

# 胞质雄性不育和核雄性不育辣椒 内源激素含量的变化

沈火林, 安 岩, 乔志霞

(中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094)

**摘要:** 采用酶联免疫吸附法(ELISA)测定和比较分析了 CMS 和 GMS 辣椒不育系(株)和相应保持系(可育株)花蕾和叶片中的内源 IAA, Z+ZR, GA<sub>3</sub>, ABA 含量及比值的变化。结果表明, CMS 雄性不育系和保持系花蕾中 IAA, Z+ZR, GA<sub>3</sub> 和 ABA 含量的变化趋势与 GMS 不育株和可育株间变化趋势基本相同, 即不育系(株)IAA, Z+ZR, GA<sub>3</sub> 和 ABA 含量低于保持系(可育株); 叶片中 Z+ZR, GA<sub>3</sub> 和 ABA 含量变化趋势 GMS 和 CMS 也基本一致, 即不育系(株)中的含量高于保持系(可育株); 花蕾中 IAA/ABA, (Z+ZR)/ABA, GA<sub>3</sub>/ABA 激素比例的变化 GMS 与 CMS 也相同, 即不育系(株)比值小于保持系(可育株)。说明虽然 GMS 和 CMS 辣椒控制雄性不育的基因不同, 但在调节雄性不育时激素的变化规律大多相同, 辣椒雄性不育在生理生化机理上可能存在一些相同的特点。

**关键词:** 辣椒; 胞质雄性不育; 核雄性不育; 内源激素

中图分类号: S641.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2006)01-0068-04

## The Contents Changes of Endogenous Hormones in CMS and GMS of Pepper (*Capscium annuum* L.)

SHEN Huo-lin, AN Yan, QIAO Zhi-xia

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** The contents of endogenous hormones in flower buds and leaves, including IAA, Z+ZR, GA<sub>3</sub>, ABA of two male sterility lines (CMS and GMS) and their corresponding maintainer lines of Pepper (*Capscium annuum* L.) were assayed using ELISA. The experiment also analyzed the ratio of the endogenous hormones. The results as following: The changing tendency of endogenous hormones contents including IAA, Z+ZR, GA<sub>3</sub>, ABA in the flower bud of CMS and its corresponding maintainer lines consists with the tendency in GMS and its corresponding maintainer lines, that is the contents of IAA, Z+ZR, GA<sub>3</sub> and ABA in male sterile lines are lower than in the maintainer lines. There also have the same contents changing tendency of IAA, Z+ZR, GA<sub>3</sub> and ABA in the leaves in CMS and GMS, that is the contents of endogenous IAA, Z+ZR, GA<sub>3</sub>, ABA in male sterile lines are higher than in the maintainer lines. The ratio of endogenous hormones including IAA/ABA, (Z+ZR)/ABA, GA<sub>3</sub>/ABA in the flower buds has the same changing tendency in CMS and GMS, that is the ratio of male sterile lines is lower than of the maintainer lines. In conclusion, the results indicate that the changes of hormones in the regulating male sterile have the same rules and the male sterile of pepper may have same traits in the mechanism of biochemistry and biophysics, although the dominating gene of the GMS and CMS is different.

**Key words:** Pepper (*Capscium annuum* L.); Cytoplasmic male sterility; Genetic male sterility; Endogenous hormones

1951 年 Martin 等首次报道了辣椒雄性不育现象<sup>[1]</sup>, 1958 年 Peterson 首次报道了辣椒的胞质雄性

不育<sup>[2]</sup>, 此后国内外相继发表了一些有关辣椒雄性不育的选育<sup>[3~6]</sup>、细胞学<sup>[7~9]</sup>、生理生化<sup>[10~12]</sup> 和分

收稿日期: 2005-10-08

作者简介: 沈火林(1965-), 男, 上海人, 副教授, 硕士, 主要从事蔬菜遗传育种和教学与科研工作。

子标记<sup>[13, 14]</sup>等方面的研究报道。辣椒上同时存在胞质雄性不育和核雄性不育 2 种类型, 并均有一定的研究和应用。植物激素对雄性不育的发生起着重要的调节作用<sup>[15]</sup>, 但有关 2 种类型辣椒雄性不育与激素关系的比较研究较少<sup>[11, 16]</sup>, 且结论也不太一致。本研究比较分析了 2 种类型雄性不育辣椒花蕾及叶片中内源激素的变化, 为深入了解辣椒雄性不育的机理提供理论依据。

1 材料和方法

材料由中国农业大学提供。胞质雄性不育型辣椒的不育系为 199807A, 相应的保持系为 199807B。不育系和相应的保持系均是经过 7 代以上回交转育而成的; 核雄性不育两用系为 199802AB。试验材料于 2003 年 7 月 28 日播种, 9 月 6 日定植于日光温室, 高畦单株定植, 株行距 30 cm×60 cm, 田间管理与一般辣椒生产相同。以上 3 份材料按完全随机排列, 重复 3 次, 每小区种植 34 株。

