

# 大豆光合生理生态的研究

## 第3报 大豆叶形态解剖特征与光合作用速率

徐克章\* 苗以农

(东北师范大学生物系)

### 提 要

本文研究了三个大豆品种的叶形态解剖特征和光合作用速率的关系。田间生长的大豆叶片光合作用速率取决于叶厚度和单位叶面积栅栏细胞数目。哈79—9440和78—2两品种的叶片有接近相同的单位叶面积栅栏细胞数目,哈79—9440叶片较厚,光合作用速率较高。78—2和黑农8号有同样的叶厚度,两品种的光合作用速率由单位叶面积栅栏细胞数目决定。

光合作用速率在生育期中的变化与叶形态解剖特征的变化有关。栅栏组织厚度、栅栏细胞数目及栅栏细胞层数在叶片光合作用中起主要作用。

关于大豆品种间叶片光合作用速率存在显著差异,已有许多报道(小島睦男,1975;Curtis等,1969;Dornhoff等,1970)。杜维广等(1982)测定了30个大豆品种的光合作用速率的结果表明,大豆品种间叶片光合作用速率的变异幅度为 $11-40 \text{ mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ hr}^{-1}$ ,品种间变异系数为28%;并指出,生育期相同的品种间光合作用速率与产量呈正相关。但对大豆品种间光合作用速率差异的机理还缺乏了解。研究叶片形态结构和光合功能的关系,有助于阐明大豆品种间光合作用速率差异的原因(李明启,1980)。同时,由于操作简便,节省人力和物力,有可能作为高光合作用品种的筛选指标。

早在1936年Turrell就指出:叶片较厚及内表面积较大的叶结构有较高的光合作用速率。McClenden(1962)和Delaney等(1974)分别用不同的植株证明:光合作用速率取决于叶肉组织和栅栏组织的厚度。Pearce等(1969)用紫苜蓿,Dornhoff等(1970)用大豆,也报道叶厚度、比叶重与光合作用速率呈正相关。但也有关于比叶重、叶厚度与光合作用速率不呈相关的报道。El-Sharkway等(1965)和Wilson等(1967)认为:光合作用与叶肉细胞大小和栅栏细胞的直径呈负相关。但关于大豆叶片内部解剖特征和光合作用的关系报道甚少。

\* 现在吉林农业大学工作

本研究的目的是：（1）通过对光合作用速率不同的大豆品种间叶形态解剖特征的比较研究，研究探讨大豆品种间光合作用速率差异的机理；（2）观察植株不同节位叶片形态解剖特征的变化与光合作用速率变化的关系。

## 材 料 和 方 法

供试品种为哈 79—9440（新育成的高光合能力，高产品种），78—2（新育成的高产品种）和黑农 8 号（普通品种）三个生育期相同的品种。于 1981 年 4 月 30 日种植在土壤肥力中等的长春市东北师大校园实验田。内行距 60 厘米，株距 30 厘米，每个品种种植 3 行，长 10 米，重复一次。

用红外线  $\text{CO}_2$  分析仪在田间用气封法测定离体叶片的光合作用速率。组装、测定和计算过程参照中国科学院植物所与北分厂合编讲义（1978），和陈冠华（1981）所介绍的方法。每个品种测定同一节位的 5—7 枚中间小叶，取其平均值。根据不同节位叶片叶面积的变化，调节叶室流量。光合作用速率测定时的日幅射强度均在 8 万米烛光以上。

将测定光合作用后的叶片在主脉两侧同一部位取材，用纳瓦兴Ⅲ号液固定，正丁醇系列脱水，石蜡包埋，横切片和平皮切片厚度为  $10\mu$ ，番红—固绿染色。在光学显微镜下用测微尺测定横切片的叶总厚度、栅栏组织和海绵组织的厚度。每个节位的叶片测定 5—7 个部位，取其平均值；平皮切片为连续切片，用于单位叶面积栅栏细胞的计数，每一节位的叶片测定 10—15 个视野，取其平均值。

比叶重按苗以农等（1982）所报道的方法测定。用 Johnston（1977）水置换叶肉细胞空间的原理和方法，测定三个品种的叶肉细胞空间。叶肉细胞体积从单位叶面积的总体积（不包括上、下表皮）减去叶肉细胞空间求得。

