

高光效大豆光合特性的研究*

郝乃斌 戈巧英 张玉竹
徐继 张国铮 谭克辉
(中国科学院植物研究所)

杜维广 张桂茹 栾晓燕 黄承运
(黑龙江省农业科学院大豆研究所)

摘 要

我们对高光效大豆(哈79—9440、哈82—7851、哈82—7799)的光合特性进行了研究。结果表明:(1)不同大豆品种(系)间存在着光合单位密度、光合速率、叶绿体DCIP光还原活性和RUBP羧化酶活性的区别。(2)光合速率同RUBP羧化酶活性密切相关。(3)RUBP羧化酶活性同大豆籽粒产量成正相关。因此,估价某品种的光合能力时,除了要考虑光合速率外,对光能的吸收、传递、转换以及光合环的运转效率也应考虑。尤其值得特别注意的是RUBP羧化酶活性。

关键词 大豆;高光效;光合特性

作物的产量决定于叶片的光合速率,但两者之间的关系却十分复杂,这是因为光合效率是环境因子与叶绿体光化学活性综合作用的结果。多年来,科学家们为了提高作物的光合效率,一直比较重视植株的叶面积系数和几何株形,而对决定光合效率的光合器官内部的生理生化过程尚缺乏深入的了解,本文将就叶绿体的光能吸收、传递与转换以及CO₂同化过程中关键性酶的活力等与高光效的关系进行综合分析,试图从光合作用机理方面探讨育种的新途径。

材 料 和 方 法

一、实验材料

高光效大豆(*Glycine max* (L.) Merr)品系为哈79—9440、哈82—7851、哈82—7799、对照品种为黑农26。上述品种(系)均于结荚——鼓粒期采摘从上数第3片叶供实验。

* 国家自然科学基金资助项目(系“七五”04课题内容)

本文于1988年6月27日收到。This paper was received on June 27, 1988.

二、测定方法

离体叶绿体 DCIP 光还原活性按 Chen〔4〕方法测定。按 Arnon〔3〕法测定叶绿素含量。RUBP 羧化酶活性测定按 Ishii 等〔5〕方法,并略有改进。P700 测定用 Shiozawa 等〔6〕的改良方法。光合速率用日本岛津 ASSA 1610型植物同化分析器测定。

结果和讨论

光能的吸收和转换是在光合单位内进行的,所以,光合单位的多少及光系统反应中心的活力决定着光能转换的效率。Terry 指出,光合单位密度的增加,可以使被吸收的光能转换成化学能的能力增加46%,看来提高光合单位密度是增加光能吸收和转换的有效途径。本实验证明,不同大豆品种(系)间存在着光合单位密度及光系统反应中心活力的差异(表1)。

表1 不同大豆品种(系)光合单位密度和 DCIP 光还原活性的比较

Table 1 The comperison of density of photosynthetic unit and DCIP photoreduction activity among soybean varieties (strain)

品 种 (系) Variety (strain)	光 合 单 位 Photosynthetic unit (P700/cm ² ×10 ¹²)	DCIP 光还原活性 DCIP photoreduction activity (μmole DCIPH ₂ /mg·chl·hr)
黑 农 23 Heinong 23	34.61±3.64	69.00±26.41
哈 79—9440 Ha 79—9440	35.72±2.93	89.06±25.19
哈 82—7851 Ha 82—7851	38.91±3.50	94.00±11.63
哈 82—7799 Ha 82—7799	39.56±6.44	95.02±15.13

由于光能转换成的化学能主要贮存在 ATP 和强还原剂 NADPH₂ 中, 这些物质不仅为光合环提供了丰富的还原力, 而且 NADPH₂ 又是 RUBP 羧化酶的活化因子, 从而使 RUBP 羧化酶活性提高, 有可能导致光合环运转的加速, 这一点已为本实验所证明(表2)。从表1和表2中可以清楚地看到, 凡是光合单位密度大或叶绿体的 DCIP 光还原活性高的品系, 那么,

RUBP 羧化酶活性也高, 光合速率也相应地提高, 反之亦然。

表2结果充分说明, 叶绿体光化学活性对光合速率有着明显的影响, 从而使大豆品种(系)的光合速率产生明显的差异。虽然叶绿体光化学的各个分过程之间互为依存, 但是都不同程度地影响着总过程。从各光化学过程相关性分析中看到, 叶绿体 DCIP 光还原活性、RUBP 羧化酶活性、光合速率之间密切相关(表3), 说明光系统反应中心活力和光合环中的关键性酶——RUBP 羧化酶在很大程度上影响着光合环的运转, 效率〔2〕。

一般讲, 光合能力高的品种往往产量也高〔1〕(表4)。但是这个问题又较为复杂, 因为产量的高低, 除了与光合器官的活力以及光合产物的积累和分配有关外, 还与作物本身的生长发育状态以及环境因素等密切相关。我们认为, 在正常情况下, 在产量形成

表2 不同大豆品种(系)的RUBP羧化酶和光合速率的比较

Table 2 The comparison of RUBP Case activity and photosynthetic rate among soybean varieties (strain)

