

应用¹⁴C示踪技术测定大豆 光合速率

冯春生 沈银保 张庆海 高金方
(吉林省农业科学院原子能利用研究所)

赵福林 徐豹
(吉林省农业科学院大豆研究所)

摘 要

应用¹⁴C放射性同位素示踪方法测定大豆的光合速率。结果表明,复叶的3个小叶间和小叶各部位间的光合速率差异不显著;叶正面的光合速率比叶背面的光合速率高24—29%;大豆没有发现午睡现象;盛花期至结荚期的光合速率高;大豆光合速率与根瘤固N之间有密切相关,并对籽实产量有重要影响。

关键词 大豆; 光合速率; ¹⁴C示踪

光合速率测量是研究光合作用的一种重要手段。其方法从原理上大至可分为三种^[5], 1) 测量叶片吸收的CO₂量; 2) 测量叶片释放的氧; 3) 测量叶片干物质的增重。目前,在高等植物上,测定叶片吸收CO₂的方法得到广泛应用,因为,在植株正常生长条件下,用此方法就可测得实际的光合速率。测定单个叶片吸收CO₂的方法有两种,一种是CO₂吸收红外线方法,此方法操作程序比较复杂,测量时间较长,所测结果是表观光合速率。另一种是同位素示踪方法,应用¹⁴C植物光合速率测量仪直接测量叶片同化CO₂的量。仪器轻便,操作简单,灵敏度较高,光合标记的时间短促,同化的CO₂还未参加光呼吸就被固定,所测结果是真光合速率。从1983年以来,我们应用¹⁴C同位素示踪技术,对大豆的光合速率进行了测定和研究。

材 料 与 方 法

测试材料为吉林省农科院大豆所试验田中不同栽培品种大豆。其中,Harosoy大豆光合速率与固N活性测量是盆栽材料。测试叶片选用冠层上部主要功能叶(上第3

本文于1988年6月13日收到。This paper was received on June 13, 1988.

展开叶)。光合速率测量应用吉林省农科院原子能利用所和大豆所共同研制的 FGC—2 型 ^{14}C 植物光合速率测量仪^[1]。测量方法是,在晴朗天气,用微型叶室夹住待测叶片,用配制的含有一定比度 ^{14}C 和 CO_2 浓度为 300ppm 的空气,定量饲喂 1cm^2 面积的叶片,在直射阳光下光合标记 20 秒钟,立即取样热烫固定,然后用液体闪烁计数器测定样品叶中 ^{14}C 的放射性强度。

光合速率按下式计算:

$$Pr = 9.425 \times 10^5 \cdot \frac{x}{s} \quad (\text{mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{hr})$$

式中: x 为样品 cpm;

s 为标准比强度 (cpm/mMCO₂);

$9.425 \times 10^5 = 44$ (1 mMCO₂ 的 mg 数) $\times 100$ (叶室 1cm^2 变为 dm^2 的因子) $\times 1.19$ (^{14}C 含量占总 C 量 5—10% 时,植物对 $^{14}\text{CO}_2$ 的鉴别系数。)

结果与讨论

1. 大豆复叶不同部位的光合速率

大豆叶片的光合速率与品种和叶片生理状态有关^[9, 10],包括气孔和叶肉组织的阻抗^[3]、RUDP 羧化酶活性 (Watanate, 1980)、叶质重及叶绿素含量 (Buttery, 1981) 等。

表1 大豆复叶的光合速率

Table 1 The photosynthetic rate of trifoliolate leaf in soybean

复叶	重复	光合速率 (mgCO ₂ /dm ² ·hr) Photosynthetic rate	95.01 检验
Trifoliolate leaf	Replication	$\bar{A} \pm \delta \bar{A}$	Test
中小叶 Middle leaflet	10	30.0 ± 3.0%	A
左小叶 Left leaflet	10	28.9 ± 3.8%	AB
右小叶 Right leaflet	10	28.8 ± 3.8%	AB

表2 大豆叶片各部位的光合速率

Table 2 The photosynthetic rate of different parts of leaflet in soybean

品种 Cultivar	光合速率 Photosynthetic rate (mgCO ₂ /dm ² ·hr)		
	小叶上部 Leaflet apex	小叶中部 Leaflet mid	小叶下部 Leaflet base
黑河 3 Heihe 3	40.0 ± 4.5%	39.4 ± 3.8%	40.4 ± 3.2%
吉林 13 Jilin 13	39.0 ± 5.4%	41.8 ± 2.4%	38.5 ± 1.3%

