

大豆株型性状的相对遗传进度与配合力

陈恒鹤 李楠

(吉林省吉林市农业科学研究所大豆研究室)

提 要

用不同株型5个品种双列杂交10组合 F_1 资料估算12种株型性状的平均优势率、遗传相关、通径系数、相对遗传进度、一般与特殊配合力效应等遗传参数。结果表明决定大豆籽粒产量最重要的株型性状是主茎节数和分枝数,其余与产量密切相关的株型性状主要是通过它们而起作用。讨论了大豆理想株型应该结合当地生产条件和生态环境的问题。提出吉林地区大豆高产株型应是在缩短节长抗倒伏基础上增加主茎节数、适当有些分枝,冠层改良以提高有效叶面积指数为主。

前 言

自从理想株型(ideotype)概念提出以来,许多学者从植物生理学角度阐述了株型性状对提高群体光能利用率的重要作用。植物育种家们则企图从改良冠层及株型结构着手,进一步提高育成品种的产量潜力。稻、麦、棉及玉米等作物对株型性状研究较多,大豆方面比较少,尤其缺乏系统的遗传研究。一般对大豆理想株型的概念认为应是,冠层呈塔式形状、上层叶柄短、叶片小而上举,株形收敛的主茎型。理由是这种株型透光性好,可截获更多的阳光辐射能量,提高有效叶面积指数(effective LAI),向莢内分配干物质效率高,有利于获得高产和稳产。实际生产中这种株型在东北也只适用于北部高肥水密植条件和生育期短,温光水气等生态因素均有局限的高纬度环境;而在东北南部生态因素比较优越的环境,稀植条件下,大叶繁茂、多分枝株型发挥了个体生产力优势,保证了高产稳产。在东北东部土层浅薄的山地和西部干旱贫瘠地区,都需求前期营养生长快的大叶繁茂郁闭式株型,在适当加大密度基础上,促使达到足够的丰产叶面积指数,以获得较好收成。可见,所谓理想株型不是一成不变的,有其一定的生产条件和生态区域特点,是随环境条件变化而改变的动态概念。^[3-7, 14, 15]研究大豆株型结构(株高、分枝数、主茎节数、主茎生产率)和冠层叶性状(叶面积、叶形指数、叶柄的角度和长度、叶面积指数、疏光度)在一定生态条件下和产量的相关性,诸性状

间的因果关系、各性状的相对遗传进度及其配合力效应，对于确定和设计当地的高产理想株型及其育种程序均有重要意义。

材 料 和 方 法

本试验圃场位于松花江中上游冲积平原，土壤属透水性好的砂壤质河淤土，肥力较好。松花江流域的河淤土为吉林省中东部地区主要的高产地带。研究所用试材，包括不同株型的 5 个品种双列杂交的 10 组合 F_1 代。5 个品种株型特点分别是：①铧大豆：矮秆有限性、尖叶较大、茎株疏光型；②九农 9 号：中秆亚有限性、大尖叶、叶柄角度小、主茎郁闭型；③九农 1 号：秆较高有限性、大园叶、多分枝繁茂郁闭型；④黑河 3 号：中秆无限性、小尖叶、叶柄角度大、主茎疏光型；⑤山东小金黄：高秆无限性、小园叶、叶柄角度小、多分枝疏光型。1980 年采用随机区组法 3 次重复，每区组包括 5 个亲本和 10 组合 F_1 ，行长 4.75 米，行株距为 60×30 厘米，每小区定点调查正常生育的 5 株。叶性状在结荚前期（8 月 16 日）每株取上数第 3 和第 5 叶调查。具体调查标准如下：

1. 叶面积：采用快速测定法，取一已知面积，厚薄均匀的纸片称重后按复叶叶形剪纸片，再称叶形纸片重量。公式为：

$$\text{叶面积 (厘米}^2\text{)} = \frac{\text{已知纸片面积} \times \text{叶形纸片重量}^{(13)}}{\text{已知纸片重量}}$$

2. 叶形指数：用复叶中之端叶量其最长与最宽度之比值。一般 >2.5 为尖叶， <2.0 为园叶。

3. 叶柄长度（厘米）。

4. 叶柄角度：用量角器以主茎为基线测量所测叶柄开张的角度。

5. 相对叶面积指数 (relative LAI, 缩写 RLAI) = 叶面积 \times 主茎节数 \div 单株营
 养面积 $\times \left(1 + \frac{\text{分枝数}}{3}\right)$ 。

6. 疏光度：用目测能见程度判断冠层疏光程度，从 1（看不见结荚状态）到 5（能看清结荚状态）共分五级。以小区为单位调查。

单株粒重、主茎生产率、株高、分枝数、主茎节数和生育日数调查标准同一般报道，从略。

统计方法

1. 三种相关值^[2]

$$\text{遗传相关 } r_g = \frac{\delta_{g1 \cdot 2}}{\sqrt{\delta_{g1}^2 \cdot \delta_{g2}^2}}$$

$$\text{表型相关 } r_p = \frac{\delta_{p1 \cdot 2}}{\sqrt{\delta_{p1}^2 \cdot \delta_{p2}^2}}$$

$$\text{环境相关 } r_e = \frac{\delta_{e1 \cdot 2}}{\sqrt{\delta_{e1}^2 \cdot \delta_{e2}^2}}$$

