

北方夏大豆高产性状结构剖析

郝欣先 蒋惠兰 李星华 丁发武 王金龙 彭继青

(山东省农业科学院作物研究所)

摘 要

试验表明:节荚数多,节粒数多,节粒重和粒茎比值高是高产品种最显著的增产性状,其中提高粒茎比值是大豆产量增长的主要潜力.其形态性状表现在高产品种株高大幅度降低,节间也有明显的缩短,主茎节数也平均减少12.32%。至于茎秆重量,植株过高,茎重过大是减产因素。对于病毒病的抗性是高产稳产性状,光合效率,高产品种平均增加9.23%,但与株粒重,株茎重无关。然而一个重要的事实是:高、中、低产三组品种的株茎、粒重(合计)却几乎完全相等。通径分析表明,株茎重、株高对粒茎比值有较大的直接负向作用。株粒重虽为正向作用,其值很小,主要通过株高、株茎重间接影响粒茎比值的大小。表明光合产物能否经济有效的用于籽粒构成,是造成产量差异的重要原因。

本研究试图分析比较不同产量水平的大豆性状组成,性状差异,性状改进和诸多器官的协调平衡关系。以求得从理论和实践上揭示大豆增产途径,明确高产性状结构,为高产育种提供依据。

一、材 料 和 方 法

1. 本研究自1983—1985年共进行三年。选取不同产量水平的品种(系)42份次。其中1983年10份、1984年15份,1985年17份。
2. 试验随机排列,重复3—4次,小区长4米,5行区。
3. 于盛花、鼓粒初期二次调查根瘤状况及使用501型气相色谱仪二次测定固氮效率(盆栽50盆)。
4. 于分枝、盛花、鼓粒初期使用QGD—07型红外线二氧化碳气体分析仪三次测定光合效率(每个品种〈系〉测定三次重复,每次重复测定二次)。
5. 病毒病对经济性状和产量的影响,研究方法是:将病毒病发生程度分为四级,即0、一、二、三级,除0级外,每级又分为三等,共四级十等,每等1分。0级为10分,一级一等为9分,一级二等为8分,一级三等为7分,依次类推,最后四级三等为

本文于1986年3月10日收到。

The paper was received in March 10, 1986.

1 分, 查其影响程度。

6. 收获时每小区取样15株考种取得有关数据资料。

7. 对上述数据进行以相关、回归、通径为主的统计分析。其公式如下:

相关系数 $r = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$

表型相关系数 $r_p = \frac{cov p_{1.2}}{\sqrt{\sigma_{p1}^2 \cdot \sigma_{p2}^2}}$

遗传相关系数 $r_g = \frac{cov g_{1.2}}{\sqrt{\sigma_{g1}^2 \cdot \sigma_{g2}^2}}$

环境相关系数 $r_e = \frac{cov e_{1.2}}{\sqrt{\sigma_{e1}^2 \cdot \sigma_{e2}^2}}$

通径系数 $r_{yi} = r_{i1}p_{y1} + r_{i2}p_{y2} + r_{i3}p_{y3} + \dots\dots r_{i8}p_{y8}$

回归方程 $\hat{y} = a + bx$

二、结果与分析

(一) 经济性状的构成和改进

本试验产量水平从 230.33 斤到 367.8 斤。在实收株数由一万株左右情况下诸 产量性状构成如表 1。

表 1. 产量性状构成和改进

Table 1. Composition and improvement of yield component traits

性 状 品 种 Traits Varieties	株荚数 Pods/ plant	株粒数 Seeds/ plant	不育荚 Sterile pods/ plant	株粒重 (克) Seed. wt./ plant (g)	百粒重 (克) 100 seed weight (g)	粒茎比 Seed. wt./ stem wt.	节荚数 Pods/ node	节粒数 Seeds/ node	节粒重 (克) Seed wt./ node	亩 产 (斤) yield/mu (jin)
亩产 300 斤以上 品 种 平 均 Average of varieties yield above 300jin/mu	62.96	119.41	4.78	17.27	14.93	1.31	2.08	3.86	0.59	339.2
亩产 300 斤以下 品 种 平 均 Average of varieties yield below 300jin/mu.	50.60	98.28	5.95	14.11	14.43	0.99	1.52	2.98	0.44	268.84
相 差 数 Difference	12.36	21.13	-1.17	3.16	0.50	0.32	0.56	0.88	0.15	70.36
增 减 率 Change ratio (%)	24.43	21.49	-24.48	22.40	3.47	32.32	36.84	29.53	34.09	26.17

