

紫菜薹细胞质雄性不育系及其保持系 在不同发育时期内源激素的变化

许 明, 白明义, 魏毓棠

(沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110161)

摘 要: 利用酶联免疫测定技术研究了紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系不同发育时期的生长素 IAA、赤霉素 GA 和玉米素核苷 ZR 的动态变化。结果表明, 内源 IAA、GA、ZR 含量在生殖器官和营养器官保持系和两种不育系都表现出显著性变化, 改良萝卜不育系和 ogura 不育系的内源激素含量在植物发育的各个时期也存在差异。苗期 ZR 含量主要集中于根部, 保持系根部 ZR 含量最高; 幼根保持系 IAA 含量显著高于不育系, 幼苗期叶片 IAA 含量相差不大; 不育系与保持系苗期不同器官 GA 含量分布不均衡。在花期叶片激素含量在保持系和不育系之间变化较大, 薹期不育系的 IAA、GA 和 ZR 含量出现不同程度的亏缺, 尤其是从小薹期到大薹期阶段, ogura 不育系、改良萝卜不育系的 IAA、GA 和 ZR 含量都极显著低于保持系。IAA、GA 和 ZR 是植物体内重要的信号物质, 可调节植物的多种生命活动, 其亏缺影响花粉的正常发育, 从而引起败育。

关键词: 紫菜薹; 细胞质雄性不育; 内源激素

中图分类号: S634.6

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2007)03-0124-04

Changes in Endogenous Hormone Between *B. campestris* ssp. *Chinensis* Var. *purpurea* Hort. CMS Lines and Their Maintainer Line at Different Development Stages

XU Ming, BAI Ming-yi and WEI Yu-tang

(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: *B. campestris* ssp. *Chinensis* Var. *purpurea* Hort. cytoplasmic male sterile lines whose male sterile gene was transferred from Chinese cabbage were employed in investigation on the mechanism of endogenous hormone. The content of endogenous hormone IAA, GA and ZR in different stage of male sterile lines and maintainer lines were determined by ELISA. The results showed that the content of IAA, GA and ZR had remarkable difference in maintain lines and two male sterile lines. The content of ZR was focus on root and the maintainer line was higher than male sterile during seedling. The content of IAA of the maintainer lines was higher than CMS during seedling and had less different in leaf. The content of GA exhibited on imbalance in different tissue of seedling. The content of IAA, GA and ZR of male sterile lines were lower than maintainer lines to some degree, especially in the stage of archesporial and meiosis. IAA, GA and ZR are the important plant hormone which regulates lots of activity of plant. Their deficient must interfere on the development of anther and result in abortion.

Key words: *B. campestris* ssp. *Chinensis* Var. *purpurea* Hort.; Cytoplasmic male sterile; Endogenous hormone

紫菜薹 (*B. campestris* ssp. *Chinensis* Var. *purpurea* Hort.) 属于十字花科芸薹属白菜亚种

的菜薹变种, 是我国的一种特产蔬菜, 主要分布在长江流域各地, 而以湖北武汉、四川成都两地栽培

较盛^[1]。1992 年沈阳农业大学引进了美国康乃尔大学“Dickenson-CMS”不育材料,该材料为低温不黄化、蜜腺正常的细胞质雄性不育系,称为改良萝卜胞质雄性不育系,经过多代选育获得了改良萝卜胞质紫菜薹雄性不育系。为了解紫菜薹细胞质雄性不育系败育的生理生化机理,利用改良萝卜胞质和原有 ogura 萝卜胞质紫菜薹两种雄性不育系及对应保持系,开展同核异质的紫菜薹雄性不育系和保持系激素含量水平研究,以确定其败育时期及特性,为人工控制这一性状的表达提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为回交转育多代的 ogura 萝卜胞质和改良萝卜胞质九月鲜紫菜薹不育系及对应保持系。2002 年秋季在沈阳农业大学蔬菜基地田间种植,分别选取健壮植株,取苗期的叶片和根、盛花期的叶片各 1 g、小花蕾(蕾长 1~2 mm)、中花蕾(蕾长 2~3 mm)、大花蕾(蕾长 3 mm 以上),以及原基(蕾长 1 mm 以下包括原基)各 0.5 g,存放于-50℃冷冻冰箱速冻保存。