表 1 CMS 和 GMS 辣椒不同育性植株群体的内源激素含量比较

Tab 1 Comparison of contents of Endogenous hormones between the male sterile and fertile plants in pepper of CMS and GMS										ng/g
类型 Types	育性 Fertility		花蕾 Buds				叶片 Leaves			
			IAA	Z+ZR	GA <sub>3</sub>	ABA	IAA	Z+ZR	GA <sub>3</sub>	ABA
CMS	不育系	Male-sterile line	233.34	86.34	86.34	75.15	176.71	64.14	64.88	45.36
	保持系	Maintainer line	286.8	152.09	125.09	79.16	205.47	50.39	55.23	23.62
GMS	不育株群	Male sterile plants	232.71	40.63	240.91	100.67	486.30	46.08	674.56	77.94
	可育株群	Male fertile plants	580.67	102.92	465.54	163.02	195.54	16.71	356.80	47.47

GMS 雄性不育两用系花蕾中各激素的变化趋势与 CMS 相同, 即 IAA, Z+ZR, GA<sub>3</sub>, ABA 含量均是不育株低于可育株(表 1)。其中 IAA 含量仅为可育株的 41.1%, Z+ZR, GA<sub>3</sub> 和 ABA 含量不育株分别是可育株含量的 39.5%, 51.8% 和 61.8%。两用系叶片中激素的含量, 不育株与可育株结果与花蕾相反, 即不育株叶片中 IAA 含量显著高于可育株, 其含量

当辣椒第 4~6 层花朵开始开放时, 取即将开放的大花蕾(花粉粒成熟)和功能叶片, 测定内源 IAA, Z+ZR, GA<sub>3</sub>, ABA 含量。激素测定采用 ELISA 法<sup>[17]</sup>, 试剂盒由中国农业大学化控室提供。

2 结果与分析

2.1 CMS 和 GMS 不同育性植株群体的内源激素变化

CMS 辣椒雄性不育系花蕾和叶片中 IAA 的含量显著低于保持系(表 1)。不育系花蕾中 Z+ZR 含量显著低于保持系, 其含量仅为保持系的 56.7%, 但叶片中 Z+ZR 含量不育系显著高于保持系。花蕾组织中 GA<sub>3</sub> 含量也是不育系显著低于保持系, 而叶片中相反。花蕾中 ABA 含量不育系略低于保持系, 但未达显著水平(我们对另外 4 份不育系和保持系测定结果均是不育系显著低于保持系), 叶片中 ABA 含量不育系显著高于保持系。

是可育株的 2.5 倍, 叶片中 Z+ZR, GA<sub>3</sub> 和 ABA 含量也均是不育株显著高于可育株, 不育株分别是可育株含量的 2.8 倍、1.9 倍和 1.6 倍。

2.2 内源激素平衡的变化

将花蕾和叶片中 4 种内源激素的含量分别按 IAA/ABA, (Z+ZR)/ABA, GA<sub>3</sub>/ABA, IAA/GA<sub>3</sub>, (Z+ZR)/GA<sub>3</sub>, IAA/(Z+ZR) 计算 6 种比值, 结果见表 2。

表 2 CMS 和 GMS 辣椒不同育性植株群体不同激素比值的比较

Tab 2 Comparison of ratio of Endogenous hormones between the male sterile and fertile plants in pepper of CMS and GMS														
类型 Types	育性 Fertility	花蕾 Buds						叶片 Leaves						
		IAA		(Z+ZR)		GA <sub>3</sub>		IAA		(Z+ZR)		IAA		
		/ABA	/ABA	/ABA	/GA <sub>3</sub>	/GA <sub>3</sub>	/(Z+ZR)	/ABA	/ABA	/ABA	/GA <sub>3</sub>	/GA <sub>3</sub>	/(Z+ZR)	
CMS	不育系	Male-sterile line	3.11	1.15	0.15	2.70	1.0	2.70	3.90	1.41	1.43	2.72	0.99	13.59
	保持系	Maintainer line	3.62	1.92	1.58	2.29	1.22	1.89	8.70	2.13	2.34	3.72	0.91	15.80
GMS	不育株群	Male sterile plants	2.31	0.40	2.4	9.70	0.20	5.73	6.24	0.60	8.70	7.20	0.07	10.60
	可育株群	Male fertile plants	3.56	0.60	2.9	12.50	0.20	5.64	4.12	0.40	7.50	5.50	0.05	11.70