品 种 (系) Variety (strain)	RUBP 羧化酶活性 RUBP Case activity ($\mu\text{mole CO}_2/\text{mg} \cdot \text{pro} \cdot \text{hr}$)	光 合 速 率 Photosynthetic rate ($\text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{cm}^2 \cdot \text{hr}$)
黑农 26 Heinnong 26	7.33 \pm 1.46	21.93 \pm 3.36
哈 79—9440 Ha 79—9440	10.90 \pm 4.00	25.80 \pm 3.62
哈 82—7851 Ha 82—7851	12.19 \pm 4.29	28.45 \pm 4.04
哈 82—7799 Ha 82—7799	12.74 \pm 5.56	32.14 \pm 4.73

表3 大豆几个光合指标的相关矩阵

Table 3 The relative matrices for some photosynthetic parameters of soybean

	光合速率 Photosynthetic rate	RUBP 羧化酶活性 RUBPCase activity	叶绿体 DCIP 光还原 CHI DCIP Photoreduction	光合单位密度 Photosynthetic unit	籽粒产量 Yield of seed
光合速率 Photosynthetic rate	1.000				
RUBP 羧化酶活性 RUBPCase activity	0.933	1.000			
叶绿体 DCIP 光还原 CHI DCIP Photoreduction	0.865	0.994	1.000		
光合单位密度 Photosynthetic unit	0.949	0.899	0.850	1.000	
籽粒产量 Yield of seed	0.957	0.958	0.942	0.840	1.000

表4 不同大豆品种(系)的光合速率与产量的比较

Table 4 The comparison of photosynthetic rate and yield among soybean varieties (strain)

品 种 (系) Variety (strain)	光 合 速 率 Photosynthetic rate ($\text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$)	产 量 (公斤/亩) Yield (kg/mu)
黑农 26 Heinnong 26	21.93	140.32
哈 79—9440 Ha 79—9440	25.80	148.15
哈 82—7851 Ha 82—7851	28.45	148.24
哈 82—7799 Ha 82—7799	32.14	152.95

的关键时期,提高和维持叶片的光合效率,对产量的形成将会有重大贡献。我们的实验也进一步证明,光合器官的活力,如光系统反应中心活力,光合环中关键性酶的活力等都与籽粒产量密切相关。通过逐步回归分析又进一步证明,RUBP 羧化酶活性与籽粒产量的关系最为密切,相关系数 $r=0.9576$ 。回归方程为:

$$y_{\text{产量}} = 250 + 4.123 x_R$$

主分量分析也证明,RUBP 羧化酶活性对产量形成的贡献也最大。因此,在估价某种作物的光合能力时,除了要考虑它的光合速率外,光能的吸收,转换以及光合环的运转效率,特别是 RUBP 羧化酶活性更应考虑。

综上所述,叶绿体的光合活性对光合环的运转效率及产量的形成有着明显的影响,而且不同植物的叶绿体光化学活性及酶活力,有着相当大的遗传变异性,从而使得它们具有不同的光合能力〔8〕。因此,通过大豆光合生理及其遗传性的研究,不仅充实了生理学的内容,更重要的是为高光效育种提供了生理指标及理论依据。

参 考 文 献

- 〔1〕 沈允钢,1980,光合作用与作物生产译丛(1); 1—10
- 〔2〕 郝乃斌等,1983,中国农业科学, 1: 42—49
- 〔3〕 Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloplasts, polyphenoloxidase in Beta Vulgeris. Plant physiol. 24: 1—15
- 〔4〕 Chen, S. L. 1952. The action spectrum for the photochemical evolution of oxygen by isolated chloroplasts, Plant physiol. 27: 35—48
- 〔5〕 Ishii, R., Samejima, M. and Murara, Y. 1978. Photosynthetic $^{14}\text{CO}_2$ fixation in the leaves of rice and some other species. Japan. J. Crop Sci. 46: 97—102
- 〔6〕 Shiozava, J. A., R. S. Alberte and J. P. Thornber. 1974. The P700—chlorophylla-Protein. Arch. Biochem. Biophys, 165: 388—397
- 〔7〕 Terry, N., 1981. Control of photosynthetic rate; A quantitative assessment of the influence of photochemical capacity vivo. In photosynthesis VI (G. Akoyunoglou ed), Balaban International Science Services Philadelphia, p. 127—134
- 〔8〕 Nasyrov, Y. S. 1978, Annual Review of plant physiology, p. 215—237

STUDIES ON THE PHOTOSYNTHETIC PROPERTIES OF SOYBEAN WITH PHOTOSYNTHETIC EFFICIENCY

Hao Naibin Ge Qiaoying Zhang Yuzhu

Xu Ji Zhang Guozheng Tan Kehui
(*Institute of Botany, Academia sinica, Beijing*)

Du Weiguang Zhang Guiru Luan Xiaoyan

Huang Chengyun

(*Institute of Soybean, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences*)

Abstract

The photosynthetic properties of soybean with high photosynthetic efficiency (Ha 79—9440, Ha 82—7851, Ha 82—7799) were studied. The results showed: (1) The density of photosynthetic unit, CO_2 assimilation rate, DCIP photoreduction activity and RUBPCase activity of chloroplasts varied from one variety to other; (2) The photosynthetic rate related with RUBPCase activity. (3) The RUBPCase activity was positively relative to yield of soybean seed. Therefore, estimation of absorb, turnover, transfer of light energy and revolving rate of photosynthetic cycle are also important bases photosynthetic rate for evaluating capability of some variety. The RUBPCase activity was very significant.

Key words: Soybean High photosynthetic efficiency Photosynthetic properties