式中, $\delta_{g1 \cdot 2}$, $\delta_{p1 \cdot 2}$, $\delta_{e1 \cdot 2}$ 分别为两性状遗传、表型和环境的协方差; δ_{g1}^2 , δ_{g2}^2 , δ_{p1}^2 , δ_{p2}^2 , δ_{e1}^2 和 δ_{e2}^2 分别为甲性状和乙性状的遗传、表型及环境方差。

2. 通径系数^[12]

解 8 个因子的通径系数的正规联立方程组如下:

$$\begin{aligned} r_{18} &= p_{18} + r_{12}p_{28} + r_{13}p_{38} + r_{14}p_{48} + r_{15}p_{58} + r_{16}p_{68} + r_{17}p_{78} \\ &\vdots \\ r_{78} &= r_{71}p_{18} + r_{72}p_{28} + r_{73}p_{38} + r_{74}p_{48} + r_{75}p_{58} + r_{76}p_{68} + p_{78} \end{aligned}$$

解此方程组得各通径系数 p_{18} , p_{28} , p_{38} , p_{48} , p_{58} , p_{68} , p_{78} 和 $p_{x \cdot 8}$ (剩余)。

$$3. \text{ 相对遗传进度 } QG_1 = r_{xyx} \cdot \frac{ix}{iy} \cdot \frac{hx}{hy}$$

式中 r_{xyx} 为某性状与单株粒重的遗传相关值; ix 与 iy 分别为某性状与单株粒重以标准差为单位的选择差; hx 和 hy 分别为两性状遗传力的平方根。

4. 三种遗传力估值

(1) 利用遗传相关的方差分量估算遗传力 $h^2 = \frac{\delta_g^2}{\delta_p^2}$, 式 δ_g^2 中为遗传方差, δ_p^2 为表型方差。

(2) 利用配合力方差分量估算

$$\text{广义遗传力 } h^2_B = \frac{\delta_g^2}{\delta_p^2} \quad \text{狭义遗传力 } h^2_N = \frac{\delta_d^2}{\delta_p^2}, \text{ 式中 } \delta_d^2 \text{ 为加性方差, 余同上。}$$

5. 配合力分析

用 Griffing 方法 2 (亲本 + F_1) 随机模型公式估算:

$$\text{一般配合力平方和 } S_g = \frac{1}{p+2} \left[\sum_i (x_{i.} + x_{ii})^2 + \frac{4}{p} x_{..}^2 \right] \quad \text{特殊配合力平方和 } S_s =$$

$$\sum_{i < j} x_{ij}^2 - \frac{1}{p+2} \sum_i (x_{i.} + x_{ii})^2 + \frac{2}{(p+1)(p+2)} x_{..}^2, \text{ 式中 } p \text{ 为亲本数目, } x_{i.} + x_{ii}$$

为某一亲本系统所有杂交组合加亲本的总值, $x_{..}$ 为全部杂交组合总值, x_{ii} 为某一杂交

组合平均值。一般配合力效应值 $\bar{g}_i = \frac{1}{p+2} \left[x_{i.} + x_{ii} - \frac{2}{p} x_{..} \right]$, 其相应标准误, S.E.

$(\hat{g}_i - \hat{g}_j) = \sqrt{\frac{2}{p+2}} \delta^2$, 式中 δ^2 为配合力方差分析中之机误方差, 余同上。约束条件: $\sum_i \hat{g}_i = 0$, 特殊配合力效应值 $\hat{S}_{ij} = x_{ij} - \frac{1}{p+2} [x_{i\cdot} + x_{\cdot j} + x_{\cdot\cdot}] + \frac{2}{(p+1)(p+2)} x_{\cdot\cdot}$, 具有同一亲本的组合间标准误 $S.E.(\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}) = \sqrt{\frac{2(p+1)}{p+2}} \delta^2$, 具有不同亲本的组合间标准误 $S.E.(\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}) = \sqrt{\frac{2p}{p+2}} \delta^2$ 式中 $x_{\cdot j} + x_{ij}$ 为某组合另一亲本系统所有杂交组合加亲本的总值。余同上。约束条件: $\sum_j \hat{S}_{ij} + \hat{S}_{ii} = 0$ (对于每个 i)。

结果分析与讨论

在上数第三复叶与第五复叶之间四种叶性状平均表现基本相同。其相关值叶形指数为 0.972**, 叶柄角度为 0.952**, 叶柄长度为 0.670*, 叶面积为 0.685*。其中叶面积分别结荚习性类型计算时, 有限性为 0.994**, 无限性为 0.922**。为简明起见, 本文只利用第 3 复叶资料。

一、 F_1 平均表现 (表 1)

多数性状 F_1 表现杂种优势。平均优势率以单株粒重最强 (73.2%), 其余依次为相对叶面积指数 (51.2%)、株高 (30.9%)、主茎节数 (24.8%)、疏光度 (17.5%)、叶面积 (17.4%)、分枝数 (16.7%)、叶柄长度 (16.1%)、叶形指数 (1.6%) 和生育日数 (0.7%)。其中只有前七种性状达显著水平; 后三种性状差异不显著, 尤其是叶形指数和生育日数, F_1 平均值基本上等于两亲平均值。主茎生产率有显著负向优势 (-7.9%); 叶柄角度 F_1 也有普遍缩小的趋势, 但差异不显著。总而言之, F_1 表现比其亲本较高大繁茂、节多、分枝多、叶面积较大、叶形偏窄透光性较好, 集中表现在相对叶面积指数 (RLAI) 和单株生产力的显著提高。

