

# 大豆高光效品种(种质)选育及 高光效育种再探讨\*

杜维广<sup>1</sup> 张桂茹<sup>1</sup> 满为群<sup>1</sup> 陈怡<sup>1</sup> 栾晓燕<sup>1</sup>  
郝乃斌<sup>2</sup> 戈巧英<sup>2</sup> 谷秀芝<sup>1</sup>

(1. 黑龙江省农科院大豆所, 哈尔滨 150086; 2. 中国科学院植物研究所, 北京 100093)

**摘要** 通过对高光效种质哈 79—9440、哈 82—7799 及高光效品种黑农 39、黑农 40、黑农 41 的光合特性、主要形态农艺性状、产量和选育程序的描述, 对与高光效育种相关密切的单叶光合速率与产量关系及高光效育种目标、程序和方法进行再探讨。结果如下: 1. 大豆生殖生长期单叶光合速率与产量呈正相关。单叶光合速度仍然是高光效育种重要指标之一。2. 大豆高光效育种目标是选育高产和超高产、优质、抗病新品种(种质)。我们把在某一生态区生态类型基础上, 具有较大光能截获能力、光能高速传递能力、高光能转化效率、高光合速率和高 RuBP 羧化酶活性、并具有光合产物在籽粒中高比例分配、持续较长光合时间等综合水平定义为理想光合生态型。3. 高光效育种体系包含创造变异途径、有效快速选择变异途径和鉴定途径。

**关键词** 大豆; 高光效品种(种质); 高光效育种; 探讨

中图分类号 S565.1 文献标识码 A 文章编号 1000—9841—(2001)02—0110—06

自六十年代在高等植物中相继发现光呼吸和 C<sub>4</sub> 双羧酸途径以后, 人们认识到提高光能利用率尚有巨大潜力。随即引起育种工作者的重视, 他们试图从光合作用机理方面探讨育种的新途径。经对小麦、水稻、大豆品种(系)间光合活性差异进行了较系统的研究后, 证明作物品种(系)间光合活性存在明显差异并具有遗传稳定性<sup>[1, 2, 3, 9, 10]</sup>。Moss (1971) 提出同室培养方法, 他试图从 C<sub>3</sub> 植物中筛选出 C<sub>4</sub> 突变体, 但未见成功的报道<sup>[4]</sup>。有人用 C<sub>3</sub> 植物与 C<sub>4</sub> 植物杂交, 试图将 C<sub>4</sub> 植物的特性传递给 C<sub>3</sub> 植物, 虽然所得后代中有的特性类似 C<sub>4</sub> 植物, 但其光合速率很低, 甚至比亲本 C<sub>3</sub> 的还要低<sup>[4]</sup>。江苏省农科院采用高光效育种, 培育出光合作用对广幅光强适应能力较强的水稻新品系“02428”, 用它所配制的杂交水稻产量可达 725kg/667m<sup>2</sup>。广东省农科院通过高光效育种培育出株型优良, 旗叶后期光合速率高、高光合能力持续期长的高光效种质“叶青伦”, 其杂交后代“特青”的产量可达 825kg/667m<sup>2</sup>。黑龙江省农科院大豆所与中国科学院植物所经多年合作,

先后选育出高光效种质哈 79—9440、哈 82—7799、哈 82—7851, 其中哈 79—9440 最高产量为 256. 2kg/667m<sup>2</sup><sup>[5]</sup>。

本文是在以往研究基础上, 通过对高光效品种(种质)的分析、对单叶光合速率与产量关系、高光效育种目标、程序和方法等进行再探讨。旨在建立大豆高光效育种体系及提出高光效育种的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

采用高光效种质哈 79—9440、哈 82—7799、哈 90—6719、哈 91—7021、高光效品种黑农 39、黑农 40、黑农 41、十胜长叶、高产品种黑农 26、黑农 33、绥农 4 为试材。均种在黑龙江省农科院大豆所试验地, 在 R<sub>4</sub> 期测定其光合速率及 RuBP 羧化酶活性和 PEP 羧化酶活性。

