

## 不同大豆品种光合特性的比较

张伟<sup>1</sup>, 宋显军<sup>2</sup>, 谢甫缙<sup>3</sup>, 闫晓艳<sup>1</sup>, 邱强<sup>1</sup>, 石一鸣<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>吉林省农业科学院大豆研究中心, 吉林 长春 130033, <sup>2</sup>黑龙江省农业科学院信息中心, 黑龙江 哈尔滨 150086, <sup>3</sup>沈阳农业大学农学院, 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:**作物光合作用与产量密切相关,为了探讨大豆品种光合特性差异,选用不同的大豆品种对光合速率,光合日变化等光合特性进行研究。结果表明:不同品种在整个生育期间叶片光合速率动态变化不同,有的品种前期光合速率高,后期衰减较快,有的品种则相反,有的品种整个生育期光合速率都较高;不同节位叶片光合速率从壮龄叶开始向下呈下降趋势,但品种间的下降幅度差异显著;不同品种叶片正面、背面光合速率相差较大,不同生育时期背面光合速率占正面光合速率比率也不同;不同环境下品种间光合日变化差异很大,在相同环境下由于各品种对外界环境适应能力不一样,使日变化仍有较大差异。因此,选择高光效品种时应兼顾各项光合特性指标。

**关键词:**大豆;光合速率;光合速率日变化

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2008)03-0391-06

## Comparison on Photosynthetic Characteristics of Different Soybean Varieties

ZHANG Wei<sup>1</sup>, SONG Xian-jun<sup>2</sup>, XIE Fu-ti<sup>3</sup>, YAN Xiao-yan<sup>1</sup>, QIU Qiang<sup>1</sup>, SHI Yi-ming<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Soybean Centre, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, Jilin; <sup>2</sup>Information Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, Heilongjiang; <sup>3</sup>College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, Liaoning, China)

**Abstract:** Crop production and photosynthetic characteristics are closely related. To investigate the differences between the photosynthetic characteristics of different soybean varieties, field trails were conducted using 7 semi-determinate and 3 determinate soybean cultivars during 2003-2006 year. The photosynthetic rate ( $P_n$ ) of different nodes at R1, R4 and R6 stage, diurnal changes of  $P_n$  under red-blue light source and natural light source at flowering and podding, and  $P_n$  of both sides of leaf at flowering and podding were determined. The results showed that i) the dynamic changes of  $P_n$  during the whole growth period were different among soybean varieties, some varieties had higher  $P_n$  in former stage and decreased quickly in latter stage, some behaved otherwise, and there still some varieties had a higher  $P_n$  during the whole growth period; ii) The  $P_n$  showed a decreasing trend from under the pubescent leaf, and the degree varied with varieties; iii) The  $P_n$  of front and opposite side of leaves varied greatly, and the ratio of opposite side to front side was different at different growth stages; iv) Diurnal changes of  $P_n$  varied with varieties and environments. Even under the same environment, diurnal changes of photosynthetic rate still varied greatly with varieties. It is concluded that selecting of high photosynthetic efficiency soybean should take into account of various indicators of photosynthetic characteristics.

**Key words:** Soybean; Photosynthetic rate; Diurnal variation of photosynthetic rate

作物光合特性的研究是探索作物光合生产力的基础,作物的产量90%以上来自光合作用。众多学者认为冠层光合速率存在品种间差异,并且产量与冠层光合速率正相关<sup>[1-3]</sup>。但也有光合速率与产量不相关研究<sup>[4]</sup>。迄今为止光合作用与产量形成之间关系仍不清楚<sup>[5-7]</sup>。这是由于影响产量的因素较

多,如茎叶的分布、叶面积指数、收获指数、产物运输与分配、呼吸消耗等,光合速率只是其中的一项指标。即便是光合特性本身,还要受光合势、光合速率日变化、上下冠层光合速率差异等综合因素的影响。本研究探讨了不同大豆品种间光合系统复杂性,为高光效品种筛选提供理论依据。

