

## C 型不育细胞质对玉米单交种及再杂交当代优势的效应研究

段民孝 宋同明 范弘伟 王利明

(中国农业大学作物学院)

**摘要** 通过混合不同遗传标记花粉授粉法, 研究 C 型细胞质对玉米单交种和再杂交当代优势的效应。试验结果表明, 不育种与同型正常种姊妹交籽粒间比较, C 型胞质效应为 3.37%; 与同一有色父本杂交籽粒间比较, C 型胞质效应为 2.44%。2 年 C 型胞质效应平均分别为 2.88% 和 2.94%。同一 C 型胞质对不同杂交种的效应不同, 不同年份间有变化。不育种及正常种与同一有色单交种再杂交当代粒重均有杂交优势, 杂交优势因不同父本而不同。正常种为母本, 杂交优势为 3.73%, 不育种为母本, 杂交优势为 2.84%。

**关键词** 玉米; C 型细胞质效应; 杂交种; 混合花粉; 杂交当代优势

中图分类号 S513

## Studies on the C Type Sterile Cytoplasm Effects on Single Hybrid and Heterosis of the Two Single Hybrid Crossed Seeds in Maize

Duan Minxiao Song Tongming Fan Hongwei Wang Liming

(College of Crop Science, CAU)

**Abstract** Several normal single hybrids and their corresponding isogenic C type cytoplasmic male sterile (CMS-C) counterparts were used as females, pollinated by mixing marker of pollens to study C type cytoplasmic effect on single hybrid and heterosis of the two single hybrid crossed seeds in Maize. The results of comparing sister crossed kernel between CMS-C hybrids and their counterparts, and comparing cross-fertilized kernel with marker male parents, suggested that the C type cytoplasmic effect on kernel weight was different. The CMS-C effect on kernel weight was 3.37% when comparing sister crossed kernel, and was 2.44% when comparing cross-fertilized kernel with marker male parents. The average CMS-C genetic effect was 2.88% and 2.94% respectively in two years. The same CMS-C genetic effect varied with different hybrids and years. It was found that there was heterosis of cross-fertilized kernel weight when the CMS-C hybrids and their counterparts crossed with the same single hybrid, and the heterosis varied with different marker male parent. The cross-fertilized kernel weight was 3.73% and 2.84% higher than that of normal hybrids selfed and CMS-C hybrid sister-crossed with their counterparts respectively.

**Key words** maize; C type cytoplasmic effect; hybrid; mixing-pollen; heterosis of the F<sub>1</sub> embryo stage

雄性不育是植物界广泛存在的一种现象, 这一现象因生理或环境因素引起是不能遗传的, 而由细胞质或细胞核以及两者互作引起的则可以遗传<sup>[1]</sup>。可遗传雄性不育对作物杂种优势利

收稿日期: 2001-01-17

国家自然科学基金资助项目(39870485)

段民孝, 北京西郊板井北京市农林科学院玉米研究中心, 100089

宋同明, 北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094

用有很大价值。玉米是最先大规模利用雄性不育进行育种的作物。利用细胞质雄花不育配制玉米杂交种,不仅节省去雄的劳动力,降低生产成本,而且可以大大提高杂交种纯度,保障杂种优势充分发挥,提高产量<sup>[2]</sup>。另外,玉米雄穗具有顶端优势,采用雄性不育,可以促进雌穗发育。一些研究表明不育杂交种优于正常杂交种,在干旱、密度高、土壤肥力低下等恶劣条件下,采用玉米杂交种去雄或胞质不育种比同型正常种增产<sup>[3,4]</sup>,某些不育种甚至比正常种增产10%以上<sup>[2,5]</sup>。但由于雄性不育化育种中恢复系转育常常滞后,当前主要是将正常种和不育种以一定比例掺和来进行商品玉米生产。美国DuPont公司提出一种“TopCross”生产技术<sup>[6]</sup>,利用不育杂交种接受高油玉米花粉来改善品质,但由于所用高油授粉者产量偏低,高油玉米种植比例太少而存在一定问题。宋同明等<sup>[5]</sup>提出利用雄性不育杂交种的杂种优势和高油玉米油分花粉直感效应来生产高油玉米。我国生产上可利用的细胞质类型主要在C、Y<sub>II-1</sub>型等<sup>[2,4,7]</sup>。为此,我们采用在同一果穗授不同遗传标记材料花粉的方式,来研究C型不育细胞质对单交种及再杂交当代优势的效应,为雄性不育性在商业杂交种生产中利用提供依据。