CMS 辣椒花蕾中 IAA/ABA, (Z+ZR)/ABA, GA<sub>3</sub>/ABA 均为保持系高于不育系。IAA/GA<sub>3</sub>, (Z+ZR)/GA<sub>3</sub> 二系之间无显著差异。综合花蕾中上述 5 个激素的比值可看出, 不育系的激素比例低于保持系或与保持系无显著差异。显示在 CMS 辣椒不育系中 IAA, Z+ZR 及 GA<sub>3</sub> 与其他激素(ABA, GA<sub>3</sub>)的相对含量有比保持系下降的趋势。CMS 辣椒叶片中 IAA/ABA, (Z+ZR)/ABA, GA<sub>3</sub>/ABA, IAA/GA<sub>3</sub>, IAA/(Z+ZR) 比值均是不育系低于保持系, 说明不育系叶片中 IAA 和 Z+ZR 及 GA<sub>3</sub> 相对于其 ABA, GA<sub>3</sub> 的含量也比保持系少。

GMS 辣椒两用系花蕾中所有与 ABA 进行比较的 IAA/ABA, (Z+ZR)/ABA, GA<sub>3</sub>/ABA 的比值均是不育株显著低于可育株, 显示在 CMS 不育株花蕾中 ABA 相对于其他 3 种激素占的比例比可育株要高。而在叶片中, 上述 6 种比值中的 5 个是不育株高于可育株(IAA/Z+ZR 除外), 说明在叶片中内源 IAA, Z+ZR, GA<sub>3</sub> 相对于其他激素的比例要比可育株高。

### 3 讨论

植物激素对基因表达有调控作用, 参与植物多方面发育过程的调节, 植物雄性不育系的营养器官和生殖器官中内源激素含量与保持系不同, 即雄性不育的发生伴有内源激素的变化<sup>[18, 19]</sup>。本试验结果表明, CMS 和 GMS 辣椒花蕾中的 IAA 含量均是不育系(株)低于保持系(株), 这一结论与高夕全在辣椒 CMS 两用系上的结果相一致<sup>[11]</sup>, 也与水稻、玉米、白菜和榨菜等作物的研究结论一致<sup>[20~23]</sup>, 即 IAA 亏缺与雄性不育有关(但与张子学等报道的 CMS 辣椒雄性不育系富含 IAA 结论相反<sup>[16]</sup>)。黄厚哲等认为, 花药内源 IAA 类物质是植物小孢子发育的调节媒介之一, 花粉中浓度过高的 IAA 物质可抑制代谢的活性, 因而使得活性很强的花粉处于一种代谢水平很低的状态, 保证了花粉在落到柱头之前不消耗贮藏养料, IAA 含量高的组织和器官是营养物质输入的“库”, 因此不育系组织中 IAA 亏缺势必引起物质合成和运输的不足, 导致小孢子发育异常和败育<sup>[15]</sup>。花蕾和花药中的过氧化物酶起着氧化 IAA 的作用, 被认为是花药中 IAA 类物质的调节因子之一。而前人对辣椒 CMS 和 GMS 二种类型不育与可育花药中过氧化物酶活性的测定表明<sup>[18, 24~26]</sup>, 不育系过氧化物酶谱带增多, 酶活性从小孢子母细胞期就明显高于保持系, 到花粉粒成熟期(大花蕾)

过氧化物酶活性高出保持系一倍多。不育系中过氧化物酶谱带增多和活性高势必会造成花粉内 IAA 类物质水平降低, 因而解除了 IAA 对花粉代谢活性的抑制, 水解酶类提早活动, 花粉内贮藏的物质不断消耗, 花粉因饥饿而败育。

通过 CMS 和 CMS 不育系(株)和保持系(可育株)的花蕾和叶片中内源激素变化的比较可看出, 花蕾中 IAA 含量的变化趋势两种类型雄性不育完全相同, 即 IAA 亏缺; Z+ZR 含量变化两种类型也完全相同, 即花蕾中不育的含量低于可育的, 而叶片中是不育的高于可育的; GA<sub>3</sub> 含量变化两种类型也完全相同, 即花蕾中不育的 GA<sub>3</sub> 含量低于可育的, 而在叶片中是不育的高于可育的; ABA 含量变化两种类型也是一致的, 在花蕾中不育的 ABA 含量低于可育的, 而叶片中是不育的高于可育的。激素对基因表达的控制不仅取决于某种激素含量的增加或减少, Sawhney 等提出对雄性不育的控制很可能是在花和雄蕊的发育过程中通过改变内源激素的平衡来实现的<sup>[27, 28]</sup>。比较两种类型雄性不育辣椒内源激素比例也可看出, CMS 花蕾中 IAA/ABA, Z+ZR/ABA, GA<sub>3</sub>/ABA 的 3 个比值均是不育株低于可育株, 而 Z+ZR/GA<sub>3</sub> 比值不育株和可育株相同, 这 4 个比值在 CMS 的花蕾中不育系也是低于保持系的。说明 CMS 和 CMS 在内源激素含量和平衡与雄性不育的关系方面, 两种类型的雄性不育是有共性的。

