

# 夏大豆群体光合特性的研究\*

傅金民

(山东农业大学)

## 提 要

本文研究了夏大豆的群体光合特性,结果表明,夏大豆群体内光强自上而下逐渐减弱,群体光合随光强的减弱而明显下降。开花结荚期一天中,13时群体光合速率达最大值。在一定范围内,密度大的光合速率在上午上升得快,峰值持续的时间长,对早、晚的弱光利用率较高。7时以前和19时以后,各群体的光合速率均为负值。分枝期的群体光合速率主要决定于种植密度。开花结荚期的群体光合速率与种植密度呈抛物线关系,与百粒重、生物产量和籽粒产量呈显著或极显著正相关。合理密植,提高开花结荚期的群体光合速率及延长其后群体光合时间将有利于夏大豆产量的进一步提高。

**关键词** 夏大豆;群体光合;密度;产量

## 前 言

大豆籽粒产量形成的物质基础是光合产物。许多学者对大豆单叶光合速率及其与产量的关系进行了广泛的研究<sup>[1,2,5,6,12]</sup>。应当指出,单叶光合速率的测定结果常常不能直接说明群体光合作用结果<sup>[8]</sup>,甚至会得出相反的结论。单叶光合速率高的品种在群体条件下未必能高产。在田间条件下,影响大豆群体光合速率的因素是株型、叶面积系数、冠层结构和光照强度等,这方面的研究尚较少。本文试图通过对夏大豆群体光合速率的研究,探讨在田间条件下,夏大豆群体光合速率的变化以及与籽粒产量的关系,为夏大豆高产提供理论依据。

## 材 料 和 方 法

试验于1991~1992年在山东农业大学实验农场进行。供试品种为生产上正在推广的

\* 本文于1993年6月17日收到。

This paper was received on June 17, 1993.

鲁豆 4 号。1991 年设 8,000, 12,000, 15,000, 18,000 和 21,000 株/亩五种密度,1992 年设 9,000, 12,000 和 15,000 株/亩三种密度。试验小区随机排列,3 次重复,行距 40cm。6 月 5 日(1991)和 6 月 12 日(1992)播种,在分枝期(1991)和开花结荚期(1991 和 1992)取样,同时测定群体光合速率。

群体光合测定参照 D. P. Garrity<sup>[14]</sup>的方法,用 QGD-07 型红外线 CO<sub>2</sub> 分析仪在大田直接进行测定。测定过程中,同化箱内安有两个小型鼓风机吹风,促进空气循环和降低箱内温度。所用同化箱长、宽、高均为 100cm,框架外罩塑料薄膜,所得数据根据统计原理进行分析。

试验地为中壤土,0~20cm 土层内有机质含量 1.2%、全 N 0.0558%、全 P 0.063%、水解 N 58.05ppm、速效 P 10.22ppm、速效 K 55.14ppm。播前亩施有机肥 1500kg。初花期亩施尿素 10kg、过磷酸钙 20kg。

## 结 果 与 分 析

### 一、夏大豆群体光合速率的层次分布

为测定夏大豆群体光照强度和光合速率的层次分布,将冠层分为下层(地面~1/3 株高)、中层(1/3~2/3 株高)和上层(2/3 株高~顶端)。于开花结荚期(播后 55 天,1991;播后 49 天,1992)测定光合速率,用 LI-185B 量子/辐射/照度计测定光照强度。

#### 1. 群体内光照强度的层次分布

表 1 展示了 1992 年三种密度处理的群体内光照强度的层次分布。从不同高度的光照强度来看,大豆群体的光截获率较高,而且株间大于行间。行间株高的 2/3、1/3 处和地面光强分别占入射光强的 11.51%、2.74%和 1.14%。而株间的分别为 9.63%、1.50%和 0.71%。表 1 结果还表明,群体越大,田间荫蔽越严重,稀植处理的中、下层光强明显高于密植处理。

表 1 夏大豆群体内光照强度的层次分布

Table 1 The vertical distribution of the light intensity inside soybean canopy

密 度 (株/亩) Density (Plants/mu)	顶 部 Top of plants	行 间 (×10Lux) Between rows			株 间 (×10Lux) Between Plants		
		2/3 株高 Two-thirds of plant height	1/3 株高 One-third of plant height	地 面 Ground	2/3 株高 Two-thirds of plant height	1/3 株高 One-third of plant height	地 面 Ground
9,000	87300	13350	3230	1210	9750	1850	750
12,000	82800	9270	1960	980	8630	1150	670
15,000	85000	6830	1840	710	6210	940	400
平均 Average	85030	9820	2340	970	8200	1310	610