我们测定大豆复叶的三个小叶和同一小叶不同部位及正背叶面的光合速率。结果表明, 同一复叶的三个小叶, 由于生育期相同, 叶绿素含量基本一致, 光合速率差异不显著(表1)。

在同一小叶测定上中下三个部位和主叶脉两侧对称部位的光合速率, 差异都不显著(表2)。

对小叶正反两个叶面, 采用一面供给 ^{14}C 标记的空气, 另一面不供给 ^{14}C 标记空气的方法, 在直射光下标记叶面。结果是, 正叶面的光合速率比背面的高(表3)。其中凤系18大豆高24%, 无限型褐毛青豆高29%, 差异都极显著。这可能与复叶正背两个叶面的气孔数目、细胞结构和叶绿素含量不同有关。

表 3 大豆叶片正面和背面的光合速率

Table 3 The photosynthetic rate of upper and lower surfaces of leaflet in soybean

品 种 Cultivar	重 复 Replication	光合速率 Photosynthetic rate ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$)		比 值 Ratio	t _{0.01} 检 验 Test
		叶正面 Adaxial of leaflet	叶背面 Abaxial of leaflet		
凤 系 18 Fengxi 18	10	$38.5 \pm 0.8\%$	$30.9 \pm 3.2\%$	124%	A**
褐毛青豆 Hemaqingdou	8	$34.8 \pm 4.9\%$	$26.9 \pm 3.7\%$	129%	A**

2. 大豆主茎各节位叶的光合速率

大豆各节位叶的生理特性、随着叶片寿命的增长, 叶绿素的老化, 光合速率下降, 表现出光合作用的主要功能叶向上层叶转移。1983年7月和8月份, 对吉林13大豆, 在开

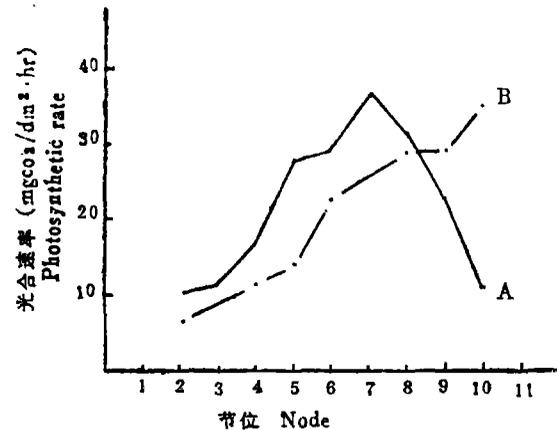


图1 大豆2—10节位叶光合速率

A 开花期; B 鼓粒期;

Fig. 1 The photosynthetic rate of 2—10 node leaves on main stem of soybean
A Flowering stage; B Podfilling stage

花期和鼓粒期, 测定了主茎各节位叶的光合速率(图1)。在开花期, 光合速率最高的叶层是第7节位复叶, 随生长期的进程, 光合作用的主要功能叶逐渐向上层叶转移, 到鼓粒期, 转移到更高层叶位。这表明各节位叶的光合作用强度, 除受光、温、水等环境因子影响外, 还与各节位叶片的叶龄、叶绿素含量、叶质重等生理状态有关。苗以农等^[6]研究12个栽培品种大豆主茎各节位叶的叶绿素含量, 发现第7—12节位叶的叶绿素a+b的平均总含量高($5.36 \text{ mg}/\text{dm}^2$), 叶绿素a/b比值低(2.87)。Buttery报道^[9], 在7月份, 大豆开花期的光合速率与叶绿素含量及叶质重呈正相关, 光合速率变异的44%是由叶绿

素含量引起的。

关于大豆光合产物的运转分配，在不同生育期中，各节位叶有各自的营养供应中心。据赵正清（1982）报道，下位叶对根系形成和花芽分化影响较大，中部叶（第5—8复叶）对花荚形成和干物质积累影响较大，上位叶（第9—15复叶）对籽实形成起作用。我们测得大豆在开花期第7节位叶的光合速率最高，而且，光合作用的主要功能叶，随着生长向上层叶位转移，表明了光合产物的输送是就近距离供给。在各生育期，营养物质供应是有重点的，是以生长点和新生器官为主要供给对象。

