

高粱 A_2 CMS 减数分裂染色体行为观察

梁小红^{1,2}, 仪治本¹, 赵威军², 崔贵梅³, 孙 毅³, 崔丽霞¹

(1. 中北大学 环境与安全工程系, 山西 太原 030051; 2. 山西省农业科学院高粱研究所, 山西 晋中 030601;

3. 山西省农业生物技术研究中心, 山西 太原 030031)

摘要: 高粱(*Sorghum bicolor* L. Moench)质核互作雄性不育有 7 种类型, 即 A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , A_6 和 9E。以 A_2/B_2V4 为材料, 对 A_2 类型的雄性不育系进行了研究, 结果表明: 高粱 A_2V4 CMS 花粉母细胞减数分裂染色体行为, 在前期 I 至中期 I 无任何异常现象, 从后期 I 开始, 染色体行为出现各种异常现象, 如同源染色体在走向两极时出现滞后或部分不分离; 或在后期 II 姐妹染色体不分离造成细胞内染色体多倍化, 以致形成两极染色体数目不等; 在一个细胞内有几个染色体团或核; 三分体及“T”型和直线型排列的四分体。所有这些异常现象最终导致减数分裂不能正常进行, 不能发育正常的小孢子, 因而造成雄性不育。

关键词: 高粱; CMS; 减数分裂; 染色体行为

中图分类号: S514.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2005)06-0042-04

Chromosomal Meiotic Behaviors in A_2 Cytoplasmic-male Sterility in Sorghum

LIANG Xiao-hong^{1,2}, YI Zhi-ben¹, ZHAO Wei-jun², CUI Gui-mei³, SUN Yi³, CUI Li-xia¹

(1. Department of Environment and Safety Engineering, North University of China,

Taiyuan 030051, China; 2. Sorghum Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences,

Jinzhong 030601, China; 3. Shanxi Agro-Biotechnology Research Center, Taiyuan 030031, China)

Abstract: Seven kinds of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cytoplasmic-male sterility (CMS) have been identified by far, i. e. A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , A_6 and 9E. The mechanic studies of CMS was mainly centered on A_1 (milo). A_2/B_2V4 was used in our program to study the chromosomal meiotic behaviors during pollen mother cell development in A_2 CMS. The results demonstrated that the abnormal chromosomal behaviors occurred in A_2 CMS meiosis starting from anaphase I; Homologous chromosomes delayed to move to opposite poles at anaphase I or sister chromosomes didn't divide at anaphase II; Chromosomes multiploidized; Unequal chromosomal separation; Several nuclei or nucleoli in one cell; etc. All of the abnormal behaviors lead to the failed microspores development.

Key words: Sorghum; CMS; Meiosis; Chromosomal behavior

高粱(*Sorghum bicolor* L. Moench)质核互作雄性不育(CMS)有 7 种类型, 即 A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , A_6 和 9E^[1~3], 但至 20 世纪 90 年代用于生产的几乎只有 A_1 (milo)类型。对于雄性不育机理的研究, 也主要集中在 A_1 类型上。许多学者以 $A_1/B_1TX3197$ 为材料, 从细胞学、遗传学、生理生化、分子生物学等角度开展了大量的工作。研究认为, 高粱 CMS 小孢子的败育是由于不育花药中存在有毡绒层退化现象, 花

粉母细胞从处于前期 I 的粗线期出现了形态变小和呈现粘着现象^[4], 后期 I 减数分裂染色体行为开始出现各种各样的异常现象^[3], 最终导致小孢子的败育。

高粱 A_2 型质核互作雄性不育性的细胞质来源于 IS12662C^[2], 引入我国后, 对其做了大量研究, A_2 胞质的杂交种已应用于生产。然而 A_2 CMS 小孢子败育过程中, 花粉母细胞减数分裂染色体行为却未

收稿日期: 2005-06-16

基金项目: 山西省科技攻关项目(021011); 中北大学自然科学基金项目(2005050)

作者简介: 梁小红(1964-), 女, 山西平陆人, 助理研究员, 主要从事作物遗传育种研究工作。

见报道,我们以 A₂V4 为材料进行了细胞学方面的观察研究。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试材料包括 A₂ 质核互作雄性不育系 A₂V4 及相应的保持系 B₂V4 和恢复系晋梁 5 号。A₂V4 是从 ICRISAT 引进的材料 Chicklett, 与从美国引进的 A₂TX428 杂交并连续回交育成的, 具有 A₂ 细胞质和 Chicklett 核背景的 A₂ 不育系。晋梁 5 号为优良的中国类型 A₁, A₂ 胞质 CMS 的恢复系。所有材料均来源于山西省农科院高粱研究所。