### 1.2 试验方法

光合速率测定用 LI—6200 便携式光合系统测

\* 收稿日期: 2000—10—27

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G1998010100)。

作者简介: 杜维广(1943—), 男, 研究员, 研究方向大豆遗传育种及光合生理生态。

定仪进行田间活体测定。RuBP 羧化酶和 PEP 羧化酶活性按 Ishii<sup>[12]</sup> 等方法进行, 并略有改进。

供试材料主要形态和农艺性状在田间按其标准调查。

## 2 结果与分析

表 1 育成高光效品种(种质)与最高光合速率亲本的光合速率和 RuBP 羧化酶活性比较(R<sub>4</sub> 时期)

Table 1 Comparison of RuBP case between varieties(germplasms) and parents with HPE(R<sub>4</sub>)

品种(种质) Varieties	光合速率 ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$ )	与 CK (%)	RuBP 羧化酶活性 ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mg}\cdot\text{pm}\cdot\text{hr}$ )	与 CK (%)	PEP 羧化酶活性 ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{g}\cdot\text{鲜重}\cdot\text{hr}$ )	与 CK (%)
哈 79—9440	16.28	114.0	10.90	121.0		
哈 82—7799	20.28	142.0	12.74	142.0		
十胜长叶(CK)	14.33	100.0	8.98	100.0		
黑农 39	16.59	125.0			295.08	
黑农 40	15.72	118.0			282.4	
绥农 4(CK)	13.30	100.0			—	
黑农 41	17.64	141.0			290.5	109
黑农 33(CK)	12.53	100.0			265.6	100

### 2.2 高光效品种(种质)形态和农艺性状

从表 2 看出, 高光效品种(种质)在株高 95—100cm, 结荚习性为亚有限和无限; 叶形为披针形、阔叶形; 抗性为感、中抗、高抗中均有分布。可见这些性状与单叶光合速率关系不密切。然而, 高光效品种(种质)的株型均为均匀—主茎型, 表明均匀—主茎型是高光效品种(种质)的特点之一, 它能够较好地截获光能。高光效品种(种质)生育期早晚顺序为

表 2 不同大豆高光效品种(种质)和高产品种主要形态和农艺性状比较

Table 2 Comparison of major agronomic traits between varieties with HPE and varieties with high yield

品种(种质) Varieties	株高 Plant	结荚习性 Pods	叶形 Leaves	株型 Plant type	生育日数 Growth date	百粒重 100 sees wet. g		灰斑 SM V		单株叶面积 $\text{cm}^2$		
										R <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>5</sub>
哈 79—9440	90—95	亚有限	披针形	均匀—主茎	112—114	17	中抗	中抗	530.70	1590.1	2060.3	
哈 82—7799	90—95	亚有限	披针形	均匀—主茎	116—118	17	中抗	中抗				
黑农 39	100	无限	阔叶形	均匀—主茎	123	18	高抗	感	742.30	2665.0	2594.0	
黑农 40	100	无限	披针形	均匀—主茎	125	22	中抗	中抗	656.40	1818.7	3498.5	
黑农 41	95—100	亚有限	披针形	均匀—主茎	118—120	20	中抗	中抗	747.30	2437.2	2446.7	
黑农 33	104	无限	披针形	主茎	122	18	感	高抗	710.44	1771.0	2296.3	

### 2.3 高光效品种(种质)籽粒产量

哈 79—9440、哈 82—7799 分别于 1982、1985 年参加黑龙江省区域试验。由于省区试点代表中等土壤肥力, 参试品系采用相同密度。由于单株叶面积较小, 生育期比标准品种黑农 26 早 3—4 天, 致使产

### 2.1 高光效品种(种质)光合生理特性

表 1 列出高光效品种(种质)R<sub>4</sub> 期光合生理特性。哈 79—9440、哈 82—7799 光合速率比最高亲本十胜长叶分别提高 14%和 42%; 黑农 39、黑农 40 光合速率比最高亲本绥农 4 分别提高 25%和 18%; 黑农 41 光合速率比亲本黑农 33 提高 41%。RuBP 羧化酶活性和 PEP 羧化酶活性也有类似提高的结果。