收稿日期:2008-02-25

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划重点项目资助项目(2006BAD521B01-2-1)。

作者简介:张伟(1979-),男,助研,博士,研究方向大豆栽培生理。Tel:0434-6156977;E-mail: zhangwei-flm@sohu.com。

通讯作者:谢甫缙,教授,博士生导师。E-mail: Snsoybean@yahoo.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

亚有限型大豆: OhioFG1、Kottman、HS93-4118、铁丰 31、HS97-4534、辽豆 11、辽豆 14。有限型大豆: 铁丰 27、铁丰 29、沈农 6 号。

### 1.2 试验设计

试验于 2003 ~ 2006 年在沈阳农业大学试验地进行, 随机区组排列, 3 次重复。5 行区, 行长 5 m, 行距为 60 cm, 株距 11 cm, 每穴 1 株, 小区为面积 15 m<sup>2</sup>。5 月 1 日播种, 正常田间管理, 10 月 1 日收获。

### 1.3 测定内容和方法

采用美国产 LI-Cor6400 便携式光合仪测定光合速率。红蓝光源下光合有效辐射 (PAR) 设为 1 000  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。测定时均为晴朗无云的天气。

1.3.1 不同生育时期不同品种不同叶位光合速率测定 每小区选有代表性的 2 株大豆挂签, 分别于始花期(7 月 1 日)、盛荚期(8 月 4 日)、鼓粒期(8 月 28 日), 对各品种主茎上所有节位叶片的中间小叶进行测定(从上到下), 为减少光合速率日变化的影响, 先测定所有小区中的一株, 再测定各小区中的第 2 株, 最后取两次测定数据的平均值。

1.3.2 不同生育时期不同品种光合速率的日变化及正反面光合速率的测定 每小区选有代表性的 4 株大豆, 使用红蓝光源或自然光间隔相等时间测定倒数第 3 片全展叶片的光合速率。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同叶位光合特性的比较

对不同生育时期不同节位主茎三出复叶中间小叶进行测定(从上部展开幼龄叶到下部), 由于不同结荚习性大豆品种叶位数差异很大, 所以根据结荚习性对品种分类。始花期(7 月 1 日)不同结荚习性大豆叶位数基本相同, 都有 6 ~ 7 节位的叶片(图 1), 光合速率从上到下随着叶龄增长而增加, 到第三节位达最大, 向下随着叶片衰老光合速率下降。从光合速率最大节位叶片(壮龄叶)看, 亚有限型大豆品种 Kottman、铁丰 31 光合速率较高, OhioFG1、HS93-4118 光合速率较低, 不同品种不同节位光合速率下降的快慢有些差异, Kottman 和铁丰 31 表现下降得较慢。有限型大豆壮龄叶片以下光合速率表现为铁丰 27 > 铁丰 29 > 沈农 6 号, 各叶位光合速率下降趋势基本相同, 光合速率高的品种下降得慢。