1.2 试验方法

激素的测定采用间接酶联免疫法,试剂盒由中国农业大学作物化控研究室提供^[2]。

2 结果与分析

2.1 紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系不同发育时期 IAA 含量变化

从图 1 可知,幼根保持系 IAA 含量高于不育系,ogura 不育系仅为保持系的 35%,改良不育系幼根含量相对高于 ogura 不育系,为保持系的 44%,说明保持系苗期根部 IAA 含量较高。幼苗期叶片 IAA 含量相差不大而花期叶片 IAA 含量变化较大,ogura 不育系与保持系 IAA 含量相近,而改良不育系 IAA 含量是保持系的 8.70 倍,呈现显著变化,说明经过改良后萝卜胞质不育系的激素代谢生理与 ogura 不育系有所不同。

蕾期 IAA 含量变化见图 2,原基时期 ogura 不育系和改良萝卜不育系的 IAA 含量高于保持系,分别为保持系的 5.43 倍和 3.99 倍。但在小蕾期到大蕾期,不育系的 IAA 含量显著低于保持系,尤其是在小蕾期这种差别极为显著,Ogura 萝卜胞质不育系为保持系的 20.85%,改良萝卜胞

质不育系为 6.07%。根据对小孢子的细胞学观察认为,小花蕾时期即花在 0.5~1.0 mm 大小时,小孢子处于减数分裂到单核小孢子时期,是两不育系雄蕊败育的时期。IAA 是营养物质输入的库,IAA 含量的不足必然导致花药内充物质合成及运输的障碍,进而影响花粉发育,导致败育。

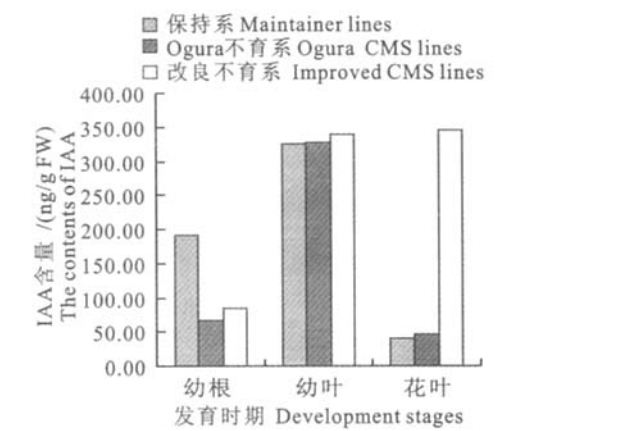


图 1 紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系不同发育时期 IAA 含量变化
Fig. 1 Changes in the contents of IAA between CMS lines and their maintainer line at different development stages in *B. campestris* ssp. *Chinensis* Var. *purpurea* Hort.

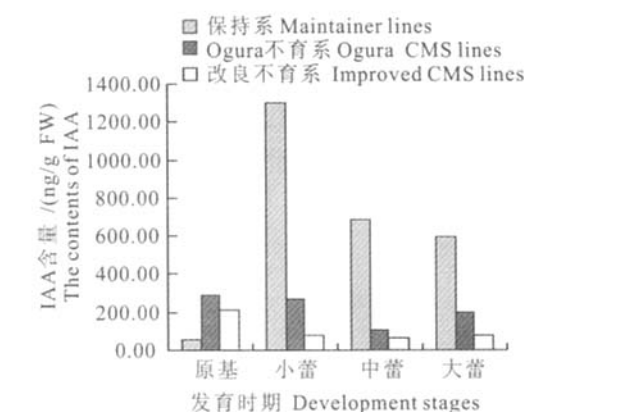


图 2 紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系蕾期 IAA 含量变化
Fig. 2 Changes in the contents of IAA between CMS lines and their maintainer line at flower bud in *B. campestris* ssp. *Chinensis* Var. *purpurea* Hort.

