

关于丰产大豆主要生理指标的探讨

张恒善 刘金印 赵正清 王大秋

(吉林市农业科学研究所)

提 要

本文主要根据1981—1984年大豆田间试验结果,参考东北大豆主要产区高产典型材料,讨论了亩产400~450斤大豆群体叶面积动态和最大叶面积指数、净光合生产率、大豆生物产量、器官平衡等主要生理指标与大豆产量关系,为探明大豆丰产规律提供理论依据。

一、问题的提出

近些年来,国内外学者^{[1][3][8][9][12][13][15][16]},对大豆干物质生产与分配进行了很详细的研究,国内大豆科研人员对大豆叶面积指数(LAI)^{[1][2][3][4][5][6][7][8][13][14][16]}、净光合生产率(NPR)生物学产量、经济系数^{[1][8][9][10][11][12][13][15][16][17]}等生理指标及它们与产量形成关系,也进行了较深入的研究。

产量水平不同的大豆,其栽培措施和生理指标不同,所谓“规划栽培”的目的就是保证作物高产稳产。因此我们根据产量水平研究其生理指标使之“模式化”,对指导生产将是很重要的问题。当前吉林地区高产乡村大面积大豆能够稳定在亩产300斤,高产田能达到400斤,小面积试验区亩产达到450斤。为了达到亩产400斤大面积高产稳产,在研究综合栽培措施的同时,很有必要探索达到产量指标的主要生理基础。为此,本文根据所内历年大豆田间试验结果,参考东北大豆主产区亩产400—450斤的典型材料,对丰产大豆几项主要生理指标进行讨论。

二、大豆亩产400斤的几项生理指标

(一) 大豆叶面积指数及其群体动态变化

大豆绿色叶片是同化二氧化碳、制造有机物质的主要器官。因此大豆由低产变高产,无疑是扩大群体,增加叶面积问题。关于大豆高产稳产或高产再高产的适宜叶面积问题,受各地大豆栽培所处的生态环境条件影响意见不够一致,而且变化幅度较大,据

* 本文承沈阳农学院董授钻副教授审阅,仅致谢意。
本文于1985年4月20日收到。

不完安全统计, 东北大豆主产区亩产400—500斤最大 LAI 在3.5~6.5之间。

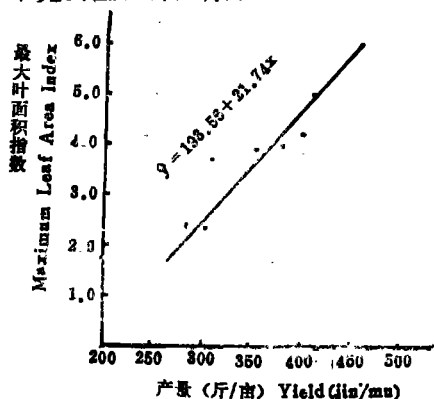


图1 最大叶面积指数与产量关系
(1984)

Fig 1 Relationship of Maximum
Leaf Area Index to Yield in
Soybean (1984)

条件、气象等因素影响, 也相应发生变化, 从我所情况来看, 地处松花江沿岸, 气候湿润, 土壤为砂壤土比较肥沃、热潮, 豆苗前期生育较快, 又由于雨量多集中在七、八两个月, 所以常在七月末或八月初伴随暴风雨袭击, 高产田大豆发生不同程度的倒伏。如发生1—2级倒伏是丰产长相, 如3级以上倒伏则会导致减产。这就是受我地区生态环境条件影响豆田群体生育不能过于繁茂, LAI 上不去的主要原因。

各地研究认为丰产大豆不仅叶面积高峰值要适当, 在生育进程消长动态也应合理。

我所历年丰产大豆 LAI 在生育进程中消长的特点是: 前期稳健上升, 结荚初期达高峰, 鼓粒期缓慢下降。从图3看出, 九农13号大豆1980年叶面积消长比1983年稳健, 由于 LAI 中后期过低, 虽然比83年增产, 但不够明显。矮秆抗倒7609品系叶面积消长不仅稳健, 而且各期叶面积比较适宜, 亩产达到424斤。