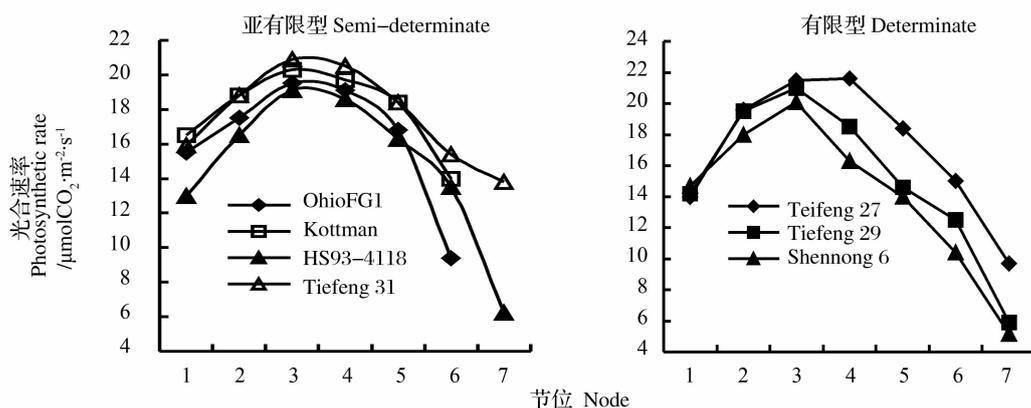


图 1 始花期不同节位光合速率变化

Fig. 1 Photosynthetic rate of different nodes at R1 stage

盛荚期(8 月 4 日)亚有限型大豆叶位数明显大于有限型, 不同节位叶片光合速率差异变大(图 2)。亚有限型大豆壮龄叶光合速率 OhioFG1、Kottman 和铁丰 31 较高, HS93-4118 相对较低, 不同品种不同节位光合速率的下降幅度也表现出较大差异。Kottman 壮龄叶光合速率低于 OhioFG1, 但不同节位光合速率下降幅度明显变小, 随节位下降, 铁丰 31 的

光合速率下降较快。有限型大豆在盛荚期已经没有幼龄叶片, 各节位叶片光合速率表现为沈农 6 号 > 铁丰 29 > 铁丰 27, 其中, 沈农 6 号在开花期以前光合速率并不太高, 但在结荚期以后表现出较高的光合速率。各节位光合速率下降趋势表现为光合速率高的品种下降的缓慢。

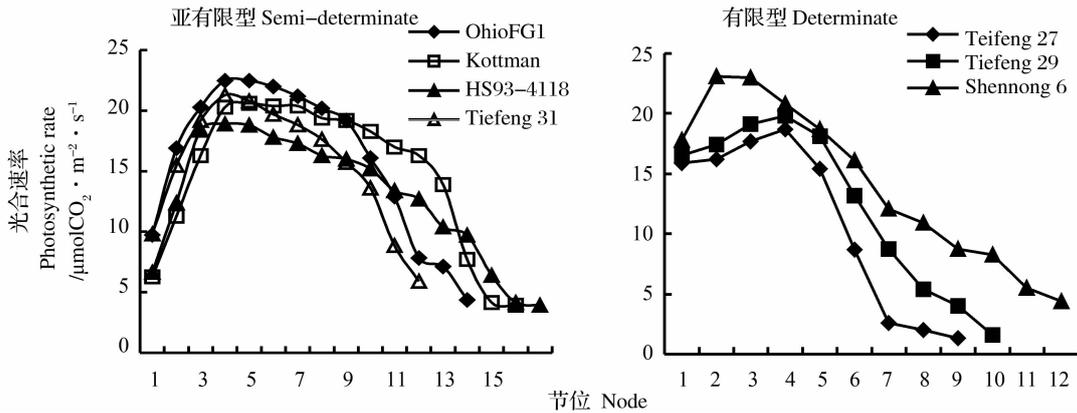


图2 盛荚期不同节位光合速率变化

Fig. 2 Photosynthetic rate of different nodes at R4 stage

鼓粒末期(8月28日)各品种不同节位叶片光合速率见图3,与始花期和盛荚期相比,各品种最大的光合速率都相应下降,从上到下各节位光合速率下降幅度也变小,亚有限型大豆 HS93-4118 各节位叶

片衰老较慢,光合速率较高,其次是 Kottman、铁丰31。有限型大豆品种各节位光合速率表现为沈农6号 > 铁丰29 > 铁丰27,其中铁丰27的光合速率已经很低,最大光合速率只有  $8.6 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

