

薛红, 宁海龙, 杨兴勇, 等. 大豆产量相关性状的遗传分析[J]. 黑龙江农业科学, 2020(2):1-8.

# 大豆产量相关性状的遗传分析

薛红<sup>1</sup>, 宁海龙<sup>2</sup>, 杨兴勇<sup>1</sup>, 董全中<sup>1</sup>, 张勇<sup>1</sup>, 张明明<sup>1</sup>, 李微微<sup>1</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 克山分院, 黑龙江 克山 161606; 2. 东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**为促进大豆高产育种过程中后代性状的选择, 运用加性-显性-上位性基因效应的遗传模型和统计分析方法, 对 15 个大豆品种配制的 15 个不完全双列杂交组合在 2 个环境下的 6 个性状进行遗传分析。结果表明: 单株荚数适宜在低世代选择, 株高、主茎节数、单株粒数、单株粒重和百粒重适宜在高世代选择, 环境条件对株高和百粒重的选择效果影响较大, 对其他性状影响较小; 株高和主茎节数、主茎节数和单株粒数、主茎节数和单株粒重、单株荚数和单株粒数、单株荚数和单株粒重、单株粒数和单株粒重在后代的选择中可协同改良, 其中主茎节数与单株粒数的改良效果不受环境影响; 选择单株粒数显性效应高的组合, 容易获得较高的单株粒重, 在特定的环境条件下间接选择单株荚数, 可对单株粒重的提高产生一定效果。

**关键词:**大豆; 产量性状; 加性-显性-上位性模型; 遗传效应; 遗传率; 遗传相关; 贡献率

大豆是重要的粮油兼用作物<sup>[1-3]</sup>, 如何提高大豆产量是大豆遗传改良的核心内容<sup>[4-5]</sup>。在大豆育种中, 育种家往往通过田间目测或室内测定与产量关系密切的相关性状进行间选单株选择, 以达到高产育种目的<sup>[6]</sup>。因此了解这些性状的遗传特点和影响因素对高产育种具有十分重要的理论和实际意义。以往研究或以多个大豆品种(系)为试验材料<sup>[7-12]</sup>, 或以杂交组合的 F<sub>1</sub> 或 F<sub>2</sub> 为试验材料<sup>[13-18]</sup>, 或以多个杂交组合的 2~3 个世代为遗传材料<sup>[19-24]</sup>, 通过一年一点的试验, 对影响大豆产量的相关性状进行遗传分析。但大豆产量相关性状遗传复杂、易受环境影响<sup>[25]</sup>, 不同地点的环境条件同样可能会引起基因表达方式或表达程度的差异, 本研究采用现代数量遗传学方法, 利用加性-显性-上位性及与环境互作的遗传模型<sup>[26]</sup>, 研究在不同试验地点环境下, 大豆亲本、F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重及百粒重等产量相关性状的遗传规律, 旨在为高产育种过程中后代性状的选择提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

选用形态性状差异较大且广泛用作育种亲本的 15 个大豆品种(宝丰 7 号、北丰 11、北丰 9 号、

东农 46、丰收 24、丰收 27、合丰 25、合丰 35、黑河 38、黑河 43、黑农 48、北豆 5 号、克山 1 号、绥农 10 号、绥农 14) 为亲本配制不完全双列杂交组合 15 个(表 1)。

表 1 15 个品种配制不完全双列杂交组合  
Table 1 Incomplete diallel combination with 15 soybean varieties

序号 Number	组合 Combination
1	丰收 24×宝丰 7 号
2	宝丰 7 号×合丰 35
3	北丰 11×合丰 35
4	北丰 11×绥农 14
5	北丰 9 号×东农 46
6	北豆 5 号×北丰 9 号
7	东农 46×克山 1 号
8	丰收 24×绥农 14
9	丰收 27×黑农 48
10	丰收 27×绥农 10 号
11	黑河 38×合丰 25
12	克山 1 号×合丰 25
13	黑河 38×绥农 10 号
14	黑河 43×黑农 48
15	黑河 43×北豆 5 号

### 1.2 方法

1.2.1 试验设计 2017 年将亲本、F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub> 分别种植于黑龙江省农业科学院克山分院试验地和东北