2.2 紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系不同发育时期 GA 含量的变化

从图 3 可看出在苗期保持系 GA 含量主要集中在幼根而幼叶中的含量较少。ogura 不育系在幼根和幼叶中 GA 含量变化不大。改良萝卜不育系在幼根含量较低,在叶片含量较多。说明不育系与保持系苗期不同器官 GA 含量分布不均衡,这是否与败育有关还需要进一步研究。在花期保

持系叶片中 GA 含量相对低于 ogura 不育系和改良萝卜不育系的 GA 含量。

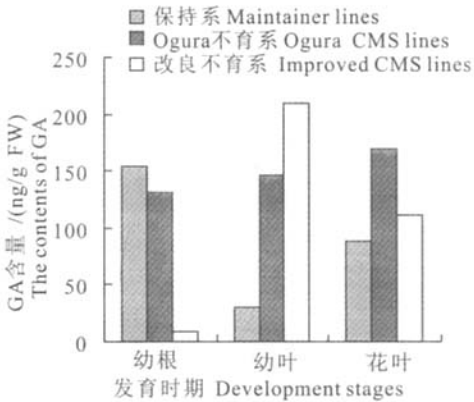


图3 紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系不同发育时期 GA 含量变化

Fig. 3 Changes in the contents of GA between CMS lines and their maintainer line at different development stages in *B. campestris* ssp. *Chinensis* Var. *purpurea* Hort.

在蕾期 GA 的含量变化较大,图 4 显示保持系随着花蕾发育,GA 含量呈抛物线形变化,其峰值出现在中蕾期即单核期,与小蕾期(减数分裂期)相比增加了 10.40 倍。在高含量 GA 的影响下,花药组织呼吸加强,同化物运输加速,使花粉内积累足够的物质与能量,保证其发育。但同期两个不育系统的 GA 含量均显著低于保持系,ogura 不育系 GA 含量仅为保持系的 10.12%,改良萝卜胞质不育系为 13.55%。在单核期两不育系的小孢子都已败育,不再需要物质与能量,因此这一时期的低 GA 含量可能是花药败育的结果,而不是败育的原因。

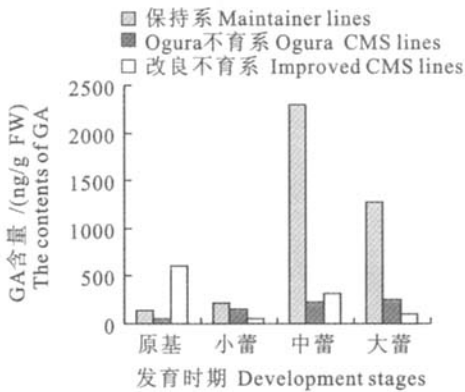


图4 紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系蕾期 GA 含量变化

Fig. 4 Changes in the contents of GA between CMS lines and their maintainer line at flower bud in *B. campestris* ssp. *Chinensis* Var. *purpurea* Hort.

根据图4还可得知,紫菜薹雄蕊发育的原基

时期和小蕾时期是对 GA 含量非常敏感的时期。在这两个时期如发生 GA 含量的下降,则可能引起不育。从花蕾发育的整个过程来看,在雄蕊的孢原细胞分化到减数分裂形成单核小孢子之前,都对 GA 敏感,且前一时期的 GA 含量不能延续到下一时期。Ogura 萝卜胞质不育系在孢原细胞分化期,GA 含量最低,暗示其雄蕊败育开始于孢原细胞分化期,改良萝卜胞质不育系在减数分裂前后 GA 含量较低,暗示它的雄蕊败育开始于减数分裂时期,这与笔者在小孢子发育形态学观察中所得到的结果相同。

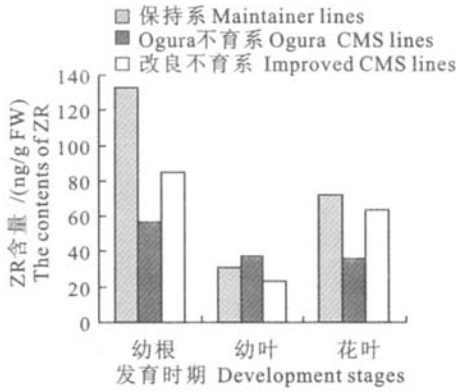


图5 紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系不同发育时期 ZR 含量变化

Fig. 5 Changes in the contents of ZR between CMS lines and their maintainer line at different development stages in *B. campestris* ssp. *Chinensis* Var. *purpurea* Hort.

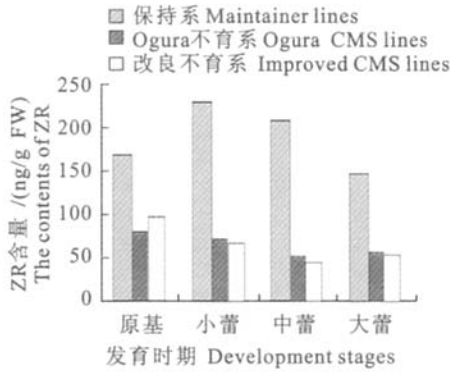


图6 紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系蕾期 ZR 含量变化

Fig. 6 Changes in the contents of ZR between CMS lines and their maintainer line at flower bud in *B. campestris* ssp. *Chinensis* Var. *purpurea* Hort.