#### 2. 群体光合速率的层次分布

大豆群体由于叶层的重叠遮光,越是群体深处,光强削弱越严重,光合速率也越低。群

体密度越大,中、下层叶片的光合速率越低,表 2 清楚地表明了这一点。将 1991 年和 1992 年所得数据平均,上、中和下层的光合速率分别是  $3.58$ 、 $1.15$  和  $0.46\text{ g}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{土地面积}\cdot\text{hr}^{-1}$ ,分别占整体光合速率的  $68.98\%$ 、 $22.16\%$  和  $8.86\%$ 。群体密度越大,中下层的光合速率越低。

表 2 夏大豆群体光合速率的层次分布

Table 2 Vertical distribution of the canopy apparent photosynthetic rate of summer soybean

层 次 Layers	1992 年(株/亩)			1991 年(株/亩)					平 均 Average	占整体的百分比 Percentage of the total CAP (%)
	9,000	12,000	15,000	8,000	12,000	15,000	18,000	21,000		
上 层 Upper layer	3.92	4.02	3.35	3.34	4.34	3.59	3.23	2.84	3.58	68.98
中 层 Middle layer	1.03	1.02	1.89	1.08	1.28	1.26	1.28	1.39	1.15	22.16
下 层 Lowest layer	0.28	0.37	0.25	0.66	0.45	0.64	0.61	0.39	0.46	8.86
合 计 Total	5.23	5.41	4.49	5.08	6.07	5.49	5.12	4.62	5.19	100

单位:  $\text{g}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{土地面积}\cdot\text{hr}^{-1}$

二、密度对群体光合速率的影响

1. 不同密度下的群体光合速率

1991 年我们在分枝期(播后 35 天)和开花结荚期(播后 55 天)测定了 5 种密度处理的大豆群体光合速率(图 1)。在分枝期,夏大豆冠层群体小,光截获率低,群体冠层大小决

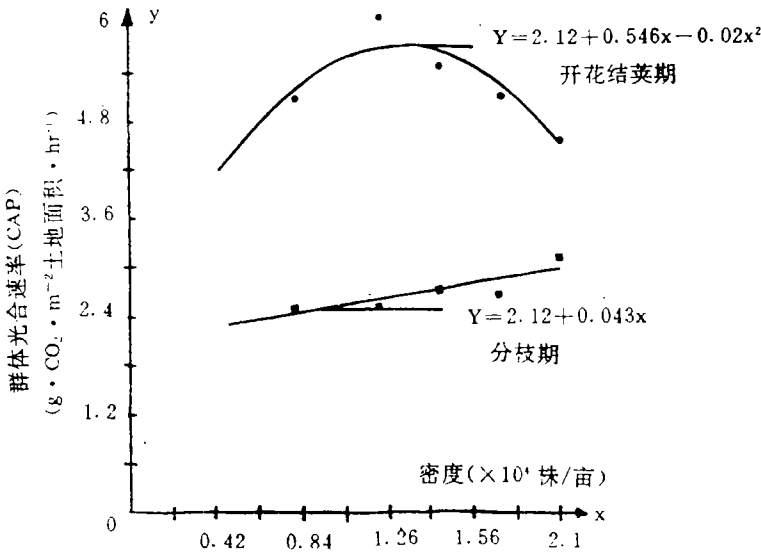


图 1 不同密度下的群体光合速率

Fig. 1 Canopy aparent photosynthetic rate of summer soybean under different density conditions

定了光合速率高低。随着种植密度的增加,光合速率增加。每亩种植 21,000 株的群体光合速率高于 8,000 株/亩处理的 25.40%,但绝对值均不大。在开花结荚期,不同种植密度