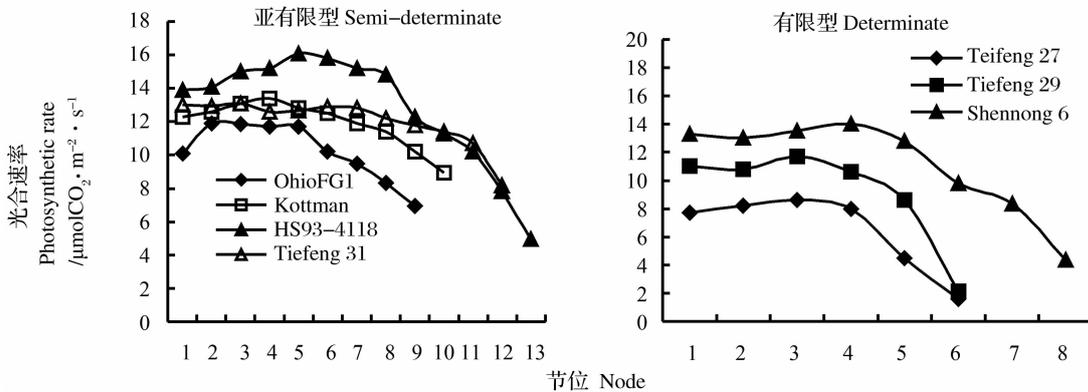


图3 鼓粒期不同节位光合速率变化

Fig. 3 Photosynthetic rate of different nodes at R6 stage

2.2 大豆光合速率的日变化

在恒定光源和自然光下分别对开花期和鼓粒期的日变化进行了测定。结果表明,恒定光源和自然光源下的日变化都未表现出一致性(图4、图5)。

在恒定光源下,2003年7月13日不同品种光合日变化表现为,一天中光合速率没有明显的高峰和低谷,随着环境条件的变化光合速率只出现轻微的波动,辽豆14、铁丰29、沈农6号光合速率最高峰出现在中午12:00左右,辽豆11中午光合速率略有下降,直到晚上6:00才开始有较大下降。

2004年8月26日各大豆品种光合速率表现早7:00最高,然后就一直下降。不同品种表现不同,铁丰31在中午有一个小高峰,而后很快下降,Kottman、HS93-4118、沈农6号中午较低,在2点左右又

有小幅度上升,而后下降。

2005年9月3日各大豆品种叶片已经开始衰老,从日变化规律来看各品种变化趋势一致,但比较特殊,在8:30左右产生一高峰,10:00左右处于一低谷,12:00左右又产生一高峰,14:00左右下降,15:00左右再次产生一高峰,然后下降,呈现出三峰曲线。

在自然光源下,由于早晨光强较弱,所以早晨的光合速率都较低。2003年8月28日不同品种光合速率日变化表现不同,铁丰29为单峰曲线,光合速率最高峰对应着一天中最大的光强的12:00至13:30左右;辽豆11、辽豆14、沈农6号表现为典型双峰曲线,产生“午休”现象,上午光合速率产生一最高峰,中午光合下降,下午的又出现一高峰,并且下

