

# 辣椒细胞质雄性不育基因对不育系及杂交一代农艺性状和生化特性的影响

邹学校<sup>1,2</sup> 侯喜林<sup>1\*</sup> 刘荣云<sup>2</sup> 张竹青<sup>2</sup> 马艳青<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 南京农业大学作物遗传与种质创新国家重点实验室, 南京 210095; <sup>2</sup> 湖南省农业科学院国家辣椒新品种技术研究推广中心, 长沙 410125)

**摘要:** 研究了两个不育系与它们各自的保持系间, 及其分别与恢复系的杂种一代间农艺性状和花蕾、叶片中生化物质含量间的差异。结果表明, 不育系杂种和保持系杂种在株高上的差异达到了显著水平。花蕾和叶片中过氧化物酶活性不育系高于保持系, 不育系杂种显著或极显著高于保持系杂种。花蕾中游离脯氨酸含量不育系小于保持系, 不育系杂种极显著小于保持系杂种。花蕾和叶片中 IAA 含量不育系低于保持系, 不育系 ABA 含量在叶片中高于保持系, 在花蕾中低于保持系。细胞质雄性不育基因对杂种一代内源激素 IAA、ABA 和 ZRs 含量影响的规律不明显。

**关键词:** 辣椒; 雄性不育; 内源激素; 过氧化物酶活性; 脯氨酸; 蛋白质; 糖

**中图分类号:** S 641.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2004) 06-0732-05

## Effect of Cytoplasmic Male Sterile Genes on Agronomic and Biochemical Characters in CMS Lines and Their F<sub>1</sub> Hybrids in Pepper

Zou Xuexiao<sup>1,2</sup>, Hou Xilin<sup>1\*</sup>, Liu Rongyun<sup>2</sup>, Zhang Zhuqing<sup>2</sup>, and Ma Yanqing<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> National Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; <sup>2</sup> National Research and Extension Center of New Pepper Variety Technology, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China)

**Abstract:** Agronomic characters and biochemical matter contents in flower buds and leaves of the two CMS lines 9704A and 8214A, of their each maintainers and F<sub>1</sub> hybrids for sterile line ×restorer and maintainer ×restorer in pepper were studied. Results showed that differences in plant height between the two kinds of hybrids reach significant level. POD activity in sterile lines' flower buds and leaves is higher than that in maintainers', still the activity in hybrids for sterile line ×restorer is significantly, even very significantly higher than that in hybrids for maintainer ×restorer. Sterile lines contain less free proline than maintainers in the flower buds, and the content in hybrids for sterile line ×restorer is significantly, even very significantly lower than that in hybrids for maintainer ×restorer. IAA content in sterile lines' flower buds and leaves is lower than that in maintainers'. ABA content in sterile lines' leaves is higher than that in maintainers', but the vice versa in their flower buds. No obvious laws are found in the effect of the male sterile genes on content change of IAA, ABA and ZRs in hybrids yet.

**Key words:** Pepper; Male sterile; Endogenous hormone; POD activity; Proline; Protein; Sugar

辣椒一代杂种已普遍应用于生产, 但目前仍存在杂交种子生产成本高的问题, 雄性不育系的利用是降低辣椒杂交种子生产成本的一条重要途径<sup>[1]</sup>。为此, 国内外对辣椒雄性不育进行了大量研究, 选育出多个雄性不育系, 选配了大量的强优势雄性不育杂交组合, 在生产上取得了较好的经济效益和社会效益<sup>[2]</sup>。同时研究表明, 辣椒雄性不育系与保持系间在农艺性状和生化特性方面都存在较大的差异<sup>[3~5]</sup>,

收稿日期: 2004 - 04 - 08; 修回日期: 2004 - 09 - 10

基金项目: 国家 '863' 计划项目 (2001AA241121-10)

\* 通讯作者 Author for correspondence. 作者还有陈文超, 戴雄泽, 周群初, 李雪峰, 邓明华, 唐冬英。

但雄性不育基因对杂种一代性状表达的影响，国内外未见报道。研究辣椒细胞质雄性不育基因对不育系及杂种一代农艺性状和生化特性的影响，旨在为辣椒雄性不育一代杂种的选育提供依据。