3. 大豆光合速率的日动态

在铁丰18大豆结荚初期和绥农4大豆鼓粒期，我们测定其光合速率日变化（图2）。

结果表明，在早晨和傍晚时，光合速率较低。在中午期间，大豆没有午睡现象，光合速率较高。光合作用的高效时间，铁丰18大豆是8—15时，绥农4大豆是8—11时。在此期间，光合效率高而平稳，是光合产物生产的最佳时间。至于两个品种大豆在光合速率上的差异，可能与品种和所处的生育期不同有关。

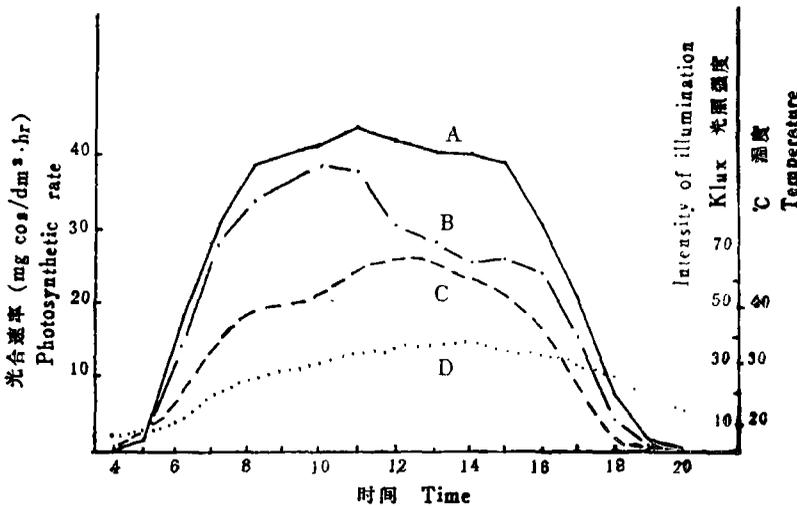


图2 田间大豆光合作用日动态

A 铁丰18, B 绥农4号, C 光照强度, D 温度

Fig. 2 Diurnal variation of photosynthetic rate of field soybean. A Tiefeng 18, B Suinong 4, C Intensity of illumination, D Temperature.

在一定范围内，光合作用强度与光照强度和温度成正比。在白天，光合作用主要受光化学过程和CO₂扩散浓度的制约，光照强度具有重要作用。我们测定结果符合上述规律，在中午时间，测得的光合速率高。在夜间，呼吸作用主要受生化过程控制，温度的影响就显得更为重要。大豆生长的适宜温度是22—35℃⁽²⁾。田间大豆光饱和点，板本和肖（1967）测得是5.9—7.0万lux。

4. 大豆生殖期的光合作用动态

在1983年6月至7月份，在阳光充足的晴朗天气，6次测定有早中晚不同熟期的18个品种大豆冠层叶的光合速率（图3）。结果是，18个品种大豆的光合速率变化规律基本一致，早熟品种比晚熟品种的光合速率高，光合速率的高峰期在7月下旬。在7月下旬，供试品种大豆处在盛花期至结荚鼓粒期，大豆冠层叶的生理活性正处在旺盛期。

Buttery⁽⁹⁾ 的研究表明，大豆光合速率与叶绿素含量和叶质重有较好的相关性，在鼓粒期的光合速率与籽实产量呈高度相关。我们测量表明，大豆在结荚鼓粒期，光合速率高，达到生育期的最大值，而且光合速率与叶 N 和叶绿素含量呈显著正相关。

5. 大豆光合作用与根瘤固氮及籽实产量的关系

我们采用盆栽方式，测定了结瘤与不结瘤同位基因系 Harosoy 大豆的光合速率与固 N 酶活性及籽实产量的关系（表 4）。测量结果是，在开花期，结瘤大豆的光合速率为 $34.9 \text{ mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$ ，用乙炔法测定固 N 酶活性是 $3.08 \times 10^4 \mu\text{M C}_2\text{H}_4/3 \text{ 株} \cdot \text{hr}$ ，都显著高于不结瘤大豆。在鼓粒期，结瘤大豆的光合速率和固 N 酶活性也都显著高于不结瘤大豆。