## 1 材料与方 法

采用混合不同籽粒色泽材料花粉的方式,在同一果穗上产生出不同基因型的籽粒,进行C型不育胞质效应和单交种再杂交当代优势研究。所用材料为2套:黄籽粒,做母本,包括正常种(N)和其同型不育种(CMS-C);有色籽粒(紫色糊粉层),做父本。

1998年春在北京昌平实验站配制农大3138、农大60、农大108、农大3527、掖单12、掖单13、掖单4、8703共8个杂交种的正常种及其同型不育种,以及具有紫色糊粉层标记的有色父本单交种Hb×Ye4、8112×Ye4、甜单9、H78×Hy4、Hb×Xu052、52×55、Hy4×Mo17。1998年冬在海南三亚市南滨农场进行混合花粉授粉。采用裂区设计,把品种作为主区,其对应的不育种及其同型正常种为副区。每副区种植2行,每行种植16株,2次重复。将一个正常种的花粉随机和某一紫色父本单交种的花粉充分混合,授予相应的正常种及其同型不育种母本花丝上。每种混合花粉给每一个母本授5~8穗。为保证父本散粉与母本吐丝相遇,有色父本分3期种植。1999春在北京昌平中国农大实验站进行重复试验。果穗收获后风干脱粒,分出同一果穗上的2种不同色泽籽粒,称50~100粒重,折算百粒重。以杂交籽粒超过姊妹交籽粒的百分比来估计杂交当代优势:杂交优势=( $X_i - X_0$ )/ $X_0 \times 100\%$ , $X_i$ 为与有色父本杂交粒, $X_0$ 为不育种和其同型正常种之间姊妹交籽粒。每一种混合花粉,以果穗为重复,采用t测验法,对不同基因型籽粒作比较。以不育种和同型种为不同处理,采用成组法<sup>[8]</sup>比较来研究C型不育胞质效应:C型胞质效应=( $aF_1 - bF_1$ )/ $bF_1 \times 100\%$ , $aF_1$ 为不育种籽粒, $bF_1$ 为正常种籽粒。其中包括2种比较方式:不育种和同型正常种姊妹交籽粒间比较;与同一有色父本杂交籽粒间比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 C型胞质效应

1998年和1999年试验设计均采用同一套不育种与其同型正常种为母本,但由于1999年种植试验材料发生错误,因而配制杂交组合数目较少。对2年试验结果进行综合统计(表1),可以看出,尽管混合花粉杂交组合数不同,且1999年试验中2种比较方式中达到显著组合数

偏少,但有相同的趋势。不育种与其同型正常种姊妹交籽粒间比较,所估计的C型不育胞质效应较大(1998年和1999年分别为3.39%和3.35%),与相同有色父本杂交籽粒之间比较,所估计的C型不育胞质效应较小(1998年和1999年分别为2.36%和2.52%)。多数混合花粉杂交组合中,不育种为母本时的籽粒重超过正常种籽粒重。

表 1 混合花粉杂交组合胞质效应结果统计

年份	混合花粉组合数	不育种与正常种比较	姊妹交籽粒间比较				有色杂交籽粒间比较			
			组合数	差异达到显著数	胞质效应变幅/%	平均胞质效应/%	组合数	差异达到显著数	胞质效应变幅/%	平均胞质效应/%
1998	31	小于正常种	11	6	-12.92~ -0.98	3.39	11	6	-14.94~ -1.62	2.36
		超过正常种	20	7	-4.45~ 12.79		20	5	0.17~ 16.04	
1999	21	小于正常种	10	0	-9.60~ -1.11	3.35	9	0	-9.07~ -3.91	2.52
		超过正常种	11	1	1.11~ 25.43		12	1	0.42~ 18.45	

将同一品种各混合花粉杂交组合进行联合分析,估计C型胞质对各品种粒重的效应(表2)。同一年份中,通过姊妹交籽粒间和有色杂交籽粒间2种方式比较,C型胞质对某一品种的遗传效应趋势相同,效应值不同,仅1999年对掖单4表现相反,但效应值极小(平均为0.04%),且不显著。但2年间试验结果有差异。1998年C型胞质对掖单4、8703、掖单13的百粒重表现负效应,而对其他品种为正效应,且对农大3138和农大60达到显著,分别为10.41%和8.25%。1999年对农大3527表现为负效应,对其他品种表现为正效应,且均不显著。可见,C型胞质对同一品种的效应在年份间有差异,但2年总平均胞质效应相差不大(分别为2.22%和2.30%)。