2.3 紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系不同发育时期 ZR 含量的变化

紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系不同发育时期 ZR 含量的变化见图 5 和图 6。苗期保持系

和不育系 ZR 含量主要集中在根部,花期叶片保持系的 ZR 含量高于不育系。保持系的 ZR 含量在蕾期发育时期远远高于不育系,这说明玉米素核苷 ZR 在雄蕊的正常发育方面起着重要的作用。不育系中,ZR 含量在植株的整个发育过程中普遍较低,很明显玉米素核苷 ZR 参与了紫菜薹的雄蕊的败育过程,但它的作用机理仍有待进一步的研究探讨。

细胞分裂素的一个重要作用就是促进细胞分裂,延缓植株衰老,它是花的生长发育所必需的。试验表明,细胞分裂素的减少不仅影响雄蕊发育,而且影响雄性不育花的大小^[3]。紫菜薹不育系的核苷 ZR 含量从雄蕊发育的原基开始就比保持系低,这不仅影响了雄蕊的发育,也影响了不育花的大小。这与笔者在紫菜薹不育系小孢子发育的形态学观察所得到的试验结果相同。

细胞分裂素是可以消除氧自由基,并且防止

氧自由基的产生,氧自由基与 IAA 的超氧化及乙烯的生物合成有关,因此 ZR 与 IAA 的作用相互促进,但是高浓度的细胞分裂素类物质能抑制组织和离体线粒体的抗氧呼吸和总呼吸,导致呼吸系统能量代谢的紊乱以及物质合成的不足,并且细胞分裂素类物质在植物体内倾向于拮抗 IAA 对细胞伸长的作用,所以 ZR 与 IAA 含量只有二者比例居中,细胞才能进行正常分裂,小孢子才能进行正常发育。从表 1 可以看出在花蕾发育的原基时期保持系 IAA 与 ZR 比值为 Ogura 不育系的 8.80%,是改良萝卜不育系的 14.51%。从原基到小蕾期保持系 IAA 与 ZR 的比值迅速增加而两类不育系比值变化不大,到大蕾期保持系 IAA 与 ZR 比值为 Ogura 不育系的 112%,是改良萝卜不育系的 279%。可说明不育系 IAA 与 ZR 的比值不协调,影响了小孢子的正常发育,探索 IAA 和 ZR 的比值,可能是调控育性表达的途径。

表 1 紫菜薹细胞质雄性不育系和保持系蕾期 IAA 含量与 ZR 含量比值

Table1 The ratio of IAA and ZR between CMS lines and their maintainer line at flower bud in *B.campestris* ssp. *Chinensis* Var. *purpurea* Hort.

材料 Materials	原基 Zrimordia	小蕾期 Small alabastrum	中蕾期 Medial alabastrum	大蕾期 Large alabastrum
保持系 Maintainer lines	0.32	5.65	3.34	4.09
Ogura 不育系 Ogura CMS lines	3.62	3.71	2.16	3.64
改良不育系 Improved CMS lines	2.19	1.17	1.47	1.46

3 结论与讨论

3.1 不同激素与紫菜薹雄性不育的关系

本试验利用酶联免疫吸附分析的方法测定了紫菜薹萝卜胞质不育系和保持系在不同发育时期 IAA、GA 和 ZR 含量变化。研究发现内源 IAA、GA、ZR 含量在生殖器官和营养器官都表现出显著性变化。苗期 ZR 含量主要集中于根部,保持系根部 ZR 含量最高;幼根保持系 IAA 含量显著高于不育系,幼苗期叶片 IAA 含量相差不大;不育系与保持系苗期不同器官 GA 含量分布不均衡。在花期叶片激素含量在保持系和不育系之间变化较大,但是从试验结果很难认识在不同营养器官植物激素与雄性败育的相关性。在不同蕾期 IAA、GA 和 ZR 含量变化的趋势是从小蕾期开始保持系 IAA、GA、ZR 的含量大于雄性不育系激素含量,雄性不育系激素含量严重亏缺,导致营养物质供应的不足和能量代谢失调,从而引起败育。是否通过外源激素的诱导提高植株的育性转换,是值得进一步研究的课题。因此,本试验的