二、性状间三种相关值 (表 2)

表 2 资料表明, 单株粒重分别与株高、分枝数、主茎节数、生育日数及 RLAI 呈极显著正向遗传相关; 而与主茎生产率、叶形指数呈显著负向遗传相关; 与叶面积、叶柄角度、叶柄长度及疏光度并无显著相关。说明在本试验条件下株型性状中只有株高、分枝数、主茎节数和 RLAI 对高产有意义; 而叶面积、叶形指数、叶柄长度、叶柄角度及疏光度对提高产量直接作用不大, 可能只在大幅度增加密度后才会表现效果。RLAI 与大多数性状间呈现极显著环境相关, 表明其与其它性状间的关系除遗传因素外, 极易受环境影响而变化。其它如单株粒重与主茎生产率、株高、分枝数; 主茎生产率与株高、分枝数、主茎节数; 株高与分枝数、主茎节数; 分枝数与主茎节数; 生育日

表 1

F₁株型性状的平均表现

(1980 九站)

亲本或杂种 (代号)	单株 粒重 (克)	主茎生 产率 (%)	株高 (厘米)	分 枝 数	主 茎 节 数	叶 形 指 数	叶柄 长度 (厘米)	叶柄 角度	叶面积 平方 厘米	RLAI	疏 光 度	生 育 日 数
1	25.6	62.8	21.9	2.9	7.1	2.6	16.0	32.7	161.5	1.3	4	112.1
2	34.7	64.9	52.5	2.4	16.1	3.0	21.7	24.7	193.5	3.1	2	122.8
3	48.5	31.6	60.1	7.2	14.5	1.6	22.8	31.8	231.4	6.3	1	127.3
4	26.2	78.5	56.7	1.0	15.5	3.2	18.3	53.0	115.0	1.3	5	102.3
5	58.3	36.0	88.6	6.8	19.4	1.8	20.7	28.9	140.5	4.9	3	126.3
1×2	47.4	78.0	46.3	2.5	15.1	3.0	23.7	31.9	243.9	3.8	4	117.5
1×3	59.7	46.8	55.1	6.1	14.3	2.1	25.9	25.4	277.5	6.7	1	121.3
1×4	42.1	65.0	55.3	2.3	14.9	3.3	24.0	45.2	191.7	2.8	5	104.5
1×5	74.3	47.0	87.1	5.0	19.8	2.4	21.0	30.9	159.1	4.7	3	120.4
2×3	80.6	33.7	85.8	5.3	20.7	2.3	26.5	26.6	199.6	6.4	3	128.1
2×4	36.6	75.3	49.9	2.1	15.2	3.1	22.1	39.2	179.8	2.6	5	109.9
2×5	58.6	50.2	69.5	4.5	19.0	2.3	24.2	28.3	189.9	5.0	3	122.7
3×4	113.2	29.4	91.2	7.9	22.0	2.7	21.0	39.7	143.5	6.4	5	120.9
3×5	78.6	30.4	118.9	7.3	22.7	1.8	22.7	29.5	181.0	7.8	3	129.2
4×5	62.2	48.0	71.3	4.4	16.9	2.6	20.0	34.4	211.0	4.9	5	115.9
F ₁ 平均 F ₁	65.3	50.4	73.2	4.74	18.1	2.50	23.1	33.1	191.7	5.11	3.70	119.0
大值亲本平均 P ₁	47.4	61.5	70.1	5.74	17.1	2.88	21.6	40.3	197.0	4.74	4.00	124.5
小值亲本平均 P ₂	31.3	42.5	41.9	2.38	11.9	2.04	18.2	28.2	139.8	2.02	2.30	111.7
中亲值平均 MP	37.7	54.7	55.9	4.06	14.5	2.46	19.9	34.2	168.4	3.38	3.15	118.2
F ₁ -P ₁	17.9**	-11.1**	3.1*	-1.00*	1.0	-0.38**	1.5	-7.2*	0.7	0.37	-0.30	-5.6*
F ₁ -P ₂	34.0**	7.9**	31.3**	2.36**	6.2**	0.46**	4.9	4.9	57.9**	3.09**	1.40*	7.3*
F ₁ -MP	27.6**	-4.3*	17.3**	0.68*	3.6**	0.04	3.2	-3.6	29.3*	1.73**	0.55	0.8
平均优势率 (%)	73.2	-7.9	30.9	16.7	24.8	1.6	16.1	-3.2	17.4	51.2	17.5	0.7

注: * 和 ** 为显著和极显著。以下各表同。

数与叶面积、叶柄角度;叶形指数与叶柄长度;叶柄角度与叶柄长度之间的环境相关均达显著,都说明环境因素的相对重要性。疏光度和叶形指数分别与分枝数、生育日数、面积及 RLAI 均呈极显著负向遗传相关,有必要进一步分析。

表 2 各性状间的表型相关 (r_p)、遗传相关 (r_g) 和环境相关 (r_e)

