

甘蓝胞质雄性不育与内源激素含量的关系

许忠民, 张恩慧, 程永安, 马青山

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以甘蓝胞质雄性不育系 CMS451 及其保持系 Y03-6 为试材, 采用间接酶联免疫 (ELISA) 检测技术, 分析花蕾不同发育时期 IAA、ABA、GA₃ 和 ZR 等内源激素的含量与比值变化, 研究甘蓝胞质雄性不育与内源激素含量的关系。结果表明: 不育系 CMS451 花蕾 GA₃ 和 ZR 含量均低于保持系, 均呈现先升后降; IAA 含量不育系均高于保持系, 呈现先降后升, 保持系则持续减少; ABA 含量在小孢子发育中期不育系低于保持系, 后期高于保持系, 变化趋势相反; 综上所述, 甘蓝胞质雄性不育系 CMS451 花蕾发育过程中内源激素的异常变化与小孢子败育有关。

关键词:甘蓝; 胞质雄性不育; 内源激素

中图分类号:S 635.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)08-0001-05

甘蓝胞质雄性不育的研究和利用起步较晚, 1968 年日本的 Ogura^[1]发现萝卜胞质雄性不育 (Cytoplasmic male sterility, CMS), 随后国内外将该不育源转育到甘蓝上, 揭开了甘蓝胞质雄性不育的研究。该研究通过对甘蓝胞质雄性不育系与保持系内源激素含量差异比较, 研究甘蓝胞质雄性不育和内源激素的关系, 对揭示甘蓝胞质雄性不育的生理机制具有重要意义。高等植物中广泛存在细胞质雄性不育现象, 迄今为止已在 200 多种植物中发现细胞质雄性不育^[2-3]。甘蓝胞质雄性不育最初是由萝卜胞质雄性不育转育而来, 而该不育源是 1968 年由 Ogura 首先在萝卜中发现的不育材料, 因而该不育源也称为 OguCMS。最初该不育材料在甘蓝上表现低温叶片黄化、蜜腺不发达等生理缺陷^[4], 后国内引进改良的 OguCMS, 其不育源表现植株低温叶片不黄化、蜜腺正常、雄性不育性稳定^[5], 同时对该不育源花器官形态、结实特性和不育基因等^[6]方面进行了研究。还有许多学者对其它植物胞质雄性不育机制在细胞解剖学、遗传学、分子生物学与生理生化等方面进行了大量研究^[7-8]。在大白菜^[6]、甜菜^[8]、榨菜^[9]、玉米^[10]、水稻^[11]和油菜^[12-13]等作物上的研究结果表明, 植物雄性不育和内源激素含量的变化密切相关。我国对甘蓝雄性不育与内源激素含量的关系尚鲜见报道, 只有其它十字花科作物

的报道。朱玉英等^[7]对青花菜雄性不育系与保持系生长发育过程中内源激素含量变化研究表明, 不育系 BC7-19 叶片与花蕾的 IAA 含量显著高于保持系, 而 GA 含量却明显低于保持系; ABA、iPAs 与 ZRs 的含量, 在不育系花蕾中含量高于其保持系, 叶片中却低于保持系。田长恩等^[13]对 PolCMS 油菜雄性不育系及其保持系生长发育过程中内源激素动态变化研究表明, GAs 含量在叶片与花蕾中均为不育系高于保持系, 而且均为先降后升。IAA 含量在叶片中保持系是先降后升, 不育系却相反, 而且前者含量在大多数时期低于后者; 在花蕾中保持系一直降低, 而不育系却先降后升, 且前者含量低于后者。ABA 含量在叶片与花蕾中两系变化趋势相似, 但不育系较高。史公军等^[6]对白菜胞质雄性不育系败育过程中内源激素含量研究结果表明, IAA、GA 含量的不足, ZRs、ABA 的积累以及 IAA/ZRs 比值的失衡导致白菜不育系小孢子败育。由于在甘蓝胞质雄性不育与内源激素关系尚鲜见报道, 因而有必要进行深入研究。该试验在甘蓝花蕾发育的主要时期, 研究甘蓝胞质雄性不育系内源激素变化状况, 并与保持系进行比较分析, 在激素水平上为揭示甘蓝胞质雄性不育生理机制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为甘蓝胞质雄性不育系 CMS451 及其保持系 YP03-6, CMS451 来源于改良的 Ogura CMS。