收稿日期: 2019-11-12

基金项目: 黑龙江省农业科学院院级课题项目(2018 YYYF027); 国家重点研发计划(2017YFD0101303-2)。

第一作者: 薛红(1979-), 女, 在读博士, 助理研究员, 从事大豆遗传育种研究。E-mail: ksxuehong@163.com。

农业大学院香坊农场试验地进行一年两点试验，田间管理同当地生产田。

采用随机区组试验设计，3 行区，行长 3 m，行距 0.65 m，株距 10 cm，2 次重复。成熟时，每小区收获中间行中间连续 10 株，测定株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数单株粒重及百粒重性状。

1.2.2 测定项目及方法 采用包括加性-显性-上位性基因效应的遗传模型和统计分析方法对株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数及单株粒重性状的平均值进行分析。试验分析时采用 MINQUE(0/1)法和世代平均数估算各品质性状的方差和协方差分量；以 Jackknife 数值抽样技术对各世代平均数进行抽样，计算各方差分量、遗传效应值的标准差，然后用 t 测验检验各遗传参数的显著性。并且用调整无偏预测 (Adjusted unbiased prediction, AUP) 方法，预测各项效应值及总遗传效应值<sup>[27-28]</sup>。

1.2.3 数据分析 统计分析利用朱军开发的软件 QGASStation (<http://ibi.zju.edu.cn/software/qga>) 进行。

2 结果与分析

2.1 大豆产量相关性状的遗传效应分析

2.1.1 株高的遗传效应分析 由表 2 和表 3 可知，不同地点株高性状不受加性和显性效应的影响，上位效应及基因型×环境互作效应的遗传方差分量及遗传方差分量比率的估计值均达极显著水平，且基因型×环境互作效应遗传方差分量总和大于遗传主效应方差分量总和，说明株高的遗传表现容易受到环境的影响，在不同环境下选择效果不同。在早期世代主要受显性互作效应控制，会影响选择效果，以高世代选择为主。

2.1.2 主茎节数的遗传效应分析 由表 2 和表 3 可知，不同地点间主茎节数不存在上位×环境互作效应，除表型外其余各效应均达 0.01 显著水平，其遗传主效应方差总和大于基因型×环境互作效应方差总和，说明控制主茎节数的数量性状在后代的遗传改良中较为稳定，地点对主茎节数的选择效果影响较小，通过选择可以获得适应不同地点的育种材料。显性效应方差较大，影响早期选择效果，应以高世代选择为主。

表 2 大豆产量相关性状的遗传方差分量

Table 2 Genetic variance component among yield-related traits in soybean

方差组成 Variance composition	株高 Plant height	主茎节数 Nodes on main stem	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	百粒重 100-seed weight	单株粒重 Seed weight per plant
加性 Additive effect	0.000	0.660**	22.666**	29.366**	0.258**	0.000
显性 Dominant effect	0.000	0.816**	12.744**	316.083**	0.000	22.368**
上位性 Additive×additive interaction effect	27.100**	0.429**	0.000	0.000	1.896**	0.000
加性×环境 Additive×environmental interaction effect	18.430**	0.156**	0.000	0.000	2.222**	0.000
显性×环境 Dominant×environmental interaction effect	77.187**	0.622**	5.407**	0.000	4.754**	1.514**
上位性×环境 Additive×additive with environmental interaction effect	27.963**	0.000	11.903**	63.529**	0.000	0.848**
机误 Random error effect	52.234**	1.438**	59.288**	390.821**	5.719**	21.757**
表型 Phenotype	202.914*	4.121*	112.008 <sup>+</sup>	799.799*	14.849*	46.487*

注：+、\*、\*\* 分别表示 0.1、0.05 和 0.01 的显著水平。下同。  
Note: +, \*, \*\* indicate significant difference at 0.1, 0.05 and 0.01 level. The same below.