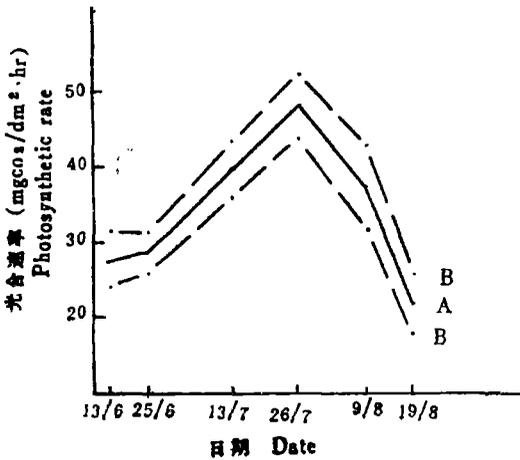


图 3 大豆生殖期光合速率动态

A 18 个栽培品种的平均值，B 平均误差

Fig. 3 The variation of photosynthetic rate of reproductive stage in soybean.

A Mean values of 18 cultivars

B Mean error.

表 4 大豆光合速率与根瘤固 N 及籽实产量的关系

Table 4 Relationships among photosynthetic rate nitrogenase activity and seed yield of soybean

同位基因系哈罗索大豆 Harosoy-soybean isolines	光合速率 ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$) Photosynthetic rate $\bar{A} \pm \delta \bar{A}$	固 N 酶活性 Nitrogenase activity ($\mu\text{M C}_2\text{H}_4/\text{hr}$)	籽实产量 Seed yield (g/3 plants)
结瘤 Nodulated	34.9 ± 2.2	30840	36.6
不结瘤 Non nodulated	18.9 ± 1.2	436	11.6
比值 Ratio (%)	184%	7073%	315%
0.01 检验 Test	A**	A**	A**

参 考 文 献

- [1] 冯春生等，1987，FGC—2 型¹⁴C 植物光合速率测量仪，核农学报，1(2): 105—111
- [2] F. S. 达莫塔，1981，大豆与天气，气象出版社
- [3] 夏叔芳等，1984，光合作用及产物的转化，积累与输出，光合作用研究进展(3)，146—159
- [4] 汤树德，1985，田间大豆根瘤固氮活性日变化动态的研究，大豆科学，4(3): 175—182

- [5] 加藤荣, 1938. 光合作用研究方法, 能源出版社
- [6] 苗以农, 1987, 大豆不同节位叶片叶绿素含量的变异性, 大豆科学, 6(1): 21—25
- [7] 赵守贤, 1987, 大豆生物固氮, 国外农学大豆, 6: 31—34
- [8] Lugg, D. G., 1979. Dynamic changes in leaf characteristics, and their relationships with photosynthesis in field-grown, Dissertation Abstracts International Botany, 39(7): 3088—89.
- [9] Buttery, B. R., 1981, Relationships among photosynthetic rate, bean yield and other characters in field grown cultivars of soybean, Can. J. Plant Sci., 61(2): 191—198.
- [10] Wells, R., 1982, Cultivar differences in canopy apparent photosynthesis and their relationship to seed yield in soybeans, Crop Sci., 22(4): 886—890.
- [11] Gordon, A. J., 1985, The flux of ^{14}C -labelled photosynthate through soybean root nodules during N_2 fixation, J. of Experimental Botany, 36(166): 756—769.
- [12] Sloger, C., 1985, Effects of blocking photosynthate to soybean root nodules, in "Nitrogen Fixation Research Progress", 343.

MEASURING PHOTOSYNTHETIC RATE OF SOYBEAN BY APPLYING ^{14}C TRACER TECHNIQUE

Feng Chunsheng Shen Yinbao Zhang Qinghai Gao Jinfang
(*Institute for Application of Atomic Energy, JAAS*)

Zhao Fulin Xu Bao

(*Soybean Institute, Jilin Academy of Agri. Sci.*)

Abstract

Measuring the photosynthetic rate of soybean by ^{14}C radioactive isotopic tracers was undertaken. The results showed that, 1. There were significant difference of photosynthetic rate among 3 leaflets of a trifoliolate leaf and among different parts of a leaflet. 2. The photosynthetic rate of upper surface was by 24—29% higher than the lower surface. 3. There were significant difference of photosynthetic rate among leaves on different nodes. 4. There was no "noon-nap" exhibited in soybean photosynthesis. 5. The maximum photosynthetic rate was discovered during fullbloom to middle pod-filling stage. 6. There were significant relation between the photosynthetic rate and N-fixing ability and they both affected the seed yield of soybean.

Key Words Soybean; Photosynthetic rate; ^{14}C tracers