1.2 试验方法

不育系和保持系于秋季种植于试验田, 冬季窖藏越冬春化后, 次年定植于防虫网室中。随机选取 10 株植株, 于盛花期取正常花蕾样品, 花蕾共分 4 个时期, 分别为小孢子母细胞期、四分体期、单核细胞期和花粉粒成

第一作者简介:许忠民 (1971-), 男, 陕西大荔人, 博士, 助理研究员, 现主要从事蔬菜种子资源和遗传育种等研究工作。E-mail: xuzhongmin2003@126.com。

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目 (2008BADB1B02); 陕西省农业科技攻关计划资助项目 (2009K01-24); 西安市农业科技攻关计划资助项目 (NC09041(1))。

收稿日期:2015-01-16

成熟,材料编号如表 1,并分别混合;各取样 3~5 份,每份 1 g,称重后用液氮固定,保存于超低温冰箱备用。

表 1 甘蓝胞质雄性不育系与保持系花蕾取样时期

Table 1 Sampling stage of CMS line and its maintainer in bud of cabbage

材料编号 Material number	1	2	3	4
取样时期 Sampling stage	小孢子母细胞期 Microsporocyte	四分体期 Tetrads of microspore	单核细胞期 Single nuclear microspore	花粉粒成熟期 Mature pollen grains

1.3 项目测定

植物激素提取和纯化参照史公军等^[6]和吴颂如等^[14]的方法,用间接酶联免疫法(ELISA)测定激素 GA₃、IAA、ABA、ZR 含量,重复 3 次。试剂盒购自南京农业大学。

2 结果与分析

2.1 甘蓝花蕾不同发育时期内源激素含量变化

2.1.1 甘蓝花蕾不同发育时期 GA₃ 含量变化 由图 1 可以看出,甘蓝花蕾发育从小孢子母细胞期到花粉粒成熟期,保持系与不育系花蕾中 GA₃ 含量变化趋势均是先升后降,但保持系花蕾在各时期的 GA₃ 含量均高于不育系,并且在单核小孢子期极显著高于不育系,是不育系的 2.5 倍。

2.1.2 甘蓝花蕾不同发育时期 IAA 含量变化 IAA 含量变化与 GA₃ 相反(图 1),甘蓝不育系从小孢子母细胞期到花粉粒成熟期花蕾中 IAA 含量均高于保持系,不育系花蕾中 IAA 含量变化趋势呈“V”字形,即先降后升;而保持系花蕾中 IAA 含量变化趋势是持续下降。在小孢子母细胞期和四分体期,不育系与保持系花蕾中 IAA 含量无明显差异,但在单核细胞期和花粉粒成熟期则不育系花蕾中 IAA 含量极显著高于保持系,造成 IAA 盈积。

2.1.3 甘蓝花蕾不同发育时期 ABA 含量变化 甘蓝不育系与保持系花蕾中 ABA 含量变化趋势相反(图 1),不育系呈“V”字形,为先降后升,保持系呈倒“V”字形,为先升后降。在小孢子母细胞期,不育系高于保持系,随后在四分体期和单核小孢子期又低于保持系,到花粉粒成熟期又升高,高于保持系近 1 倍,说明不育系花蕾中 ABA 含量变化异常。

2.1.4 甘蓝花蕾不同发育时期 ZR 含量变化 从图 1 可知,在花蕾发育过程中,不育系与保持系花蕾中 ZR 含量变化趋势基本一致,呈倒“V”字形,二者均是在四分体期达到高峰,随后逐渐降低,但不育系花蕾中 ZR 含量始终低于保持系,尤其在四分体期,保持系花蕾中 ZR 含量极显著高于不育系,是不育系的 1.92 倍,说明不育系花蕾在发育过程中 ZR 一直处于亏损状态。