哈 79—9440 < 哈 82—7799 < 黑农 41 < 黑农 39 < 黑农 40; R<sub>1</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>5</sub> 期单株叶面积, 黑农 39、黑农 40、黑农 41 均高于哈 79—9440 和黑农 33(黑农 40R<sub>1</sub> 期除外)。可见, 高光效品种在生育期和单株叶面积较高光效种质哈 79—9440 和黑农 33 有所改进。这可能与早世代选择指标有关(表 4)。通常早熟材料光合速率较高, 通过我们的选择, 在晚熟材料中也选育出高光效品种(种质)。

量低于黑农 26 而被淘汰。但是, 在 1984 和 1985 年高产田中, 土壤肥力中上等, 采用穴播群体结构, 保苗 28 株/ $\text{m}^2$ , 则产量比标准品种分别提高 33%和 30%。说明这两个高光效种质只有在高产栽培条件下, 群体的叶面积指数才趋于合理, 获得较大的光能

截获,并发挥高光效种质的遗传潜力。

黑农 39、黑农 40、黑农 41,参加黑龙江省 1 区

表 3 不同高光效品种(种质)产量比较

Table 3 Yield comparison among different varieties(germplasms) with HPE

品种(种质)	产量鉴定试验 (kg/hm <sup>2</sup> )	±%	区、生试试验 (kg/hm <sup>2</sup> )	±%	处理意见	高产田及年份 (kg/hm <sup>2</sup> )	±%
哈 79—9440			减产		淘汰	3843.0 1984 (所内高产田)	133
黑农 26(CK)						2885	100
哈 82—7799			减产		淘汰	采用穴播栽培方式 3395 1986 (850 农场)	130
黑农 26(CK)						2607 穴播	100
黑农 39	2809.5	113.1	2854.56	118.3	审定推广 (1994 年)	2981.25 1993 通透栽培法(所内)	139.1
黑农 33(CK)	2484.0	100.0	2413.0	100.0		2502.0 1993 (所内)	100.0
黑农 40	2642.3	114.73	2740.45	113.15	审定推广 (1996 年)	3402.15 1993 (所内穴播)	136.0
黑农 33(CK)	2303.0	100.0					
黑农 37(CK)			2422.0	100.0			
黑农 41	2964.75	115.75	3075.85	109	审定推广 (1999 年)	3435.0 1993 (所内穴播)	137.3
黑农 37(CK)	2561.0	100.0	2816.05	100.0			

\* 黑农 33 为 1988 年推广,黑农 37 为 1992 年推广。

表 4 不同大豆高光效品种(种质)选育过程比较

Table 4 Breeding process of different varieties(germplasms) with HPE

品种(种质) Varieties (germplasms)	亲本 Parents	杂交(处理)方式 Cross(treat) patterns	主要技术路线 Process	育成年份 Year
哈 79—9440 Ha79—9440	绥农 3×(黑农 11×十胜长叶) <sub>F<sub>5</sub></sub>	F <sub>2</sub> 代用热中子 5×10 <sup>11</sup>	M <sub>2</sub> —M <sub>4</sub> 主要依据比叶重选择, M <sub>5</sub> 代光合速率和产量选择育成。	1879
哈 82—7799 Ha82—7799	[绥农 3×(黑农 11×十胜长叶) <sub>F<sub>5</sub></sub> ] <sub>m3</sub>	用 Co <sup>60</sup> 13000 伦琴处理	M <sub>2</sub> —M <sub>4</sub> 主要依据比叶重和光合叶面积选择, M <sub>5</sub> 光合速率和产量选择育成。	1982
黑农 39 Heinong 39	绥农 4×铁 7518	单交	F <sub>2</sub> —F <sub>4</sub> 主要依据比叶重和生态类型, 重点考虑形态、株型、生育期、光合叶面积、株高、主茎节数、秆强度、结荚习性、节座荚数及抗 SMV 程度选择。F <sub>5</sub> 光合速率和产量选择育成。参加产量鉴定和光合速率、RuBP 羧化酶活性光合生理指标鉴定。	1994
黑农 40 Heinong 40	绥 81—242×铁 78057 ↓ 绥农 4 ———— 单交 绥 70—6 ] —绥 76—686 AMSOY ] —F <sub>4</sub> 哈 76—6045	单交	F <sub>2</sub> —F <sub>4</sub> 代主要依据比叶和生态类型, 重要考虑形态、株型、生育期、光合叶面积、株高、主茎节数、节座荚数、秆强度、结荚习性、抗 SMV、灰斑病等。F <sub>5</sub> 光合速率和产量选择育成。参加产量鉴定和光合速率、RuBP 羧化酶活性光合生理指标鉴定。	1996
黑农 41 Heinong 41	黑农 33 Heinong 33	Co <sup>60</sup> 8000 伦琴	M <sub>2</sub> —M <sub>4</sub> 主要依据比叶重、生态类型。重点考虑形态、株型、生育期、光合叶面积、株高、主茎节数、节座荚数、秆强度、结荚习性、抗 SMV、灰斑病等。M <sub>5</sub> 光合速率和产量选择育成。参加产量鉴定和光合速率、RuBP 羧化酶活性光合生理指标鉴定。	1999

