

中国南方大豆干物质积累、分配等 生理性状与产量的关系*

唐善德 盖钧镒 马育华

(南京农业大学大豆研究所)

提 要

对73个生育期相近产量水平不同的南方大豆品种研究结果说明,籽粒产量与生物量及收获指数正相关,尤以后者更密切。鼓粒期茎叶比与收获指数显著相关,因而也与籽粒产量显著相关。初花期、结荚期等干物重与生物量显著相关,因而也与产量显著相关。作物生长率反映干物质积累的速度,与生物量及籽粒产量显著相关。叶质重、生殖生长期/营养生长期比值因分别与净同化率及收获指数相关而与产量显著相关。

关键词 干物质积累与分配;生物量;收获指数;性状相关

大豆产量主要取决于光合作用所制造有机物的数量及转化的效率。高产育种与提高光合生产力有关,产量形成是“源”、“库”、“流”相互协调的结果^[10,14]。Wells等^[15]发现大豆品种间产量差异部分来源于种子发育过程中光合生产力的不同。据一些学者(徐克章、苗以农、Buttery等)^[1,2,7]研究,叶质重具有明显的变异性,与光合同化率、产量呈显著正相关。干物质积累量在不同类型的品种间存在差异,在不同产量水平下,不同时期的干物质积累量也有差异(Egli, Bearer, Anderson)^[9,6,5]。对高产大豆生理的研究得出:大豆生物学产量与经济产量呈正相关,由低产向高产的品种改良应先着重提高生物学产量,而后提高收获指数(张恒善)^[3]。Mcblain等^[13]研究早熟高产大豆生理和Gay等^[11]研究品种改良中大豆生理学方面的变化都得出同一结论,高产品种有较长的鼓粒期。因此,在前人工作的基础上,本研究从分析不同产量水平品种干物质积累、分配等生理性状的特点和这类性状与产量的相关、回归关系两方面入手,探讨与高产相关的重要生理性状,以期为大豆高产育

* 本文是唐善德硕士学位论文的部分结果。现在湖南农科院作物所工作。

本文于1989年10月18日收到

This paper was received on Oct. 18, 1989.

种提供生理指标。

试验材料与方方法

试验材料来自南方 12 省市,在南京 10 月上、中旬成熟,具有相对高、中、低产水平的有限型地方品种与改良品种,共 73 个。试验于 1986 年夏在江浦试验站进行。随机区组设计,三次重复,5 行区,行长 4.0m,行距 0.5m,穴距 0.1m,单苗。生育期间进行田间取样,测定干物质积累、分配等生理性状,取样时间在初花期(R_1),即小区内至少有一株植株开花;结荚期(R_2),即小区内有 50%左右的植株有一个 2cm 长的荚;鼓粒期(R_3),即小区内有 50%左右的植株有一荚含有充满荚腔的绿色种子。三期各取样一次,每次每小区取样 8 株,子叶节以上部分分为茎、叶部,于 120°C 烘箱中先烘 2 小时,再降到 30°C 至恒重后称重。成熟时每小区随机取 10 株考种,收小区中间三行计产。

所研究的性状依其对产量的影响程度与途径可分为:(1)干物质积累、分配性状,包括初花期、结荚期、鼓粒期、成熟期的干物重,生物量,收获指数及茎叶比值。(2)生长率性状,包括净同化率(NAR),作物生长率(CGR),相对生长率(RGR),叶面积相对生长率(LRGR)。其计算公式分别为:

$$NAR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \cdot \frac{l_2 L_2 - l_1 L_1}{L_2 - L_1} (g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}), CGR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} (g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}),$$

$$RGR = \frac{l_2 W_2 - l_1 W_1}{T_2 - T_1} (g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}), LRGR = \frac{l_2 L_2 - l_1 L_1}{T_2 - T_1},$$