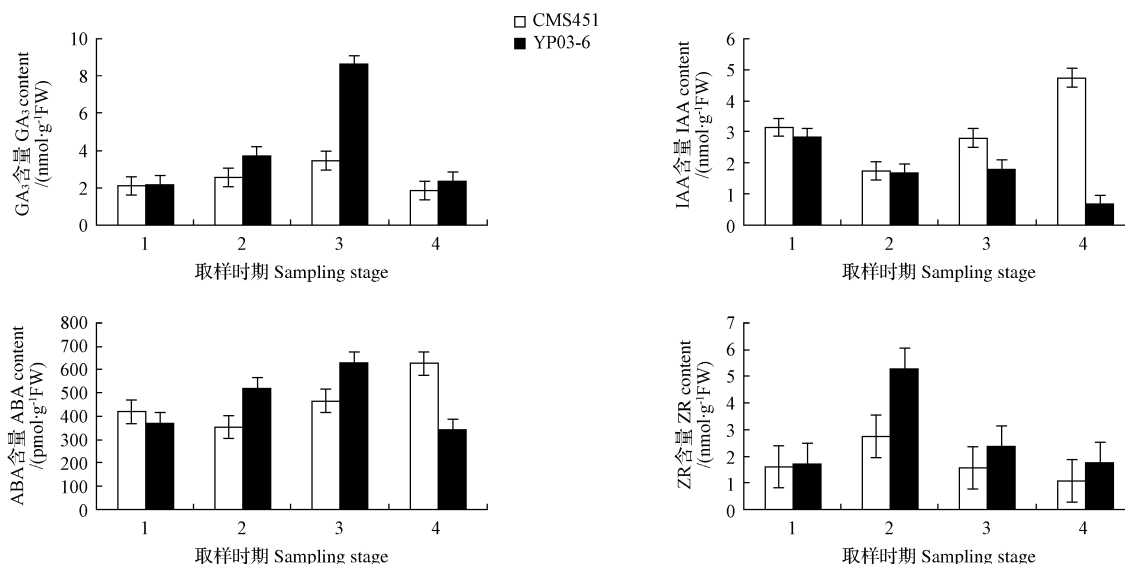


图 1 甘蓝胞质雄性不育系及其保持系花蕾不同发育时期内源激素含量变化

Fig. 1 Changes of endogenous hormone contents in buds of CMS line and its maintainer at different development stages in cabbage

2.2 甘蓝不育系及其保持系花蕾中内源激素平衡比较

2.2.1 GA₃/ABA 比值分析 由图 2 可以看出,不育系与保持系之间 GA₃/ABA 的比值随花蕾发育期变化趋势一致,均是先升后降,但在花蕾发育不同时期保持系 YP03-6 花蕾 GA₃/ABA 比值均高于不育系 CMS451。在小孢子母细胞期和四分体期两系花蕾 GA₃/ABA 比值差异较小,但在单核小孢子期和花粉粒成熟期保持系花

蕾 GA₃/ABA 比值显著高于不育系。

2.2.2 IAA/ABA 比值分析 不育系与保持系花蕾之间 IAA/ABA 的比值随着花蕾的发育变化趋势不同,其比值差异也较大(图 2)。不育系 IAA/ABA 比值呈“V”字形,即先降后升,而保持系 IAA/ABA 比值随花蕾发育呈下降趋势;在小孢子母细胞期两系 IAA/ABA 无显著差异,在其它 3 个发育时期 IAA/ABA 比值不育系均显

著高于保持系,尤其在花粉粒成熟期不育系 IAA/ABA 比值是保持系的 3.86 倍。

2.2.3 IAA/ZR 比值分析 在花蕾发育过程中,不育系 IAA/ZR 比值均高于保持系(图 2),不育系与保持系之

间 IAA/ZR 比值变化趋势不同,不育系呈“V”字形,为先降后升,保持系前 3 个发育阶段也是先降后升,但在最后一个阶段 IAA/ZR 比值又降低。在花粉粒成熟期不育系 IAA/ZR 比值极显著高于保持系,是保持系的 11.79 倍。