1 材料与方法

供试材料为湖南省农业科学院蔬菜研究所连续 7 代回交选育的辣椒细胞质雄性不育系 9704A、8214A 和连续 7 代自交后的保持系 9704B、8214B，及用它们配制的杂交组合 8214A ×9701、8214B ×9701、9704A ×9701、9704B ×9701、9704A ×8215 和 9704B ×8215 共 6 个。2002 年收获各试验材料的种子后，2002 年 12 月 18 日播种于湖南省农业科学院蔬菜研究所试验农场塑料大棚内，2003 年 3 月 7 日假植，4 月 10 日定植于大田。随机区组设计，3 次重复，每小区栽 20 株。田间管理同当地常规栽培。在 6 月底盛果期测定农艺性状和生化物质含量。调查的农艺性状有第一花着生节位、株高、株幅、侧枝数/株、果长、果宽、单果质量、结果数/株和单株产量。叶片和花蕾可溶性糖、游离脯氨酸、可溶性蛋白质和过氧化物酶活性按白宝璋等<sup>[6]</sup>的方法测定，其中可溶性糖采用蒽酮比色法，游离脯氨酸采用酸性茚三酮比色法，游离蛋白质采用考马斯亮蓝 G250 法，过氧化物酶活性采用愈创木酚法；生长素（IAA）、脱落酸（ABA）和玉米素（ZR<sub>s</sub>）含量采用 Shimadzu LC-6A 高效液相色谱仪（HPLC）测定<sup>[7]</sup>。

2 结果与分析

2.1 辣椒细胞质雄性不育基因对杂种一代农艺性状的影响

辣椒胞质雄性不育系 8214A、9704A 及它们的保持系 8214B、9704B 与恢复系 9701、8215 的杂种一代的单株产量等农艺性状的测定值列入表 1。结果表明，不育系与恢复系的杂种一代，与保持系与恢复系间的杂种一代在不同的农艺性状上的差异程度明显不同。方差分析的结果表明，不育系杂种与保持系杂种间在株高上的差异达到了显著水平，其它农艺性的差异未达显著水平，说明辣椒细胞质不育基因对杂种一代的大多数农艺性状没有影响。

表 1 辣椒细胞质雄性不育基因对杂种一代农艺性状的影响  
Table 1 Effect of cytoplasmic male sterile genes on agronomic characters in F<sub>1</sub> in peppers

杂种一代 F <sub>1</sub>	始花节位 The first flower node	株高 Plant height (cm)	株幅 Plant spread (cm)	侧枝数 Branches/ plant	果长 Fruit length (cm)	果宽 Fruit width (cm)	单果质量 Mass/ fruit (g)	结果数 Fruits/ plant	单株产量 Yield/ plant (g)
8214A ×9701	14. 3	48. 7	70. 72	3. 0	17. 8	2. 1	20. 3	21. 3	428. 7
9704A ×9701	13. 3	47. 0	71. 7	3. 7	16. 0	2. 1	15. 5	18. 0	276. 7
9704A ×8215	15. 0	47. 7	64. 0	2. 0	15. 3	3. 0	31. 6	11. 0	344. 0
平均值 Means	14. 22	47. 78	68. 78	2. 89	16. 4	2. 40	22. 46	16. 78	349. 78
8214B ×9701	14. 0	49. 0	65. 3	2. 3	16. 1	2. 1	19. 1	16. 7	328. 7
9704B ×9701	14. 0	53. 3	74. 7	4. 0	17. 3	1. 9	17. 9	23. 7	422. 7
9704B ×8215	14. 0	56. 3	72. 0	2. 6	16. 1	3. 1	35. 3	17. 7	625. 0
平均值 Means	14. 00	52. 89	70. 67	3. 00	16. 5	2. 36	24. 08	19. 33	458. 78
显著水平 Significant level	0. 1449	0. 0387 *	0. 4826	0. 7650	0. 7354	0. 4576	0. 2038	0. 2268	0. 0573

\*代表 5 %显著水平。 \*Means 5 % significant level.