结果表明：以节荚数、节粒重、节粒数和粒茎比值增量最大。这一事实启示,在选育高

产品中，改善节的结荚状况，增加节的生产力和提高经济系数有极其重要的增产意义。

将各种经济性状间效应列入表 2。结果指出：节荚数、节粒数和粒茎比值对株粒重关系密切，增量效应都极大，有很好的回归关系。节荚数增加一个，株粒重提高4.6889克 ($y = 7.84 + 4.6889x$)，在供试品种主要为 2—3 粒荚条件下，相关关系表明 (表 2)：节荚数、株荚数和粒茎比值的增长是提高单株生产力的基本要素。而节荚数和粒茎比值的大小更为重要。说明在大豆结荚鼓粒期间 (叶片性能状况) 茎叶中有机物能否充分而有效地形成荚粒，增多节荚粒数，以提高经济系数，这是高产品种重要生理特

表 2. 经济性状间的相关关系
Table 2. Correlations between economical traits

项 目 Item	偏相关系数 Partial correlation coefficient	相 关 系 数 Correlation coefficient		遗传相关系数 Genetic correlation coefficient
	1983年	1984年	1985年	1985年
百粒重与株粒重 100 seeds wt. VS./plant	0.0784	-0.3286*	-0.0133	-0.5267*
株节荚数与株粒重 Pods/node/plant VS. Seed wt., wt./plant	0.7495**	0.7493**	0.6999**	0.8715**
株节粒数与株粒重 Seeds/node/plant VS. Seed wt./plant	0.6564**	0.6588**	—	—
株荚数与百粒重 Pods/plant VS. 100 seeds wt.	-0.5563**	-0.5599**	-0.5267**	-0.5864**
株荚数与株粒重 Pods/plant VS. Seed wt./plant	0.8491**	0.4177*	0.7375**	0.7046**
粒茎比值与株粒重 Seed wt./stem wt. ratio VS. seed wt./plant	—	0.8062**	0.8284**	0.3525*
节荚数与株荚数 Pods/nod VS. pods/plant	—	0.6343**	0.8715**	0.8884**

性。但通径分析表明，节荚数直接作用列居第四，这主要是由于节荚数与株荚数关系紧密，因而节荚数通过株荚数的间接作用表现出来 (表 3)，也表明节荚数再多也要以一定的株节数为前提条件，才能达到株结荚多。

(二) 形态性状的构成和差异

产量结构分析表明：节结荚多，株结荚密是构成高产的主要产量性状。据此对于形态性状构成的研究便以单株生产力作为衡量形态性状构成优劣标准。表 4 所示：株粒重

表 3. 大豆8个性状与单株粒重的通径系数

Table 3. Path coefficient of eight characters of soybean to seeds weight per plant

