

大豆光合作用与产量关系的研究^{*}

杜维广 张桂茹 满为群 栾晓燕 陈 怡 谷秀芝

(黑龙江省农业科学院大豆所 哈尔滨 150086)

摘 要

本文是大豆光合速率与产量关系研究的回顾,旨在促进大豆高光效育种的进展。研究指出,目前在大豆光合速率与产量关系研究中有三种研究结果:正相关、不呈相关关系和呈负相关关系。分析了影响大豆光合速率与产量呈负相关主要因素。认为这些影响因素导致在特定条件下,光合速率与产量呈不相关和负相关的假象。进一步阐明产量主要依赖于光合速率,但依赖的程度受体内的生理过程和环境因素的影响,致使光合速率与产量关系变得复杂化。阐明了高光效育种的目标,讨论了光合速率与产量无关、甚至呈负相关的某些因素。

关键词 大豆;光合作用;产量;关系

作物生产的实质是光能驱动的一种生产体系。研究表明作物生物学产量中,90–95%的物质来自作物光合作用的产物,只有5–10%的物质来自根部吸收的营养物质。因此,光合作用是决定产量的最重要因素,这是作物生理学基本原理。我们选育出高光效种质哈79–9440等及高光效、高产、抗病大豆新品种黑农39和黑农40的实践验明这一原理。没有充足的理由使人们相信高光合效率会导致产量下降^[1]。但是,关于光合速率与产量关系的研究结果有不同的报导。在大豆高光效育种研究中,往往遇到光合速率与产量不呈相关关系或呈负相关现象。许大全、沈允钢(1992)称这种叶片光合速率与作物产量呈负相关现象为假象。然而,这种假象阻碍了高光效育种深入研究。本文是对大豆光合速率与产量关系研究主要结果的回顾。并着重回顾了光合速率与产量呈负相关的研究。旨在促进大豆高光效育种研究的进展。

1 大豆光合速率与产量呈正相关

В. М. ЛЕДКОВ (1980)研究指出,在生育期相同的大豆品种中,那些净光合生产率较高的品种,其籽粒产量也高^[7]。杜维广等(1982)指出,大豆品种(系)R₄期光合速率与产量呈正相关。1986和1987两年相关系数分别为 $r = 0.796^{**}$ 和 $r = 0.497^{*}$ (表1)^[3]。张贤泽等(1986)指出,每个大豆品种的主要生育时期的平均光合速率和产量呈正相关,其相关系数 $r = 0.8592$ 。在不同年份也保持相同趋势^[4]。大豆鼓粒期的群体光合速率和产量呈高度相关,其相关系数 $r = 0.9289^{[4]}$ 。

* 收稿日期 1998–08–13

Received on Aug. 13, 1998

表 1 大豆品种(系)光合速率与产量、收获指数及生育日数的相关系数

Table 1 The interrelationship among PR, yield, harvest index and maturity on R₄ stage of soybean varieties (lines)

性状 Trait	1986			1987		
	产量	收获指数	生育日数	产量	收获指数	生育日数
	Yield	Harvest index	Maturity	Yield	Harvest index	Maturity
光合速率 PR	0.796 *	0.009	- 0.442	0.497	0.050	0.090

注: * 1986 df= 5, P_{0.05}= 0.754; 1987 df= 5, P_{0.05}= 0.412

Christy等(1982)报导,大豆籽粒产量很大程度上取决于季节光合作用^[10]。Horrison等(1981)报导,在育种程序上,筛选出表观冠层光合速率高的品种,而增加了种子的产量。邹冬生等(1990)也认为,大豆在结荚鼓粒期间叶片的光合速率与籽粒产量呈显著正相关,相关系数 $r=0.88^{[8]}$ 。这些研究结果还说明,大豆在生殖生长阶段的光合速率对籽粒的产量影响最大,也就是开花后,光合作用与产量密切相关,这种相关性从大田所获得的资料与水培所获得的资料相一致^[5]。

我们通过高效育种第一阶段程序和方法,育成高光效种质哈79-9440等及高光效高产品种黑农39和黑农40的结果,表明光合速率与产量呈正相关。

2 大豆光合速率与产量不呈相关关系

早期 Watsen(1947)研究指出,用育种方法和栽培方法使净同化率提高的可能性不大,提高产量必须主要通过叶面积的控制^[7]。许多作物的生理学者认为,作物叶片的光合速率和生产力之间没有稳定的相关性(Evans, 1975; Cooper, 1976; Peiwif, 1979)。董钻等(1979)研究8个大豆品种后指出,平均净光合速率不论与生物产量还是与经济产量均不存在明显的相关性^[6]。