2.1.3 单株荚数的遗传效应分析 由表 2 和表 3 可知，不同地点间单株荚数性状同时受到加性效应、显性效应、显性×环境和上位性×环境互作效应的影响，均达到 0.01 显著水平，遗传主效

应方差大于基因×环境互作效应方差,不同地点对单株荚数的选择效果影响较小。显性效应方差比率较小,单株荚数是可以稳定遗传的,适宜在低世代进行。

2.1.4 单株粒数的遗传效应分析 由表 2 和表 3 可知,不同地点间单株粒数性状的遗传主效应中显性效应值最大,且达到极显著水平,显性效应方差比率远大于加性效应方差比率和上位效应方差比率,因此单株粒数与杂种优势的表现密切相关,影响早期的选择效果,应以高世代选择为主。由于遗传主效应方差大于基因×环境互作效应方差,因此不同地点对单株粒数选择效果影响较小。

2.1.5 百粒重的遗传效应分析 由表 2 和表 3 可知,百粒重受加性效应、上位性效应、加性×环境互作效应及显性×环境互作效应共同作用的影响,且均达到极显著水平,其基因型×环境互作效

应方差总和大于遗传主效应方差总和,说明控制百粒重的基因在不同环境下不同,百粒重主要受显性×环境互作效应控制,应以高世代选择为主。

2.1.6 单株粒重的遗传效应分析 由表 2 和表 3 可知,单株粒重在不同地点间受到显性效应、显性×环境互作效应及上位性×环境互作效应的共同影响,且均达到极显著水平,基因型×环境互作效应方差总和小于遗传主效应方差总和,不同地点对单株粒重影响较小,遗传主效应方差中显性效应占主导优势,因此单株粒重与杂种优势密切相关,但会随着世代递增和基因的纯合而消失,应以高世代选择为主。

与大豆产量相关的 5 个性状的机误方差都达到 0.01 显著水平,表明大豆产量相关性状的表现除了受到表中所列的遗传效应影响外,还受到环境机误或抽样误差等其它因素影响。

表 3 大豆产量相关性状的遗传方差分量比率估计值

方差组成 Variance composition	株高 Plant height	主茎节数 Nodes on main stem	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seed number per plant	百粒重 100-seed weight	单株粒重 Seed weight per plant
加性 Additive effect	0.000	0.160**	0.202**	0.037**	0.017	0.000
显性 Dominant effect	0.000	0.198**	0.114**	0.395**	0.000	0.481**
上位性 Additive×additive interaction effect	0.134**	0.104**	0.000	0.000	0.128**	0.000
加性×环境 Additive×environmental interaction effect	0.091**	0.038**	0.000	0.000	0.150**	0.000
显性×环境 Dominant×environmental interaction effect	0.380**	0.151**	0.048*	0.000	0.320**	0.033+
上位性×环境 Additive×additive with environmental interaction effect	0.138**	0.000	0.106**	0.079**	0.000	0.018+
机误 Random error effect	0.257**	0.349**	0.529**	0.489**	0.385**	0.468**

2.2 大豆产量相关性状间的遗传率分析

普通遗传变异是由遗传原因引起的,互作遗传变异是由基因型与环境互作引起的,遗传率分解为普通遗传率和互作遗传率。对于选择而言,普通狭义遗传率和互作狭义遗传率都是有效的。大豆产量相关性状的狭义遗传率和广义遗传率估计值见表 4。

除单株粒重的普通狭义遗传率为 0,互作狭义遗传率为 0.1 显著水平外,其余均达到 0.01 显著水平。

株高和百粒重的普通狭义遗传率和普通广义遗传率的值相等,但它们的互作广义遗传率的值最大,说明两性状不受显性效应影响,其遗传变异主要受环境互作效应的控制。在后代选择中,环境因素在很大的程度上影响了基因的表达,因此应以高世代选择为主,并注重为其提供适宜的环境条件以获得适应特定生态环境的遗传材料。

主茎节数广义遗传率之和远高于狭义遗传率之和,受显性和显性与环境互作的影响较大,递给子代的能力较弱,适宜在高世代进行选择。

单株荚数中普通狭义遗传率大于普通广义遗传率和普通狭义遗传率之差,单株荚数性状传递给子代的能力较强,选择时可以累加,适宜在低世代进行选择。

单株粒数和单株粒重的普通广义遗传率远远

高于普通狭义遗传率,受杂种优势的影响较大,这种优势会随着世代递增和基因纯合而消失,互作遗传率较低说明其环境互作效应对单株粒数和单株粒重的影响很小,适宜在高世代进行选择,通过选择可获得广适性的育种材料。