性 状 Traits	株 高 Plant height	分 枝 No. of branch	主茎节 Nodes of main stem	株荚数 No. of pods/ plant	株粒数 No of seeds/ plant	株茎重 Stem wt. plant (g)	百粒重 100 seeds weight	株节荚 Pods/ node/ plant	遗传相关 系数Coe- fficient of gen- etic cor- relation
株 高 Plant height	-0.0766	0.0754	-0.0202	-0.1292	-0.0109	0.0856	-0.2492	-0.0291	-0.03532
分 枝 No. of Branch	0.0597	-0.0967	0.0193	0.3725	0.0223	-0.0152	0.0127	-0.0173	0.3573
主 茎 节 Nodes of main stem	-0.0622	0.0748	-0.0249	-0.0597	0.0017	0.0907	-0.1479	0.0189	-0.1086
株 荚 数 No. of pods/plant	0.0101	-0.0368	0.0915	0.5778	0.0842	0.1612	-0.4312	0.1101	0.8769
株 粒 数 No. of seeds/plant	0.0096	-0.0249	-0.0005	0.9493	0.0867	0.1613	-0.4038	0.1373	0.9155
株 茎 重 Stem wt./plant (g)	-0.0335	0.0075	-0.0115	0.8043	0.0713	0.1980	-0.5591	0.0965	0.5715
百 粒 重 100 seeds weight	0.0284	-0.0019	0.0057	-0.6522	-0.0542	-0.1695	0.6465	-0.0572	-0.2534
株 节 荚 Pods/node/plant	0.0126	0.0695	-0.0027	0.6094	0.0073	0.1071	-0.2092	0.1767	0.7716

高的 A 组品种和株粒重低的 B 组品种形态性状构成有明显差异，其结果是：

- 1. 高产品种株高大幅度降低，粒径比值大幅度增长。
- 2. 高产品种主茎节间长度有明显缩短，主茎节数也平均减少 12.32%。
- 3. 株节数和茎粗两组品种基本没有差异。
- 4. 株茎重，1984 年在株高 100.92 厘米（均值）条件下，高产组品种株茎重减少 14.87%。

其器官间平衡关系有如下趋势：其一，株高82.7厘米时，株高与株粒重的关系通径系数虽为负值，但值很小（表 3），表明株高80厘米左右与大豆籽粒产量关系较为协调。其二，粒茎比值大，株粒重也大，关系密切（表 2），但通径分析看出，其直接作用较小，而是通过株茎重，株高对籽粒产量发生作用（表 7）。由于大豆经济系数较小（与禾谷类作物相比），而粒茎比变幅又较大，这表明把茎叶重量有效地转化为籽粒产量，对于大豆还有很大潜力，是增产的途径。其三，还看出，株粒重有随节间长度缩短而增重的趋势（表 5）。调查表明：高产品种节间短于低产品种（表 4）。因此，节间长短是高产大豆品种的一个重要性状，本研究初步认为 4—5.5 厘米为宜。

研究还表明，植株太高，茎重过大是一个减产因素。在供试品种茎重 13.67 克条件下，与株粒重为显著负相关（表 5）。当然茎重过小，产量也低。当亩密度一万株，株茎重12克左右，产量最高（平均357.2斤/亩）。其次，高产品种主茎节数也略有减少（表 4）。

表 4. 形态性状的构成和差异
Table 4. Component and difference of morphologic traits

年 份 Years	性 状 别 Traits Groups	株 高 (厘米) Plant height (cm)	主茎节数 Nodes of main stem	株 节 数 Nodes per plant	主茎节长 (厘米) Internode length of main stem (cm)	主 茎 粗 (厘米) Diameter of main stem (cm)	株 茎 重 (克) Stem wt./ plant (g)
1983	株粒重13克以上品 种均值 (A 组) Group(A), average of varieties yield above 13g/plant	75.52	16.02	34.74	4.69	0.84	13.14
	株粒重12.9克以下 品种均值 (B 组) Group(B), average of varieties yield below 12.9g/plant	95.02	17.73	33.38	5.39	0.796	12.80
	A、B 两组均值相 差 Average difference between group (A) and group (B)	-19.5	-1.71	1.36	-0.7	0.044	0.34
	增 减 率 (%) Change ratio (%)	-25.85	-10.67	4.07	-14.93	5.52	2.66
1984	株粒重18克以上品 种均值 (A 组) Group(A), Average of varieties yield above 18g/plant	85.4	15.62	29.91	5.67	0.81	12.78
	株粒重17.9克以下 品种均值 (B 组) Group(B), average of varieties yield below 17.9g/plant	109.09	17.80	32.32	6.42	0.79	14.68
	A、B两组均值相差 Average difference between group (A) and group (B)	-23.69	-2.18	-2.41	-0.75	0.02	-1.9
	增减率 (%) Change ratio (%)	-27.74	-13.96	-8.05	-13.23	2.53	-14.87