的区试、生试,平均产量分别比相应标准品种提高 18.3%、13.15%和 9%。经黑龙江省农作物品种审

定委员会审定为高光效品种。在高产田产量分别比标准品种黑农 33 提高 39.1%、36%和 37.3%。上

述 3 个品种,不但单叶光合速率有所提高,群体的光合叶面积亦有较大改进。这些结果表明,单株叶面积、生育期、株型是构成高光效品种(种质)光能截获的重要因素(表 3)。

## 2.4 高光效品种(种质)选育过程

表 4 看出,在 5 份高光效品种(种质)中,有 3 份是采用人工诱变(含杂交与辐射相结合)方式育成,占供试材料 60%,有 2 份是采用有性杂交育成,占供试材料 40%。在采用有性杂交育成的高光效品种其主要特点是含有高光效亲本绥农 4。在后代选择方式上,哈 79-9440 早世代选择主要依据比叶重<sup>[5]</sup>做为光合速率简易选择指标。因为它与光合速率呈正相关。哈 82-7799 早世代选择增加了光合叶面积的选择,黑农 39、黑农 40、黑农 41 又增加了生态类

型指标的选择。最终决选出高光效品系哈 88-7704、哈 90-6719、哈 91-6045。经常规育种程序及光合速率和 RuBP 羧化酶鉴定,均比标准品种提高 10%以上,最终育成高光效品种黑农 39、黑农 40、黑农 41。

## 2.5 高光效品种(品质)产量潜力表达

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,两个高光效种质虽然种植密度不同,其光合速率和收获指数差异不大。但哈 90-6719 和哈 91-7021, 5cm 株距比 10cm 株距分析增产 19%和 11.0%(表 5),其原因是由于光合面积差异,导致群体截获光能的差异,使生物产量增加,在收获指数变化不大情况下导致产量的差异。

表 5 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 5 PR, harvest index and yield of soybean special high yield type on different condition

品种(系) Varieties (lines)	密度 Density	光合速率 PR $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$	收获指数 Harvest index	产量 Yield kg/667m <sup>2</sup>	%
哈 90-6719	5cm	13.3	0.39	181.9	119.0
Ha90-6719	10cm	13.0	0.40	153.5	100
哈 91-7021	5cm	14.1	0.35	141.8	111.0
Ha91-7021	10cm	14.3	0.38	127.6	100

## 3 讨论

### 3.1 单叶光合速率与产量关系

关于单叶光合速率与产量关系,概括起来有呈正相关、不相关和负相关的报道<sup>[3,7]</sup>。这种结论上的不一致,究其原因可能与试验群体发育状况,收获指数以及测定时期等因素有关,因为光合效率是环境因子与作物生长发育进程及叶绿体光化学过程的综合作用结果,因此对大豆光合作用与产量关系的确立必须要进行综合分析。杜维广(1999)详细论述影响大豆光合速率与产量呈负相关因素。主要有光合势、收获指数、光合产物的累积和分配、株型等<sup>[7]</sup>。在过去大豆育种中,尽管育种学家没有把光合速率作为选择指标,但还是实现了产量与光合速率两者同步提高,这充分说明两者间存在着密切的关系。从高光效品种的育成也进一步验证提高单叶光合速率能提高产量,因此提高单叶的光合速率仍是高光效育种的重要指标之一。