表 2 C 型胞质对各单交种百粒重的遗传效应

年份	杂交种名称	姊妹交百粒重/g		胞质效应/%	有色杂交百粒重/g		胞质效应/%	平均胞质效应/%
		正常种为母本	不育种为母本		正常种为母本	不育种为母本		
1998	8703	36.72	35.42	-3.54	37.61	36.11	-3.99	-3.76
	农大108	30.21	31.19	3.24	31.58	32.75	3.70	3.47
	农大3138	32.2	35.5	10.25**	32.34	35.76	10.58**	10.41
	农大3527	30.62	31.11	1.60	31.83	32.19	1.13	1.37
	农大60	29.39	31.92	8.61**	30.15	32.53	7.89**	8.25
	掖单12	37.06	39.32	6.10	38.55	39.16	1.58	3.84
	掖单13	27.98	27.39	-2.11	29.91	28.27	-5.48	-3.80
	掖单4	38.30	37.74	-1.46	38.61	37.59	-2.64	-2.05
	平均	32.81	33.70	2.84	33.82	34.30	1.60	2.22
1999	8703	36.61	37.17	1.53	37.36	38.26	2.41	1.97
	农大108	27.58	29.01	5.18	29.18	30.77	5.45	5.32
	农大3527	33.63	33.1	-1.58	36.4	35.57	-2.28	-1.93
	掖单12	28.21	30.59	8.44	29.39	30.50	3.78	6.11
	掖单4	32.01	32.11	0.31	33.11	33.03	-0.24	0.04
	平均	31.61	32.40	2.78	33.09	33.63	1.82	2.30

## 2.2 再杂交当代优势效应

本试验采用给正常种及其不育种授相同父本混合花粉,以混合花粉相同的果穗为重复,采用成对法,通过比较姊妹交籽粒和有色杂交籽粒之间的差别,研究单交种再杂交当代优势。对2年试验数据进行综合统计(表3)可以看出,不育种和正常种做母本,与另一个单交种再杂交,当代籽粒重多数表现杂交优势。正常种为母本,1998年有66.67%组合再杂交当代优势达到显著,1999年占到77.78%,平均再杂交当代优势为3.73%。以不育种为母本,1998年有66.67%组合再杂交当代优势达到显著,1999年占到55.56%,平均再杂交当代优势为2.84%。

表3 不育种及其同型正常种接受相同混合花粉再杂交当代优势统计结果

年份	混合花粉组合数目	再杂交当代优势类型	正常种为母本				不育种为母本			
			组合数目	显著组合数	再杂交当代优势变幅/%	平均再杂交当代优势/%	组合数目	显著组合数	再杂交当代优势变幅/%	平均再杂交当代优势/%
1998	31	优势降低	4	1	-3.26~ -0.17	3.13	7	3	-2.76~ -0.16	2.04
		优势增加	27	18	0.08~ 9.23		24	16	0.05~ 6.43	
1999	21	优势降低	2	0	-0.86~ -0.19	4.33	3	1	-5.33~ -1.49	3.63
		优势增加	19	14	0.41~ 9.88		18	10	1.35~ 8.13	
平均再杂交当代优势/%						3.73	2.84			

上述结果表明,不同单交种再杂交,尽管存在组合的差异,多数组合当代粒重增加。在不育种及其同型正常种与同一父本杂交优势的成对比较中,1998年差异达到显著,1999年差异不显著,说明细胞质对同一核遗传组成的表达有影响,但在不同年份间表现不同。

## 3 讨论

### 3.1 C型胞质对单交种的效应

前人研究C型胞质对杂种一代效应的结论不尽一致<sup>[4,7,9]</sup>。理论上,某一单交种的不育种与其同型正常种的差别仅仅在细胞质,核基因组成基本相同,因而其细胞质效应在各种条件下应表现相同。本试验采用混合花粉授粉方式,通过姊妹交籽粒间和有色杂交籽粒间2种比较方式,研究C型胞质效应。结果表明(表1),2年试验中不育种与其同型正常种姊妹交籽粒之间所得的C型胞质效应大(2年平均为3.37%),有色杂交籽粒间比较所得C型胞质效应均偏小(2年平均为2.44%)。2年总平均胞质效应分别为2.88%和2.94%。同一来源的C型胞质对不同品种粒重效应不同,2年的试验结果不同(表2)。这可能和试验的误差有关,同时对于细胞质效应是否存在年份间的变异,还有待研究。Duvick<sup>[10]</sup>研究发现细胞质和品种以及和地点有明显的互作。前苏联学者研究也表明品种和胞质有互作特殊性,且生态条件有影响,其中某一生态区C型胞质杂交种比正常种增产高达17.2%<sup>[11]</sup>。王才林等<sup>[8]</sup>以为不育胞质的遗传效应表现,既有普遍性,又有特殊性。核传背景不同,其细胞质效应有很大差别,同一胞质对不同性状的效应也不同。本试验结果就说明细胞质遗传效应的这种情况。