1.2 试验方法

从旗叶叶环抽出与倒二叶叶环 2~10 cm 时取样, 高粱花序 10~25 cm 之间, 用 Carnoy 固定液固定, 醋酸洋红染色, 压片法制片^[6], Olympus 显微镜观察拍照。

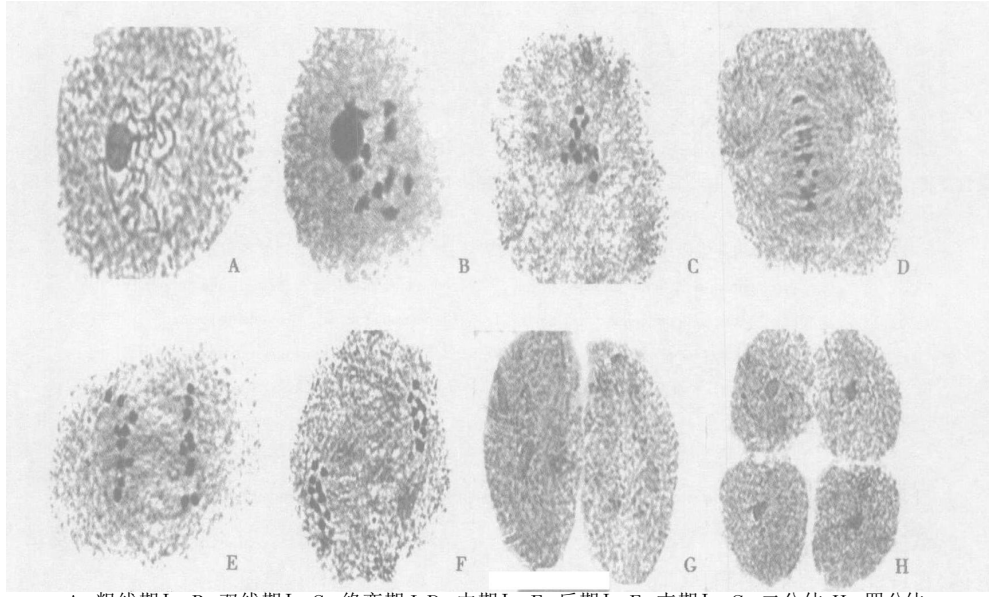
2 结果与分析

2.1 A₂V4 雄性不育系花药外部形态观察

A₂V4 CMS 的花药呈乳白色或黄白色, 形状干瘪瘦小, 花药里没有花粉, 或者有非常少量的发育不正常、没有受精能力的花粉粒。但雌蕊发育正常, 具有生育能力。开花时, 干瘪花药吐出在外, 颖壳张开的角度比保持系 B₂V4 和恢复系晋梁 5 号的大, 雌蕊伸出的正常柱头比保持系 B₂V4 和恢复系晋梁 5 号的长。

2.2 保持系花粉母细胞减数分裂染色体行为观察

保持系 B₂V4 和恢复系晋梁 5 号(正常可育)花粉母细胞减数分裂过程中染色体行为正常, 与前人的研究结果一致, 一个发育正常的花粉母细胞经过减数分裂形成正常的四分体, 最后发育形成有活力的雄配子体(花粉粒)(图 1)。



A. Pachytene I; B. Diplotene I; C. Diakinesis; D. Metaphase I; E. Anaphase I; F. Telophase I; G. Diad; H. Tetrad

图 1 B₂V4 花粉母细胞减数分裂染色体行为观察(500×)

Fig 1 Chromosomal behaviors during meiosis of pollen mother cell(PMC) formation in B₂V4 (500×)

2.3 雄性不育系花粉母细胞减数分裂染色体行为观察

A₂V4 CMS 花粉母细胞在减数分裂过程中, 前期 I (粗线期 I、双线期 I 和终变期 I)至中期 I 染色体行为一切正常, 从后期 I 开始到四分体时期出现各种各样的异常现象。