2.2 辣椒细胞质雄性不育基因对不育系和杂种一代花蕾生化特性的影响

9704 和 8214 不育系、保持系及它们的杂种一代花蕾的生化物质含量见表 2。从表 2 可知，花蕾可溶性糖和可溶性蛋白质含量是不育系低于它们的保持系，方差分析结果表明不育系杂种与保持系杂种间差异未达显著水平，说明细胞质雄性不育基因对辣椒杂种一代花蕾可溶性糖和可溶性蛋白质含量没有影响。花蕾游离脯氨酸含量是不育系低于保持系，保持系杂种大于对应的不育系杂种，方差分析结果表明，不育系杂种与保持系杂种间差异达到了显著水平。花蕾过氧化物酶活性是不育系高于保持

系；不育系杂种高于保持系杂种，方差分析结果表明杂种间的差异达到了显著水平。说明辣椒细胞质雄性不育基因对杂种一代花蕾游离脯氨酸含量和过氧化物酶活性有影响。

表2 辣椒细胞质雄性不育基因对不育系和杂种一代花蕾生化特性的影响

Table 2 Effect of cytoplasmic male sterile genes on biochemical matter contents in flower buds of sterile lines and their hybrids in pepper

杂种一代及母本 F <sub>1</sub> and their female parents	可溶性糖 Soluble sugar (mg g <sup>-1</sup> )	游离脯氨酸 Free proline (μg g <sup>-1</sup> )	可溶性蛋白质 Soluble protein (mg g <sup>-1</sup> )	过氧化物酶活性 POD activity (A <sub>470</sub> min <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	生长素 IAA (μg g <sup>-1</sup> )	脱落酸 ABA (μg g <sup>-1</sup> )	玉米素 ZR <sub>s</sub> (μg g <sup>-1</sup> )
8214A ×9701	27.88	61.38	2.923	0.1661	30.4161	2.9152	1.6345
9704A ×9701	25.31	15.10	2.307	0.1654	20.3342	2.7890	45.4298
9704A ×8215	25.54	19.61	2.157	0.1472	15.4236	3.0938	14.0996
平均值 Means	26.247	32.030	2.4622	0.1596	22.0580	2.8438	20.3880
8214B ×9701	26.74	83.97	2.140	0.1331	25.8337	2.8352	18.0788
9704B ×9701	27.65	75.59	2.177	0.2019	21.0525	6.8398	1.8623
9704B ×8215	25.31	41.37	2.493	0.0838	18.3621	2.9120	14.6294
平均值 Means	26.566	66.974	2.2700	0.1396	21.7494	4.1947	11.5235
显著水平 Significant level	0.8357	0.0000 *	0.7427	0.0450 *			
9704A	36.41	62.4	8.595	1.2357	13.2102	3.5590	18.1221
9704B	43.84	281.2	8.853	0.4338	15.3201	8.4718	1.1397
8214A	33.93	65.0	6.051	0.9391	1.8889	5.0540	14.2702
8214B	39.04	455.0	7.917	0.3698	2.5863	9.1823	15.4170

\*, \*\* 分别代表 5%, 1% 显著水平。\*, \*\* Mean 5%, 1% significant level respectively.

细胞质雄性不育基因对不育系和杂种一代花蕾内源激素含量的影响结果是，IAA 含量保持系高于不育系，不育系杂种平均值略高于保持系杂种平均值。ABA 含量是保持系明显高于不育系，保持系杂种平均值明显大于不育系杂种平均值。ZR<sub>s</sub> 含量 9704A 不育系明显高于其保持系，8214A 不育系略低于其保持系，但杂种一代的平均值是不育系杂种明显高于保持系杂种。

### 2.3 辣椒细胞质雄性不育基因对不育系和杂种一代叶片生化特性的影响

从表3可知，叶片可溶性糖和游离脯氨酸含量，不育系和保持系间、及它们与恢复系的杂种一代间的差异表现规律不明显，方差分析结果表明，不育系杂种与保持系杂种间差异未达显著水平。叶片可溶性蛋白质含量是不育系大于保持系，不育系杂种大于保持系杂种，但方差分析结果表明，不育系杂种与保持系杂种间差异未达显著水平。说明辣椒细胞质雄性不育基因对杂种一代叶片可溶性糖、游离脯氨酸和可溶性蛋白质含量没有影响。过氧化物酶活性是不育系大于保持系；不育系杂种高于保持系杂种，方差分析结果表明杂种间差异达到了极显著水平，说明辣椒细胞质雄性不育基因有利于杂种一代叶片过氧化物酶活性的提高。

表3 辣椒细胞质雄性不育基因对不育系和杂种一代叶片生化特性的影响

Table 3 Effect of cytoplasmic male sterile genes on biochemical matter contents in leaves of sterile lines and their hybrids in pepper