W、T、L 分别表示每次取样中的干物重,取样时间和叶面积。(3)叶部性状,包括叶质重(SLW),叶面积系数,主茎第 7、8 叶寿命。(4)生育期特性,即生殖生长期及生殖生长期/营养生长期(RRV)。

品种产量水平分组采用修改的 Calinski & Corstan(1985)^[8]聚值法,其它统计分析参考马育华编《田间试验与统计分析》^[4]。

结果与讨论

一、不同产量品种组的干物质积累、分配等生理性状的表现

将品种按其产量用聚值法分为高产、中产、低产三组,高产组 3 个,中产组 66 个,低产组 4 个品种,大部分品种表现相对中产水平。不同产量品种组的干物质积累、分配等生理性状的结果表示于图 1 和表 1。

1、干物质积累、分配

高、中、低产品种干物质生产与最终的生物量存在差异,但这种差异未达显著性水准,高产品种组干物质积累,比中、低产品种稍多。高产品种一开始就显现出物质生产上的轻微优势,初花期到成熟期都保持此种优势(图 1)。联系到产量构成因素,高产品种组的百

粒重显著高于低产品种组,高产品种干物质生产上的轻微优势可能有利于生殖器官籽粒的发育、充实。

高产品种收获指数显著高于低产品种,这说明收获指数在高产中起着重要作用。生育期间的茎叶比值反映出干物质在植株不同部分(“源”与“库”)的积累、分配。生育后期(鼓粒期)高产品种茎叶比值较高,即茎秆、主要为荚粒的干物质相对于叶部较多,表明物质积

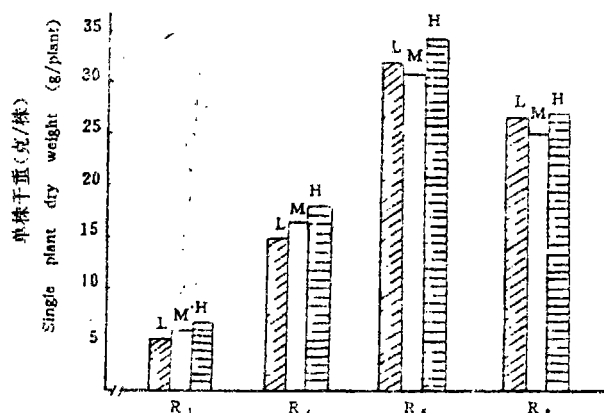


图 1 不同产量品种组干物质积累量的差异

Fig. 1 Differences of dry matter accumulation in different yield level variety groups

注: L=低产组, M=中产组, H=高产组

Note: L=low yield group, M=medium yield group, H=high yield group

累、分配较利于“库”,这对生殖器官的建成与发育有利。虽然不同产量品种组间茎叶比值差异不显著,但联系到收获指数,共同表现出高产品种在物质分配上优于低产品种,产量差异与物质分配的差异联系在一起(表 1)。考察 3 个高产品种的生物量与生育期间干物质积累量,很难看出比低产品种具有明显优势,但在茎叶比值,尤其收获指数高是明显的。中产品种跟低产品种比较也呈现出物质分配上的优势。由此说明高产可能主要源于光合产物的有效分配,收获指数对高产起着较为重要的作用,这与其它作物类似^[12]。因此,产量育种应在保证提高生物量的同时,重点在改善干物质转运、分配,从而有效地提高大豆产量。

2. 生长率性状

生长分析法计算得到的各种生长率性状,是某段时间的平均值。净同化率(NAR)在高、中、低产品种组间(分别为 $0.292, 0.284$ 和 $0.257 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)有渐降趋势,高产品种的 NAR 显著高于低产品种组的 NAR。表现在作物生长率(CGR)上,高、中、低产品种组间也有渐降趋势(分别为 $0.477, 0.440$ 和 $0.387 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$),但未有显著性差异。这些表明高产部分源于生殖期较高的 NAR,同时较大的 CGR 对产量也有一定影响,这与 Buttery 等的结果一致^[7]。相对生长率(RGR)与叶面积相对生长率(LRGR)在不同产量水平组间无差异(见表 1),它们对产量影响不大。