### 3.2 高光效育种总目标

高光效育种总目标是选育高产、超高产、稳产、优质、抗病大豆新品种(种质)。

屠曾平(1997)把光能捕获能力与光能转化效率的综合水平定义为整体光合能力。根据这一设想,选育出杂种稻 Le/t,整体光合能力得到明显改善,产量比对照 Lemont 增长 40-50%<sup>[8]</sup>。我们通过高光效大豆光合特性研究<sup>[6]</sup>和高光效育种实践,我们认为大豆某一生态区内,在构成该区生态类型的基础上,该生态类型大豆品种(系)具有较大限度的截获光能的能力、高速光能传递能力、高光能转化效率、高 CO<sub>2</sub> 同化效率、光合产物在籽粒中高比例分配、持续较长光合时间,综合水平定义为“理想光合生态型”。同时该理想光合生态型还必须具有较好抗逆性。初步认为,高光效品种黑农 39、黑农 40、黑农 41 某些形态和光合指标接近理想光合生态型的特点。同时也反映理想光合生态类,在其形态、性状、株型、生育期等指标方面具有各自特点,表现理想光合生态型具有多模式的特性。

### 3.3 高光效育种程序和方法

作物育种体系一般认为包括三个方面,创造变异、有效快速地选择变异和对选育的新品系和种质进行鉴定。

#### 3.3.1 创造变异途径

人工诱变是产生新品种类型的有效方法,通过

细胞核突变使光合器结构和功能发生变化,故可改变作物的光合作用。Nosyov<sup>[4]</sup>用 $\gamma$ 射线辐射,从棉花突变体中,选出早熟、高产、生殖期有较好的光化学和酶促活性的突变体。此外,在小球藻、豌豆中也获得了光合阳性突变体<sup>[4]</sup>。我们用诱变法也选育出几个大豆高光效品种(种质)(表4)。

有性杂交也是创造变异途径的重要方法。但关键是亲本的选择。其杂交亲本必须含有高光效、丰产性好、抗逆性强的骨干亲本血缘。其杂交方式可用单交、复合杂交、生态回交等。

### 3.3.2 有效快速选择变异途径

我们曾提出性状判断和仪器测定相结合的选择方法<sup>[9]</sup>。实践证明该途径行之有效。具体操作是首先注重形态类型的选择,如株型特点、生育期、单株叶面积、株高、主茎有效节数、每节结荚数、秆强度、结荚习性、抗病性等。在此基础上,采用比叶重法对早世代材料进行光合性状判断。通过此项选择后,到高世代为使育种上有可操作性,根据光合速率及产量和抗病性进行决选品系。此后对已决选的品系进行光合生理生化指标鉴定,同时进行品质分析,进而最后确定高光效品系(种质)。

### 3.3.3 鉴定

产量鉴定采用常规育种程序。产量鉴定比标准品种提高10%,并具有15—20%产量潜力。光合生理指标初步进行单叶光合速率和RuBP羧化酶活性鉴定,该二项指标比标准品种提高10%。经省或国家农作物品种审定委员会审定为高光效品种(种质)。

### 3.4 高光效品种(种质)产量潜力表达

哈79—9440、哈82—7799,在区试条件下,表现减产(表3)。在高产田比标准品种黑农26增产33%和30%。黑农39、黑农40、黑农41产量比标准

品种提高18.3%、13.15%、9%;在高产田,提高39.1%、36%、37.3%。哈90—6719和哈91—7021,5cm株距比10cm株距产量分别提高19%和11%。表现群体叶面积指数较为合理,在收获指数差异不大情况下,群体叶面积指数增加导致生物产量的提高,进而影响产量的增加。表明高光效品种(种质)产量潜力表达需要相适的群体结构和群体叶面积指数及土壤条件。有关这方面问题还有待深入研究。