测定为进一步通过化控育性提供了依据。当前普遍认为,一种激素控制一种性状的解释是不够的,不育性植物性状表达一般是由多种激素交互作用所控制的,即内源激素对基因表达的调控,不仅取决于某种激素含量的增加或减少,更重要的是通过多种激素的平衡达到的。从本试验结果分析,植物体内 GA、IAA 和 ZR 之间相互协调相互作用,使保持系保持正常可育状态,雄性不育系不同激素的比例失调影响代谢水平的调控,造成小孢子败育。

3.2 同核异质不育系间的激素差别

从试验结果可看出,改良萝卜不育系和 ogura 不育系的内源激素含量在植物发育的各个时期都有差异,但差异达到显著水平的只有两处:一是盛花期叶片中的 IAA 含量,改良萝卜不育系的 IAA 含量为 ogura 不育系的 7.42 倍;二是雄蕊发育原基中的 GA 含量,改良萝卜不育系的 GA 含量为 ogura 不育系的 13.87 倍。

参考文献:

[1] 崔明礼,刘 杨,肇桂英. 辣椒抗病毒病研究现状概述[J]. 辽宁农业科学,2000(3):36~37.

[2] Shigeharu T A,JEUCHI, Yasufumi HIKICHI. Direct Immunostaining Assay, a New Simplified Technique for Detection of Tabamoviruses from Seed of Green Pepper [J]. Ann Phytopathol Soc Jpn. ,1999,(65):189~191.

[3] 李树德. 中国主要蔬菜抗病育种进展[M]. 北京:科学出版社,1995. 539~540.

[4] 庄灿然,吕金殿,梁耀琦. 中国干制辣椒[M]. 北京:中国农业科技出版社,1995.

[5] 赵尊练,史联联,谭根堂,等. 陕西省辣椒生产区辣椒病毒病病原种类鉴定及其分布研究[J]. 中国农业科学,2004,37(11):1738~1742.

[6] 薛庆杨,杨凤梅,王志强. 辣椒病毒病的识别与综合防治技术

[J]. 吉林蔬菜,2003,(2):40~41.

[7] 高俊凤. 植物生理学试验技术[M]. 西安:世界图书出版公司,2001. 162~163.

[8] 赵亚华编. 生物化学试验技术[M]. 广州:华南理工大学出版社,2000. 8.

[9] 邹学校,候喜林,陈文超,等. 辣椒抗病性、果实营养含量和农艺性状间的典型相关分析[J]. 种子,2004,23(2):34~37.

[10] 刘建华,杨玉珍,邹学校,等. 辣(甜)椒主要品质性状与抗病性相关分析初探[J]. 江苏农业科学,1991,(3):45~46.

[11] 阚光锋,张广民,房保海,等. 烟草野火病菌对烟草细胞内 5 种防御酶系统的影响[J]. 山东农业大学学报,2002,33(1):28~31.

[12] Joseph L M,Tantk, wong S M, *et al.* Antifungal effects of hydrogen peroxide and peroxidase on spore germination and mycelial growth of *Pseudocercospora* species[J]. Canadian Journal of Botany,1998,76(12):2119~2124.

(上接第 127 页)

改良萝卜胞质不育系克服了 ogura 细胞质雄性不育系低温黄化,蜜腺退化等问题,这些问题的解决与内源激素含量的差异有关,但其作用机理仍有待进一步的研究。

参考文献:

[1] 蒋先明. 紫菜薹的栽培技术[A]. 中国农业科学研究院蔬菜研究所主编. 中国蔬菜栽培学[C]. 北京:中国农业出版社,1987. 388~427.

[2] 何钟佩主编. 农作物化学控制实验指导[M]. 北京:北京农业大学出版社,1993.

[3] 刘忠松,官春云,陈社员编. 植物雄性不育机理的研究及应用[M]. 北京:中国农业出版社,2001.

[4] 黄少白,周 雯. 水稻细胞质雄性不育系与内源 GA_4 和

IAA 的关系[J]. 华北农学报,1994,9(3):16~20.

[5] 李英贤,王爱民. 植物雄性不育激素调控的研究进展[J]. 中国农学通报,1995,11(3):25~28.