杂种一代及母本 F <sub>1</sub> and their female parents	可溶性糖 Soluble sugar (mg g <sup>-1</sup> )	游离脯氨酸 Free proline (μg g <sup>-1</sup> )	可溶性蛋白质 Soluble protein (mg g <sup>-1</sup> )	过氧化物酶活性 POD activity (A <sub>470</sub> min <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	生长素 IAA (μg g <sup>-1</sup> )	脱落酸 ABA (μg g <sup>-1</sup> )	玉米素 ZR <sub>s</sub> (μg g <sup>-1</sup> )
8214A ×9701	12.41	50.80	10.05	0.0656	0.2672	0.2899	6.7083
9704A ×9701	13.72	61.92	10.90	0.0650	1.8876	4.6548	16.3326
9704A ×8215	12.51	33.67	10.91	0.0833	2.3841	2.3841	180.8378
平均值 Means	12.881	48.793	10.619	0.07129	1.5130	2.4429	67.9596
8214B ×9701	10.95	87.52	9.46	0.0514	1.6068	2.0168	56.0701
9704B ×9701	12.02	69.43	10.63	0.0597	0.3069	2.3750	53.5646
9704B ×8215	12.85	25.83	10.73	0.0546	6.2829	2.0915	33.7756
平均值 Means	11.943	60.930	10.273	0.05524	2.7322	2.1611	47.8034
显著水平 Significant level	0.4136	0.3736	0.2842	0.0094 **			
9704A	30.23	69.9	8.37	0.3813	0.4893	1.6639	1.8398
9704B	38.99	72.0	7.31	0.2257	1.5764	2.2321	2.1723
8214A	35.74	68.6	7.29	0.2221	0.3458	3.9739	6.3697
8214B	33.64	67.7	7.08	0.1421	1.2829	2.9612	6.9283

\*\* 代表 1% 显著水平。\*\* Means 1% significant level.

辣椒细胞质雄性不育基因对不育系和杂种一代叶片内源激素含量的影响结果是，IAA 含量是不育系小于保持系，不育系杂种平均值小于保持系杂种平均值。ABA 含量是不育系大于保持系，不育系杂种平均值大于保持系杂种平均值。ZR<sub>s</sub> 含量是不育系小于保持系，不育系杂种平均值反而大于保持系杂种平均值。

2.4 辣椒细胞质雄性不育基因对不育系和杂种一代内源激素含量比的影响

辣椒不同不育系与保持系间及不育系杂种与保持系杂种间花蕾和叶片内源激素含量比差异见表4。从表4可知，花蕾 ZR<sub>s</sub>/ IAA、ZR<sub>s</sub>/ ABA 和 (ZR<sub>s</sub> + IAA) / ABA 是不育系大于保持系，不育系杂种平均值明显大于保持系杂种平均值；ABA/ IAA 是不育系小于保持系，不育系杂种平均值明显小于保持系杂种平均值。叶片 ZR<sub>s</sub>/ IAA 和 ABA/ IAA 是不育系大于保持系，不育系杂种平均值明显大于保持系杂种平均值；ZR<sub>s</sub>/ ABA 和 (ZR<sub>s</sub> + IAA) / ABA 是不育系小于保持系，但不育系杂种平均值反而大于保持系杂种平均值。

表4 辣椒细胞质雄性不育基因对不育系和杂种一代内源激素含量比的影响  
Table 4 Effect of cytoplasmic male sterile genes on the ratio of the endogenous hormone contents in the sterile lines and their hybrids in pepper

杂种一代及母本 F <sub>1</sub> and their female parents	花蕾 In flower buds				叶片 In leaves			
	ZR <sub>s</sub> / IAA	ZR <sub>s</sub> / ABA	ABA/ IAA	(ZR <sub>s</sub> + IAA) / ABA	ZR <sub>s</sub> / IAA	ZR <sub>s</sub> / ABA	ABA/ IAA	(ZR <sub>s</sub> + IAA) / ABA
8214A ×9701	0.0537	0.5607	0.0958	10.9943	25.1059	3.1400	1.0850	24.0617
9704A ×9701	2.2342	16.2889	0.1372	23.5798	8.6526	3.5088	2.4660	3.9143
9704A ×8215	0.9142	4.5574	0.2006	9.5427	75.8516	75.8516	1.0000	76.8516
平均值 Means	0.9243	7.1693	0.1289	14.9258	44.9171	27.8192	1.6146	28.4386
8214B ×9701	0.6998	6.3766	0.1097	15.4883	34.8955	27.8015	1.2552	28.5982
9704B ×9701	0.0885	0.2723	0.3249	3.3502	174.5344	22.5535	7.7387	22.6827
9704B ×8215	0.7967	5.0238	0.1586	11.3259	5.3758	16.1490	0.3329	19.1530
平均值 Means	0.5298	2.7465	0.1929	7.9302	17.4963	22.1199	0.7910	23.3842
9704A	1.3718	5.0919	0.2694	8.8037	3.7601	0.1577	23.8379	0.1997
9704B	0.0744	0.1345	0.5530	1.9429	1.3780	0.9732	1.4159	1.6794
8214A	7.5548	2.8235	2.6756	3.1973	18.4202	1.6029	11.4919	1.6899
8214B	5.9610	1.6790	3.5504	1.9607	5.4005	2.3397	2.3082	2.7729