### 参考文献:

- [1] Martin J A. Several types of sterility in *Capsicum frutescens* [J]. Pro Amer Soc Hortsci, 1951, (57): 335—338
- [2] Peterson P A. Cytoplasmic inherited male sterility in *capsicum annum* II [J]. Caryologia 1958 33(42): 509—518
- [3] Shifniss C. New sources of cytoplasmic male sterility in cultured peppers [J]. J Hered 1971, 62: 254—256
- [4] 杨世周. 辣椒 8021A 雄性不育三系选育及三系配套 [J]. 中国蔬菜, 1984, (3): 9—13
- [5] 徐毅. 辣椒雄性不育三系选育初报 [J]. 湖南农业科学, 1985, (5): 22—25
- [6] 沈火林, 蒋健箴, 王志源. 辣椒雄性不育系选育及遗传研究 [J]. 北京农业大学学报, 1994, 20(1): 25—29
- [7] Novak F. Cytoplasmic male sterility in sweet pepper (*Capsicum annum* L.) II Tapetal development in male sterile anther [J]. Z pflanzenzucht, 1971, 68: 129—140
- [8] 吴鹤明, 余建明. 羊角椒雄性不育系与保持系的细胞学观察 [J]. 江苏农业学报, 1988, 4(2): 25—28
- [9] 耿三省, 王志源, 蒋健箴, 等. 辣椒雄性不育系小孢子

- 发生的细胞学观察[ J ]. 园艺学报, 1994, 21(2): 165—169.
- [ 10 ] 谢 冰, 蒋健箴, 王志源. 辣椒核型雄性不育小孢子发育时期生化特性的初步研究[ J ]. 中国农业大学学报, 1999, 4(5): 103—106.
- [ 11 ] 高夕全, 张子学, 夏 凯, 等. 雄性不育辣椒中几种内源植物激素的变化(简报)[ J ]. 植物生理学通讯, 2001, 37(1): 31—32.
- [ 12 ] 邓明华, 邹学校, 周群初, 等. 辣椒细胞质雄性不育系与保持系生化特性研究[ J ]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2002, 28(62): 492—494.
- [ 13 ] Zhan B Huang S Yang G, *et al* Two RAPD markers linked to a major fertility restorer gene in pepper[ J ]. *Euphytica* 2000, 113: 155—161.
- [ 14 ] 张宝玺, 王立浩, 黄三文, 等. 利用辣椒 DH 群体构建分子遗传图谱及 CMS 恢复基因的 QTL 分析[ J ]. 中国农业科学, 2003, 36(7): 818—822.
- [ 15 ] 黄厚哲, 楼仕林. 植物生长素亏损与雄性不育的发生[ J ]. 厦门大学学报, 1984, 32(4): 466—477.
- [ 16 ] 张子学, 罗育淮. 辣椒质核互作雄性不育与叶、蕾中内源激素含量关系[ J ]. 安徽技术师范学院学报, 2002, 16(2): 5—7.
- [ 17 ] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[ M ]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [ 18 ] 耿三省. 辣椒雄性不育花药的生化特性[ J ]. 北京农业科学, 1997, 15(2): 26—27.
- [ 19 ] 陈章良. 激素对基因表达的调控[ J ]. 植物学报, 1991, 31(5): 390—405.
- [ 20 ] 夏 涛, 刘纪麟. 生长素和玉米素与玉米细胞质雄性不育性关系的研究[ J ]. 作物学报, 1994, 20(1): 26—314.
- [ 21 ] 黄少白, 周 燮. 水稻细胞质雄性不育与内源  $GA_{1+4}$  和 IAA 的关系[ J ]. 华北农学报, 1994, 9(3): 16—205.
- [ 22 ] Shukla A, Saw hney V K. Absciscic Acid: One of the Factors Affecting Male Sterility in *Brassica napus*[ J ]. *Physiol Plant*, 1994, 91: 522—528.
- [ 23 ] 王永勤, 曹家树, 虞慧芳, 等. 白菜核雄性不育两用系生理生化特性的分析[ J ]. 园艺学报, 2003, 30(2): 212—214.
- [ 24 ] 蒋伟明. 辣椒雄性不育花药生化特性[ J ]. 北京农业科学, 1997, 15(2): 26—27.
- [ 25 ] 耿三省. 辣椒雄性不育的研究[ D ]. 北京: 中国农业大学, 1992.
- [ 26 ] 陈正刚. 辣椒细胞质雄性不育生理生化特性的初步研究[ D ]. 北京: 中国农业大学, 1994.
- [ 27 ] 刘忠松. 植物雄性不育机理的研究与应用[ M ]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [ 28 ] 李宗霆, 周 燮. 植物激素及其免疫检测技术[ M ]. 南京: 江苏科技出版社, 1996.