表 4 大豆产量相关性状的遗传率估计值

Table 4 Heritability estimated value of yield related traits

遗传率 Heritability	株高 Plant height	主茎节数 Nodes on main stem	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seed number per plant	百粒重 100-seed yield	单株粒重 Seed weight per plant
普通狭义遗传率 General narrow sense heritability	0.134**	0.264**	0.202**	0.037**	0.145**	0.000
普通广义遗传率 General broad sense heritability	0.134**	0.462**	0.316**	0.432**	0.145**	0.481**
互作狭义遗传率 Interactive narrow sense heritability	0.229**	0.038**	0.106**	0.079**	0.150**	0.018 <sup>+</sup>
互作广义遗传率 Interactive broad sense heritability	0.609**	0.189**	0.155**	0.079**	0.470**	0.051**

2.3 大豆产量相关性状间的遗传相关分析

为进一步了解产量相关性状间的相关性,将遗传相关系数进一步分解为加性相关系数、显性相关系数和上位相关系数见表 5。

在不同地点间,株高和主茎节数、主茎节数和单株粒数、主茎节数和单株粒重、单株荚数和单株粒数、单株荚数和单株粒重、单株粒数和单株粒重的基因型相关系数和表型相关系数均为正值,其中表型达到显著水平,因此他们在后代的选择中均可以在一定程度上协同改良;株高和单株荚数、株高和单株粒数、主茎节数和百粒重的基因型相关系数和表型相关系数均为负值,且基因型相关系数达到显著水平,因此这三对性状在后代中协同改良的过程中表现为一定的相互抑制作用。

株高与主茎节数的极显著正相关效应来自于上位效应,同时其加性×环境互作效应和显性×环境互作效应的相关系数达到显著负相关,说明这两个性状虽然可以协同改良,但受到环境条件的影响较大;株高与单株荚数的显性×环境互作相关系数为负值且较大,两性状在后代的改良过程中是互相抑制的,且受环境影响;株高与单株粒数除上位与环境互作的相关系数达到显著负相关水平外,其他的基因主效应及其与环境互作效应的相关系数均未检测到,说明株高与单株粒数在后代的选择过程中是相互抑制的,具有一定的遗

传性,但因选择环境的不同会表现出一定差异。

主茎节数与单株粒数加性相关系数为极显著负相关,显性相关系数极显著正相关,说明两性状可以协同改良,但受显性效应的影响,后代往往不能固定;主茎节数与单株粒重的显性相关系数及显性×环境互作相关系数均达到极显著正相关,这两个性状受到杂种优势和环境条件的影响,在协同改良的过程中,改良效果随着世代的推进而逐渐削弱;主茎节数与百粒重的加性×环境互作及显性×环境互作相关系数达到极显著相关水平,说明这两个性状在改良的过程中是互相抑制的,是可以部分遗传的,但因环境条件的不同而产生差异。

单株荚数与单株粒数的加性、显性和上位性与环境互作相关系数均达到极显著正相关,因此这两个性状在后代协同改良的过程中会因杂种优势和环境条件而影响选择效果;单株荚数与单株粒重的显性、显性×环境互作和上位性与环境互作相关系数均达到极显著相关水平,因此在协同改良的过程中,随着世代的推进及选择环境的不同,改良效果会有很大差异。