### 3.2 C 型胞质对单交种再杂交当代优势的效应

本试验对单交种与其同型不育种授混合花粉, 研究 C 型胞质对单交种再杂交当代优势的影响。结果表明(表 3), 不育种与其同型正常种和同一单交种杂交, 当代籽粒重存在杂交优势, 但因品种而异。这与其他研究结果相似<sup>[7, 12]</sup>。不育种再杂交当代优势小于正常种, 但再杂交粒重超过正常种杂交粒重, 2 年平均为 2.44% (1998 年为 2.36%, 1999 年为 2.52%)。胞质不育是质核互作产生的, 杂种一代的性状表现则是母本质核组成与父本核组成互作的综合结果, 可能具有双重优势, 不同于常规杂交种<sup>[13]</sup>。同时外来花粉的核基因与母本的不育细胞质产生互作, 使 C 型细胞质的效应表现不同。由此, 生产上利用胞质雄性不育应考虑以下几个方面:

第一, 选用优良的细胞质。近年来不断发现新的不育胞质, 如 Bao I、Bao II<sup>[14]</sup>, 但单一胞质的利用可能造成遗传物质基础狭窄, 容易造成专业化小种的侵染, 因而要利用多种胞质或同一胞质的不同类群, 以增进胞质遗传异质性。

第二, 合理选配组合。由于核基因组对不育细胞质的遗传效应有明显影响, 因此应选择好的不育系与恢复性强的自交系组合。现在可利用高油玉米做授粉者, 生产上应选用雄性完全不育的不育系, 并且农艺性状不受影响, 配制的杂交种组合产量不低于正常同型种。

### 参 考 文 献

- Grogan C O, Patricia S. Morphological variations in normal, cytoplasmic male sterility, and restored counterparts in maize *Zea mays* L. *Crop Sci*, 1964, 4(6): 567~ 570
- 沈菊英, 张永台. 玉米雄性不育的转育及应用研究 *作物学报*, 1990, 16(2): 168~ 175
- Rogers J S, Edwardson J R. The utilization of cytoplasm male-sterile inbreds in the production of corn hybrids *Agron J*, 1952, 44(1): 8~ 13
- 陈伟程, 罗福和, 季良越. 玉米 C 型雄花不育的遗传及其在生产上的应用 *作物学报*, 1979, 5(4): 21~ 27
- 宋同明, 丛滋金. 雄花不育、单交种再杂交、花粉直感与高产优质高油玉米生产. 见: 戴景瑞等主编 *全国作物育种学术讨论会论文集* 北京: 中国农业科学技术出版社, 1998, 216~ 221
- Lambert R J, Alexander D E, Han Z J. A high oil pollinator enhancement of kernel and effects on grain yields of maize hybrids *Agron J*, 1998, 90(2): 211~ 215
- 卞云龙, 邓德祥, 蒋思霞, 等. 玉米不育细胞质对杂交种产量性状的影响 *江苏农学院学报*, 1998, 19(4): 27~ 29
- 王才林, 汤玉庚. 杂交梗稻不育细胞质遗传效应的研究 *作物学报*, 1990, 16(4): 335~ 341
- 刘宗华, 常风梅, 黄西林, 等. 玉米不育胞质杂交种的产量及其胞质效应的研究 *河南农业大学学报*, 1997, 31(1): 1~ 5
- Duvick D N. Yields and other agronomic characteristics of cytoplasmically pollen sterile corn hybrids, compared to their normal counterparts *Agron J*, 1958, 50(3): 121~ 125
- 王惠民译. 不同雄性不育细胞质类型玉米杂交种的产量比较研究 *国外农学- 杂粮作物*, 1988, (4): 7~ 9
- 段民孝, 宋同明, 范弘伟, 等. 用遗传标记混合花粉估计玉米杂交当代优势和油分花粉直感效应 *中国农业大学学报*, 2000, 5(3): 45~ 50
- 高明尉. 对作物“不育化”育种中几个基本问题的探讨. *中国农业科学*, 1977, 10(1): 35~ 41
- 燕振国, 曾孟潜. 玉米细胞质雄性不育新类型 Bao I Bao II 的发现 *遗传*, 1999, (6): 37~ 39