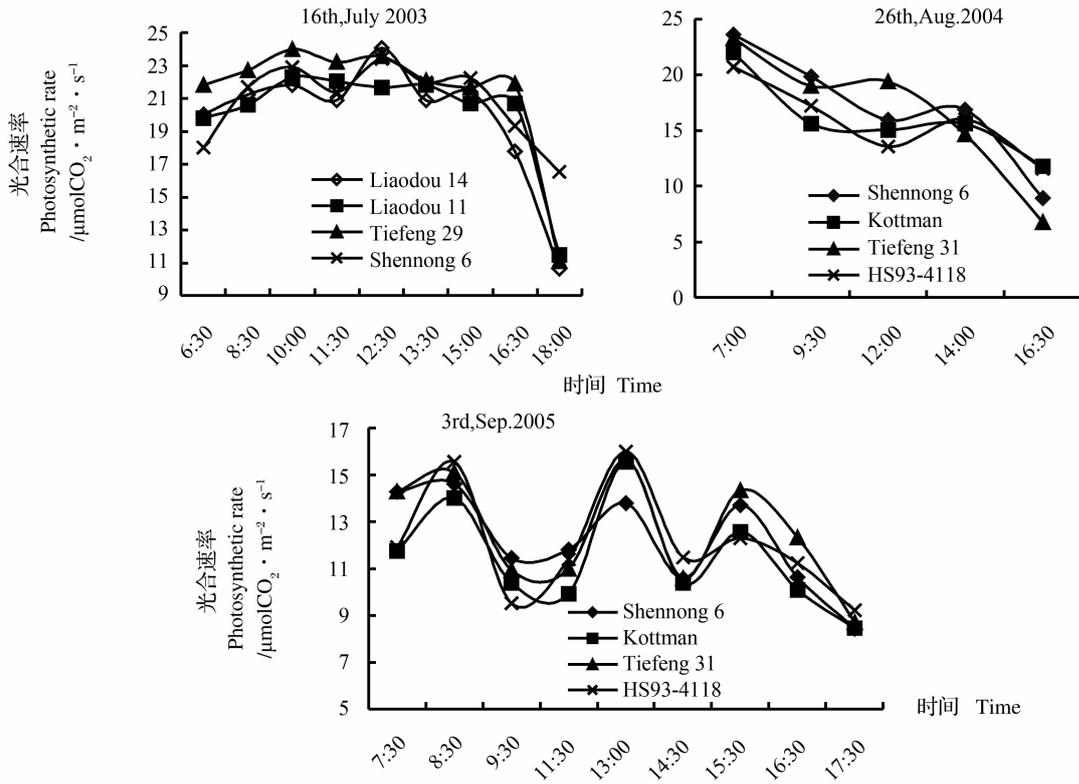


图 4 红蓝光源下不同年份不同生育时期的光合日变化

Fig. 4 Diurnal changes of photosynthetic rate under red - blue light source at different growth stages in different years