3 大豆光合速率与产量呈负相关

有些报导作物光合速率与产量呈负相关。其中有代表性的是 Evans(1979)的研究,认为光合效率并不是限制作物产量的因素。对水稻和小麦来说限制因素主要是贮存容量。因此,他认为进行高光效品种的选育存在不少问题,而且收效甚微^[7]。Hansan对玉米研究结果认为,净光合率与生产率无关。选育高光效的玉米反会引致生产率下降。El-sharkwy亦持同样的意见。

杜维广等(1982)指出,如果大豆品种(系)生育期相差悬殊,光合速率与产量会呈负相关的。例如,无名1号生育期与黑农26相差13天,虽然光合速率比黑农26高 $2.09 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,但是产量低于黑农26(表2)^[3]。表现出光合速率与产量呈负相关。董钻(1997)还指出,叶片光合广度比光合强度重要。

4 影响大豆光合速率与产量呈负相关因素

4.1 生长分析和光合作用系统物质生产

从生长分析和光合作用系统物质生产来看,经济产量=(光合能力×光合面积×光合时间-消耗)×经济系数。当光合面积、光合时间、经济系数饱和时,经济产量的提高将主要依赖于光合能力。但是,实际上对某一品种(系)而言,在一定生育条件下,光合面积、光合时间、经济系数有一个饱和点,超过饱和值产量将会下降。就目前大豆生产水平往往是

光合面积和经济系数尚未饱和 从我们研究结果来看,无名 1号光合速率高于黑农 26,而产量却低于黑 26 这可能是无名 1号为早熟品种,其叶面积较小,光合势较低的缘故。相反,哈 79- 9440的生育期也比黑农 26短 8天,但是叶面积指数与黑农 26相近,同时绿叶维持时间长,光合活性较高,产量亦高(表 2)。

表 2 大豆不同大豆品种(系)结荚期光合速率和产量关系

Table 2 Relationship between PR and yield at pod setting stage of different soybean cultivars (lines)					
品种(系) Cutivars(lines)	光合速率 PR $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$	生育日数 Maturity	产量 Yield kg·mu	%	栽培条件 Cultivating level
哈 74- 4518 Ha74- 4518	15. 14	109	186	118	一般(1977)
哈 74- 4038 Ha74- 4038	14. 51	107	169	107	一般(1977)
哈 74- 3748 Ha74- 3748	13. 25	106	161. 5	103	一般(1977)
哈 74- 317(ck) Ha74- 317(ck)	11. 36	106	157. 5	100	一般(1977)
哈 76- 6296 Ha76- 629	17. 35	120	230. 75	113	良好(1977)
无名 1号 Wuming 1	17. 23	112	187. 6	92	良好(1977)
黑农 26(CK) Heinong 26	15. 14	125	204. 5	100	良好(1977)
哈 79- 9440 Ha79- 9440	25. 24	115	256. 2	139. 7	良好(1980)
黑农 26(CK) Heinong 26	18. 3	123	183. 4	100	良好(1980)

高光效种质哈 90- 6719和哈 91- 7021分别采用 5cm和 10cm株距进行不同密度比较试验。其结果表明,两个种质虽然种植密度不同,其光合速率和收获指数差异不大,但 5cm株距籽实产量高于 10cm株距。其原因可能是因为 5cm株距的群体叶面积大于 10cm株距的群体叶面积。由于光合面积差异,使生物产量增加,在经济系数变化不大情况下造成产量的差异。

表 3 不同密度条件下高光效种质光合速率、收获指数及产量比较

Table 3 PR, harvest index and yield of soybean special high yield type on different density conditions						
品种(系) Varieties(lines)	密度 Density	光合速率 PR $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$	%	收获指数 Harvest index	产量 Yield (kg/mu)	%
哈 90- 6719	5cm	13. 3	120. 9	0. 39	181. 9	119. 0
Ha90- 6719	10cm	13. 0	113. 0	0. 40	153. 5	100
哈 91- 7021	5cm	14. 1	128. 2	0. 35	141. 8	111. 0
Ha91- 7021	10cm	14. 3	124. 4	0. 38	127. 6	100