(三) 光合效率与大豆产量

农作物生物产量 90% 以上来自光合产物。本试验看出：大豆品种间光合效率有较大差异，趋势是随大豆籽粒产量提高，光合效率亦见增长（表 6），A、C 两组相比增加 9.23%。经相关测定光合效率和大豆株粒重、株茎重、株茎粒重（合计）无关，相关系数分别为 0.0739、0.0434、0.0545。然而一个重要事实是，亩产 350 斤以上的高产品种，亩产 300—349 斤的中产品种及亩产 300 斤以下的低产品种，其株茎粒重的均值却几乎完全相等（表 6）。粒茎比值与主要形态性状及主要经济性性状通径分析表明（表

表 5. 形态性状、经济性状间相关性
Table 5. Correlations between morphologic and economic traits

项 目 Item	相 关 系 数 Correlation coefficient		
	1983年	1984年	1985年
株 高 与 株 粒 重 Plant height VS. seed wt./plant	-0.2258	-0.5553**	-0.5550**
株 高 与 株 茎 重 Plant height VS. stem wt./plant	-0.4075*	0.5453**	0.5697**
株 茎 重 与 株 粒 重 Stem wt./plant VS. seed wt./plant	—	-0.5421**	-0.5891**
节 间 长 度 与 株 粒 重 Internode length of main stem VS. seed wt./plant	-0.3951*	-0.4380*	-0.4636*
粒 茎 比 与 株 茎 重 Seed wt./stem wt. ratio VS. stem wt./plant	-0.4417*	-0.9144**	-0.8827**
粒 茎 比 与 株 粒 重 Seed wt./stem wt. ratio VS seed wt./plant	0.4984*	0.8062**	0.8281**
粒 茎 比 与 株 高 Seed wt./stem wt. ratio VS. plant height	-0.5525**	-0.5028**	-0.6394**
粒 茎 比 与 节 间 长 度 Seed wt./stem wt. ratio VS. internode length of main stem	-0.9261	-0.3493*	-0.3793*
粒 茎 比 与 主 茎 节 数 Seed wt./stem wt. ratio VS. nodes of main stem	-0.4896*	-0.5263**	-0.5634**

7)：株茎重、株高对粒茎比值有较大直接负向作用，而株粒重虽为正向作用，其值很小，主要通过株茎重和株高间接影响粒茎比值大小。这就表明，光合产物能否经济而有效地用于籽粒构成是造成大豆产量差异的重要原因，因此，株茎重适宜，粒茎比值大，光合效率高，才是大豆高产的组成性状，仅光效高并非就能够高产。

三、讨论与小结

1. 从株高、分枝数、主茎节数、株荚数、株粒重、株茎重、百粒重、节荚数对株粒重的表型相关。遗传相关和环境相关（表8）看出：表型相关和遗传相关有高度一致性，且遗传相关往往大于表型相关，这样在新品种选育中就可以用表型相关来估测遗传