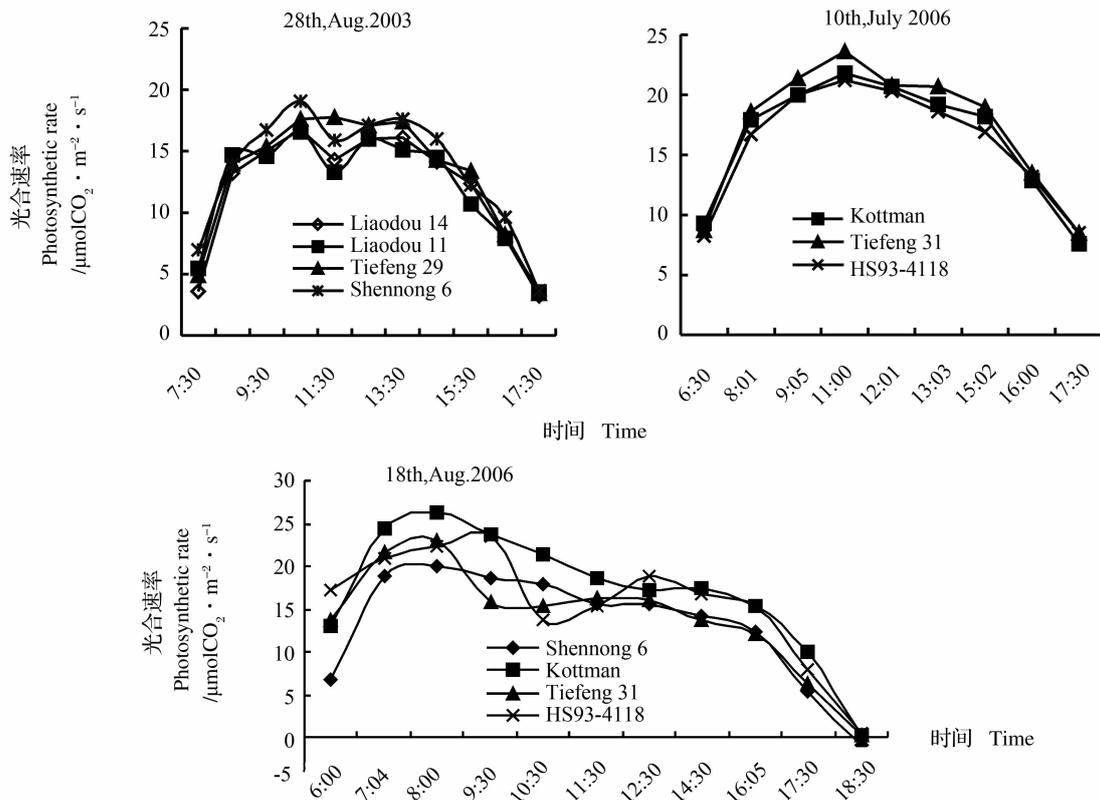


图 5 自然光源下不同年份不同生育时期光合日变化

Fig. 5 Diurnal changes of photosynthetic rate under natural light source at different growth stages in different years

午高峰低于上午。2006年7月10日3个品种光合速率最高峰均出现在11:00左右,并都表现为单峰曲线,只是铁丰31表现较浅的午休。2006年8月18日各品种光合速率在9:00左右达最大,而后开始下降,HS93-4118表现出午休,而其他品种表现为一直下降。从不同生育时期看,始花期各品种没有午休或午休较浅,而鼓粒期各品种都有午休的现象增多,说明随着生育期的进展,大豆午休会有加重趋势。

### 2.3 叶片正反面光合速率的比较

随着株型育种提出,叶面积指数高、叶片与水平倾斜角度大、叶片双面受光能力强的品种具有更好

表1 开花期和结荚期叶片正反面光合速率变化(2005年,单位: $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Table 1 Diurnal changes of photosynthetic rate of normal and opposite side at flowering and podding

日期 Date	叶表面 Leaf surface	Kottman	铁丰31 Tiefeng 31	OhioFG1	铁丰27 Tiefeng 27	铁丰29 Tiefeng 29	沈农6号 Shennong 6
7月3日 (开花期)	正面 Normal side	21.07	20.03	22.03	18.93	19.97	19.78
	背面 Opposite side	13.03	11.93	13.95	12.57	11.43	11.77
7月30日 (结荚期)	正面 Normal side	18.00	17.60	18.60	17.30	17.90	19.20
	背面 Opposite side	11.47	8.62	12.90	9.38	7.54	10.58

## 3 讨论

不同节位光合速率研究中,一些学者认为上、中、下层光合速率是递减的<sup>[8-9]</sup>。冯春生等研究表明,开花期光合速率最高的叶层是第七节位叶片,而在鼓粒期却以第十节位叶片光合速率最高<sup>[10]</sup>。苗以农等研究认为,大多数新品种或高产品种中上部叶片较厚,叶绿体数目较多,并且有较高的光合速率。研究发现,大豆开花以后中层的光合速率一定是高于下层,但上层和上层光合速率比较时,由于大豆结荚习性和测定时期及选取叶位不同都会使测定结果体现出一定差异。通过测定主茎不同节位叶片的光合速率,发现不同品种从上到下各节位叶片衰老快慢是不一样的,即叶片功能持续期不同,下部节位衰老慢的品种必定会提高群体的光合速率。

植物光合作用日变化是各种生理生态因子综合作用的最终反映,其结果可作为分析产量限制因子的重要依据<sup>[12]</sup>。对大豆的光合日变化已有很多研究,但是不同学者对光合日变化的描述也不同,有的观测到大豆的光合日变化呈单峰曲线<sup>[13]</sup>,有的观测到大豆的光合日变化呈双峰曲线<sup>[14-15]</sup>。高辉远等、郑国生等用同一品种在不同生育期,不同季节、不同天气以及不同生长条件下研究了大豆的光合日变化。结果表明,大豆的光合日变化随气候条件,生长环境以及大豆的生育期不同而变化,不遵循一种固