表 1 不同产量组品种的干物质分配,生长率性状,叶部性状及生育特性的表现

Table 1 Performance of dry matter partitioning, growth rate indices and other physiological traits of variety groups with different yield level

产量组别 Yield group 性状 Traits	高产组(1) High yield	中产组(2) Medium yield	低产组(3) Low yield	组间比较 Comparison 1. vs. 2; 1. vs. 3; 2. vs. 3
收获指数 Harvest index	0.517±0.008	0.497±0.036	0.442±0.035	NS, *, **
鼓粒期茎叶比值 stem/leaf at R ₄	2.575±0.384	2.591±0.507	2.156±0.284	NS, NS, NS
净同化率 NAR	0.292±0.007	0.284±0.036	0.257±0.022	NS, *, NS
作物生长率 CGR	0.477±0.048	0.440±0.069	0.387±0.032	NS, NS, NS
相对生长率 RGR	0.045±0.005	0.046±0.005	0.042±0.003	NS, NS, NS
叶面积相对生长率 LRGR	0.053±0.015	0.055±0.008	0.054±0.005	NS, NS, NS
结荚期叶质重(g·dm ⁻²) SLW at R ₄	0.430±0.017	0.429±0.010	0.384±0.014	NS, *, *
结荚期叶面积系数 LAI at R ₄	5.905±0.617	5.698±1.114	5.403±0.328	NS, NS, NS
主茎8叶寿命(天) Longevity of the eight leaf(d)	45.5±3.3	48.5±5.9	48.3±7.3	NS, NS, NS
生殖生长期长(天) Reproductive growth period(d)	62.2±4.3	58.9±0.8	58.4±3.2	NS, *, NS
生殖生长期/营养生长期 Ratio of reproductive growth period to vegetative growth period(RRV)	1.22±0.24	1.16±0.05	0.97±0.05	NS, *, **

注:“NS”表不显著;“*”“**”分别表0.05,0.01的显著性

Note: NS=no significance, “*” and “**”=0.05 and 0.01 significant level

3、叶部性状

高、中、低产品种组的叶质重即主茎倒四叶厚度分别为0.430, 0.429和0.384g·dm⁻², 组间顺次下降, 结荚期高产品种叶质重显著高于低产品种, 中产品种组也表现较低产品种为高。叶质重影响叶片的光合速率^[2]。叶质重的组间差异跟前述NAR在高中、低产品种组间的差异联系在一起。高产组叶面积系数(5.905)高于低产品种组(5.403), 但不显著。主茎叶寿命长短产量组间也未有差异。一般产量与叶面积的关系更为密切^[10]。高产品种叶厚度大, 叶面积系数高, 而这又为高产奠定了生理基础。

4、生育期特性

因供试材料选自相近生育期组, 故可以将全生育期分解为营养生长期与生殖生长期, 考察二者之比在不同产量组间的差异。高、中产品种组生殖生长期/营养生长期(RRV)(1.22, 1.16)极显著地高于低产品种组(0.97)。高产品种有相对短的营养生长期和相对长的

生殖生长期,较长的生殖生长期有利于结荚、鼓粒,尤其有利于“源”“库”间的协调。这跟 Gay 等^[11]得出高产品种鼓粒期较长和 McBlain 等^[12]认为高产潜力取决于鼓粒期长度的结论类似。

综上所述,产量差异是产量形成过程中干物质积累、分配等生理性状存在差异的结果。产量较高的品种具有较高的生物量及较高的干物质积累量,尤其有较高的收获指数及茎叶比值。较高的物质生产主要来源于较高的净同化率及作物生长率,而这归因于较高的叶质重及较大的叶面积系数。同时高产品种较低产品种提前进入生殖生长期,具有较大的 RRV 值,以较长的生殖生长期保证通过增大籽粒来达到较高的产量水平。