我所1984年测定从低产到高产不同产量水平最大 LAI 在2.3~5.78范围亩产270~424斤, 最大 LAI 与产量呈正相关 $r=0.78$, $\hat{y}=193.56+43.48 \times (n=10)$, 如图1。说明大豆从低产变高产主要是增加 LAI。在高产栽培条件下1961~1984年, 亩产250~450斤豆田最大 LAI 在3.0~6.5范围内, 两者为负相关 $r=-0.73$, $\hat{y}=537.94-41.46 \times (n=53)$, 高产的最大 LAI 多分布在3.5~5.0之间, 如图2。日本学者昆野昭晨(1979年)认为, 大豆适宜 LAI 在3—6之间, 最适宜叶面积不是不变的, 常因植物接受光势态、营养条件和温度而异。我国东北大豆主产区大豆生态环境条件变化很大, 就是同一生态区域, 受栽培品种、栽培

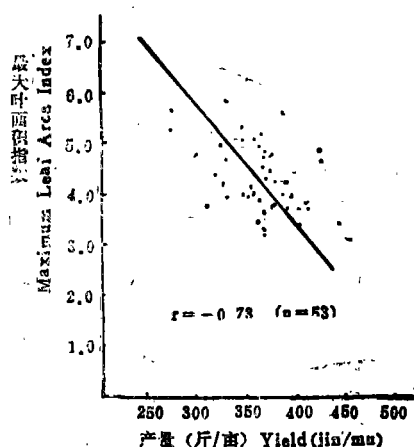


图2 最大叶面积指数与产量关系
(1961—1984)

Fig. 2. Relationship of Maximum
Leaf Area Index to Yield in
Soybean (1961—1984)

(二) 大豆净光合生产率与产量

我所1961~1984年苗期至鼓粒期六个时期平均 NPR 与产量呈正相关 $r=0.68^*$, 回归方程 $y=240.86+26.64 \times x$ ($n=34$) 如图 4。亩产 400 斤大豆平均 NPR 为 4.5~5.1 克/㎡日, 从历年资料来看, 不同熟期品种比较 NPR 有早熟>中熟>晚熟的趋势。叶绿素含量与 NPR 呈正相关, $r=0.35$ ($n=23$), 不够显著。叶绿素含量受栽培品种密度、灌水等影响变化较大。有的年分叶绿素含量与 NPR 关系比较显著, 有的年分不明显只能作为参考指标。

(三) 叶面积、净光合生产率与产量的相依性

作物干物质日生产量 = LAI × NPR, 而生物学产量又是作物一生干物质每天的积累结果, 因此在适宜叶面积基础上提高 NPR, 是提高大豆产量的主要生理基础。从表 1 看出:

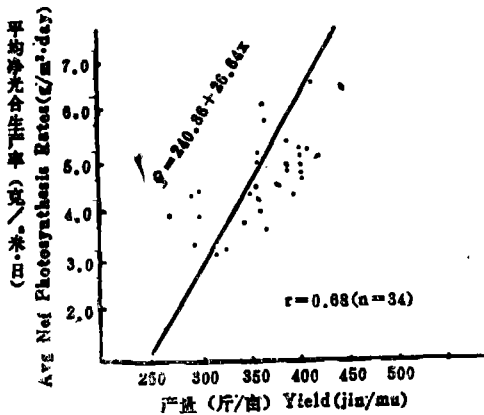


图 4 平均净光合生产率与产量关系

Fig 4. Correlation of Avg. Net Photosynthesis Rates to Yield in Soybean

480 斤的大豆也存在最大 LAI 高者, 平均 NPR 低; 最大 LAI 低者, 平均 NPR 高, 两者乘积为 22.30~22.44 克/㎡·日, 相差 0.14 克/㎡·日, 如表 1。这充分证明了最大 LAI 和平均 NPR 可以因地制宜地作为主要生理指标去指导大豆生产实践。