### 参 考 文 献

- 1 赖世登,刘祚昌.小麦光合性状研究初报[J].农业科技情况报,第三期,“全国作物高光效育种座谈会论文专辑”,1978
- 2 广东农科院水稻高光效育种组.水稻净光合率的品种间差异及高光效育种[J].植物生理学报,1978,113—121
- 3 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,1982,131—135
- 4 杜维广,王彬如,谭克辉,等.大豆高光效育种的探讨[J].植物学通报,1984,7—11
- 5 郝乃斌,戈巧英,杜维广.大豆高光效育种光合生理研究进展[J].植物学通报,1991,8(2)13—19
- 6 郝乃斌,杜维广,戈巧英,等.高光效大豆光合特性研究[J].大豆科学,1983,3
- 7 杜维广,张桂茹,满为群,等.大豆光合作用与产量关系的研究[J].大豆科学,1999,2:154—159
- 8 屠曾平.水稻光合特性研究与高光效育种[J].中国农业科学,1997,30(3)28—35
- 9 杜维广.大豆高光效育种[M].大豆生理与生理育种 黑龙江科技出版社,1989
- 10 村田吉男.光合作用系统的遗传变异[M].倪文译自“植物遗传学II核酸C生产物”,1976
- 11 小岛睦男.关于提高大豆品种光合作用能力的研究[R].农业技术研究报告,1972,D23:97—143
- 12 Ishii. R. samejima Moand Murara Y., Photosynthetic  $\text{CO}_2$  fixation in the leaves of rice and some other species[J]. Japan. J. Crop Sci., 1978, 46: 97—102

## DEVELOPMENT OF SOYBEAN CULTIVARS(GERMPASM) WITH HIGH PHOTOSYNTHETIC EFFICENCY(HPE) AND REDISCUSSION OF BREEDING FOR HPE

Du Weiguang<sup>1</sup> Zhang Guiru<sup>1</sup> Man Weiqun<sup>1</sup> Chen Yi<sup>1</sup> Luan Xiaoyan<sup>1</sup>  
Hao Naibin<sup>2</sup> Ge Qiaoying<sup>2</sup> Gu Xiuzhi<sup>1</sup>

(1. *Soybean Institute, Heilongjiang Academy of Agri. Sci., Harbin 150086;*

*2. Institute of Botany, Academy Sinica, Beijing 100093)*

**Abstract** The relationship between single leaf photosynthetic efficiency and grain yield, the breeding objectives and the procedure and methods of breeding for HPE were rediscussed in this paper based on the description of photosynthetic properties, major agronomic traits, yield and breeding process of high photosynthetic efficiency germplasm, Ha79—9440, Ha82—7799 and cultivars, Heinong 39 and Heinong 40. The results are as follows.

There is a positive correlation between single leaf photosynthetic efficiency and yield at reproductive stages. Single leaf photosynthetic efficiency is still an important objective of breeding for HPE.

HPE is a major way for developing new cultivars(germplasm) with super high yield, good quality, disease resistance and ideal ecotype. Ideal ecotype is defined comprehensively having greater capacity of obtaining sunlight, higher transferring efficiency, higher single leaf photosynthetic rate and RuBP Case activity, greater proportion of photosynthate to seeds, longer photosynthetic duration and nitrogen fixation ability.

Breeding system for HPE is that: creating variation, of which, inducing and sexual crossing were mainly used at present; selecting variants effectively with combination of traits diagnosing and instrument measuring. Leaf weight per unit and ecotype are mainly selected in earlier generations and in later generations, photosynthetic rate, yield and resistance are major objectives of selecting. The procedure of yield test is the same as that in the traditional breeding. Photosynthetic physiological targets are photosynthetic efficiency and RuBP Case activity.

Reasonable population structure and better soil condition are necessary conditions for yield potential expressing of the cultivars with HPE.

**Key words** Soybean; High photosynthetic efficiency; Breeding for high photosynthetic efficiency; Rediscussion