表 6. 光合效率与大豆产量

Table 6. Relationship between photosynthesis rates and seed yield

组别 Groups	项 目 Item	光合强度 (mg CO ₂ /dm ² ·hr) Photosynthesis rates				株茎重 (克) Stem wt./ plant (g)	株粒重 (克) Seed wt./ plant (g)	株茎粒重 (克) Stem and grain weight per plant (g)	粒茎比 Seed wt./ stem wt. ratio	亩 产 (斤) Seed yield/ mu (jin)
		初花期 7/19— 7/21 Early flower- ing stage	末花期 8/7—8/9 Late flower- ing stage	鼓粒初期 8/20— 8/22 Early grainfi- ling stage	三期平均 Average of three stages					
亩产 350 斤以上品种平均(A) Average of varieties yield above 350 jin/inu		26.78	26.14	35.17	29.36	11.99	19.88	31.87	1.66	357.2
亩产 300—349 斤品种平均 (B) Average of varieties yield 300—340 jin/inu		25.91	27.76	32.87	28.47	13.21	18.32	31.53	1.39	333.49
亩产 300 斤以下品种平均 (C) Average of varieties yield below 300 jin/inu		23.98	25.56	30.94	26.88	15.10	16.32	31.42	1.08	274.53
以 C 组为 100 Set C group as 100		100	100	100	100	100	100	100	100	100
B 组对 C 组的百分率 Percentage of B group VS. C group		108.05	108.61	106.24	105.92	87.43	112.25	100.35	128.61	121.48
A 组对 C 组的百分率 Percentage of A group VS. C group		111.68	102.27	113.67	109.23	79.40	121.81	101.43	140.91	130.11

表 7. 粒茎比值与主要形态性状、主要经济性状通径系数

Tabla 7. Path coefficient between ratio of grain and stem weight VS. main morphological characters and main economic characters

项 目 Item	株 高 Plant height	株茎重 Stem wt./ plant	主茎节间长 Internode length of main stem	主茎节数 Nodes of main stem	株 粒 重 Seed wt./ plant	株 节 数 Nodes/ plant	遗传相关系数 Coefficient of genetic correlation
株高(厘米) Plant height	-0.5608	-0.5563	0.0883	0.0502	-0.0154	-0.0840	-0.6235
株 茎 重 Stem wt./plant	-0.3059	-1.0203	0.0498	0.3810	-0.0190	-0.0691	-0.9831
主茎节间长 Internode length of main stem	-0.1506	-0.1545	0.3289	-0.0697	-0.0122	-0.0505	-0.0286
主茎节数 Nodes of main stem	-0.4393	-0.6026	-0.0049	0.6449	-0.0108	-0.1166	-0.5286
株 粒 重 Seed wt./plant	0.4416	0.9949	-0.2059	-0.3337	-0.0195	0.0595	0.9759
株 节 数 Nodes/plant	-0.2245	-0.3333	0.0475	0.3559	-0.0055	-0.2113	-0.3713

相关,运用遗传知识依据表型性状对育种材料进行选择。

2. 性状的差异造成产量的不同。由于生物有机体的多样性和环境条件的复杂性,寻求出最佳经济产量的诸多器官协调平衡关系是一种难度很大的工作。本试验查明:亩产和株生产力的增长主要通过降低株高,缩短节间长度,提高粒茎比值,增加节荚数,茎重适宜和具有高抗病毒能力,高或是较高光合效率来实现的。统计分析表明:性状间是相互限制又相互促进的,因此可以认为限制作用较小,对籽粒产量促进作用较大的性状,便是对产量的贡献因素。

3. 大豆经济系数明显低于禾谷类作物,供试品种反映:粒茎比值品种间差异很大,产量高的品种粒茎比值也往往高。这就指出:提高经济系数(增加粒茎比值)是大豆产量增长的潜在途径。光合效率与产量分析提示:光合物质、生物产量不能有效地用于和转化为籽粒产量,是大豆增产的限制因素。

