

# 玉米杂交种与亲本主要光合性状的比较

赵 明 王美云 李少昆

(北京农业大学农学系, 北京 100094)

**摘 要** 对 5 个自交系及其组配的 4 个杂交种光合性能的分析表明, 杂交种较其亲本在光合面积上表现出三种关系类型, 即居中、偏高亲、超高亲; 而在光合时间上表现为负优势; 在光合速率上表现为正优势, 幅度在 3.1% ~ 23.4%, 超高亲 2.4% ~ 9.3%。光合速率杂种优势与叶绿素含量有关。杂交种的叶绿素 a/b 和类胡萝卜素/叶绿素较亲本有降低的趋势。结合产量及有关性状分析表明, 杂交种较自交系不仅在源上而且在库系统上均有明显改善。

**关键词** 玉米 杂交组合 光合性能

在玉米育种组合的选配上多以农艺性状为主要标准, 据此培育出了大批的农艺性状好、产量高的杂交种。然而对杂种优势的生理原因, 特别是与物质生产有关的主要光合性状还缺乏深入具体的研究, 为此本试验在以往研究的基础上, 选出 5 个自交系与其组配的 4 个杂交种进行了光合性状的比较研究, 以期对玉米育种提供理论参考。

## 1 材料和方法

供试材料为 5 个自交系(M<sub>0</sub>17、中黄 64、自 330、中黄 65、金黄 59) 和由其组配的 4 个杂交种, 即 M<sub>0</sub>17 × 中黄 64(中单 14 号)、M<sub>0</sub>17 × 自 330(中单 2 号)、中黄 65 × 自 330、中黄 65 × 金黄 59。试验于 1992 年在中国农科院作物所试验田进行, 按大田一般种植方式进行管理。

测定项目包括光合面积、光合速率、叶绿素含量、比叶重、单株干物重和籽粒产量。其中叶片色素的测定按沈伟其<sup>[1]</sup>的叶绿素含量混合液提取法进行。光合速率的测定在测叶绿素的前一天进行, 用美国产 Li-6200 光合测定仪的闭路方式进行活体单叶测定。测定是在晴天上午 10:00 ~ 13:00, 光照相对稳定的时间内进行。每片叶观测 5 次, 每次各处理随机测定 3 株。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同组合的亲本与杂交种光合面积、光合时间和光合势的比较

比较 3 个组合的父、母本和杂交种的光合面积、光合时间和光合势(见表 1), 其中光合时

间 3 个组合表现比较一致, 杂交种比双亲短, 负优势率为 4.9% ~ 5.7%。而光合面积则在不同的组合中表现不同, 在组合 1 中( Mo17 × 中黄 64), 超中亲 22.7%, 接近于高亲( 中黄 64); 在组合 2 中( 中黄 65 × 金黄 59) 超亲 34.7%, 而且超过高亲( 中黄 65); 在组合 3 中( 中黄 65 × 自 330) 杂交种较双亲率低( 0.9%), 接近双亲平均值。光合势与光合面积的变化基本一致。由此可见, 杂种在光合时间上普遍表现为生育期缩短, 其缩短的程度较接近, 而在光合面积和光合势上表现出多样性, 就本试验的 3 个组合而言, 可以划成三种类型: ①接近双亲( 如组合 3); ②接近高亲( 如组合 1); ③超出高亲( 如组合 2)。

表 1 玉米亲本与杂交种的光合面积、光合时间、光合势的比较

组合	名 称	叶面积 ( m <sup>2</sup> /株)	光合有效时间 ( 出苗至完熟天数)	总光合势 ( m <sup>2</sup> · d · 株 <sup>-1</sup> )
1	Mo17	0.322	104	15.867
	▽ 中黄 64	0.542	111	33.161
	F <sub>1</sub> ( 中单 14)	0.530	102	26.511
	超 亲%	22.7	- 5.1	8.2
2	中黄 65	0.668	118	39.613
	▽ 金黄 59	0.569	107	29.294
	F <sub>1</sub>	0.833	107	51.597
	超 亲%	34.7	- 4.9	49.8
3	中黄 65	0.668	118	39.613
	▽ 自 330	0.856	109	45.061
	F <sub>1</sub>	0.755	107	42.292
	超 亲%	0.9	- 5.7	- 0.1
	平均超亲 M	19.400	- 5.233	16.476
	S	17.476	0.416	20.722
	C. V	90.2	8.0	125.8

