

# 高粱新胞质雄性不育 遗传机理及三系配套的研究

侯荷亭, 侯丽娟, 仪治本, 侯旭东, 袁爱萍

(山西省农业科学院高粱研究所, 山西 榆次 030600)

**摘要:** 研究了  $A_1$  至  $A_7$  胞质不育与 1 000 余种品种资源的育性反应, 从而建立了  $A_1$  至  $A_7$  7 种胞质不育恢保体系的创新体系。研究了  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_5$ ,  $A_6$  胞质不育育性恢复基因的遗传机制, 找到了  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_5$ ,  $A_6$  胞质不育的育性恢复基因的差异和有许多共同恢复系和保持系的原因。研究了  $A_3$  胞质不育杂交种  $F_2$  分离比率, 分析了  $A_3$  不育系育性恢复基因的遗传方式。

**关键词:** 高粱; 胞质不育; 创新体系; 遗传机制

**中图分类号:** S514.035.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-7091(2001)02-0016-04

高粱雄性不育系的研究有不少报道<sup>[1~3]</sup>, 但主要研究的是  $A_1$ ,  $A_2$  核质互作雄性不育系育性遗传的研究。对  $A_3$ ,  $A_4$  因为以往找不到恢复系研究较少<sup>[4]</sup>, 近年来有几篇报道  $A_3$  作为培育  $A_1$  保持系的测验系来应用<sup>[5~6]</sup>。 $A_5$ ,  $A_6$  和 9E ( $A_7$ ) 的研究报告亦不多见<sup>[2,6]</sup>。我们研究了不同胞质与 1 000 余种品种资源之间的恢保关系, 建立了  $A_1$  至  $A_7$  7 种胞质雄性不育系的创新体系; 研究了  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_5$ ,  $A_6$  4 种不同胞质雄性不育系的育性恢复基因的遗传机制。初步探讨了  $A_3$  胞质雄性不育系育性恢复基因的遗传方式。这对育种和生产实践都具有重要意义。

## 1 材料和方法

母本采用 TX398 $A_1$ , TX398 $A_2$ , TX398 $A_3$ , TX398 $A_4$ , TX398 $A_5$ , TX398 $A_6$ , TX3989E ( $A_7$ ), TX3197 $A_1$  至 TX3197 $A_7$ , TX622 $A_1$  至 TX622 $A_7$ , 7501 $A_1$  至 7501 $A_7$  等。父本为高粱育成品种、品系, 中国品种资源、国际热带半干旱地区作物研究所(ICRISAT)和美国等国材料共 1 000 余种。

育性观察鉴定方法, 每个材料种 2 行, 每隔 5 行设一对对照晋杂 12 号。抽穗后将不同胞质不育系所配杂交种, 每个套半透明玻璃纸袋 5 穗, 在开花期观察花药花粉特性, 成熟期调查自交结实率, 并择优收获计产。

对遗传机制研究方法, 配制育性稳定不育率 100% 的  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_5$ ,  $A_6$  5 种不同类型不同组合杂交种,  $F_1$  自交 2 穗, 分别脱粒留种,  $F_2$  分别种植 2 小区, 实际保苗在 130~240 株之间。抽穗后全部套袋自交, 成熟期根据结实情况分为 6 级: “0” 为不结实, “1” 为

收稿日期: 2000-02-25

基金项目: 山西省自然科学基金项目(951016)

作者简介: 侯荷亭(1935-), 男, 研究员, 主要从事高粱遗传育种研究工作。

5%以下结实，“2”为结实 20% 以下，“3”为结实 20%~ 40%，“4”为结实 40%~ 60%，“5”为结实 60% 以上。

## 2 结果与分析

### 2.1 建立了 A<sub>1</sub> 至 A<sub>7</sub> 7 种胞质恢保关系的创新体系

通过 1994 年至 1999 年 6 年 9 代在本所和海南进行的测交鉴定，建立了 A<sub>1</sub> 至 A<sub>7</sub> 7 种胞质雄性不育系的恢保体系。现将对 A<sub>1</sub> 至 A<sub>7</sub> 有代表性材料中拿出 30 份材料，列入表 1 来说明 7 种胞质雄性不育系的恢保体系。