表 8. 表型相关、遗传相关、环境相关

Table 8. Correlation of phenotype, genetics, and enviroment

项 目		分枝数	主茎节数	单株荚数	单株粒数	单株茎重	百粒重	节荚数	单株粒重
Item		No. of Branch	Nodes of main stem	Pods/ plant	Seeds/ plant .	Stem wt./ plant	100 Seeds weight	Pods/ node	Seed wt./ plant
株 高 Plant height	rp	-0.6588**	0.7928**	-0.0798	-0.0786	0.4075**	-0.3431*	-0.1349	-0.2258
	rg	-0.7797**	0.8120**	-0.1321	-0.1265	0.4369**	-0.3839*	-0.1646	-0.3531*
	re	0.1147	0.7154**	0.0561	0.0256	0.3393*	-0.2679	-0.0164	-0.0133
分 枝 数 No. of branch	rp		-0.6718**	0.3986	0.3065	0.0245	0.0679	-0.0302	0.3740*
	rg		-0.7732**	0.3809	0.2571	-0.0776	0.0196	-0.0978	0.3572**
	re		0.2656	0.6486**	0.6729**	0.5571**	0.3219*	0.4426**	0.6901**
主茎节数 Nodes of main Stem	rp			0.0540	0.1081	0.4418**	-0.1895	0.1469	0.0212
	rg			-0.0610	0.0201	0.4630**	-0.2287	0.1069	-0.1084
	re			0.4725**	0.4132**	0.4280**	-0.0922	0.3632*	0.3684*
单株荚数 Pods/plant	rp				0.9660**	0.7383**	-0.3275*	0.6892**	0.8795**
	rg				0.9708**	0.8225**	-0.6669**	0.6232**	0.8771**
	re				0.9627**	0.5775**	0.2629	0.9019**	0.9064**
单株粒数 Seeds/plant	rp					0.7665**	-0.2663	0.7819**	0.9315**
	rg					0.8229**	-0.6246**	0.7798**	0.9156**
	re					0.6797**	0.2851	0.8595**	0.9586**
单株茎重 Stem wt./plant	rp						-2.4896**	0.5291**	0.6052**
	rg						-0.8648**	0.5464**	0.5716**
	re						0.2128	0.4993**	0.6789**
百 粒 重 100 seed weight	rp							-0.1573	0.0799
	rg							-0.3236*	-0.2533
	re							0.2608	0.5077**
节 荚 数 Pods/node	rp								0.7440**
	rg								0.7710**
	re								0.8132**

4. 病毒病严重为害大豆, 是一个重要减产因素, 每加重一个等级, 产量便降低20%以上。因此大豆对病毒病的抗性是一个稳产高产性状。

参 考 文 献

- 〔1〕 尹田夫: 1982, 哈尔滨地区无限结荚习性大豆理想株型冠模式的探讨, 大豆科学 №.2, P169—175.
- 〔2〕 董 钻: 1981, 大豆的器官平衡与产量, 辽宁农业科学 №.3, P14—21.
- 〔3〕 玖村敦彦: 1969, 转自《作物光合作用与物质生产》.
- 〔4〕 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 №. 1, P49—57.
- 〔5〕 李 莹: 1984, 大豆品种产量构成因素的研究, 大豆科学 №.3, P209—213.
- 〔6〕 赵 钊: 1984, 大豆不同类型品种粒茎比值与产量等性状关系的研究, 大豆科学 №. 4, P281—287.

THE ANALYSIS OF CHARACTERS OF HIGH YIELD VARIETIES OF SUMMER SOYBEAN

Hao Xinxian Jiang Huilan Li Xinghua
Ding Fawu Wang Jinlong Peng Jiqing

(*Institute of Crops Shandong Academy of Agricultural sciences*)

Abstract

The experiment results showed that more pods, higher grain weight and more grains per node and higher grain-stem ratio were the desirable characters for the high yield varieties of soybeans sown as summer crop. The most potential way to raise yield was increasing the grain-stem ratio. The node number on main stem of high yield varieties were 12.32% less than that of the low yield ones and their plant heights and internode length were decreased significantly. Over tall plants and heavy stems were disadvantage for yield potentiality. The data indicated that net photosynthetic rate of high yield varieties were 9.23% higher than that of the poor ones. High yield potentiality was not related with grain, stem and their total weights per plant. In fact, plant weights nearly were the same for the higher, middle and lower yield varieties. Resistance to virus disease was very important to yield potentiality and stability. The path analysis demonstrated that the direct, negative effects of stem weight and plant height on the grain-stem ratio and the positive but light effect of grain weight on the ratio, which effected it through plant height and stem weight. It could be considered that the difference of yield potentiality depended mainly upon the utilization efficiency of photosynthate for grain development and growth.