对所测数据进行相关分析，并做显著性检验。

## 结 果

供试的三个大豆品种平均光合作用速率为  $23.2\text{mg CO}_2\text{ dm}^{-2}\text{ hr}^{-1}$ ，品种间光合作用速率的变异系数为 21%，这与小岛睦男（1975）和杜维广等（1983）所报道的结果基本一致。

叶厚度、比叶重和单位叶面积栅栏细胞数目与光合作用速率呈正相关。叶面积与光合作用呈负相关。叶肉细胞空间和体积为 1982 年测定，没有进行相关分析（表 1）。

从表 1 可以看出，哈 79—9440 和 78—2 两个大豆品种单位叶面积栅栏细胞数目无显著差异，但哈 79—9440 叶片较厚，比叶重较高，因而具有较高的光合作用速率。78—2 和黑农 8 号两品种的叶厚度和比叶重基本相同，78—2 的光合作用速率高于黑农 8 号，主要是由于 78—2 单位叶面积栅栏细胞数目显著高于黑农 8 号。

三个大豆品种光合作用速率在初花期较高，花末结荚初期下降，鼓粒期上升，此后又下降。在不同生育期叶片的形态解剖特征也发生明显的变化（表 2）。

表 1 三个大豆品种叶形态解剖特征与光合作用速率的比较\*(1981 年)

品种	性状	光合速率 $\text{mgCO}_2\text{dm}^{-2}\text{hr}^{-1}$	叶厚度 $\mu$	栅栏细胞 数目 $n/\text{mm}^2$	比叶重 $\text{gdm}^{-2}$	叶面积 $\text{cm}^2$	叶肉空间 $\mu^3/\mu^2$	叶肉体积 $\mu^3/\mu^2$
哈79—9440		29.7 <sup>a</sup>	214 <sup>a</sup>	10937 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>	48	75**	142**
78—2		21.1 <sup>b</sup>	187 <sup>b</sup>	11517 <sup>a</sup>	0.44 <sup>b</sup>	56	66	125
黑农 8 号		18.8 <sup>c</sup>	188 <sup>b</sup>	9319 <sup>b</sup>	0.44 <sup>b</sup>	58	58	129
相关系数 r			0.9	0.28	0.98	-0.97		

\* 同一性状相同字母表示无显著差异,不同字母表示差异显著。78—2和黑农 8 号光合作用速率差异显著水平为 5%,其它均为 1%。\*\* 1982 年测定。

表 2 三个大豆品种不同生育期叶形态解剖特征和光合作用速率的变化

生育期	节位	品种	性状	光合速率 $\text{mgCC}^2\text{dm}^2\text{hr}^{-1}$	叶厚度 $\mu$	栅栏厚度 $\mu$	栅栏 层数	栅栏细胞数目 $n/\text{mm}^2$	海绵厚度 $\mu$
初花期	2—4	哈79—9440		31±2	223±6	117±4	3	14151±377	63±6
		78—2		26±3	201±6.2	102±5.1	2—3	13057±450	55±3.4
		黑农 8 号		22±3.8	203±5.6	103±6	2—3	10624±610	51±6
盛花至 结荚初	5—7	哈79—9440		29±3.4	219±6.5	106±6.3	2	10132±402	62±7
		78—2		18±4.3	185±9	95±6.3	2	11357±368	56±7.4
		黑农 8 号		15.8±3.4	185±8.5	97±6.2	2	7725±432	55±6
鼓粒期	10—11	哈79—9440		36±4.0	205±9	106±5	3	12347±520	52±6
		78—2		24±4.5	183±6.8	95±3.6	3	13352±555	47±3.5
		黑农 8 号		22.8±3.9	193±6.7	98±4	2	11835±539	53±3
最粒 末期	13—14	哈79—9440		20±2.7	206±6.3	99±3.6	2	10202±576	58±4.8
		78—2		17.3±1.7	184±6.3	91±5	2	11048±402	50±3.6
		黑农 8 号		15.5±4	186±4.7	90±4	2	10881±607	58±5.4
相 关 系 数		哈79—9440			0.20	0.56		0.6	-0.3
		78—2			0.62	0.85*		0.96**	-0.1
		黑农 8 号			0.80	0.85*		0.85*	-0.6