表 1 高粱 7 种胞质不育系的恢保关系

| 名 称              | 育 性 表 现        |                |                |                |                |                |                | 品种来源    |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
|                  | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> | A <sub>5</sub> | A <sub>6</sub> | A <sub>7</sub> |         |
| M- 67281         | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 美国      |
| M- 67853         | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 美国      |
| TX2731           | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 美国      |
| 中熟麦地 B           | S              | S              | S              | S              | S              | S              | S              | 美国      |
| 卡洛 421           | F              | S              | S              | S              | F              | S              | S              | 美国      |
| TXARG1           | S              | S              | S              | S              | S              | S              | S              | 美国      |
| GB10. 2-BG 1NF13 | S              | S              | S              | S              | S              | S              | S              | 美国      |
| 康 60             | F              | F              | S              | S              | F              | S              | S              | 美国      |
| 人头高粱             | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 中国      |
| 千斤红              | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 中国      |
| 红壳高粱             | S              | S              | S              | S              | F              | F              | S              | 中国      |
| 将军帽              | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 中国      |
| 铜锤茭 6            | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 中国      |
| 二鹅黄              | F              | S              | S              | S              | F              | F              | S              | 中国      |
| 铁恢 157           | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 中国      |
| 晋梁 5 号           | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 中国      |
| 晋幅 1 号           | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 中国      |
| 2451             | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 中国      |
| 2457             | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | 中国      |
| 印度虎珀             | F              | S              | S              | PF             | F              | S              | F              | ICRISAT |
| 2219             | S              | S              | S              | S              | S              | S              | S              | ICRISAT |
| E3588            | F              | S              | S              | S              | S              | S              | S              | ICRISAT |
| SPV819           | F              | S              | S              | S              | S              | S              | S              | ICRISAT |
| KSV8910          | F              | S              | S              | S              | S              | S              | S              | ICRISAT |
| M- 35- 1- 72     | F              | F              | S              | S              | F              | F              | S              | ICRISAT |
| GD55535          | F              | S              | S              | S              | F              | F              | S              | ICRISAT |
| GD55546          | F              | S              | F              | S              | F              | F              | S              | ICRISAT |
| GD55548          | F              | S              | S              | S              | F              | F              | S              | ICRISAT |
| GD55550          | F              | S              | S              | PF             | S              | S              | S              | ICRISAT |
| GD55552          | F              | S              | S              | F              | S              | S              | S              | ICRISAT |

注：F 代表恢，S 代表保，PF 代表半恢。

从表 1 来看 A<sub>2</sub>，A<sub>5</sub>，A<sub>6</sub> 类型胞质雄性不育系具有较广泛的恢复源，对多数鉴定材料的

育性反应一致。原来对 A<sub>1</sub> 胞质雄性不育反应为恢复的材料, 对 A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub> 大多数表现为恢复, 原来对 A<sub>1</sub> 表现为保持的材料, 对 A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub> 胞质不育也多表现为保持。但具体因试材的反应而异。如从 ICRISAT 引进的白粒材料, 虽然对 A<sub>1</sub> 表现恢复, 而对 A<sub>2</sub> 则表现保持。康 60 对 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> 表现恢复, 而对 A<sub>6</sub> 则表现保持。