	单株粒重	主茎节数	株高	分枝数	主茎节数	生育日数	叶形指数	叶面积	RLAI	叶柄角度	叶柄长度	疏光度
主茎节数	r_p 0.607**											
株高	r_p -0.893**	r_p 0.530**										
分枝数	r_p -0.915**	r_p -0.605**	r_p 0.530**									
主茎节数	r_p 0.662**	r_p -0.893**	r_p -0.605**	r_p 0.530**								
生育日数	r_p 0.810**	r_p -0.893**	r_p -0.605**	r_p 0.530**	r_p 0.258							
叶形指数	r_p 0.825**	r_p -0.893**	r_p -0.605**	r_p 0.530**	r_p 0.257	r_p 0.102						
叶面积	r_p 0.930**	r_p -0.893**	r_p -0.605**	r_p 0.530**	r_p 0.212	r_p 0.159	r_p 0.024					
RLAI	r_p 0.673**	r_p -0.893**	r_p -0.605**	r_p 0.530**	r_p 0.004	r_p 0.024	r_p 0.090	r_p 0.185	r_p 0.545**	r_p 0.262	r_p 0.156	r_p -0.067
叶柄角度	r_p 0.884**	r_p -0.893**	r_p -0.605**	r_p 0.530**	r_p 0.004	r_p 0.024	r_p 0.090	r_p 0.185	r_p 0.545**	r_p 0.262	r_p 0.156	r_p -0.067
叶柄长度	r_p 0.628**	r_p -0.893**	r_p -0.605**	r_p 0.530**	r_p 0.004	r_p 0.024	r_p 0.090	r_p 0.185	r_p 0.545**	r_p 0.262	r_p 0.156	r_p -0.067
疏光度	r_p 0.727**	r_p -0.893**	r_p -0.605**	r_p 0.530**	r_p 0.004	r_p 0.024	r_p 0.090	r_p 0.185	r_p 0.545**	r_p 0.262	r_p 0.156	r_p -0.067
	r_p -0.210	r_p 0.470**	r_p -0.206	r_p -0.424**	r_p -0.174	r_p -0.438**	r_p -0.538**	r_p -0.030	r_p 0.0001	r_p 0.084	r_p -0.525**	r_p -0.251
	r_p 0.016	r_p -0.088	r_p -0.152	r_p 0.161	r_p -0.138	r_p 0.257	r_p -0.308*	r_p -0.308*	r_p 0.794**	r_p 0.057	r_p 0.141	r_p -0.091
	r_p 0.133	r_p -0.020	r_p -0.300*	r_p 0.193	r_p -0.246	r_p 0.268	r_p -0.415**	r_p -0.415**	r_p 0.794**	r_p 0.057	r_p 0.141	r_p -0.091
	r_p 0.673**	r_p -0.794**	r_p 0.676**	r_p 0.860**	r_p 0.620**	r_p 0.722**	r_p -0.442**	r_p -0.504**	r_p 0.0001	r_p 0.131	r_p -0.105	r_p -0.009
	r_p 0.845**	r_p -0.876**	r_p 0.729**	r_p 0.842**	r_p 0.604**	r_p 0.821**	r_p -0.551**	r_p 0.343*	r_p 0.0001	r_p 0.131	r_p -0.105	r_p -0.009
	r_p 0.073	r_p 0.149	r_p 0.106	r_p -0.111	r_p 0.014	r_p -0.342*	r_p 0.487**	r_p -0.452**	r_p -0.213	r_p -0.244*	r_p -0.244*	r_p 0.307*
	r_p 0.263	r_p 0.097	r_p 0.120	r_p 0.092	r_p 0.172	r_p -0.502**	r_p 0.656**	r_p -0.803**	r_p -0.321*	r_p -0.321*	r_p -0.321*	r_p 0.307*
	r_p -0.090	r_p -0.031	r_p 0.023	r_p 0.007	r_p 0.108	r_p 0.132	r_p -0.210	r_p 0.284	r_p 0.162	r_p -0.311*	r_p -0.311*	r_p 0.033
	r_p -0.157	r_p -0.073	r_p 0.604	r_p 0.609	r_p 0.112	r_p 0.194	r_p -0.174	r_p 0.586**	r_p 0.295	r_p -0.403**	r_p -0.403**	r_p 0.033
	r_p 0.123	r_p 0.332*	r_p 0.100	r_p -0.359*	r_p 0.236	r_p -0.544**	r_p 0.394**	r_p -0.379*	r_p -0.311*	r_p 0.455**	r_p -0.323*	r_p -0.323*
	r_p 0.150	r_p 0.456**	r_p 0.120	r_p -0.443**	r_p 0.271	r_p -0.066**	r_p 0.484**	r_p -0.557**	r_p -0.430**	r_p 0.680**	r_p -0.436**	r_p -0.436**