单株粒数与单株粒重的显性和上位性与环境互作相关系数均达到极显著正相关,随着世代的推进及选择环境的影响,使协同改良的效果差异较大。

表 5 大豆产量相关性状的遗传相关系数

Table 5 Genetic correlation coefficient among yield-related traits in soybean

性状 Traits	相关系数 Correlation coefficient	主茎节数 Nodes on main stem	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seed number per plant	单株粒重 Seed weight per plant	百粒重 100-seed weight
株高 Plant height	加性相关系数	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	显性相关系数	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	上位性相关系数	0.542* *	0.000	0.000	0.000	0.685 <sup>+</sup>
	加性×环境相关系数	-1.000*	0.000	0.000	0.000	0.205
	显性×环境相关系数 t	-0.052* *	-1.000	0.000	-0.084* *	0.529* *
	上位×环境相关系数	0.000	0.189	-0.172*	-1.000 <sup>+</sup>	0.000
	机误相关系数	0.256* *	0.331* *	0.404* *	0.364* *	-0.053
	基因型相关系数	0.296	-0.619* *	-0.409*	-0.311	0.266
	表型相关系数	0.282*	-0.244*	-0.109	-0.069	0.163
主茎节数 Nodes on main stem	加性相关系数		-0.389* *	-1.000* *	0.000	-1.000
	显性相关系数		0.407* *	0.585* *	0.780* *	0.000
	上位性相关系数		0.000	0.000	0.000	0.178
	加性×环境相关系数		0.000	0.000	0.000	0.162* *
	显性×环境相关系数		-0.261* *	0.000	0.015* *	-1.000* *
	上位×环境相关系数		0.000	0.000	0.000	0.000
	机误相关系数		0.500* *	0.563* *	0.417* *	-0.252* *
	基因型相关系数		0.036	0.343	0.271	-0.023 <sup>+</sup>
	表型相关系数		0.235	0.430*	0.328*	-0.107
单株荚数 Pods per plant	加性相关系数			1.000* *	0.000	-1.000
	显性相关系数			1.000* *	1.000* *	0.000
	上位性相关系数			0.000	0.000	0.000
	加性×环境相关系数			0.000	0.000	0.000
	显性×环境相关系数			0.000	-0.106* *	-0.061
	上位×环境相关系数			1.000* *	1.000* *	0.000
	机误相关系数			0.841* *	0.775* *	-0.164
	基因型相关系数			0.390	0.431	0.124
	表型相关系数			0.619* *	0.601* *	-0.007
单株粒数 Seeds per plant	加性相关系数				0.000	-1.000
	显性相关系数				1.000* *	0.000
	上位性相关系数				0.000	0.000
	加性×环境相关系数				0.000	0.000
	显性×环境相关系数				0.000	0.000
	上位×环境相关系数				1.000* *	0.000
	机误相关系数				0.859* *	-0.277* *
	基因型相关系数				0.596	0.173
	表型相关系数				0.721*	-0.024
单株粒重 Seed weight per plant	加性相关系数					0.000
	显性相关系数					0.000
	上位性相关系数					0.000
	加性×环境相关系数					0.000
	显性×环境相关系数					0.517* *
	上位×环境相关系数					0.000
	机误相关系数					0.133
	基因型相关系数					0.164
	表型相关系数					0.150

2.4 产量相关性状对单株粒重各项遗传方差分量的贡献率

由表 6 可知,主茎节数、单株荚数和单株粒数对单株粒重的表型贡献率均达到极显著水平,贡献率在 5.6%~57.5%,其中单株粒数对单株粒重的表型方差贡献率最高。除株高外,各产量相关性状对单株粒重的显性贡献率均高于表现型贡献率,其中单株粒数对单株粒重的显性贡献率达

到 100%,表明选择单株粒数显性效应高的组合,容易获得较高的单株粒重。单株荚数的显性×环境互作贡献率达到极显著水平,表明在特定的环境条件下间接选择单株荚数,可能对杂交组合的单株粒重的提高产生一定效果。

各产量相关性状的机误贡献率均达到极显著水平,说明本试验所分析的各产量相关性状尚不完全是单株粒重的决定性状。

表 6 产量相关性状对单株粒重各项遗传方差分量的贡献率

Table 6 Contribution rate of yield related traits to genetic variance components of seed weight per plant (%)

贡献率 Contribution ratio	株高 Plant height	主茎节数 Nodes on main stem	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seed number per plant	百粒重 100-seed weight
加性贡献率 Additive contribution ratio	-	-	-	-	-
显性贡献率 Dominant contribution ratio	0.0	49.8**	83.0**	100.0**	9.3**
上位性贡献率 Additive×additive interaction contribution ratio	-	-	-	-	-
加性×环境互作贡献率 Additive×environmental interaction contribution ratio	-	-	-	-	-
显性×环境互作贡献率 Dominant×environmental interaction contribution ratio	0.0	0.0	33.1**	0.0	0.0
上位×环境互作贡献率 Additive×additive with environmental contribution ratio	100.0**	100.0**	100.0**	100.0**	0.0
机误贡献率 Random error contribution ratio	13.7**	18.0**	52.8**	70.6**	1.8**
表型贡献率 Phenotype contribution ratio	0.0	5.6**	43.6**	57.5**	0.0