[6] 李英贤,张爱民,黄铁城. 小麦细胞质雄性不育与花药组织内源激素的关系[J]. 农业生物技术学报,1996,4(4):307~313.

[7] 游年顺,雷捷成,黄利兴,等. 水稻同核异质体雄性不育系内源激素 IAA、 $GA_{1+3+4+7}$ 比较分析[J]. 福建省农科院学报,1997,12(1):7~11.

[8] 李英贤,张爱民. 小麦雄性不育与叶片中内源激素含量的关系[J]. 农业生物技术学报,1998,6(2):185~190.

[9] 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[J]. 四川农业大学学报,2002,20(3):209~211.

紫菜薹细胞质雄性不育系及其保持系在不同发育时期内源
激素的变化

作者: [许明](#), [白明义](#), [魏毓棠](#), [XU Ming](#), [BAI Ming-yi](#), [WEI Yu-tang](#)
作者单位: [沈阳农业大学园艺学院, 沈阳, 110161](#)
刊名: [西北农业学报](#) 
英文刊名: [ACTA AGRICULTURAE BOREALI-OCCIDENTALIS SINICA](#)
年, 卷(期): 2007, 16(3)
被引用次数: 13次

参考文献(9条)

1. [蒋先明](#) [紫菜薹的栽培技术](#) 1987
2. [何钟佩](#) [农作物化学控制实验指导](#) 1993
3. [刘忠松](#); [官春云](#); [陈社员](#) [植物雄性不育机理的研究及应用](#) 2001
4. [黄少白](#), [周燮](#) [水稻细胞质雄性不育与内源GA1+4和IAA的关系](#) [期刊论文] - [华北农学报](#) 1994 (3)
5. [李英贤](#); [王爱民](#) [植物雄性不育激素调控的研究进展](#) 1995 (03)
6. [李英贤](#); [张爱民](#); [黄铁城](#) [小麦细胞质雄性不育与花药组织内源激素的关系](#) 1996 (04)
7. [游年顺](#); [雷捷成](#); [黄利兴](#) [水稻同核异质体雄性不育系内源激素IAA、GA1+3+4+7比较分析](#) 1997 (01)
8. [李英贤](#); [张爱民](#) [小麦雄性不育与叶片中内源激素含量的关系](#) 1998 (02)
9. [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](#) [期刊论文] - [四川农业大学学报](#) 2002 (3)

本文读者也读过(10条)

1. [杨特武](#), [骆炳山](#), [YANG Tewu](#), [LUO Bingshan](#) [自然低温对长日照条件下农垦58S育性和内源激素的影响](#) [期刊论文] - [华中农业大学学报](#) 2004 (z1)
2. [刘健](#), [Liu Jian](#) [化学杂交剂对小麦穗部内源激素的影响](#) [期刊论文] - [种子](#) 2000 (5)
3. [刘齐元](#), [刘飞虎](#), [黄海泉](#), [何宽信](#), [朱肖文](#), [LIU QI-YUAN](#), [LIU FEI-HU](#), [HUANG HAI-QUAN](#), [HE KUAN-XIN](#), [ZHU XIAO-WEN](#) [烟草胞质雄性不育性与花蕾组织内源激素的平衡关系](#) [期刊论文] - [烟草科技](#) 2006 (5)
4. [田长恩](#), [张明永](#), [段俊](#), [黄毓文](#), [刘鸿先](#), [梁承邺](#), [Tian Changen](#), [Zhang Mingyong](#), [Duan Jun](#), [Huang Yuwen](#), [Liu Hongxian](#), [Liang Chengye](#) [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](#) [期刊论文] - [中国农业科学](#) 1998, 31 (4)
5. [吴晓丽](#), [罗立津](#), [陈妙芬](#), [吴慧玲](#), [Wu Xiaoli](#), [Luo Lijin](#), [Chen Miaofen](#), [Wu Huiling](#) [黑腐病对花椰菜 \(Brassica oleracea L. var. botrytis\) 幼苗根系形态和生理的影响](#) [期刊论文] - [中国农学通报](#) 2011, 27 (2)
6. [王华忠](#), [吴则东](#), [韩英](#), [方智远](#), [WANG Hua-zhong](#), [WU Ze-dong](#), [HAN Ying](#), [FANG Zhi-yuan](#) [甜菜细胞质雄性不育与内源激素含量的关系](#) [期刊论文] - [中国农业科学](#) 2008, 41 (4)
7. [郭丽娟](#), [申书兴](#), [陈雪平](#), [王彦华](#), [张成合](#), [卢凤刚](#), [GUO Li-juan](#), [SHEN Shu-xing](#), [CHEN Xue-ping](#), [WANG Yan-hua](#), [ZHANG Cheng-he](#), [LU Feng-gang](#) [茄子雄性不育系花蕾内源激素研究](#) [期刊论文] - [植物遗传资源学报](#) 2006, 7 (4)
8. [芦站根](#), [周文杰](#), [LU Zhan-gen](#), [ZHOU Wen-jie](#) [燕子掌不同发育时期内源激素含量变化研究](#) [期刊论文] - [北方园艺](#) 2008 (12)
9. [齐国辉](#), [徐继忠](#), [张玉星](#), [QI Guo-hui](#), [XU Ji-zhong](#), [ZHANG Yu-xing](#) [鸭梨自交不亲和性与花柱内源激素关系的研究](#) [期刊论文] - [河北农业大学学报](#) 2007, 30 (1)
10. [任喜波](#), [戴希尧](#), [魏毓棠](#), [司龙亨](#), [许明](#), [REN Xi-bo](#), [DAI Xi-yao](#), [WEI Yu-tang](#), [SI Long-ting](#), [XU Ming](#) [萝卜金花薹细胞质雄性不育系与其保持系内源激素含量比较研究](#) [期刊论文] - [吉林农业大学学报](#) 2006, 28 (4)