注: 对角线右侧为环境相关 (r_e); $n=12$, $10.05=0.296$, $10.01=0.363$

三、与单株粒重相关的七种性状的通径分析（表 3）

为进一步说明各性状与单株粒重之间的因果关系，把遗传相关值较大的七性状通过通径分析将相关值分解为直接作用和间接作用，以估计各因素对产量结果的相对重要

表 3 与单株粒重相关的七性状的通径系数

	株 高	分 枝 数	主茎节数	生育日数	叶形指数	RLAI	疏 光 度	与单株粒重 遗传相关值
株 高	-1.011	0.863	1.463	-0.528	0.080	-0.663	0.001	0.810**
分 枝 数	-0.802	1.088	1.153	-0.577	0.163	-0.085	-0.004	0.936**
主茎节数	-0.941	0.798	1.571	-0.561	0.074	-0.060	0.002	0.884**
生育日数	-0.729	0.857	1.204	-0.733	0.207	-0.074	-0.005	0.727**
叶形指数	0.233	-0.461	-0.300	0.394	-0.385	0.059	0.004	-0.466**
RLAI	-0.737	1.025	1.043	-0.602	0.212	-0.090	-0.004	0.848**
疏 光 度	-0.121	-0.504	0.426	0.488	-0.186	0.040	0.008	0.150

性。表 3 结果表明，决定植株籽粒产量最重要的因素是主茎节数和分枝数，其余与单株粒重相关值较大的性状也是通过主茎节数和分枝数而起作用。此结果与周丰锁论点颇为一致^[4]。具体分析如下：

1. 株高与单株粒重的遗传相关（0.810**）极显著，但直接作用的通径系数为负值（-1.001），只是通过主茎节数（1.571）和分枝数（1.088）间接的正作用而掩盖了本身的负作用。也就是说选择株高的目的主要是增加主茎节数和分枝数，否则株高就没有意义。

2. 分枝数和主茎节数分别与单株粒重的遗传相关值最大，通径分析的直接作用也是正值最大的，加上主茎节数或分枝数彼此相辅的间接作用，几乎等于各该行通径分析中全部正值。平均而言，如果其它性状保持不变，每增加 1 节或 1 个分枝即可增产 8.7—15.9%。回归分析也表明主茎节数和分枝数对单株粒重的回归系数均大于单株荚数和单株粒数，其方程式分别为 $\hat{y}=167.66+5.67x_1$ 和 $\hat{y}=114.61+10.37x_5$ ^[2]。

3. 生育日数与单株粒重遗传相关极显著，但本身的通径系数为-0.733，只是由于分枝数（0.857）和主茎节数（1.204）的间接正作用掩饰了直接的负作用。说明选择生育日数的关键也在于增加分枝数和主茎节数，单纯增加生育日数没有增产意义。

4. 叶形指数与单株粒重遗传负相关也达极显著，其直接负作用较大为-0.385，加上分枝数和主茎节数的间接负作用使其与单株粒重表现显著负相关。但毕竟相关值较小，其表型相关（-0.210）尚未达显著水平。说明一般情况下选择园叶比尖叶对提高产量有利，但其作用都是通过分枝数和主茎节数实现的，故不必强调叶形本身的作用。

5. RLAI 与单株粒重遗传正相关极显著，但其直接作用（-0.090）微不足道，而

是通过分枝数和主茎节数的间接正作用来提高单株粒重。强调提高有效叶面积指数对提高个体和群体生产力都有重要意义。关键同样在于通过提高叶面积指数来增加主茎节数和分枝数以保证实现高产。

6. 疏光度与单株粒重遗传相关不显著，通径分析中其直接作用最小（0.008），倒是通过主茎节数和分枝数对单株粒重的间接作用还大些。看来，一般生产水平的田间群体结构中，疏光度对产量并无重要意义。

综上所述，在当地大多数情况下，大豆理想株型的结构应是在缩短节间长度抗倒伏的基础上增加主茎节数，适当有些分枝，冠层要以提高有效叶面积指数为主。至于叶形窄小、叶柄角度小、疏光好的株型其直接作用是微不足道的，甚至由于减少主茎节数和分枝数的间接作用而减产；这样的株型必须在窄行密植条件下通过提高单位面积有效叶面积指数来增节增荚才有增产意义。

四、各性状的遗传力及其对单株粒重的相对遗传进度（表 4）

表 4 所载用两种估算方法得出的三种遗传力参数大体相同，与 GCA/SCA 比值也很一致。位次变化较大的是叶柄角度、株高和主茎节数。平均说来遗传力较高的性状有

表 4 各性状的遗传力及其对单株粒重的相对遗传进度

性状	GCA SCA ①	h^2B ②	h^2N ②	h^2 ③	r_{gyx} ④	QG_{y_1} ⑤	QG_{y_2} ⑤
叶形指数	46.5	0.979	0.928	0.941	-0.466	-0.54	-0.64
生育日数	40.5	0.977	0.919	0.934	0.727	0.84	0.99
分枝数	13.7	0.927	0.783	0.803	0.836	1.00	1.18
主茎生产率	10.3	0.942	0.726	0.844	-0.915	-1.00	-1.18
叶柄角度	18.4	0.890	0.833	0.729	0.263	0.27	0.32
株高	4.2	0.969	0.481	0.908	0.810	0.92	1.08
疏光度	6.0	0.916	0.637	0.799	0.150	0.16	0.19
RLA1	10.1	0.886	0.722	0.721	0.848	0.86	1.01
主茎节数	3.4	0.976	0.403	0.671	0.884	0.86	1.02
叶面积	1.6	0.774	0.156	0.536	0.133	0.12	0.14
叶柄长度	1.4	0.842	0.093	0.841	-0.157	-0.15	-0.18
单株粒重	1.1	0.875	0.014	0.702			