3 结论与讨论

3.1 关于产量相关性状与环境互作遗传效应

基因和环境因素共同作用于性状的表达,基因与环境互作效应普遍存在,环境条件的变化会影响数量性状基因的表达方式或表达水平<sup>[29]</sup>。基因型×环境互作是植物数量性状的普遍属性和遗传育种改良的关注重点<sup>[2]</sup>。大豆的产量构成因子如株高、单株荚数、单株粒数、百粒重等是由多基因控制的复杂的数量性状,容易受到环境条件的影响<sup>[30]</sup>,前人对大豆产量相关性状的遗传研究多在单一环境下进行<sup>[7-24]</sup>,其结果仅反映了在特定试验环境下的状况,它不能将主基因效应决定的基因型值与基因型×环境互作效应值分离,因而在一定程度上限制了试验结果的普遍性。本研究采用朱军<sup>[27-28]</sup>提出的加性-显性-上位性(简称ADAA)遗传模型和方差估算及检验的统计分析

方法对不同试验地点的大豆产量相关性状进行遗传分析,克服了以往一年一点试验数据分析的局限性,能更为客观地评价各性状的遗传效应。

3.2 大豆产量相关性状的遗传研究

株高是大豆株型性状中的重要性状之一,对产量的形成有重要的影响,前人对此作了大量研究,认为株高具有较高的遗传力<sup>[12,15,17,23,31]</sup>,同时指出株高性状适宜在低世代进行选择<sup>[21,23]</sup>,也有人提出株高受到上位效应较小,广义遗传率较高,狭义遗传率却较低<sup>[22]</sup>。本研究表明株高受基因型×环境互作效应的影响较大,具有较高的互作广义遗传率,适宜在高代进行选择。

对大豆主茎节数遗传效应的研究中,有人认为主茎节数遗传主要以加性效应为主<sup>[24]</sup>,有人认为主茎节数是由加性和非加性基因效应共同作用的<sup>[32]</sup>,对主茎节数遗传力大小的研究结论不尽相同<sup>[12,16-17,21,23,31]</sup>,但主茎节数适宜在低世代进行选

择的结论是一致的<sup>[21,23]</sup>。本研究表明主茎节数不受上位性与环境互作效应的影响,其余各效应均达到极显著水平,环境对主茎节数的影响较小,受显性效应影响较大,普通广义遗传率较高,适宜在高世代进行选择。

对大豆单株荚数、单株粒数、单株粒重的遗传研究,总体认为是以加性和非加性共同控制的,非加性基因效应占优势,且狭义遗传力较低<sup>[19,22,32]</sup>。本研究分析表明单株荚数、单株粒数、单株粒重具有较高的普通广义遗传率,受到基因型遗传主效应大于基因型×环境互作效应,环境条件的选择效果影响较小,单株荚数适宜在低世代进行选择,单株粒数和单株粒重应以高世代选择为主。

百粒重是大豆产量构成因素之一,不仅受多基因控制,而且受环境影响较大<sup>[2]</sup>,遗传力较高<sup>[33]</sup>,本研究百粒重主要受显性×环境互作效应控制,互作广义遗传率较高,适宜高世代选择。

### 3.3 大豆产量相关性状间的遗传相关

大豆产量性状受多基因控制,遗传力低,通过对与产量关系密切且具有较高遗传力的其他性状进行间接选择效果较好<sup>[34]</sup>。前人研究发现单株粒重与单株粒数关系最密切,而与主茎节数相关性较小<sup>[34]</sup>,单株粒重与主茎荚数、主茎节数正相关系数较高<sup>[35]</sup>,单株粒重与株高、单株荚数和百粒重,百粒重与株高和单株荚数的表征值均达到极显著水平<sup>[11]</sup>。但由于大豆各性状的遗传特性不同,性状间还存在不同遗传组分的相关性<sup>[36]</sup>,两个性状之间的遗传相关,有的存在一、二种遗传相关分量,而有的存在多种遗传相关分量<sup>[37]</sup>。本研究将遗传相关进一步分解为各项基因效应的遗传相关分量,结果表明:株高和主茎节数、主茎节数和单株粒数、主茎节数和单株粒重、单株荚数和单株粒数、单株荚数和单株粒重、单株粒数和单株粒重在后代的选择中均可以在一定程度上协同改良,且主茎节数与单株粒数的改良效果不受环境影响。

### 3.4 大豆产量相关性状对单株粒重的贡献率

单株粒重是产量相关性状综合作用的结果,因此育种者希望能借助与产量有内在联系且易于观测的性状来进行间接选择。由于前人对单株粒重贡献率的研究多集中于主成分分析<sup>[3,35,38]</sup>或通径分析<sup>[11,39]</sup>方法,其结果不能将基因型值和基因型与环境互作效应值分离,从而限制了结果的普