的群体光合速率可以用  $y=b_0+b_1x+b_2x^2$  来表示,  $y$  为群体光合速率( $g \cdot CO_2 \cdot m^{-2}$ 土地面积  $\cdot hr^{-1}$ ),  $b_0$  为常数,  $b_1$ 、 $b_2$  为回归系数,  $x$  为种植密度。以每亩种植 12,000 株处理的群体光合速率最高,达到  $6.07g \cdot CO_2 \cdot m^{-2}$ 土地面积  $\cdot hr^{-1}$ 。稀植(如 8,000 株/亩)和密植(如 21,000 株/亩)的群体光合速率均低,分别为 5.08 和  $4.62g \cdot CO_2 \cdot m^{-2}$ 土地面积  $\cdot hr^{-1}$ 。由此可见,只有合理密植才能获得最大光合速率,适期播种的该夏大豆品种每亩种植12,000 株为佳。

2. 不同密度处理的群体光合日变化

1991 年,在开花结荚期测定了 0.8、1.5 万株/亩 2 种密度处理的群体光合日变化(图 2),其趋势是一致的,均可用  $y=b_0+b_1x+b_2x^2$  曲线方程来描述。7 时以前、19 时以后群体光合速率为负值,呼吸作用的消耗大于光合产物的积累。但在一定范围内,密植处理的夏大豆群体光合速率上午上升得快,峰值来得早,持续的时间长,10~14 时变化不大。稀植处理的峰值晚来 1~2 小时,12~14 点群体光合速率较稳定。

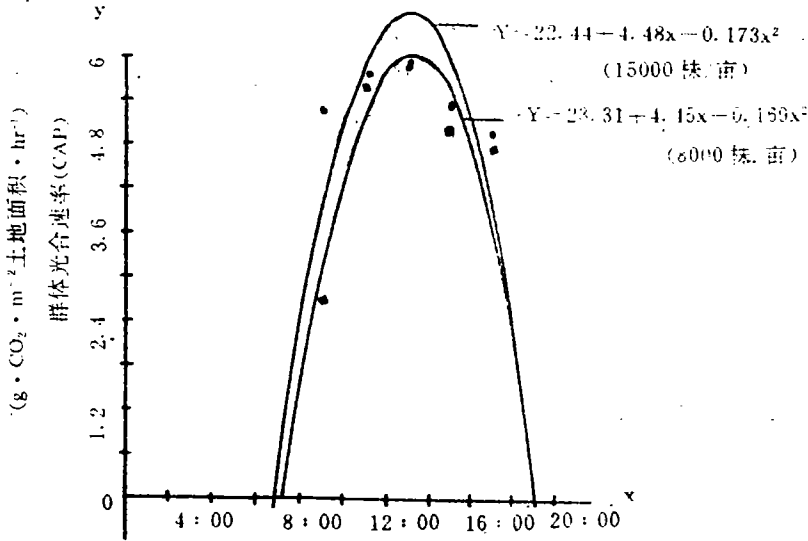


图 2 夏大豆群体光合日变化(北京时间)

Fig. 2 Changes of CAP at various times of a day

三、群体光合速率与产量性状关系

两年的试验结果(表 3)表明,分枝期的群体光合速率与叶面积系数、株数/亩和实英数/亩呈极显著正相关,相关系数分别为 0.9237\*\*、0.8421\*\*和 0.7420\*\*;与百粒重呈负相关,但未达到显著水平;与生物产量、籽粒产量的相关系数也未达到显著水平。开花结荚期的群体光合速率与各产量构成因素的相关系数明显不同于分枝期,而与百粒重、生物产量、籽粒产量的相关系数分别为 0.6982\*、0.9532\*\*和 0.8903\*\*,达到显著或极显著水平,说明大豆开花,特别是结荚以后,光合作用所积累的光合产物主要用于籽粒的形成。从表 3 可看出,开花结荚期群体光合速率与籽粒产量的相关系数小于与生物产量的相关系数。可见,群体光合速率与籽粒产量的关系较为复杂,光合产物须进行再次分配。

表 3 夏大豆群体光合速率与产量构成因素的相关系数(r)

Table 3 Relationship between CAP and the yield components

生育时期 Stages	LAI	株数/亩 Plants/ mu	实荚数/亩 Filled pods/mu	百粒重 Weight/100 seeds	生物产量 Biological yield	籽粒产量 Grain yield
分枝期 Branching	0.9237**	0.8421**	0.7420**	-0.3211	0.6532	0.5102
开花结荚期 Pod-setting and filling	0.4520	0.3056	0.3401	0.6982*	0.9532**	0.8903**