总结大豆大面积生产实践,初步认为,亩产 150- 250kg产量水平的品种(系),决定产量主导因素是光合面积、光合时间和经济系数。亩产 250kg以上产量水平的品种(系),决定产量主导因素则是光合速率和经济系数。武田(1969)从群体光合作用组成因素的角度出发,把作物产量提高设想为三个阶段。第一阶段,主要靠群体叶面积的扩大;第二阶

段,主要靠株型的改善;第三阶段,主要靠单叶光合速率的增进。目前,生产上应用的推广品种,产量的提高仍主要靠群体叶面积扩大和株型改善

综上所述,正是由于在某一生态区内,品种(系)单株光合面积、经济系数、株型及组成群体的光合面积、冠层结构因素影响,导致光合速率与产量呈负相关

4.2 收获指数

大豆品种(系)生育日数和收获指数相近,其 R_4 期光合速率与产量关系 $r=0.804$ 和 $r=0.560$;当生育日数相近,而收获指数存在差异,其 R_4 期光合速率和产量关系 $r=0.254$ (表4)。这说明在大豆光合速率与产量关系中,收获指数起到很大作用

表4 不同生育日数和收获指数条件下大豆光合速率与产量的相关性
Table 4 The interrelationship between PR and yield on different growing days and harvest indices

生育日数 Growing days	收获指数 Harvest index		
	0.50- 0.53 相似 Similarity	0.50- 0.55 相似 Similarity	0.46- 0.53 不同 Difference
120- 125相似 Similarity		0.804 _a	
126- 131相似 Similarity	0.560 _b		0.254 _c
121- 135不同 Difference		0.495 _d	

注: a $df=6$ $P_{0.05}=0.707$ b $df=8$ $P_{0.05}=0.632$ c $df=13$ $P_{0.05}=0.514$ d $df=15$ $P_{0.05}=0.432$

4.3 光合产物的累积和分配

高光效品种(种质)定然具有高的光合效率,并形成较多的光合产物。然而,这些光合产物能否有效地分配到结实器官中,则直接影响着产量的形成。在我们高光效育种实践中,有些品系尽管光合速率高,但产量并不一定高。其原因除与品系本身生长发育状况及环境因素有关外,光合产物累积和分配也许是更重要的原因。郝乃斌等(1990)曾用不同结荚习性的品种进行综合性研究,其结果证明,高光效种质的高光效主要体现在植株生长发育的中后期,此时不仅光合速率及光化学活性高,而且光合产物也明显增加,更重要的是这些光合产物大量运往结实器官中,幼荚到鼓粒期运往籽粒中的光合产物增加32.4%;鼓粒至成熟期运往籽粒中的光合产物增加17.7%。这样就减少了花荚脱落^[9]。总之,对于高产品种来讲,高光效固然很重要,但是光合产物的合理分配显得更为重要

4.4 株型

株型是植株受光态势的体现,对产量产生直接影响。杜维广(1989)指出,在大豆高光效育种初期,仅注重提高单叶光合速率,而忽视“理想型”的建立,结果出现光合速率提高,但产量水平变化不大的现象,曾一度使高光效育种进展缓慢^[7]。如前所述,目前大豆生产水平仍主要靠扩大群体叶面积和株型改善。盖钧铭等(1990)指出,适当增大叶面积指数是现阶段提高大豆产量的主要途径之一。高产品种的叶面积指数显著高于中产品种和低产品种^[10]。杜维广(1989)还指出,实现高产和超高产将依赖于理想光合生态型的建立。其应把着眼点从原来改善产量构成角度转移到生理功能改善,首先提高叶片光合速率。但同时必须考虑理想株型及保持群体叶面积垂直合理分布和群体叶面积指数正常扩展^[7]。

除此之外,影响光合速率与产量负相关因素还有,光抑制、光合速率测定时间、品种(系)和群体结构表达条件(表5)和各因素互作。从表5看出,高光效品种黑农39和黑农

40,在高产栽培水平下,其光合速率和产量均高于历年区域试验(一般栽培水平)平均值表明高产栽培水平有利于高光效品种的光合速率和产量的表达 总之,如前所述的各因素共同影响着光合速率与产量的关系