A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>7</sub> 胞质雄性不育的育性反应与上述 A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub> 相反。一般都表现为保持类型, 不容易找到恢复系。A<sub>4</sub>, A<sub>7</sub> 类型胞质不育发现有少量几个恢复源, 恢复程度从 10% 到全恢不等, 但多数表现为半恢。A<sub>3</sub> 不育系的恢复源更难找到, 几年来我们对我国种质资源材料、育种试材和从 ICRISAT 和美国等国引进的材料, 进行大量测交, 育性鉴定, 均未找到 A<sub>3</sub> 恢复系。1996 年我们又从 ICRISAT 引进一批 A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> 恢复材料, 1997 年测交, 1997 年冬海南及 1998 年所内鉴定结果一致, A<sub>3</sub> 恢复系全不恢复, A<sub>4</sub> 恢复系 1177(GD55550) 和 1179(GD5552) 恢复性较好。可喜的是从 A<sub>4</sub> 恢复系中意外的鉴定出 1 份材料 1174(GD55546), 对 A<sub>4</sub> 不恢复, 而对 A<sub>3</sub> 却表现恢复性较好, 套袋自交结实率达 60% ~ 95%。自此, 使我们对 A<sub>1</sub> 至 A<sub>7</sub> 7 种胞质雄性不育, 全部三系配套。形成了 7 种恢保关系的创新体系。从而大大拓宽和极大地丰富了高粱杂种优势利用的基因型范围。

2.2 研究了不同胞质的遗传机制

我们于 1997 年至 1999 年连续 3 年对 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub> 5 种胞质雄性不育系进行遗传机制的研究, 结果见表 2。

表 2 7 种胞质不育系育性遗传的适合性测验

| 组 合                        | 观 察 值 |     |     |        | 理 论 值 |        |       |      | $\chi^2_c$ 值 | 理论假设<br>和实际<br>是否相符 |
|----------------------------|-------|-----|-----|--------|-------|--------|-------|------|--------------|---------------------|
|                            | 总株数   | 可育株 | 不育株 | 比率     | 总株数   | 可育株    | 不育株   | 比率   |              |                     |
| TX398A <sub>1</sub> × 忻 52 | 155   | 124 | 31  | 4.00 1 | 155   | 116.25 | 38.75 | 3 1  | 1.81         | 是                   |
| TX398A <sub>1</sub> × 三尺三  | 165   | 122 | 43  | 2.86 1 | 165   | 123.75 | 41.25 | 3 1  | 0.05         | 是                   |
| TX398A <sub>1</sub> × 吕一   | 196   | 159 | 37  | 4.30 1 | 196   | 147.00 | 49.00 | 3 1  | 3.60         | 是                   |
| TX398A <sub>2</sub> × 忻 52 | 184   | 141 | 43  | 3.28 1 | 184   | 138.00 | 46.00 | 3 1  | 0.18         | 是                   |
| TX398A <sub>2</sub> × 三尺三  | 220   | 176 | 44  | 4.00 1 | 220   | 165.00 | 55.00 | 3 1  | 1.81         | 是                   |
| TX398A <sub>2</sub> × 吕一   | 187   | 136 | 51  | 2.67 1 | 187   | 140.25 | 46.75 | 3 1  | 0.40         | 是                   |
| TX398A <sub>6</sub> × 忻 52 | 182   | 134 | 48  | 2.79 1 | 182   | 136.50 | 45.50 | 3 1  | 0.12         | 是                   |
| TX398A <sub>6</sub> × 三尺三  | 228   | 158 | 70  | 2.30 1 | 228   | 171.00 | 57.00 | 3 1  | 3.65         | 是                   |
| TX398A <sub>6</sub> × 吕一   | 196   | 142 | 54  | 2.63 1 | 196   | 147.00 | 49.00 | 3 1  | 0.55         | 是                   |
| TX398A <sub>5</sub> × 忻 52 | 124   | 116 | 8   | 14.5 1 | 124   | 116.25 | 7.75  | 15 1 | 0            | 是                   |
| TX398A <sub>5</sub> × 晋一   | 105   | 100 | 5   | 20 1   | 105   | 95.44  | 6.56  | 15 1 | 0.34         | 是                   |
| 晋粱 5A <sub>3</sub> × 1174  | 134   | 62  | 72  | 1.16   | 134   | 67.00  | 67.00 | 1 1  | 0.60         | 是                   |
| 2451A <sub>3</sub> × 1174  | 117   | 58  | 59  | 1.01   | 117   | 58.50  | 58.50 | 1 1  | 0            | 是                   |
| 2457A <sub>3</sub> × 1174  | 145   | 77  | 68  | 1.13 1 | 145   | 72.50  | 72.50 | 1 1  | 0.44         | 是                   |