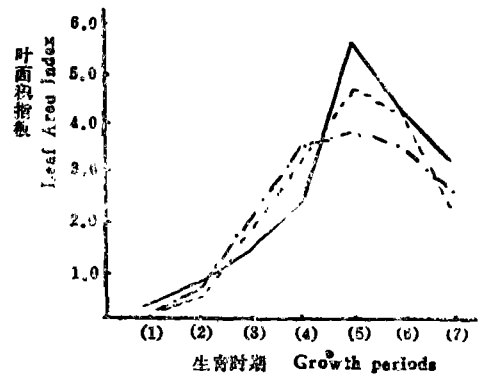


图 3 不同年度叶面积的消长特点

Fig 3. performances of Growth and Decline of Soybean Leaf Area in Various years

- (1)苗期 Seedling (2)分枝 branch
(3)始花 first flowering (4)盛花 Profuse flowering
(5)末花 Last flowering (6)结荚 Pod formation
(7)鼓粒 grain filling

— · — 1980 (九农13号, 406斤/亩) Jiunong No 13, 406 jin/mu

— 1983 (九农13号, 382斤/亩) Jiunong No 13, 382 jin/mu

1984 (7609, 424斤/亩) line 7609, 424 jin/mu

东北亩产 400~480 斤大豆各地最大 LAI、NPR 差异很大, 这种差异主要受生态环境影响之故, 两者关系是, 在同一产量水平上凡是最大 LAI 高的地区平均 NPR 则低, 凡最大 LAI 低的地区 NPR 则高, 但两者的乘积每天干物质生产量(克/㎡日)很相近, 例如: 亩产 400 斤大豆的最大 LAI 4.3~5.0, 其中黑龙江农科院、牡丹江农管局科研所, 最大 LAI 分别为 5.0、4.75, 比吉林市农科所 4.3 高 0.45~0.70, 平均 NPR 是: 吉林市农科所为 4.23 克/㎡·日, 比黑龙江农科院、牡丹江农管局科研所 3.5 克/㎡·日高 0.73 克/㎡·日。两者的乘积(干物质生产量)为 16.63~17.50 克/㎡·日, 相差 0.87 克/㎡·日。同样各地亩产 450~

从我所历年资料分析来看,六十年代种植繁茂品种小金黄一号最大 LAI 5.0, 平均 NPR 4.15~4.30 克/m²·日,八十年代初种植株型收敛独秆品种九农 13 号,最大 LAI 3.67~4.58, 平均 NPR 4.15~4.30 克/m²·日,亩产 400 斤。随着品种更新换代,产量逐渐提高,最大 LAI 逐渐降低,平均 NPR 逐渐提高。这种情况除受品种生态类型影响外,主要受当地生态环境条件决定的。虽然随着品种改良大豆抗倒性有所增加,但仍未能摆脱倒伏对产量形成的不良影响,因此高产田产量高而不稳。1983—1984 年我所高产田选用矮秆耐肥抗倒丰产性强大豆新品系 7609,1983 年亩产达到 455 斤,1984 年在苗期遭受严重雹灾的情况下,亩产达到 420 斤。该品系所以在产量方面有所突破,是解决了大豆高产栽培的倒伏问题,在保持最大 LAI 在 4.5 左右的基础上平均 NPR 提高到 4.90 克/m²·日。因此解决大豆高产问题, 必须在适宜叶面积基础上相应提高净同化率,这是大豆高产稳产的主要生理基础。