定的受光态势,另外在有风的天气上部叶片经常被翻转,所以叶片背面受光能力也显得十分重要。2005年在始花期、盛荚期测定了倒3叶正反面的光合速率(表1)。结果表明,在所选的品种中,开花期叶片背面光合速率是正面的57.3%~70.7%,结荚期背面光合速率是正面的42.2%~63.7%。不同品种看,正、背面光合速率都有较大差异,沈农6号正面光合速率高,背面光合速率相对低,铁丰27号正面光合速率低,但背面光合速率相对较高,OhioFG1正反面光合速率都较高。因此,高光效品种选育时,应选择正、背面光合速率都高的品种。

定不变的模式<sup>[16-17]</sup>。研究表明在恒定光源和自然光源下光合日变化峰型都是非常复杂的,有单峰型、双峰型、一降不起型、平缓型,不规则型等,并没有一个统一的模式。因为光合速率除了受光强影响外,还受温度、水气压亏缺及土壤水分等因素影响。而不同品种对各因素适应能力又表现出较大差异。所以,光合速率日变化总体上表现受环境影响较大,即便在相同环境下各品种的表现也不相同。因此,在品种选育时可选择在逆境条件日变化不敏感的类型,可以增加整个生育期的光合能力。

光合作用非常复杂的,在某一环境下不同品种光合特性有差异,体现一定规律性。但当环境改变或逆境环境下不同品种对其适应能力不一样,有可能打破原有规律。由于温、光、水等因素变化,一天中不同时间测定也会有差异。因此,在对光合速率作比较时,一定要注意环境因素及测定时间影响。

## 4 结论

对不同大豆品种光合特性进行研究表明:(1)不同品种在整个生育期间叶片光合速率动态变化不同,有的品种前期光合速率高,后期衰老较快;有的品种整个生育期都能维持较高的光合速率。(2)不同品种从壮龄叶开始向下各节位叶片光合速率呈下降趋势,但不同品种下降的幅度差异显著。(3)不同品种在不同生态条件下光合日变化差异较大,在

相同生态条件下由于不同品种对外界环境适应能力不一样,使日变化仍有较大差异。(4)不同品种不但正面叶片光合速率不同,反面光合速率也不同。

由于光合作用对植物自身生理状态和外界环境条件的变化高度敏感,高光效品种选育时不能只看某一时期光合速率大小,还要看叶片光合持续期长短,不同生育时期上下节位叶片光合速率下降幅度和光合日变化等综合因素的影响。