二、干物质积累、分配等生理性状与产量的相关

干物质积累、分配等生理性状与产量的相关分析结果列于表 2。表 2 说明:生物量直接影响经济产量,表现为与经济产量显著正相关($r=0.244^*$)。生物量与各生育时期的干物质积累量呈显著正相关,这结果说明,直接选择生物量或干物质积累量来提高产量是可能的。

表 2 干物质积累、分配等生理性状与产量的相关

Table 2 Correlations between yield and dry matter accumulation, partition and other physiological traits

性状		生物量	收获指数	结荚期 干物重	鼓粒期 茎叶比值	净同化率	作物 生长率	相 对 生长率	叶面积 相 对 生长率	结荚期 叶质重	生殖生 长期/ 营养生 长期
Traits		Biomass	Harvest index	Dry matter weight at R ₄	stem/ leaf at R ₆	NAR	CGR	RGR	LRGR	SLW at R ₄	RRV
产 量 Yield	表 型 Phenotypic	0.244 *	0.537 **	0.303 **	0.402 **	0.167	0.258 *	-0.019	-0.121	0.293 *	0.440 **
	遗传型 Genotypic	0.129	0.651	0.304	0.516	0.503	0.391	0.199	-0.084	0.396	0.050
生物量 Biomass	表 型 Phenotypic	—	-0.172	0.651 **	-0.169	-0.126	0.533 **	-0.162	-0.164	—	—
	遗传型 Genotypic	—	-0.277	0.924	-0.375	-0.383	0.952	-0.416	0.067	—	—
收获指数 Harvest index	表 型 Phenotypic	—	—	-0.092	0.466 **	0.217	-0.052	0.121	-0.140	—	0.522 **
	遗传型 Genotypic	—	—	-0.092	0.624	0.533	0.005	0.398	-0.221	—	—

注:“*”,“**”分别表 0.05, 0.01 显著性

Note: “*”, “**” Represent significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

提高收获指数,促进于物质的高效转化,对提高产量十分重要。Clifford 等^[12]认为这较提高生物量来增加籽粒产量易行。收获指数与产量极显著地正相关($r=0.537^*$),生育

期间,茎叶比值与产量正相关,提高生育后期的茎叶比值也能起到间接改良产量的作用,茎叶比值主要通过收获指数而间接影响产量。生物量与收获指数间是不显著的负相关($r = -0.172$),高产品种是提高收获指数与高生物学产量的综合结果。

作物生长率与生物量呈极显著正相关($r = 0.533^{**}$)。净同化率与产量存在表型和遗传型上的正相关,且遗传型相关系数较大。叶质重与产量呈显著正相关($r = 0.289^{*}$)。叶质重对产量的正效主要通过增大光合率来达到,分析结荚期叶质重与NAR的相关,得出叶质重与NAR的相关系数 $r = 0.468^{**}$,相关极显著。这与苗以农、Buttery等的结果一致[2,4]。生殖生长期/营养生长期(RRV)越大,产量越高。它们之间呈极显著正相关($r = 0.44^{**}$),选择具有相对长的生殖生长期,特别是高RRV来增加产量效果较好。长生殖生长期可保证干物质高效转化,并显著地增大收获指数,表现与收获指数相关极显著($r = 0.522^{**}$)。

在以上相关分析基础上进一步通过对产量的逐步回归分析以验证上述结果并筛选可作相关选择的生理性状,各生理性状对产量的逐步回归得到 $Y = -73.1 - 40.82X_1 - 32.76X_2 + 3451.31X_3 + 8.40X_4 + 4.5X_5 + 340.02X_6 - 1001.69X_7$ ($Y, X_1 \sim X_7$ 分别表示产量,主茎第5、7叶寿命,收获指数,百粒重,结荚期干物质积累量,RRV和结荚期叶质重)。复相关系数 $R = 0.768^{**}$ 。这表明提高收获指数,百粒重,结荚期干物质积累量和生殖生长期/营养生长期(RRV)能使产量显著增加,与前面相关分析结论一致。尤其提高收获指数和RRV易为育种工作加以应用。