遍性。本研究对基因型主效应及基因型×环境互作效应对单株粒重的贡献值进行分析,研究发现主茎节数、单株荚数和单株粒数对单株粒重的表现型贡献率均达到极显著水平。通过选择单株粒数显性效应高的组合,容易获得较高的单株粒重;在特定的环境条件下间接选择单株荚数,可能对杂交组合的单株粒重的提高产生一定效果。

### 参考文献:

- [1] 刘忠堂. 黑龙江省大豆推广品种脂肪、蛋白质含量地理分布的研究[J]. 大豆科学, 2002, 4(21): 250-254.
- [2] 孙亚男, 仕相林, 蒋洪蔚, 等. 大豆百粒重 QTL 的上位效应和基因型×环境互作效应[J]. 中国油料作物学报, 2012, 34(6): 598-603.
- [3] 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.
- [4] 杜维广, 盖钧镒. 大豆超高产育种研究进展的讨论[J]. 土壤与作物, 2014, 3(3): 81-92.
- [5] 崔世友, 吴娟娟, 陈厚存. 作物品种改良的回顾与展望[J]. 长江大学学报: 自然科学版, 2011, 8(7): 229-233.
- [6] 曹永强, 董丽杰, 吕桂兰, 等. 大豆不同亲本正、反交  $F_2$ 、 $F_3$ 、 $BC_1F_2$  主茎节数遗传规律研究[J]. 大豆科技, 2009(1): 18-21.
- [7] 谢皓, 陈学珍, 冯雅男, 等. 北京地区夏大豆品种产量构成和主要性状分析[J]. 北京农学院学报, 2002, 17(2): 7-10.
- [8] 刘娟娟, 李鸣雷, 石引刚. 大豆产量与若干经济性状的遗传相关与选择[J]. 中国农学通报, 2005, 21(11): 164-166.
- [9] 陈玉福. 高寒地区大豆主要经济性状遗传相关和选择指数的研究[J]. 西北农业学报, 2003, 12(2): 51-54.
- [10] 单彩云, 魏玉光, 张延军, 等. 黑龙江省大豆主栽品种主要性状灰色关联度分析[J]. 大豆科学, 2009, 28(5): 945-948.
- [11] 张振宇, 韩旭东, 郭泰, 等. 东北优质大豆品种的遗传多样性分析[J]. 农学学报, 2015, 5(6): 15-20.
- [12] 陈学珍, 李欣, 杨建宇, 等. 夏播大豆生育期结构和农艺性状的遗传参数研究[J]. 中国农学通报, 2004, 20(1): 9-13.
- [13] 陈恒鹤. 大豆杂种二代的遗传变异及其与亲代关系的研究—第 II 报 株形性状(株高、主茎节数和分枝数)[J]. 大豆科学, 1987(4): 283-290.
- [14] 陈恒鹤. 大豆主要数量性状遗传规律的双列杂交分析[J]. 大豆科学, 1982(1): 41-52.
- [15] 林国强, 徐树传, 黄建成, 等. 大豆不同亲本类型  $F_2$  主要性状遗传参数分析[J]. 植物遗传资源学, 2001, 2(2): 12-15.
- [16] 曹海潮, 谢甫锦, 张惠君, 等. 大豆远缘杂交  $F_2$  代农艺性状的遗传规律研究[J]. 大豆科学, 2008, 27(4): 576-580.
- [17] 陈学珍, 谢皓, 李莉, 等. 大豆杂交  $F_2$  代农艺性状的相关性分析[J]. 北京农学院学报, 2002, 17(4): 1-7.
- [18] 彭玉华, 孟庆喜, 王金陵. 大豆亲本组合对后代产量及产量因素的影响[J]. 大豆科学, 1988(1): 34-37.