表 5 不同栽培条件下高光效品种光合速率和产量的变化

Table 5 The change of PR and yield for soybean high PR varieties on different cultivation levels					
品种 Varieties	栽培水平 Cultivation leves	光合速率 PR. $\mu\text{ molCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$	CK %	产量 (公斤 公顷) Yield kg/ha	CK %
黑农 39 Heinong 39	高产栽培	16. 59	112. 09	2981. 3	117. 34
	High yield cultivation				
	历年区域试验平均				
	The mean of district test annually	14. 80	100	2540. 8	100
黑农 40 Heinong 40	高产栽培	15. 72	117. 66	3402. 0	121. 0
	High yield cultivation				
	历年区域试验平均				
	The mean of district test annually	13. 36	100	2811. 5	100

5 结语

大豆产量是大豆与生态条件密切联系中所进行的各种生命活动的结果 在不断变化生态条件影响下,发生在个体和群体发育各种复杂进程和反应的最终结果 从植物生理学角度来看,大豆产量不仅取决于光合作用,而且还取决于固氮作用、光合面积、光合时间、叶冠层结构、株型、收获指数、同化产物累积和分配、光抑制、表达条件等因素。这些因素除了单独影响产量外,而且彼此又互相制约、相互联系。这些影响因素导致在特定条件下,光合速率与产量呈不相关和负相关的假象 尽管如此,我们认为产量主要依赖于光合速率的提高 换言之,光合速率是限制产量提高的关键因素 这已为遮荫和提高环境中的 CO₂ 浓度试验所证实^[5]。产量依赖于光合作用的程度受体内的生理过程和环境因素的影响,致使光合速率与产量的关系变得很复杂 然而,我们不同意,认为光合速率与产量无关,甚至呈负相关的观点。

应该指出,目前大豆生产水平基本依赖于扩大叶面积和株型的改善。仅高产和超高产水平依赖于株型改善和光合速率提高。杜维广(1989)曾指出,在选育叶片高光效同时,也应注意株型、群体叶面积等生态类型的选择^[7]。后来又提出建立理想光合生态型的想法,使光合速率与产量真正关系表现出来,使大豆高光效育种正常进展。

参 考 文 献

[1] 李明启, 1990,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, 2
[2] 许大全, 沈允钢, 1992,光合作用与作物产量,作物高产光效生理研究进展,科学出版社
[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)
[4] 张贤泽等, 1986,大豆不同品种光合速率与产量关系的研究,作物学报, 12(1)
[5] 郝乃斌, 杜维广等, 1991,大豆高光效育种光合生理研究进展,植物学通报, 8(2)
[6] 董钻, 1997,关于大豆株型和株型育种的几个问题,大豆通报, 2

- [7] 杜维广, 1989, 大豆高光效育种, 大豆生理与生理育种, 黑龙江科学出版社
- [8] 邹冬生, 郑丕尧, 1990, 大豆叶片光合、蒸腾等生理特性的品种间比较研究, 大豆科学, 9(1)
- [9] 郝乃斌等, 1990, 高光效大豆光合特性研究IV. 不同结荚率大豆品种光合产物的积累和分配, 大豆育种应用基础和技术研究进展, 江苏科学技术出版社
- [10] 盖钧镒等, 1990, 大豆高产理想型群体生理基础的探讨, 大豆育种应用基础和技术研究进展, 江苏科学技术出版社
- [11] Christy. A. L and C. A. Porter, 1982, In Photosynthesis Application to Food and Agriculture (Goviadjee, ed.) Academic Press, New York, pp. 449–511

STUDY ON RELATIONSHIP BETWEEN SOYBEAN PHOTOSYNTHESIS AND YIELD

Du Weiguang Zhang Guiru Man Weiqun Luan Xiaoyan
Chen Yi Gu Xiuzhi

(Soybean Institute, Heilongjiang Academy of Agri. Sci, Harbin 150086)

Abstract

This paper is a review about relationship between soybean photosynthetic rate (PR) and yield. The objective is to promote the progress on high PR breeding of soybean. It indicated that there were either positive or negative or even no relationship between them. It also showed that factors under special conditions affected and caused the false phenomena with no or negative interrelationship.

It further indicated that yield mainly depended on PR but the extent was affected by physiological metabolism and environmental factors. The interaction of such factors made the relationship complicated. The author clarified the targets of the high PR breeding and disagreed the opinion that there were no negative interrelation between photosynthesis and yield.

Key words Soybean; Photosynthesis; Yield; Relationship