注：①一般配合力方差与特殊配合力方差比值。
②用配合力方差分量估算广义遗传力 h^2B 和狭义遗传力 h^2N 。
③用遗传相关方差分量估算的遗传力 h^2 。
④与单株粒重的遗传相关值。
⑤相对遗传进度 $QG_y = r_{gyx} \cdot \frac{ix}{iy} \cdot \frac{hx}{hy}$ ；负值表明反方向选择的遗传进度 QG_{y_1} 的 $ix=iy=2.06$ ；
 QG_{y_2} 的 $ix=2.06$ ； $iy=1.75$ 。

生育日数、叶形指数、叶柄角度、分枝数、主茎生产率和株高；疏光度、RLAI 和主茎节数居于中等；遗传力最低的是叶面积、叶柄长度和单株粒重。

以单株粒重本身的遗传进度为 1，各性状相对遗传进度大小的顺位是：分枝数→主茎生产率→株高→主茎节数→RLAI→生育日数→叶形指数→叶柄角度→疏光度→叶柄长度→叶面积。前 5 种性状在提高选择强度下间接选择的遗传进度 QG_{r2} 都大于 1；生育日数的间接选择也有重要意义；其余性状间接选择意义不大。其中分枝数与主茎生产率是完全一致的反函数关系。在本试验条件下，在生育期适中和抗倒伏基础上，选择分枝和主茎节数较多、有效叶面积指数较高的株型有利于提高产量。

五、配合力（表 5—8）

表 5 和表 6 表明 12 种性状在基因型间都存在极显著差异,而且除叶柄角度特殊配合力方差 (SCA) 外,全部性状的一般配合力方差(GCA) 和 SCA 均达极显著。其中叶形指数、生育日数、叶柄角度、分枝数、主茎生产率和 RLAI 的 $GCA/SCA>10$ ，表明这些性状遗传以加性效应为主，与亲本及后代的关系密切，在早世代即可选择；疏光度、株高、主茎节数的 $GCA/SCA>3$ ，表明这些性状遗传中加性效应较为重要，早代选择也有较好效果；单株粒重、叶柄长度、叶面积的 GCA/SCA 比值最小，说明这些性状的遗传中非加性效应的相对重要性，不宜在早世代进行个体选拔。

表 7 资料表现了各亲本系统在株型特点性状上普遍具有显著的一般配合力效应值

表 5 随机区组的方差分析

变异来源	df	单株粒重	主茎生产率	株高	分枝数	主茎节数
区组	b-1=2	365.6	140.73	19.10	1.19	0.61
基因型	a-1=14	1661.7**	951.11**	1714.5**	14.15**	44.93**
误差	(a-1)(b-1)=28	205.7	55.16	54.1	1.04	1.08

生育日数	叶形指数	叶面积	RLAI	叶柄角度	叶柄长度	疏光度
6.16	0.025	105.5	2.64	310.2	3.35	1.49
202.5**	0.634**	5357.8**	24.31**	182.4**	22.99**	5.08**
4.63	0.615	1196.0	2.77	20.2	3.61	0.39

(\hat{g}_1)。矮大豆(\hat{g}_1)降低株高的 \hat{g}_1 值最显著，同时兼有提早成熟、叶形变窄、增加主茎生产率和叶面积的效应。九农 9 号(\hat{g}_2)缩小叶柄角度的 \hat{g}_1 最显著，兼有提高主茎生产率、叶形变窄、叶面积加大、改善疏光度的效应。九农 1 号(\hat{g}_3)增加分枝数、RLAI、叶面积和单株粒重的 \hat{g}_1 都是最显著的。黑河 3 号(\hat{g}_4)缩短叶柄长度、提早成熟、叶形

表 6 配合力方差分析

变异来源	df	单株粒重	主茎生产率	株 高	分枝数	主茎节数	生育日数	叶形指数	叶面积	RLAI	叶柄角度	叶柄长度	疏光度
GCA	P-1=4	555.97**	892.88**	1258.4**	13.943**	30.06**	222.8**	0.976**	2459.7**	22.73**	187.3**	9.40**	4.183**
SCA	$\frac{1}{2}P(P-1)=10$	540.17**	86.728**	296.8**	1.021**	8.94**	5.51**	0.921**	1507.0**	2.25*	10.2	6.99*	0.698**
误差	m=28	68.55	18.387	18.0	0.346	0.33	1.56	0.006	398.7	0.92	6.7	1.2	0.131
GCA/SCA		1.05	10.30	4.24	13.70	3.40	40.5	46.5	1.6	10.1	18.4	1.4	6.0

表 7 一般配合力效应 (g)

