multivariate analysis methods of some important agronomic traits of soybeans related to seed yield[J]. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 1999,30(4):807-816.

[4] 宁海龙,李文滨,李文霞,等.大豆主要农艺性状的遗传分析[J].大豆科学,2004,23(4):285-288. (Ning H L, Li W B, Li W X, et al. Genetic analysis of yield and morphology traits of soybean (*G. max* L. Merr.) [J]. Soybean Science, 2004, 23(4):285-288.)

[5] 张君,王丕武,闫冬生,等.大豆不同杂交组合农艺和品质性状的遗传分析[J].大豆科学,2009,28(6):994-999. (Zhang J, Wang P W, Yan D S, et al. Genetic analysis on agronomic and quality traits in different soybean combinations [J]. Soybean Science, 2009, 28(6):994-999.)

[6] 崔荣彬,宁海龙.大豆产量相关性状的遗传相关分析[J].大豆科技,2010(6):4-6. (Cui R B, Ning H L. Analysis of genetic correlation among yield-related trait in soybean [J]. Soybean Science and Technology, 2010(6):4-6.)

[7] Zhe Y, Lauer J G, Borges R, et al. Effects of genotype \times environment interaction on agronomic traits in soybean [J]. Crop Science, 2010, 50:696-702.

[8] 仲义,侯宗运,焦仁海,等.大豆主要农艺性状与品质性状的遗传分析[J].现代农业科技,2011(21):55-56. (Zhong Y, Hou Z Y, Jiao R H, et al. Genetic analysis on agronomic traits and quality traits of soybean [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2011(21):55-56.)

[9] 王金凌,杨庆凯,吴宗璞.中国东北大豆[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1999. (Wang J L, Yang Q K, Wu Z P. Soybean in Northeast China [M]. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 1999.)

[10] Wentz J B, Stewart R T. Hybrid vigor in soybeans [J]. Agronomy Journal, 1924, 16:534-540.

[11] Veatch C. Vigor in soybeans as affected by hybridity [J]. Agronomy Journal, 1930, 22:289-310.

[12] 田佩占.大豆杂种一代优势及其与亲本关系的研究[J].作物学报,1981,7(4):225-223. (Tian P Z. Studies on heterosis of F_1 hybrids in soybean and its relationship to the corresponding parents [J]. Acta Agronomica Sinica, 1981, 7(4):225-232.)

[13] 唐善德,陈卫江,成金莲.大豆 F_1 杂种优势表现及产量配合力分析[J].作物研究,1991,5(3):26-28. (Tang S D, Chen W J, Cheng J L. Analysis on heterosis and combining ability of hybrid F_1 in soybean yield [J]. Crop Research, 1991, 5(3):26-28.)

[14] Palmer R G, Gai J Y, Sun H, et al. Production and evaluation of hybrid soybean [J]. Plant Breeding Reviews, 2001, 21:263-307.

[15] 王曙明,孙寰,王跃强,等.大豆杂种优势及其高优势组合选配的研究 I. F_1 代籽粒产量的杂种优势与高优势组合选配 [J]. 大豆科学, 2002, 21(3):161-167. (Wang S M, Sun H, Wang Y Q, et al. Studies on heterosis and screening of highly heterotic combinations in soybean I. F_1 seed yield heterosis and screening of highly heterotic combinations [J]. Soybean Science, 2002, 21(3):161-167.)

[16] Pandini F, Vello N A, Lopes A C A. Heterosis in soybeans for seed yield components and associated traits [J]. Brazilian Archives of Biology and Technology, 2002, 45:401-412.

[17] 王艳玲,奚广生,王丕武,等.大豆不同杂交组合杂种优势分析 [J]. 大豆科学, 2008, 27(5):760-772. (Wang Y L, Xi G S, Wang P W, et al. Heterosis analysis by using different soybean as parents [J]. Soybean Science, 2008, 27(5):760-772.)

[18] 朱军.遗传模型分析方法[M].北京:农业出版社,1997. (Zhu J. Genetic model and analysis methods [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997.)

[19] Miller R G. The jackknife-a review [J]. Biomtrika, 1974, 64:1-15.

[20] 杨加银,盖钧镒.黄淮地区大豆重要亲本间产量的杂种优势、配合力及其遗传基础 [J]. 作物学报, 2009, 35(4):620-630. (Yang J Y, Gai J Y. Heterosis, combining ability and their genetic basis of yield among key parental materials of soybean in Huanghuai valleys [J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(4):620-630.)