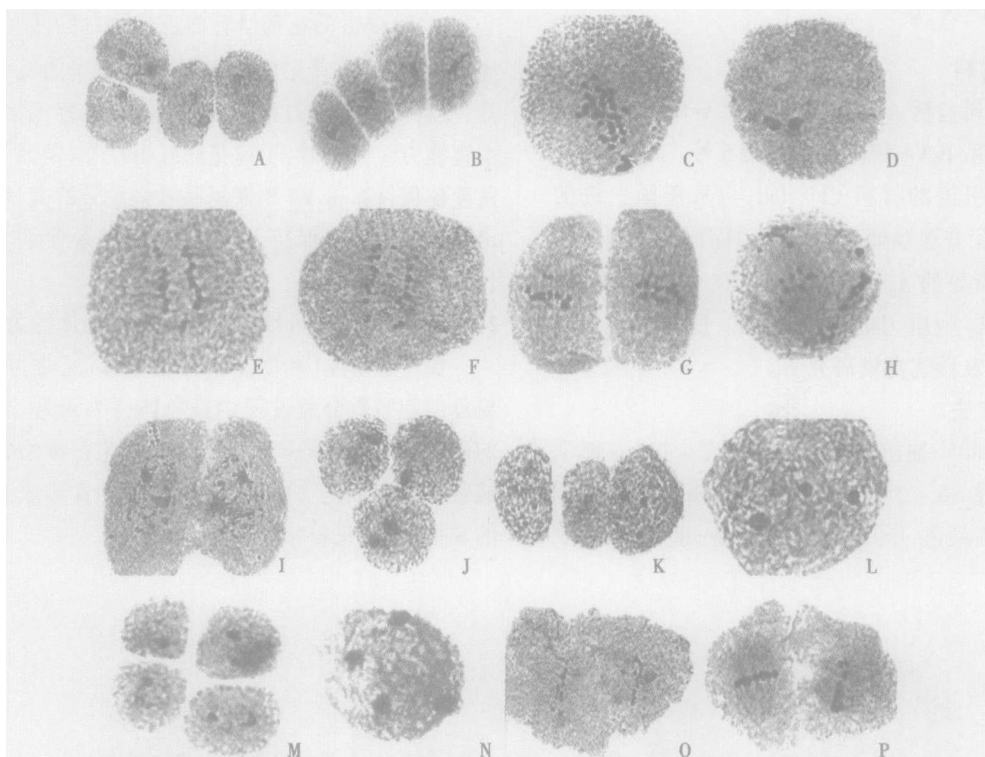
在后期 I, 大部分染色体分开走向两极, 却有部

分染色体未分开(图 2-E)和落后现象(图 2-F); 在后期 II, 同样出现染色体落后和不能分开成对走向两极的现象(图 2-G), 造成形成的二分体和四分体细胞内染色体数目不等。

在中期 II, 由于染色体在赤道板上排列的方向异常(图 2-O, P), 从而在后期 II 形成“T”型四分体和直线排列的四分体(图 2-A, B)。

在后期 I 至后期 II, 仅染色体进行分裂, 并且不规则地分布, 花粉母细胞不形成细胞壁及细胞质不进行分裂, 在一个细胞内形成 3 个或 4 个核 (图 2—

L, N); 花粉母细胞仅进行染色体加倍, 而不进行分裂, 使染色体多倍化或者在一个细胞内形成几个染色体团 (图 2—C, H, I)。



A. T 型四分体; B. 直线型四分体; C. 染色体加倍; D. 双核仁; E F. 后期 I 染色体落后; G. 后期 II 染色体分裂不同步; H. 染色体在花粉母细胞内分为几团; I. 双线期 II 细胞内有 2 个核仁及加倍的染色体; J, K. 三分体, 其中一个小孢子有 2 个或 3 个核仁; L. 有 3 个核仁; M. 四分体, 其中 2 个小孢子大而异常; N. 有 4 个核仁; O. 中期 II 细胞质不分裂, 没有形成细胞板; P. 中期 II 染色体排列整齐但不对称

A. T type tetrad; B. A tetrad arranged in line; C. Chromosomes doubled; D. Bi-nucleolus in a cell; E. F. Chromosome delayed in anaphase I; G. Chromosomal division dis-simultaneously; H. Several chromosomal group in a PMC; I. Two nucleoli or doubled chromosome in diplobtene II; J, K. Three cells, one cell with two nucleoli; L. Three nucleoli in a cell; M. A tetrad with two microspores abnormal; N. Four nucleoli in a cell; O. Cytoplasm not divided in metaphase II; P. Abnormal chromosome arrangement in metaphase II