亲本系统	单株粒重	主茎生产率	株 高	分枝数	主茎节数	生育日数	叶形指数	叶面积	RLAI	叶柄角度	叶柄长度	疏光度
\hat{g}_1	-8.17	6.38**	-16.5**	-0.71*	-3.27**	-3.51**	0.12**	67.0**	-1.23*	-0.26	-0.52	-0.381*
\hat{g}_2	-5.73	7.58**	-6.9**	-1.07**	0.21	1.62*	0.23**	72.6**	-0.60	-3.53*	1.19	0.095
\hat{g}_3	12.31**	-15.06**	9.5**	2.06**	0.99**	6.13**	-0.43**	133.8**	2.59**	-2.25	1.33*	-0.905**
\hat{g}_4	-5.17	9.76**	-3.4	-1.15**	-0.25	-7.85**	0.43*	-171.6**	-1.72**	8.99**	-0.52*	1.191**
\hat{g}_5	6.76	-9.15**	17.3**	0.38**	2.32**	3.62**	-0.36**	-105.6**	1.01	-2.94*	-0.42	-0.0001
SE($\hat{g}_i - \hat{g}_j$)	4.43	2.29	2.27	0.314	0.32	0.67	0.042	19.87	0.51	1.39	0.59	0.18
L. S. D _{0.05}	9.07	4.69	4.65	0.644	0.66	1.23	0.030	21.85	1.04	2.85	1.21	0.38
L. S. D _{0.01}	12.24	6.33	6.27	0.887	0.88	1.85	0.115	29.48	1.41	3.84	1.63	0.50

表 8 特殊配合力效应 (\hat{s}_{ij})

	单株粒重	主茎生产率	株高	分枝数	主茎节数	生育日数	叶形指数	叶面积	RLAI	叶柄角度	叶柄长度	疏光度
$\hat{S}_{1 \times 2}$	14.91	11.74*	2.16	-0.14	1.28	-0.085	0.149	35.9	0.99	2.28	1.42	1.06*
$\hat{S}_{1 \times 3}$	-1.76	3.23	-5.40	0.34	-0.29	-0.80	-0.107	60.4*	1.84	-5.52	3.35*	-0.94
$\hat{S}_{1 \times 4}$	-0.94	-3.43	7.72	-0.31	1.68*	-3.614*	0.260**	18.6	0.78	3.03	4.00**	0.64
$\hat{S}_{1 \times 5}$	18.49	-1.93	20.76**	0.39	3.90**	0.814	0.093	-23.4	0.58	0.69	0.16	0.16
$\hat{S}_{2 \times 3}$	16.76	-10.48	-12.82*	-0.11	2.82**	0.872	-0.051	-18.3	0.70	-1.05	2.02	0.59
$\hat{S}_{2 \times 4}$	-9.76	6.15	-7.30	-0.16	-1.60*	-3.343*	-0.044	6.0	-0.51	0.30	0.14	0.16
$\hat{S}_{2 \times 5}$	0.31	0.03	-8.34	0.21	0.09	-2.014	-0.081	6.7	0.53	1.36	1.49	-0.32
$\hat{S}_{3 \times 4}$	48.81**	-17.11**	17.67**	2.52**	3.75**	3.243*	0.130	-39.5	1.61	-0.44	-1.14	1.16*
$\hat{S}_{3 \times 5}$	2.68	4.80	24.63**	-0.05	2.51**	-0.029	0.063	-11.4	0.62	1.28	-0.29	0.08
$\hat{S}_{4 \times 5}$	3.33	-4.36	-10.10	0.23	-1.98*	0.657	0.001	62.7*	1.25	-6.06	-0.40	-0.08
$\hat{S}_{1 \times 1}$	-15.34	-4.81	-12.62	-0.15	-3.23	1.843	-0.197	-45.8	-1.94	-0.24	-4.46	-0.46
$\hat{S}_{2 \times 2}$	-11.11	-3.72	-1.14	0.08	-1.20	2.285	0.014	-15.2	-0.85	-1.45	-2.54	-0.75
$\hat{S}_{3 \times 3}$	-33.34	-9.78	-26.33	-1.36	-4.29	-1.642	-0.017	-4.4	-2.39	2.87	-1.96	-0.75
$\hat{S}_{4 \times 4}$	-20.71	9.37	-4.00	-1.14	-0.87	1.529	-0.173	-23.9	-1.56	1.58	-1.29	-0.94
$\hat{S}_{5 \times 5}$	-12.50	0.73	-13.47	-0.40	-2.26	0.286	-0.037	-17.3	-1.49	1.36	-0.47	-0.22
$SE(\hat{S}_{ij})$	5.71	2.96	2.90	0.41	0.41	0.86	0.054	13.8	0.55	1.79	0.76	0.25
$SE(\hat{S}_{ii})$	7.23	3.74	3.70	0.51	0.52	1.09	0.068	17.4	0.84	2.28	0.96	0.32
$SE(\hat{S}_{ij}-\hat{S}_{ii})$	8.85	4.58	4.54	0.63	0.62	1.34	0.084	21.4	1.03	2.77	1.17	0.39
$SE(\hat{S}_{ij}-\hat{S}_{ik})$	10.84	5.61	5.55	0.77	0.79	1.64	0.102	26.1	1.26	3.39	1.44	0.47
$SE(\hat{S}_{ij}-\hat{S}_{kl})$	9.89	5.13	5.10	0.70	0.72	1.49	0.093	23.9	1.15	3.10	1.31	0.43
L. S. O.e.o.5	20.25	10.51	10.44	1.43	1.47	3.05	0.191	48.9	2.36	6.35	2.68	0.88
L. S. O.e.o.1	27.33	14.17	14.09	1.93	1.99	4.12	0.257	66.0	3.18	8.57	3.62	1.19