3 讨论

不育系与保持系间、不育系 ×恢复系的 F<sub>1</sub> 杂种与保持系 ×恢复系的 F<sub>1</sub> 杂种间的区别是不育系和不育系 ×恢复系的 F<sub>1</sub> 杂种都含有细胞质雄性不育基因，保持系和保持系 ×恢复系的 F<sub>1</sub> 杂种则含有细胞质雄性可育基因，但它们的细胞核雄性不(可)育基因是一致的，比较不育系与保持系间、不育系 ×恢复系的 F<sub>1</sub> 杂种与保持系 ×恢复系的 F<sub>1</sub> 杂种间的遗传差异，可以研究辣椒细胞质雄性不育基因对不育系及杂种一代农艺性状和生化特性的影响。魏佑营等<sup>[3]</sup>、邹学校等<sup>[8]</sup>研究表明，辣椒不育系与保持系比较，在苗期子叶、真叶、生长势均没有差异，但在后期的植株长势，由于不育株生殖生长弱，营养生长较强，在株高、株幅、分枝数上明显超过各自的保持系，说明辣椒细胞质雄性不育基因有利于不育系植株农艺性状的表达。本研究表明，虽然不育系与恢复系杂交，杂种一代因恢复系细胞核中的可育基因作用育性得到恢复，细胞质雄性不育基因对杂种一代多数农艺性状没有影响，但仍对株高有负作用，因此可能会影响杂交组合杂种优势的表达，在开展辣椒雄性不育杂种优势育种时，必须要考虑不育基因对杂种性状的不利影响。

国内外研究表明不同植物雄性不育系与保持系间内源激素含量有很大的差异。田长恩等<sup>[9,10]</sup>研究表明，水稻雄性不育系叶片、幼穗和花药中 IAA、GA<sub>1+4</sub>和 iPAs 含量低于保持系，ABA 含量高于保持系。油菜雄性不育系叶片、花蕾中 IAA、GA<sub>s</sub> 和 ABA 含量明显高于保持系。唐祈林等<sup>[11]</sup>研究表明玉米不同核背景和不同胞质的 CMS 之间花药的内源激素含量有差异，不育系 GA 和 IAA 含量低于保持

系。孙日飞等<sup>[12]</sup>研究表明, 大白菜雄性不育系花药中 6-BA 含量低于保持系, 80 % 不育系中激动素 (KT) 含量低于保持系。张明方等<sup>[13]</sup>研究表明榨菜胞质雄性不育系花蕾中 IAA、ZT 和 ABA 含量低于保持系。朱玉英等<sup>[14]</sup>研究表明青花菜不育系叶片和花蕾中的 IAA 含量明显高于保持系, GA 含量大大低于保持系, ZRs、iPAS 和 ABA 含量在叶片中不育系低于保持系, 在花蕾中则高于保持系。张子学等<sup>[15]</sup>研究表明辣椒胞质雄性不育系 IAA 和 (ZRs + iPAS) 含量在叶片和花蕾中不育系高于保持系, GA<sub>1+3</sub> 和 ABA 含量在叶片中不育系低于保持系, 在花蕾中不育系高于保持系。都说明了细胞质雄性不育基因影响不育系植株体内内源激素水平。本研究表明, 花蕾和叶片中 IAA 含量不育系低于保持系; 不育系 ABA 含量在叶片中高于保持系, 在花蕾中低于保持系; ZRs 含量在叶片中不育系低于保持系, 在花蕾中不同不育系表现不一致。辣椒雄性不育基因对杂种一代内源激素含量的影响, 国内还未见研究报道。本研究表明, 辣椒细胞质雄性不育基因对杂种一代内源激素含量有影响, 但不同不育系和不同恢复系之间的差异程度明显不同, 反映的规律不一致。