- [19] 杨琪,王金陵. 三种不同类型大豆及其杂种后代主要农艺性状的配合力分析[J]. 作物学,1994,20(4):481-488.
- [20] 闫昊,刘宝泉,王博. 矮秆大豆株高遗传及主茎节间长度相关分析[J]. 大豆科学,2009,28(4):595-599.
- [21] 曹永强,谢甫绵,张惠君,等. 大豆不同亲本正交和反交后代株高遗传规律的比较研究[J]. 辽宁农业科学,2006(4):13-15.
- [22] 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.
- [23] 张淑珍,杨庆凯. 中美半矮秆大豆杂交早期世代农艺性状遗传变异研究[J]. 大豆科学,2000,19(4):320-325.
- [24] 康波,王振民. 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(3):22-26.
- [25] 高静瑶,刘春燕,蒋洪蔚,等. 多环境下大豆单株荚数性状的 QTL 分析[J]. 中国油料作物学报,2012,34(1):1-7.
- [26] 朱军. 遗传模型分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,1997:88-97.
- [27] 朱军. 作物杂种后代基因型值和杂种优势的预测方法[J]. 生物数学报,1993,8(1):32-44.
- [28] 朱军. 数量性状遗传分析的新方法及其在育种中的应用[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2000,26(1):1-6.
- [29] 范冬梅,孙殿君,马占洲,等. 多种环境下大豆单株粒重 QTL 的定位与互作分析[J]. 作物学报,2013,39(6):1021-1029.
- [30] 姚丹,王丕武,张君,等. 大豆主要产量性状 QTL 定位分析[J]. 华南农业大学学报,2014,35(3):41-46.
- [31] 李向华,常汝镇. 中国春大豆品种主要性状相关及遗传潜力分析[J]. 大豆科学,1998(1):23-31.
- [32] 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.
- [33] 齐照明,孙亚男,陈立君,等. 基于 Meta 分析的大豆百粒重的 QTLs 定位[J]. 中国农业科学,2009,42(11):3795-3803.
- [34] 申忠宝,王建丽,潘多锋,等. 大豆单株产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 中国农学通报,2012,28(33):75-77.
- [35] 王燕平,宗春美,孙晓环,等. 东北春大豆种质资源表型分析及综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2017,18(5):837-845.
- [36] 崔荣彬,宁海龙. 大豆产量相关性状间的遗传相关分析[J]. 大豆科技,2010(6):4-6.
- [37] 左清凡,谢平,刘宜柏,等. 多环境下水稻产量及品质性状的遗传相关分析[J]. 江西农业大学学报,2001,23(1):16-23.
- [38] 李有忠,叶春秀,董永梅,等. 北疆不同复播大豆品种主要数量性状的遗传多元分析[J]. 西南农业学报,2017,30(5):1016-1019.
- [39] 苟升学,肖金平. 陕西省夏大豆产量与主要农艺性状的通径及灰色关联度分析[J]. 江西农业学报,2016,28(9):18-22.

## Genetic Effects Analysis of Yield-related Traits in Soybean

XUE Hong<sup>1</sup>, NING Hai-long<sup>2</sup>, YANG Xing-yong<sup>1</sup>, DONG Quan-zhong<sup>1</sup>, ZHANG Yong<sup>1</sup>, ZHANG Ming-ming<sup>1</sup>, LI Wei-wei<sup>1</sup>

(1. Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Keshan 161606, China; 2. College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** In order to promote the selection of offspring characters in the process of soybean high-yield breeding, 6 agronomic traits in 2 environmental conditions were analyzed for an incomplete diallel design with 15 soybean varieties and their  $F_1$ ,  $F_2$  generations by using an additive-dominance-epistasis genetic model and statistical analysis method. The results indicated that pods per plant was appropriate to select from low generations; plant height, nodes on main stem, seeds per plant, yield per plant and 100-seed weight were suitable for selection at high generations. Environmental conditions had a great effect on the selection of plant height and 100-seed weight, but had little effect on other traits. Plant height and nodes on main stem, nodes on main stem and seeds per plant, nodes on main stem and yield per plant, pods per plant and seeds per plant, pods per plant and yield per plant, seeds per plant and yield per plant could be improved simultaneously by selecting in the offspring. Among them, the improvement effect between nodes on main stem and seeds per plant wasn't influence by environment. It could be access to high yield per plant easily by selecting the crosses of high dominance effects with more seeds per plant, it would have a good effect on increasing yield per plant indirectly in certain environmental conditions by selecting of pods per plant.

**Keywords:** soybean; yield related traits; additive-dominance-epistasis model; genetic effects; heritability genetic; correlation; contribution ratio