每个生育期的光合作用速率为两次测定的平均值。

\* 5% 显著水平, \*\* 1% 显著水平。

从表 2 相关分析的结果来看,生育期中光合作用速率的变化除了与叶厚度的变化有关外,栅栏组织的厚度和细胞数目与光合作用的关系更为密切。我们也观察到栅栏细胞层数增加的叶片,正值大豆光合作用速率的高峰时期,这可能也是有生理意义的结构变化。

## 讨 论

叶厚度、比叶重与光合作用速率呈正相关的报道甚多(Dornhoff 等,1970; Delaney

等, (1974)。本文的观察结果也表明, 叶片较厚, 比叶重较高的哈 79—9440 品种光合作用速率显著高于其它两个品种。厚叶品种有较高的光合作用速率可能即与内表面积的增加有关 (Turrell, 1936; Nobel 等, 1975), 也与单位叶面积有较多的叶绿体有关 (Wilson 等, 1967; Dornhoff 等 1976)。但也有关于叶厚度和比叶重与光合作用速率不呈相关的报道 (El-Sharkway 等 1965; Brinkman 等 1978)。本文中, 78—2 和黑农 8 号两品种叶厚度和比叶重基本相同, 两品种光合作用速率存在着显著差异, 可能与 78—2 单位叶面积栅栏细胞数目显著高于黑农 8 号有关。

品种间单位叶面积栅栏细胞数目存在着显著差异, 说明叶厚度、比叶重相同的叶片, 可能由于细胞数目或大小的变化而使叶片内表面积发生改变, 表现为光合作用速率的差异。78—2 单位叶面积栅栏细胞数目多, 细胞体积小, 内表面积较大, 能够吸收较多的  $\text{CO}_2$ , 因而有较高的光合作用速率。

综上所述, 对于单位叶面积栅栏细胞数目无显著差异的哈 79—9440 和 78—2 两品种来说, 其光合作用速率取决于叶厚度和比叶重。78—2 和黑农 8 号两品种叶厚度和比叶重基本相同, 其光合作用速率的差异可由单位叶面积栅栏细胞数目来说明。叶厚度、比叶重和单位叶面积栅栏细胞数目均可成为品种间光合作用速率差异的原因。只用一种叶性状的来解释品种间光合作用的差异都有一定的局限性。Dornhoff 等 (1970, 1976) 已提出叶厚度、比叶重可作为品种间光合作用速率的选择指标。我们认为: 叶厚度、比叶重和单位叶面积栅栏细胞数目两者间相互参照并用, 才会更有意义。

Пенчуков 等 (1980) 认为: 大豆生育初期光合生产率最高, 以后下降, 豆荚形成初期最小, 鼓粒期又升高。杜维广等 (1982) 也观察到: 大豆光合作用速率在初花期和鼓粒期出现两个高峰。本文也得到了类似结果, 同时也发现生育期中光合作用速率的变化与植株不同节位叶片形态解剖特征的变化有关。这可能成为解释大豆光合作用速率季节性变化的重要根据之一。

从不同组织对光合作用速率的影响来看, 栅栏组织对叶片光合作用速率起着主要的作用。在初花期和鼓粒期的叶片在叶厚度增加的同时, 栅栏组织厚度和细胞数目显著增加与该时期光合功能的加强有关。有意义的是, 在这两个时期的叶片栅栏组织细胞为三层, 使单个细胞体积小, 单位面积数量多, 增加了  $\text{CO}_2$  吸收的内表面积, 也可能是光合功能加强的重要因素, 这个问题有待今后进一步研究。