(四) 大豆生物产量与经济产量相关分析

作物生物学产量是干物质生产积累的结果,是经济产量的基础。

据我所历年资料统计分析,大豆亩产 100~490 斤范围内,其生物学产量在 200~1080 斤,生物学产量与经济学产量呈正相关, $r = +0.95$ ($n = 64$)。回归方程 $\hat{y} = 4.17 + 0.4951x$, 如图 5, 从回归方程看出,每增加一斤生物学产量,可增加 0.4951 斤大豆经济产量。亩产 400 斤大豆籽实则需 800 斤以上生物学产量,生物学产量近似经济产量的 2 倍左右。受栽培品种、密度等影响,一般是获得同样经济产量水平,生物产量是晚熟品种 > 早熟、密植 > 稀植,这和经济系数大小关系密切。

表 1 东北大豆主产区叶面积指数、净光合生产率与产量关系

Table 1. Relationship of Leaf Area Index and Net Photosynthesis Rates to Yield in soybean Major Growing Area of Northeast in China

单位 (地点) Units (Sites)	黑龙江农科院 Heilongjiang Academy of Agr. Sci.	牡丹江农管局 科 研 所 Mudanjiang Institute of Agr. Bureau	沈阳农学院 Shenyang Agr. College	吉林市农科所 Jilincity Insti- tute of Agr.Sci	吉林市农科所 JiLin City Insti- tute of Agr.Sci
项目 Items					
产量 (斤/亩) Yield (jin/mu)	400	400	450	400	450
最大叶面积指数 Max LAI	5.0	4.75	5.6	4.30	4.58
平均净光合生产率 (克/m ² ·日) Avg. NPR (g/m ² ·day)	3.5	3.5	4.0	4.23	4.90
最大叶面积指数×平 均净光合生产率(克/ m ² ·日) Max LAI×Avg. NPR (g/m ² ·day)	17.50	16.83	22.4	17.33	22.44

(五) 各器官的平衡与经济系数

干物质在不同器官的分配是光合产物运转的结果。从历年丰产大豆资料分析结果认为：亩产 400 斤大豆各器官干物质分配比例是：苗期至分枝期叶茎之比为 6 : 4，始花期叶茎之比近于 1 : 1，盛花期茎叶花之比为 5.3 : 4.4 : 0.3，末花期茎叶花之比为 4.4 : 2.8 : 2.8，结荚期茎叶荚之比为 2.8 : 1.9 : 5.3，成熟期通称经济系数为 0.50 左右。总的趋势是：全株干重在生育进程中累积速度快而稳健，开花以后茎叶干重缓慢上升，结荚或鼓粒初期缓慢下降而结实器官花荚干重则迅速增加，是丰产大豆各器官动态平衡的特点。

为了探明不同生态类型大豆实际生物学产量和经济系数，1981 年在盆栽条件种植了八个不同生态类型品种两次重复，采取器官脱落回收和收获时冲根，各器官晾干称风干重办法，取得实际生物学产量。结果如表 2。各器官的比例是：叶柄和叶片风干重为 21.96—28.6%，平均 25.36%，其中大叶品种 > 小叶品种，茎和荚皮占全株 27.61~31.82%，平均 29.69%，繁茂品种 > 收敛品种，晚熟品种 > 早熟品种，根占全株 7.94~13.23%，平均 10.56%，晚熟品种 > 早熟品种，繁茂品种 > 不繁茂品种。籽实比全株（即实际经济系数）27~42%，平均 33.75%。早熟 > 晚熟。籽实比收获地上部分（茎、荚皮、籽实）通称经济系数为 47~59%，平均 52.5%，早熟 > 晚熟。通称经济系数与实际经济系数呈极显著正相关 $r = +0.98$ ，两者之差为 19% 左右。而且盆栽试验不同品种的通称经济系数和田间同样品种比，普遍偏高 0.02—0.04，但都是早熟 > 晚熟，不繁茂 > 繁茂，从而验证了通称经济系数完全可以代表实际经济系数，能够说明地上、下营养器官和生殖器官平衡程度，收获时地上全部干重可以代表生物学产量，这样可以省掉脱落器官回收和冲根的麻烦。