## 讨 论

1. 目前,在有关光合性能与产量形成关系的研究中,多以单叶作为研究对象<sup>[1,2,5,6,10]</sup>,探讨大豆不同类型品种光合能力差异及其与产量的关系<sup>[1,2,3,10]</sup>,所获结果差异很大。本研究表明,夏大豆群体光合速率与籽粒产量呈正相关,开花结荚期达极显著水平,只有群体光合能力高,才能获得较高的籽粒产量。所以,研究大豆群体光合速率及其与产量的关系才真正具有意义。

2. 关于大豆叶片的“午休”现象研究不少,结果也不一致。有的研究认为,大豆单叶光合速率有“午休”现象<sup>[10]</sup>,而有的则认为,大豆叶片光合强度一天中呈单峰曲线变化<sup>[9]</sup>。也有研究表明,盛夏时大豆单叶“午休”现象明显,而在温暖条件下则没有“午休”现象。我们1991年在田间条件下未发现大豆群体光合速率有“午休”现象,一天中呈单峰曲线变化,13时左右达最大值。由于群体内各叶片受光不同,在盛夏,有些叶片可能有“午休”现象,但群体表现不出“午休”现象。

3. 夏大豆属于平展型叶片,冠层结构差,消光能力强,中、下层光强很弱,最适叶面积系数只有5左右,群体光合速率低,积累的光合产物少,是产量不高的主要原因之一。提高大豆群体光合速率,特别是开花结荚期的群体光合速率是提高产量的重要途径。因此,在大豆生产上,应选育群体透光性好的品种,并进行合理密植以及采取其他栽培措施,建立合理的群体结构,提高群体光合能力,进而提高产量。为获得大豆高产,应进一步深入研究大豆群体光合速率不高的原因及其提高的途径,为大豆生产和育种提供科学依据。

## 参 考 文 献

- [1] 邹冬生,郑丕尧等,1990,大豆科学,(1)25~31
- [2] 阎秀峰等,1990,大豆科学,(3)221~227
- [3] 王华等,1988,大豆科学,(4)255~265
- [4] 张贤泽等,1984,大豆科学,(2)127~131
- [5] P. Jones 等,1985,国外农学—大豆,(3)40~42
- [6] 杨文杰,苗以农,1983,大豆科学,(2)83~92

- [7] 郝乃斌,谭克辉,1983,中国农业科学,(1)42~47
- [8] 山东农业大学、莱阳农学院合编,作物栽培学,农业出版社
- [9] 潘瑞炽,苗以农等,1964,植物生理学通讯,(2)39~42
- [10] 许大全,薛德林等,1985,植物生理学通讯,(6)34~37
- [11] Domhoff, G. M. and Shible, R. M. ,1970 Crop Science, (10)42~45
- [12] Butlery, B. K. ,1981, Can. J. Plant Science, (16)191~198
- [13] Wells P. ,L. L. Schulze, DoA. Ashley, H. R. Boerma and R. H. Brown, 1988, Crop Science, (22)886~890
- [14] Garrity, D. P. et al, 1984, Agro, J. , (76)163~165

## STUDY ON THE PHOTOSYNTHETIC CHARACTERS OF SUMMER SOYBEAN CANOPY

Fu Jinmin

(Shandong Agri. Univ)

### Abstract

The photosynthetic characteristics of the summer soybean canopy were studied. The results showed that light intensity inside the summer soybean canopy decreased from the top of the canopy to the ground. Also, the canopy apparent photosynthetic rate (CAP) strongly decreased with the weakness of the light intensity. CAP reached its peak at 13:00 p. m. at the flowering and pod-setting stage ( $R_3$ ). Within a certain range, CAP of the larger population canopy rises more quickly in the early morning and its peak lasted for a longer time. Also, the larger population canopy had a better use of the weak light in the early morning and the late afternoon. At the branching stage ( $V_5$ ), CAP is mainly influenced by the plant density. At the flowering and pod-setting stage ( $R_3$ ), CAP is parabolically related to the plant density; there is a significant or very significant relationship between CAP and the weight per 100 seeds as well as biological yield. To increase the reasonable plant density and to enhance CAP and prolong the canopy photosynthetic time during the flowering and pod-setting stage ( $R_3$ ) as well as after the stage are essential to increase yield of summer soybean.

**Key words** Summer soybean; Canopy photosynthesis; Plant density; Yield