2.2 不同组合亲本与杂交种在光合速率、叶绿素含量和比叶重上的比较

表 2 玉米亲本与杂交种的光合速率(mgCO<sub>2</sub> · dm<sup>-2</sup> · h<sup>-1</sup>) 比较

组 合	母本	父本	杂种	超中亲(%)	超高亲(%)	备 注
Mo17 × 中黄 64	35.4	40.7	41.7	9.6	2.5	温室盆栽, 测定时 株龄为见 7 叶, PAR 为 500μEm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
中黄 64 × Mo17	40.7	35.4	44.5	17.0	9.3	
Mo17 × 自 330	35.4	38.5	39.9	8.0	3.6	
Mo17 × 中黄 64	① 48.2	64.6	68.0	20.6	5.3	① 1/7 大喇叭口期 PAR 为 1900μEm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
	② 20.6	28.2	30.1	23.4	6.7	
中黄 65 × 自 330	① 78.2	76.0	81.4	5.6	4.1	② 19/8 乳熟期 PAR 为 1000μEm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
	② 20.6	20.9	21.4	3.1	2.4	
中黄 65 × 金黄 59	① 78.2	74.0	85.4	12.2	9.2	
	② 20.6	21.8	22.7	7.1	4.1	

2.2.1 光合速率 在不同环境条件和测定条件下对 4 个组合的亲本和杂交种的结果(表 2) 进行了比较, 表明玉米的光合速率具明显的杂种优势, 超中亲 3.1% ~ 23.4%, 超高亲率 2.4%

~ 9.3%。在温室盆栽条件下测定, Mo17 × 中黄 64 优于 Mo17 × 自 330, 在 Mo17 × 中黄 64 的组合中反交优于正交。在田间试验中, Mo17 因感黄叶病表现光合速率低, 但与中黄 64 配合时杂种表现出极高的光合速率优势, 超亲率 20% 以上。在另外两个组合中, 亲本的光合能力都很高, 其杂种中也表现出超亲, 光合速率更高, 但超亲率相对低。二者相比, 中黄 65 × 金黄 59 优于中黄 65 × 自 330。进一步分析上述初步试验结果还可以看出, 由于低光合速率的亲本杂交能产生高的杂种优势, 相反高光合速率的亲本杂交其优势偏低, 这样很可能会出现杂交种之间光合速率差异缩小的现象。

2. 2. 2 叶绿素含量及其比值 试验结果表明, 杂交种在叶片叶绿素含量方面表现出明显的优势(见表 3), 超中亲平均为 28.2%, 最高为 41.1%, 最低为 20.7%, 而且还表现出超高亲(幅度为 2.5% ~ 17.3%)。杂交种的叶绿素含量高低与亲本有关。双亲叶绿素平均含量高, 杂交种叶绿素含量也高, 但超亲率低, 如中黄 65 × 自 330; 双亲叶绿素含量低, 杂交种叶绿素含量相对偏低, 但超亲现象明显, 优势强, 缩小了与叶绿素含量高的亲本所配组合杂交种的差距, 如 Mo17 × 中黄 64。由此可见, 玉米的杂种在叶片的叶绿素含量上的优势与光合速率优势相一致。

表 3 玉米亲本与杂交种的叶绿素含量( mg · dm<sup>-2</sup> ) 比较

组 合	母本	父本	杂种	超双亲( % )	超高亲( % )
Mo17 × 中黄 64	3.29	4.96	5.82	41.1	17.3
中黄 65 × 自 330	4.53	6.49	6.65	20.7	2.5
中黄 65 × 金黄 59	4.53	5.84	6.37	22.9	9.1
平 均	4.12	5.76	6.28	28.2	9.6

注: 表中数据是 7 月 21 日和 8 月 20 日两次测定平均值。

从光合色素的比值来看, 杂交种的叶绿素 a/b 值和类胡萝卜素与叶绿素比值( car/ chl ) 有比亲本降低的趋势( 见表 4 ), 或者趋向于低比值的亲本。这表明杂交之后, 增加了总的光合色素含量, 其中主要增加了叶绿素的成分; 在叶绿素中主要增加了叶绿素 b 的成分。这样可能相对有利于在群体高密度条件下生长, 因一般认为叶绿素 a/b 值低有利于耐阴。