引证文献(13条)

1. 陶兴林, 朱惠霞, 胡立敏, 张金文, 刘明霞 [IAA和GA对花椰菜温敏雄性不育系育性转换的影响](#)[期刊论文]-[甘肃农业科技](#) 2015 (03)
2. 曾爱松, 刘玉梅, 方智远, 杨丽梅, 庄木, 张扬勇, 孙继峰, 孙培田 [甘蓝结球过程中内源激素含量与裂球性的关系](#)[期刊论文]-[中国蔬菜](#) 2009 (20)
3. 张耀文, 王竹云, 田建华, 陈娜, 董育红, 陈文杰, 李殿荣, 赵小光 [甘蓝型油菜同质异核细胞质雄性不育系与其保持系的光合特性](#)[期刊论文]-[中国油料作物学报](#) 2012 (03)
4. [洋葱胞质雄性不育系及其保持系花蕾内源激素含量和脯氨酸含量的动态变化特征](#)[期刊论文]-[华北农学报](#) 2012(z1)
5. 井苗, 董振生, 严自斌, 董军刚, 钟瑜 [BHL等4种药物对油菜杀雄效果的研究](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2008 (03)
6. 孙希禄, 许小勇, 张鲁刚 [萝卜雄性不育系花蕾发育过程中内源激素分析](#)[期刊论文]-[北方园艺](#) 2011 (19)
7. 杨晓苓, 杨利平, 尚爱芹, 刘凤栾 [百合授粉亲和性与雌蕊中保护酶和激素的关系](#)[期刊论文]-[园艺学报](#) 2009 (06)
8. 张鹏, 周骏辉, 荆艳萍 [杨树授粉亲和性与雌蕊生理生化变化的关系1\)](#) [期刊论文]-[东北林业大学学报](#) 2014 (06)
9. 喻时举 [橡胶健康树与五级死皮树几种内源激素等的研究分析](#)[学位论文]硕士 2008
10. 许小勇, 张静, 孙希禄, 李梅兰, 雷鸣, 张鲁刚 [大白菜CMS7311雄性不育的发生与花蕾内源激素含量变化的关系研究](#)[期刊论文]-[华北农学报](#) 2014 (06)
11. 葛长军 [黄瓜主要种质资源果实直性评价](#)[学位论文]硕士 2008
12. 程江 [太空诱变玉米核不育突变体的矮败表现及激素分析](#)[学位论文]硕士 2009
13. 杨晓丽 [芝麻核雄性不育的超微结构观察、内源激素测定及相关基因的克隆研究](#)[学位论文]硕士 2008

引用本文格式: [许明](#), [白明义](#), [魏毓棠](#). [XU Ming, BAI Ming-yi, WEI Yu-tang 紫菜薹细胞质雄性不育系及其保持系在不同发育时期内源激素的变化](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2007 (3)