以上相关和回归分析表明:生育期间的干物量、叶质重,作物生长率可作为选择生物量的预测指标,它们显著地影响生物量。后期茎叶比值和生殖生长期/营养生长期(RRV)可作为收获指数的预测指标,通过选择高收获指数和高生物量来最终提高籽粒产量。

参 考 文 献

- [1] 徐克章,苗以农等,1983,大豆光合生理生态研究,Ⅱ 大豆叶形态解剖特征与光合速率,大豆科学,2:15—20
- [2] 苗以农等,1982,大豆光合生理生态研究,Ⅰ 叶质重的变异性,大豆科学,1:61—63
- [3] 张恒普等,1983,丰产大豆干物质生产与分配特性的研究,大豆科学,2:75—81
- [4] 马育华主编,1984,田间试验与统计方法,〈修订本〉,农业出版社,北京
- [5] Anderson, L. R., & B. E. Vasilas, 1985, Effects of planting date on two soybean cultivars. *Crop Sci.* 25:999—1004
- [6] Beaver, J. S., & R. L. Cooper, 1982, Dry matter accumulation patterns and seed yield components of two indeterminate soybean cultivars. *Agron. J.* 74:380—383
- [7] Buttery, B. R., et al., 1981, Relationships among photosynthetic rate, bean yield and other characters in field-grown cultivars of soybean. *Can. J. Plant Sci.* 61:191—198
- [8] Calisetti, T., & L. C. A. Coe, 1935, clustering means in ANOVA by simultaneous testing. *Biometrics* 11:39—48
- [9] Egli, D. B., & J. E. Leggett, 1973, Dry matter accumulation pattern in determinate and indeterminate soybeans. *Crop sci.* 13:220—222

- [10] Evans, L. T., 1975, *Crop physiology*. Cambridge Univ. Press. U. K.
- [11] Gay, S., D. B. Egli, & D. A. Reicosky, 1980, Physiological aspects of yield improvement in soybeans. *Agron. J.* 72:387—391
- [12] Gifford, R. M., J. H. Thorpe, et al., 1984, Crop productivity and photosynthesis partitioning. *Science* 225:801—808
- [13] McBlain, B. A., & D. J. Huze, 1980, Physiological studies of high yield in new early maturing soybean cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 60:1315—1326
- [14] Norman, A. G. (ed.), 1978, *Soybean physiology, ecology and utilization*. Academic Press, N. Y.
- [15] Wells, R., L. L. Senitzke et al., 1982, Cultivar differences in canopy apparent photosynthesis and their relationship to seed yield in soybeans. *Crop Sci.* 22:886—890

A STUDY ON CORRELATIONS BETWEEN YIELD AND DRY MATTER ACCUMULATION, PARTITION AND OTHER PHYSIOLOGICAL TRAITS IN SOYBEANS

Tang Shande Gai Junyi Ma Yuhua

(*Soybean Research Institute, Nanjing Agricultural University*)

Abstract

Seventy—three soybean varieties, with similar maturity date and different yield level, from southern China were tested in a randomized block experiment with three replications in Nanjing, 1986. The results showed that yield was significantly correlated with biomass and harvest index, especially the latter. The ratio of stem to leaf at R_5 stage was correlated with harvest index, and, in turn, with yield. Dry matter weight at R_1 and R_5 were correlated with biomass, and, in turn, with yield. Crop growth rate, as the result of dry matter accumulation, was also correlated with biomass and, in turn, with yield. Specific leaf weight and the ratio of reproductive growth period to vegetative growth period were correlated with yield, which might be due to that they were related with biomass and harvest index, respectively. The above physiological traits were recommended to be used as indicator in breeding for high yield.

Key words Accumulation and partition of dry matter; Biomass; Harvest index; Correlation among traits