## 参 考 文 献

- [1] 左宝玉, 段续川: 1978, 冬小麦不同层次叶片中叶绿体超微结构及其功能的研究. 植物学报, 20 (3): 223—228.
- [2] 李明启: 1980, 作物光合效率与产量的关系及影响光合效率的内在因子. 植物生理学通讯 1980, (2): 1—8.
- [3] 杜维广等: 1982, 大豆品种 (系) 间光合活性的差异及其与产量的关系. 作物学报, 8 (2): 131—135.
- [4] 陈冠华: 1981, 利用红外线 CO<sub>2</sub> 分析仪测定离体水稻叶光合速率的装置. 植物生理学通讯, 1981. (2): 41—44.
- [5] 苗以农等: 1982, 大豆比叶重的变异性. 大豆科学, 1 (1): 61—67.
- [6] 小島睦男: 1975, 大豆光合作用能力的遗传. 《大豆生理》, 1—7, 科学出版社. 苗以农等译自《农业技术》30: 1—15.
- [7] Пенчуков В. М. 等: 1930, 大豆品种间的光合作用与产量. 《国外农学—大豆》1931, 1: 15—17. 崔洪山译自苏联《Селекция и Семеноводство》1980, 3: 15—17.
- [8] Brinkman, M. A. et al: 1978, Flag leaf physiological analysis of oat isoline that differ in grain yield from their recurrent parents. Crop Sci. 13: 69—73.
- [9] Curtis, P. E. et al: 1969, Varietal effects in soybean photosynthesis and photorespiration. Crop Sci. 9: 323—327.
- [10] Delaney, R. H. et al: 1974, Morphological and anatomical features of alfalfa leaves related to CO<sub>2</sub> exchange. Crop. Sci. 14: 444—447.
- [11] Dornhoff, G. M. et al: 1970, Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves. Crop. Sci. 10: 42—45.
- [12] Dornhoff, G. M. et al: 1976, Leaf morphology and anatomy in relation to CO<sub>2</sub>-change of soybean leaves. Crop. Sci. 16: 377—381.
- [13] Dreger, R. H. et al: 1969, Effect of genotype on the photosynthetic rate of soybean (*Glycine max* (L) Merr). Crop. Sci. 9: 429—431.
- [14] El-Sharkway, M. et al: 1965, Photosynthesis among species in relation to characteristics of leaf anatomy and CO<sub>2</sub> diffusion resistance. Crop. Sci. 5: 517—521.
- [15] Johnston, T. D.: 1977, The measurement of mesophyll air space in Kale and Rape (*Brassica oleracea* L. and rape L.) leaves. Photosynthetica. 11 (3): 311—313.
- [16] Laisk, A. et al: 1970, Diffusion resistance of leaves in connection with their anatomy. Fiziol Rast 17: 40—48.
- [17] McClenden, J. H: 1962, The relationship between thickness of deciduous leaves and their maximum photosynthetic rate. Amer. J. Bot. 49: 320—322.
- [18] Mokronosov, A. T. et al: 1973, Photosynthetic metabolism in palisade and spongy leaf tissues. Fiziol Rast. 21: 1132—1138.
- [19] Nobel, P. S. ; et al: 1975, Relation between mesophyll surface area, photosynthetic rate and illumination leaves level during development for leaves of *Plectranthus parviflorus* Henckel. Plant Physiol 55: 1067—1070.
- [20] Turrell, F. M: 1936, The area of the exposed surface of the dicotyledon leaves. Amer. J. Bot. 23 (4): 255—264.
- [21] Wilson, D. et al: 1967, Assimilation of *Lolium* in relation to leaf mesophyll. Nature. 214, June 3: 989—992.

# A STUDY OF PHYSIO-ECOLOGY OF PHOTOSYNTHESIS IN SOYBEAN III. THE MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL FEATURES OF SOYBEAN LEAVES AND PHOTOSYNTHETIC RATE

Xu Kezhang      Miao Yinong

*(Biology Department, Northeast Normal University)*

## Abstract

This paper deals with the relationship between the leaf morphological and anatomical features of three cultivars of soybean and photosynthetic rate. Results showed that the photosynthetic rate of soybean leaves in field-grown plants depends on the leaf thickness and the number of palisade cells. Har 79—9440 and 78—2, the leaves of these two cultivars have nearly the same number of palisade cells per unit area but different leaf thickness, Har 79—9440, with the greater leaf thickness have the greater photosynthetic rate. On the other hand, 78—2 and Heinong 8, with the same leaf thickness, the photosynthetic rate will be determined by the number of palisade cells.

The changes of photosynthetic rate in growing period related to the varieties of morphological and anatomical features. The palisade tissue such as the thickness of the palisade tissue, the number of palisade cells and the number of palisade cell layers was found to make the main contribution in the leaf photosynthesis.