表 4 玉米亲本与杂交种的叶绿素 a/b 和类胡萝卜素与叶绿素比值

组 合	母 本		父 本		杂交种	
	a/b	car/ chl	a/b	car/ chl	a/b	car/ chl
Mo17 × 中黄 64	3.63	19.68	3.74	18.28	3.64	17.98
中黄 65 × 自 330	4.20	17.3	3.82	17.53	3.64	17.58
中黄 65 × 金黄 59	4.20	17.3	3.86	17.49	3.51	16.53
平 均	3.92	18.49	3.81	17.77	3.60	17.33

注: 表中数据是 7 月 21 日和 8 月 20 日的两次测定结果平均值。

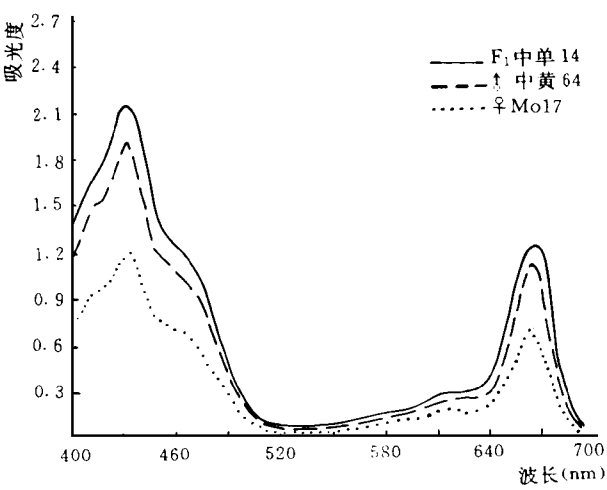
对 Mo17 × 中黄 64 组合的亲本和杂交种光合色素提取液进行可见光全波段光谱吸收扫描的结果(附图)表明, 杂交种与亲本在吸收曲线上基本一致。各光谱吸光度均以杂交种为最高, 说明杂交种叶片提取液中的多种物质成分上都具有优势。

2. 2. 3 比叶重 开花期(7 月 30 日) 亲本与杂交种的比叶重测定结果(表 5) 表明, 杂种在比叶重上基本没有优势, 介于两亲之间, 不同组合略有不同。从杂交种在光合速率、叶绿素上有明显优势, 而在比叶重上基本无优势的现象分析可知, 杂交种光合优势产生的原因可能是杂交种叶绿素的密度增加及结构改善, 致使在叶片厚度不变的情况下增加了光合机能; 或是杂交种的物

质运输功能得以增强,使光合产物能及时运输出叶片,促进了光合作用。

2.3 不同组合亲本与杂交种在产量上的比较

对3个杂交组合的单株产量及有关性状的结果分析表明(表6),杂交种有较高的生物学和经济学产量,特别是较明显地改善了构成籽粒产量的穗粒数和粒重,从而使物质生产有利于向籽粒器官分配。由此可见,杂交优势是源-库系统均得以改善及协调发展的结果。在源系统中主要是光合性能诸方面更有利于物质生产,如光合面积增加、光合速率提高及经济系数提高;在库系统中穗粒数和粒重均明显提高。结合光合速率的分析表明,Mo17×中黄64组合产量优势强,同时光合速率表现出的优势也强,二者是否有必然的联系有待进一步验证。



附图 亲本和杂交种叶绿素提取液光谱吸收曲线

表5 玉米亲本与杂交种的比叶重比较

(单位:  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$ )

组 合	母本	父本	杂种	超双亲
Mo17×中黄64	4.06	4.53	4.43	3.1
中黄65×自330	4.50	5.09	4.98	3.9
中黄65×金黄59	4.50	4.09	4.07	-5.3
平 均	4.35	4.57	4.49	0.6