关于经济系数与产量关系问题，据 1980 年前后大面积高产田品种密度田间试验资料分析：大豆亩产在 200—480 斤范围内，大豆产量与经济系数呈强正相关 $r = 0.86^{**}$ ($n = 38$)，而 1983~1984 年采用九农 13 号品种，大豆产量与经济系数呈弱正相关 $r = 0.34$ ($n = 18$)，总之大豆经济系数随品种和栽培环境变化很大，单纯从经济系数高低来作为大豆高产指标不够稳妥，必须在当地生产条件确定主推良种前提下，提高生物学产量的基础上，提高经济系数，才能获得高产。

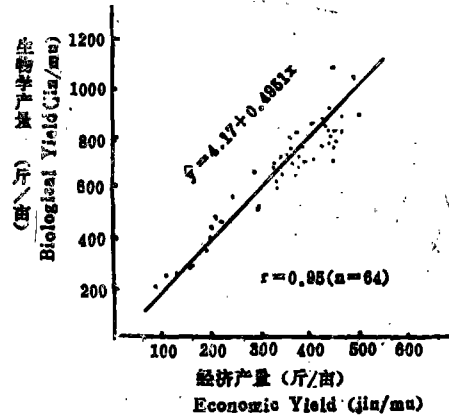


图 5 生物学产量与经济产量的关系

Fig 5. Relationship of Biological Yield to Economic Yield in Soybean

表 2 不同熟期品种的盆栽试验结果

Table 2. Pot experiment results on mature Period—different varieties

项 目 Items	叶+叶柄 leaf+petiole		茎+荚皮 stem+pod shell		根 重 Root's		粒 重 Grains		生物学 产量 (克)	经济系数 (%)	生育日数 (天)
品 种 Varieties	干重 (克) Dry weight (g)	占全株 (%)vs. whole plant (%)	干重 (克) Dry weight (g)	占全株 (%)vs. whole plant (%)	干重 (克) Dry weight (g)	占全株 (%)vs. whole plant (%)	干重 (克) Dry weight (g)	占全株 (%)vs. whole plant (%)	Biologi- cal Yield (g)	Econom- ic coeff- icient	Growth- duration (days)
黑河三号 Heihe 3	35.4	21.96	45.9	28.47	12.8	7.94	67.1	42	161.2	59	106
魁 大 豆 Quodadou	49.7	27.23	53.8	28.78	20.7	11.07	62.6	34	186.9	54	115
丰收选 Fengshuxuan	53.9	24.41	64.1	29.03	21.4	9.67	81.4	37	220.9	56	113
合丰23号 Hefeng 23	59.0	24.40	70.2	28.03	26.2	8.35	88.4	36	241.8	55	118
九农13号 Jiunong 13	54.4	21.99	78.7	31.82	24.4	9.86	89.8	36	247.3	53	119
九农12号 Jiunong 12	77.1	25.83	82.4	27.61	39.5	13.23	84.4	30	298.4	49	125
九农9号 Jiunong 9	98.5	28.60	107.8	31.30	43.8	12.72	94.3	27	344.3	47	130
阿 姆 索 Amsoy	94.2	28.43	104.4	31.51	38.5	11.62	94.2	28	331.3	47	135
平 均 Mean		25.36		29.69		10.56		33.75		52.5	

三、大豆亩产 400 斤的主要栽培措施及其对生理指标的影响

(一)、主要栽培措施

大豆亩产 400 斤首先要选用良种, 在良种的基础上, 采用综合措施, 实行良种与良法相结合, 如采用矮秆不倒伏品种, 必须采取经济有效的以促为主的栽培措施。如采用抗倒性较差品种, 必须采取促进与控制相结合的栽培措施, 防止或减轻大豆倒伏。