变窄、增加主茎生产率和疏光度的 \hat{g}_1 都是最显著的。山东小金黄 (\hat{g}_5) 增加株高和主茎节数的 \hat{g}_1 最显著, 兼有增加分枝数和缩小叶柄角度的效应。但在相同特点的亲本品种间也有不同的配合力表现, 本试验中九农 1 号单株粒重 (48.5 克) 低于山东小金黄 (58.3 克), 但前者 \hat{g}_1 大于后者; 黑河 3 号叶柄长度 (20.7 厘米) 长于魁大豆 (16.0 厘米); 但在缩短长度的 \hat{g}_1 上, 前者反倒大于后者。

表 8 所示, 凡是特殊配合力效应 (\hat{S}_{ij}) 显著的组合都具有 \hat{g}_i 显著的亲本血缘。如 $\hat{S}_{3 \times 4}$ 单株粒重、分枝数、疏光度, $\hat{S}_{1 \times 2}$ 主茎生产率, $\hat{S}_{1 \times 3}$ 叶面积和 RLAI, $\hat{S}_{1 \times 4}$ 生育日数 (负向) 和叶形指数, $\hat{S}_{1 \times 5}$ 主茎节数, $\hat{S}_{3 \times 5}$ 株高, $\hat{S}_{4 \times 5}$ 叶柄角度 (负向) 都是 \hat{S}_{ij} 值最大的。唯有叶柄长度有些反常, 虽然 $\hat{S}_{1 \times 3}$ 的 \hat{S}_{ij} 显著符合规律, 但 $\hat{S}_{1 \times 4}$ 的 \hat{S}_{ij} 极显著而其两个亲本 \hat{g}_1 和 \hat{g}_4 都是负值, 可能与此性状受环境影响较大有关。

以上结果可以表明, 只要性状互补的亲本选配组合得当, 通过杂交育种就可以选育出适合各种生态条件下的理想株型。

参 考 文 献

- [1] 陈恒鹤: 1982, 大豆主要数量性状遗传规律的双列杂交分析 大豆科学 1 (1): 41—52.
- [2] 陈恒鹤: 1982, 大豆杂种优势的遗传分析 中国油料 (2): 1—9.
- [3] 胡明祥等: 1980, 大豆高产株型育种研究吉林农业科学 (3): 1—14.
- [4] 周丰锁: 1983, 大豆杂交亲本主要农艺性状的通径分析 遗传 5 (2): 7—9.
- [5] 尹田夫: 1983, 大豆模拟株型的研究 作物学报 9 (3): 205—211.
- [6] 郝欣先: 1983, 关于北方夏大豆株型结构问题研究报告 大豆科学 2 (1): 49—57.
- [7] 王滔等: 1983, 大豆叶茎关系与产量的研究初报 大豆科学 2 (1): 67—74.
- [8] 杜维广等: 1983, 大豆有性杂交叶片光合作用遗传控制的研究 大豆科学 2 (1): 39—48.
- [9] 朱德群等: 1982, 冬小麦主茎旗叶光合性状的相关性 作物学报 8 (3): 199—204.
- [10] 杨守仁: 1982, 水稻株型研究的进展, 作物学报 8 (3): 205—210.
- [11] 夏仲炎: 1983, 梗稻叶型的遗传与选择的研究 作物学报 9 (4): 275—282.
- [12] 兰巨生: 1982, 作物遗传参数统计法, 第五章相关与通径分析第八章全互交分析 河北人民出版社.
- [13] 1964, 叶面积快速测定法 科学大众 (9): 320.
- [14] 国分牧卫等: 1981, (陈恒鹤摘译 1983), 田间条件下大豆群体结构和产量构成过程分析, I 株型对受光势和产量构成要素的影响, 农学文摘 (5): 830645 条.
- [15] 国分牧卫等: 1982 (陈恒鹤摘译 1983), 田间条件下大豆群体结构和产量构成过程分析, IV 不同株型的籽粒生产特性与密度、种植方式的关系 农学文摘 (5): 830646 条.
- [16] Lee Mason et al: 1976, Diallel analysis of leaf angle, leaf area, yield and yielding components in *Zea mays*. Crop Science 16 (5): 693—696.

RELATIVE GENETIC ADVANCE AND COMBINING ABILITY OF PLANT TYPE CHARACTERS IN SOYBEANS

Chen Henghe Li Nan

(Laboratory of Soybean Research, Jilin Institute of Agricultural Sciences)

Abstract

The genetic parameters on heterosis percentage, genetic correlation, path coefficient, relative genetic advance, GCA and SCA of 12 kinds of plant type characters with FI's data of 10 diallel crosses of 5 parental cultivars of different plant type were estimated. Investigated results showed that No. of nodes in main stem and No. of branches were the most important factors of plant type to determine seed yield. The significant correlation between seed weight per plant and other plant type characters were chiefly depended on indirect action by the nodes and the branches. We discussed the problem on ideotype which should be combined with local productive condition and local ecological environment. The soybean ideotype of Jilin region have to increase No. of nodes in main stem and No. of branches on the basis of lodging resistance owing to shorten node-length. And to raise effective LAI is main object in improvement of canopy.