表6 不同组合单株产量及其有关性状统计

组 合	单株 干重 (g)	单株籽 粒重 (g)	穗 长 (cm)	穗行 数 (行)	穗粒 数 (粒)	百粒 重 (g)	地上器官的比率(%)					
							叶片	叶鞘	茎秆	苞雄	果穗	籽粒
Mo17×中黄64	443.1	212.7	21.0	16	687	31.0	6.7	3.4	15.9	4.0	69.9	48.3
	166.7	81.4	15.5	10	361	22.6	11.3	7.5	23.6	4.8	52.3	42.3
	▽ 254.9	96.5	16.3	18	384	25.1	13.2	6.8	25.6	11.4	43.0	37.9
中黄65×自330	398.5	188.5	21.0	14	477	39.5	9.3	4.6	16.5	4.9	64.7	47.3
	247.3	94.3	17.0	12	323	29.2	12.8	7.2	22.7	11.0	47.0	38.1
	▽ 361.1	127.8	19.0	16	387	30.3	10.3	6.2	23.2	6.5	45.0	35.4
中黄65×金黄59	439.1	204.3	20.5	16	540	38.7	8.4	4.2	15.5	4.7	61.2	47.6
	247.3	94.3	17.0	12	323	29.2	12.8	7.2	22.7	11.0	47.0	38.1
	▽ 265.4	124.3	15.0	18	452	34.6	12.1	6.4	21.5	8.2	51.9	46.8
平 均 F <sub>1</sub>	426.9	201.8	20.8	15.3	568.0	36.4	8.6	4.1	16.0	4.5	66.9	47.7
	220.3	90.0	16.5	11.3	335.7	27.0	12.3	7.3	23.0	8.9	48.8	39.5
	▽ 293.8	116.4	16.7	17.3	407.7	30.0	11.9	6.5	23.4	8.7	46.6	40.0

3 讨论

关于玉米杂交种产量上的优势,许多学者进行了多方面的分析<sup>[4]</sup>。初步归纳为杂种优势表现是光合速率、单株叶面积、叶片数、叶绿素效率等这些特性和产量组分(穗粒重、千粒重等)之间彼此相互作用的结果。本试验对4个产量潜力大、生产上广泛推广的组合研究进一步表明,

优良的杂种在源-库特性上均得到全面的改善,更有利于作物生长和产量形成,但每个组合源库的改善又有不同的特点,形成多种类型优势,如在光合面积上有居中、偏高亲和超高亲;在光合时间上表现负优势;在光合速率上表现出正优势。

关于下代中是否存在光合速率的杂种优势问题,在不同作物上并未取得一致结论,但在玉米上大多数的研究<sup>[2~5]</sup>结果表明,杂种在光合作用等源特性上为正优势,本研究也证明了这一点,并表明杂交种光合作用的优势与叶绿素的含量优势相一致。叶绿素主要表现在叶绿素b的成份上。叶片色素含量和比值拟可做为研究玉米杂交种在光合速率上有无优势的重要指标。

## 参 考 文 献

- 1 沈伟其.测定水稻叶片叶绿素含量的混合液提取法.植物生理学通讯,1988(3):62~64
- 2 韩庚辰.玉米主要光合性状与产量的关系及遗传效应分析.作物学报,1982(4):237~244
- 3 Harsh Mehta, Kumud Ranjan Sarkar(陈悦译).玉米光合作用、产量和产量组合的杂种优势.国外农学—杂粮作物,1993(3):8~11
- 4 Hubert kelly. Corn bred successfully for higher photosynthesis rate. Agricultural Research, 1988(4):13~14
- 5 赵明等.论作物产量的三合结构模式.北京农业大学学报,1995,21(4):359~363

# Comparison of Photosynthetic Characteristics of Parents and Hybrids of Corn (*Zea mays* L.)

Zhao Ming      Wang Meiyun      Li Shaokun

(Dept. of Agronomy, Beijing Agriculture University, Beijing 100094)

**Abstract** The photosynthetic characteristics of 4 hybrids and their parents of corn were comparatively analysed in this paper. There were 3 kinds of types in leaf area of hybrids: middle, inclined to high parent and superhigh parent. The hybrid was negative hybrid vigor in photosynthetic time, but positive vigor in photosynthetic rate which ranged from 3.1% to 23.4%. The photosynthetic vigor in hybrid was related with concentration of chlorophyll. The ratios of chlorophyll a/b and carotene/chlorophyll in hybrids were lower than that in their parents. Hybrid vigor in grain yield primarily dependent upon the sink and source system.

**Key words:** Corn; Photosynthesis; Hybrid