从表 2 可见, 经  $\chi^2_c$  测验, 肯定了 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub> 试验结果。A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>6</sub> 3 种类型的可育株与不育株的比率为 3: 1, 育性在核内的控制基因是 1 对。A<sub>5</sub> 的可育株与不育株比率为 15: 1, 育性在核内的控制基因是 2 对。这种现象明显反应在它们的大量杂交后代群体中, 这正是为什么 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub> 4 种类型雄性不育系拥有许多共同恢复系或保持系的原因所在。这对育种和生产实践都是具有重要意义的。

研究中我们看到 A<sub>3</sub> 不育系的杂交种, F<sub>2</sub> 分离可育株与不育株比率为 1: 1, 同时我们还

看到  $A_3$  不育系的杂交种, 有个别组合, 部分穗自交套袋结实率为 0。这说明  $A_3$  育性受一对主效显性基因控制。国外和我所张福耀研究  $A_3$  不育系的杂交种  $F_2$  分离比率为倒 3:1, 认为不育是显性。陈悦等研究<sup>[4]</sup>,  $A_3$  不育系的杂交种  $F_2$  可育株与不育株育性分离比率为正 3:1, 他们认为  $A_3$  型育性恢复基因受 1 对主效显性基因控制。

出现上述 3 种  $A_3 F_2$  育性分离比率, 我们认为与寻找的  $A_3$  不育系的恢复系有关。由于  $A_3$  型育性恢复系所携带的育性恢复基因不同, 就表现了育性各异的结果。其遗传机制是否如此, 有待进一步深入研究。

总之, 通过 6 年 9 代的南北遗传育种, 建立了  $A_1$  至  $A_7$  7 种胞质恢保体系的创新体系。研究了  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_5$ ,  $A_6$  5 种胞质雄性不育系的遗传机制, 从而打破了原来以  $A_1$  划分恢保体系的困扰, 任意组配, 超强优势高粱杂交种的育成, 指日可待。

#### 参考文献:

- [1] 赵淑坤. 胞质多元化在高粱杂优利用中的探讨[J]. 辽宁农业科学, 1997, (1): 36-39.
- [2] 张福耀, 牛天堂, 韦耀明, 等. 高粱非迈罗细胞质  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ ,  $A_5$ ,  $A_6$ , 9E 雄性不育系研究[J]. 山西农业科学, 1996, (3): 3-6.
- [3] 刘自华, 贺际春, 张东远. 异质高粱雄性不育系国内外研究与应用综述[J]. 作物品种资源, 1997, (3): 22-24.
- [4] 陈悦, 曹家颖, 孙贵荒. 高粱不同雄性不育细胞质育性反应及育性恢复基因遗传规律[J]. 国外农学——杂粮作物, 1998, (4): 9-12.
- [5] 邹剑秋, 杨晓光, 杨镇.  $A_3$  细胞质雄性不育系在高粱育种中的应用[J]. 国外农学——杂粮作物, 1995, (4): 19-21.
- [6] 陈悦, 曹家颖, 高彦东, 等.  $A_3$  型高粱雄性不育细胞质在选育优良不育系中应用的研究[J]. 辽宁农业科学, 1998, (6): 13-16.

## Study on Genetic Mechanism of New Sorghum Cytoplasmic Male Sterility Lines

HOU He-ting, HOU Li-juan, YI Zhi-ben, HOU Xu-dong, YUAN Ai-ping

(Institute of Sorghum Research, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Yuci, Shanxi 030600, China)

**Abstract:** Cytoplasmic sterility of  $A_1$  to  $A_7$  and fertility of more than 1 000 materials were studied and the restorers and maintainers of 7 cytoplasmic sterile lines was set up respectively. The results of genetic studies showed that there were different restoring genes among 5 lines of  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_5$  and  $A_6$  and the cause of having the same restorers and maintainers were found. The genetic model of restoring genes of cytoplasmic sterile line  $A_3$  were analyzed on the basis of  $F_2$  of  $F_3$  hybrid.

**Key words:** Sorghum; Cytoplasmic sterility; Genetic mechanism