孙日飞等<sup>[12]</sup>研究表明, 大白菜雄性不育系花药中苏氨酸含量高于保持系 2.8 ~ 4 倍, 天门冬氨酸、葡萄糖和果糖含量低于保持系, 脯氨酸含量保持系是不育系的 7 ~ 14 倍。耿三省等<sup>[16]</sup>研究表明辣椒不育系花药中游离脯氨酸含量和过氧化氢酶活性明显低于保持系, 过氧化物酶活性明显高于保持系。说明细胞质雄性不育基因影响不育植株的生化代谢。本研究表明, 游离脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白质含量在花蕾中不育系低于保持系, 过氧化物酶活性高于保持系; 叶片中可溶性糖和游离脯氨酸含量的规律性不明显, 可溶性蛋白质含量和过氧化物酶活性是不育系高于保持系。辣椒细胞质雄性不育基因对杂种一代生理生化代谢的影响, 国内外还未见研究报道。本研究表明, 细胞质雄性不育基因不利于辣椒杂种一代花蕾中游离脯氨酸的产生, 但有利于花蕾和叶片中过氧化物酶活性的增强, 对花蕾和叶片中可溶性糖、可溶性蛋白质含量、叶片中游离脯氨酸含量没有影响。

## 参考文献:

- 1 邹学校主编. 中国辣椒. 北京: 中国农业出版社, 2002. 131 ~ 167
- 2 邹学校, 戴雄泽, 马艳青, 等. 我国辣椒杂交育种与杂交种子生产. 园艺学报, 2001, 28 (增刊): 683 ~ 688
- 3 魏佑营, 王秀峰, 魏秉培, 等. 辣椒 (甜椒) 雄性不育系 13733A、1592A、1442A 的特征与形态解剖. 山东农业大学学报 (自然科学版), 2002, 33 (2): 129 ~ 133
- 4 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含量变化 (简报). 植物生理学通讯, 2001, 37 (1): 31 ~ 32
- 5 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. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2002, 28 (6): 492 ~ 494
- 6 白宝璋, 汤学军. 植物生理学测试技术. 北京: 中国科学技术出版社, 1993. 34 ~ 100
- 7 王若仲, 萧浪涛, 蔺万煌, 等. 亚种间杂交稻内源激素的高效液相色谱测定法. 色谱, 2002, 20 (2): 148 ~ 150
- 8 邹学校, 周群初, 戴雄泽, 等. 辣椒雄性不育系 9704A 的选育. 湖南农业科学, 2000, (5): 39 ~ 40
- 9 田长恩, 段 俊, 梁承邨, 等. 水稻细胞质雄性不育系及其保持系幼穗发育过程中内源激素的变化. 热带亚热带植物学报, 1998, 6 (2): 137 ~ 143
- 10 田长恩, 张明永, 段 俊, 等. 油菜细胞质雄性不育系及其保持系不同发育阶段内源激素动态变化初探. 中国农业科学, 1998, 31 (4): 20 ~ 25
- 11 唐祈林, 荣廷昭, 胡长远. 不同核背景的玉米 CMS 系内源激素关系研究. 四川农业大学学报, 2002, 20 (3): 209 ~ 211
- 12 孙日飞, 方智远, 张淑江, 等. 萝卜胞质大白菜雄性不育系的生化分析. 园艺学报, 2000, 27 (3): 187 ~ 192
- 13 张明方, 陈竹君, 汪炳良, 等. 榨菜胞质雄性不育系和保持系花器发育过程中内源激素变化. 浙江农业大学学报, 1997, 23 (2): 154 ~ 157
- 14 朱玉英, 龚 静, 吴晓光, 等. 青花菜细胞质雄性不育系叶绿素和内源激素含量变异初探. 上海农业学报, 2002, 18 (4): 42 ~ 46
- 15 张子学, 罗育淮. 辣椒质核互作雄性不育与叶、蕾中内源激素含量的关系. 安徽技术师范学院学报, 2002, 16 (2): 5 ~ 7
- 16 耿三省, 毛爱军, 蒋健箴. 辣椒雄性不育花药的生化特性. 北京农业科学, 1997, 15 (2): 26 ~ 27