图 2 A_2V_4 花粉母细胞减数分裂染色体行为观察 (500 \times)

Fig 2 Chromosomal behaviors during meiosis of PMC in formation A_2V_4 (500 \times)

由于染色体的异常行为, 不能正常形成二分体和四分体, 在一个花粉母细胞内或二分体内出现 2 个核仁的现象 (图 2—D, I); 以及形成不同排列的三分体 (图 2—J, K), 其中有一个小孢子中有 2 个核或 3 个核; 而在异常四分体 (图 2—M) 中, 有 2 个小孢子不正常, 具有异常的结构。

3 讨论

A_2V_4 的花粉母细胞在花药发育的初期即开始出现败育现象, 出现解体、粘连、胞质稀薄等异常, 只有部分花粉母细胞能够进入减数分裂, 而且并不能完成完整的减数分裂过程, 形成正常的四分体, 最后发育成有活力的花粉粒。开花时, 在田间可看到

A_2V_4 穗子上吐出浅白色或浅黄色空瘪的花药, 小花颖口开放, 柱头伸出, 用手指轻轻一弹没有花粉散出; 而保持系 B_2V_4 和恢复系晋梁 5 号花药金黄、饱满, 柱头吐出较短小, 用手指轻轻一弹可看到大量的花粉散出。

A_2V_4 花粉母细胞减数分裂染色体的异常行为从前期 I 开始到中期 I, 与正常可育的 B_2V_4 和晋梁 5 号无任何区别。从后期 I 开始, 染色体行为出现了许多新的异常类型。有的在赤道板上排列和向两极分离时染色体滞后和不分离现象; 形成的二分体、三分体、四分体中有多核仁现象; 四分体不分离, 形成 4 个核在一个细胞内; 染色体多倍化, 即只进行染色体复制而不进行减数分裂。这些异常现象都是导

致最终小孢子败育的原因。小孢子减数分裂发生异常的时期与异常现象均与李宗贤和梁小红^[4]在 A₁TX3197 CMS 中观察到的现象一致, 表明雄配子败育过程中染色体行为变化可能受相同的遗传机制控制。由此可见, A₁, A₂ 型雄性不育产生的染色体行为模式基本相同。

但是, 我们在 A₂V4 CMS 中也观察到一些正常发育的小孢子, 其染色体行为均与经典模式无异, 这与我们田间进行 A₂V4 套袋观察有 0.1%~0.5% 结实率相一致。张福耀等也在 A₂F4, A₂V4 中发现有 0.1% 的自交结实, Murty^[7] 也有同样的报道。我们也经常在晋杂 12 号 (A₂V4×1383-2) 杂交种 F₁ 中观察到少量的 A₂V4 植株出现, 这正是 A₂ 型雄性不育生产利用中存在的缺陷。

参考文献:

[1] Schertz K F, Ritchey J M. Cytoplasmic-genic male-sterility

systems in sorghum[J]. Crop Science, 1978, 18: 890-893.

[2] Schertz K F, Pring D R. Cytoplasmic sterility systems in sorghum[A]. Sorghum in the Eighties. Proceedings of The International Symposium on Sorghum[C]. Patancheru A. P. India: ICRI SAT, 1982. 373-383.

[3] Schertz K F, Sotomayor-Rios A, Torres-Cardona. Cytoplasmic-nuclear male sterility-opportunities in breeding and genetics[J]. Proc Grain Sorg Res and Util Conf Lubock, Tx, 1989, 16: 175-186.

[4] 张孔湑, 孔繁瑞. 高粱雄性不育系花粉败育过程的细胞学观察[J]. 遗传学集刊, 1964 (6): 49-51.

[5] 李宗贤, 梁小红. 高粱不育系 Tx3197A 减数分裂中染色体行为[J]. 华北农学报, 1994, 9(3): 26-28.

[6] 余炳生, 张仪. 生物学显微技术[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1989. 10-56.

[7] Murty U R, Gangadhar G. Milo and non-milo sources of cytoplasm in *sorghum bicolor* L. Moench. III. Genetics of fertility restoration[J]. Cereal Res Commun, 1990, 18: 111-116.