(二) 栽培措施对提高生理指标的影响

1. 对提高叶面积指数、净光合生产率的作用

培肥地力合理密植等措施能够促进大豆叶面积的形成和发展, 从而在达到适宜叶面积基础上, 提高 NPR。然而在高产栽培的条件下, 往往不是由于 LAI 不足而减产, 常常因群体插摘过早, 豆株群体荫蔽严重, 下部叶片光合速率减弱, 或者发生严重倒伏而减产。因此高产栽培首先要选用抗倒品种, 对一些抗倒差的品种喷洒三碘苯钾酸不仅能减轻倒伏, 而且能增加叶质重和叶绿素含量, 从而能显著提高 NPR。干旱时灌水不仅能增加 LAI, 而且能提高 NPR。

2. 对提高生物学产量和经济系数的影响

培肥地力、合理施肥是提高大豆生物学产量的基础, 据农村调查, 低肥地块亩生物学产量 318.9~495.9 斤, 中肥地块亩产 559.6~731.4 斤, 高肥亩产 760~828 斤。不同熟期品种单株生物学产量是: 晚熟>早熟, 繁茂型>收敛型, 因此, 必须遵循合理密植原则, 来提高生物学产量。

大豆经济系数变化很大, 早熟>晚熟, 肥地>薄地, 稀植>密植, 不能单独把经济系数作高产的生理指标, 必须在高产的生物学基础上提高经济系数。另外大豆干旱灌水, 豆田生育过旺喷三碘苯甲酸都能提高生物学产量和经济系数。

参 考 文 献

- [1] 董钻等(1982), 大豆亩产450斤的生理参数及栽培措施初报《大豆科学》第1卷第2。
- [2] 张瑞忠(1982), 大豆叶面积指数与丰产性能的初步研究《东北农学院院报》。
- [3] 张荣贵等(1979), 大豆叶面积、净光合生产率与产量的相关性《中国农业科学》(2)。
- [4] 常跃中(1981), 大豆高产的叶面积问题, 《中国农业科学》(2)。
- [5] 孙士超等(1979), 大豆亩产500斤栽培技术研究初报《铁岭农业科技》(2)。
- [6] 小岛睦南(1975), 《农业科技》80(10)。
- [7] 小岛等(1966), 转引自《农业おすび园艺》1979, 54卷2—3号(苗以农译)。
- [8] 《作物产量变异生理基础》科学出版社1960年。
- [9] L. J 伊文恩编《作物生理学》(译文集)农业出版社1979年。
- [10] 《作物的光合作用与物质生产》(译文集)科学出版社1979年。
- [11] 董钻(1981), 大豆的器官平衡与产量, 《辽宁农业科学》, 3, 14—20。
- [12] 董钻(1979), 大豆品种生产力的比较《沈阳农学院学报》第1期(总13期)。
- [13] 《大豆生理》东北师范大学生物系《大豆生理》编著组编著, 科学出版社(1981)。
- [14] 张恒善等(1982), 大豆叶面积净光合生产率与产量关系的研究《中国油料》第3期。
- [15] 张恒善等(1983), 丰产大豆干物质生产与分配特点的研究《大豆科学》2卷1期。
- [16] 苗以农等(1982), 大豆光合生理生态的研究第1报 大豆比叶重变异性《大豆科学》第1卷1期。

- [17] 赵铠 (1984), 大豆不同类型品种粒茎比与产量等性状关系研究, 《大豆科学》第3卷第4期。
[18] 张贵泽等 (1984), 大豆群体的光合速率—测定方法及其与产量的关系《大豆科学》第3卷第2期。

INVESTIGATION ON MAIN PHYSIOLOGICAL INDICES OF HIGH-YIELDING SOYBEANS

Zhang Hengshan Liu Jinyin Zhao Zhengqing Wang Daqiu

(Jilin Institute of Agricultural Sciences)

Abstract

Based on the results of soybean's field test during 1961—1984 and the data from the high-yielding types in major soybean-growing area of Northeast China. This paper deals with the correlation of soybean yield of 400—450 jin per mu with main physiological index such as population leaf area dynamics, maximum leaf area index, net photosynthesis rate, biological yield, organ equilibrium and so on. It provides a theoretical basis for finding out the regular pattern of high yielding soybeans.