### 参考文献

- [1] Harrison S A, Boerma H R, Ashley D A, et al. Heritability of canopy apparent photosynthesis and its relationship to seed yield in soybeans[J]. *Crop Science*, 1981, 21: 222-226.
- [2] 杜维广,王育民,谭克辉. 大豆品种(系)间光合活性的差异及其与产量的关系[J]. *作物学报*, 1982, 8(2): 31-135. (Du W G, Wang Y M, Tan K H. Varietal difference in photosynthetic activity of soybean and its relation to yield[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1982, 8(2): 131-135. )
- [3] Ashley D A, Boerma H R. Canopy photosynthesis and its association with seed yield in advanced generations of a soybean cross [J]. *Crop Science*, 1989, 29: 1042-1045.
- [4] Evans L T, Dunstone R L. Some physiological aspects of evolution in wheat[J]. *Australian Journal of Biological Science*, 1970, 23: 725-741.
- [5] Lafitte H R, Travis R S. Photosynthesis and assimilate partitioning in closely related lines of rice exhibiting different sink:source relationships[J]. *Crop Science*, 1984, 24(3): 447-452.
- [6] Tollenaar M, Lee E A. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize[J]. *Field Crops Research*, 2002, 75: 161-169.
- [7] Murchie E H, Yang J, Hubbart S, et al. Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field-grown rice? [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2002, 53: 2217-2224.
- [8] 张贤泽,马占峰,赵淑文. 大豆不同品种光合速率与产量关系的研究[J]. *作物学报*, 1986, 12(1): 45-48. (Zhang X Z, Ma Z F, Zhao S W. Relationship between photosynthetic rate and yield of soybean cultivars[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1986, 12(1): 45-48. )
- [9] 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 30-35. (Dong Z. Soybean yield physiology[M]. Beijing: Agricultural Press, 2000: 30-35. )
- [10] 冯春生,沈银保,张庆海,等. 应用<sup>14</sup>C 示踪技术测定大豆光合速率[J]. *大豆科学*, 1989, 8(4): 351-356. (Feng C S, Shen Y B, Zhang Q H, et al. Measuring photosynthetic rate of soybean by applying <sup>14</sup>C tracing technique [J]. *Soybean Science*, 1989, 8(4): 351-356. )
- [11] 苗以农,朱长甫,姜艳秋,等. 大豆不同生育期不同节位叶片的比叶重及叶绿素和全氮含量[J]. *中国油料*, 1989, 4: 44-48. (Miao Y N, Zhu C F, Jiang Y Q, et al. Soybean chlorophyll and total nitrogen content, specific leaf weight in different nodes at different growth stage [J]. *China Oils*, 1989, 4(1): 44-48. )
- [12] 刘玉华,贾志宽,史纪安,等. 旱作条件下不同苜蓿品种光合作用的日变化[J]. *生态学报*, 2006, 26(5): 1468-1477. (Liu Y H, Jia Z K, Shi J A. Daily dynamics of photosynthesis in alfalfa varieties under dry farming conditions [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1468-1477. )
- [13] 阎秀峰,许守民,苗以农. 大豆光合生理生态的研究:第13报大豆叶片的光合速率和水分利用效率[J]. *大豆科学*, 1990, 9(3): 221-227. (Yan X F, Xu S M, Miao Y N. The photosynthetic rate and water use efficiency of soybean [J]. *Soybean Science*, 1990, 9(3): 221-227. )
- [14] 许大全,薛德林. 大豆叶片的一些光合特性[J]. *植物生理学通讯*, 1985(6): 34-37. (Xu D Q, Xue D L. Some photosynthetic characters of soybean leaf [J]. *Plant Physiology Communications*, 1985(6): 34-37. )
- [15] 孙广玉. 两个大豆 [*Glycine max* (L.) Merrill] 品种光合作用日变化的研究[J]. *大豆科学*, 1989, 8(1): 33-38. (Sun G Y. Studies on the daily changes of photosynthesis of two soybean cultivars [J]. *Soybean Science*, 1989, 8(1): 33-38. )
- [16] 郑国生,邹琦. 不同天气条件下田间大豆光合作用日变化的研究[J]. *中国农业科学*, 1993, 26(1): 44-50. (Zheng G S, Zou Q. A study on the diurnal variation of photosynthesis of field-growth soybean in different water conditions [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1993, 26(1): 44-50. )
- [17] 高辉远,邹琦,程炳嵩. 大豆光合日变化的不同类型及其影响因素[J]. *大豆科学*, 1992, 11(3): 219-225. (Gao H Y, Zou Q, Cheng B S. The different types of diurnal course of photosynthesis of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] leaves and related factors [J]. *Soybean Science*, 1992, 11(3): 219-225. )

## 启 事

《大豆科学》编辑部现有少量 2006 年和 2007 年过刊及精装合订本,其中过刊每册 10.00 元,2006 年合订本(4 期)每册 65.00 元,2007 年合订本(6 期)每册 85.00 元。邮费 10.00 元。数量有限,欲购从速。

汇款请寄:哈尔滨市南岗区学府路 368 号《大豆科学》编辑部。

邮 编:150086

电 话:0451-86668735

E-mail: dadoukx@sina.com, ddkexue@126.com