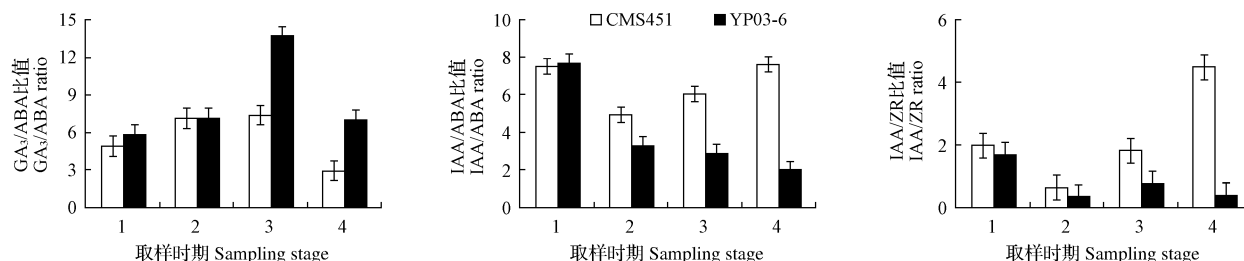


图 2 甘蓝花蕾不同发育时期激素比值变化

Fig. 2 Changes of the ratio of endogenous hormone at different development stages of buds in cabbage

3 讨论与结论

3.1 甘蓝 CMS 与内源激素含量关系

植物内源激素是雄蕊正常发育不可或缺的重要因素,长期以来,人们就已经注意到植物雄性不育的发生和激素之间存在着一定关系。Sawhney 等^[4]通过对植物激素和雄性不育性研究总结出一个植物雄性不育假说:ABA 含量的升高,生长素水平的提高,乙烯的过度累积以及细胞分裂素和赤霉素水平的降低会致使植物发生雄性不育。这种假说在辣椒^[15]、黄瓜^[4]、油菜^[12,16]、番茄^[17]、玉米^[18]、辣椒^[19]和小麦^[20]等作物上得到验证。当然也有例外,辣椒不育系赤霉素增加^[21],葱^[22] IAA 含量减少、ABA 含量升高,玉米不育系赤霉素和细胞分裂素积累^[10]均可发生雄性不育。该研究结果表明,在花蕾发育前期,甘蓝胞质雄性不育系与保持系的内源激素含量差异不明显,但在花蕾发育单核细胞期以后二者有极显著性差异,而此时是花药开始发生败育。在不同花蕾发育阶段,不育系花蕾中 GA₃、ZR 含量始终低于保持系;IAA 含量始终高于保持系;ABA 含量在小孢子母细胞期和花粉粒成熟期高于保持系,在花蕾发育中期低于保持系。这与 Sawhney 等^[4]的假说基本一致。由此可见,植物育性与花器官中内源激素的含量变化有关,但不同作物,甚至同一作物不同雄性不育类型的内源激素变化趋势有所不同。

3.2 甘蓝 CMS 与各种内源激素的关系

3.2.1 甘蓝 CMS 与 GA₃ GA₃ 是赤霉素类的一种,它在植物体内能改变碳水化合物的代谢过程,并促进水解酶活性变化,使贮藏物质发生水解,从而为植物生长和发育提供所需能量^[4]。甘蓝不同花蕾发育阶段,不育系 GA₃ 含量均低于保持系,尤其是后 3 个阶段,达到极限显著性差异,这与前人在其它作物上的研究结果一致,如玉米^[18]、小麦^[20]、青花菜^[7]。关于赤霉素与雄性不育的关系,童哲^[23]认为 GA 和 IAA 可能是调节花朵育性的化学信使。游年顺等^[24]通过对水稻雄性不育系研究认

为,GA 水平下降导致多胺合成下降,进一步导致乙烯含量增加,造成不育。该研究结果表明,不育系在单核细胞期 GA₃ 含量较低,不能促进水解酶的活性,导致提供能量降低,因而严重影响小孢子的发育,致使绒毡层细胞液泡化并伸长膨大,营养物质降解。因此表明甘蓝 CMS 和 GA₃ 含量降低存在一定的相关性。

3.2.2 甘蓝 CMS 与 IAA IAA 主要集中于生长旺盛的组织与器官中,可促进植物维管束的发育,并对细胞的分裂与生长、物质运输与积累起重要作用^[4]。在甘蓝花蕾发育过程中,不育系 CMS451 花蕾 IAA 含量均高于保持系,尤其是在花蕾发育后期,不育系花蕾中 IAA 含量过度积累,说明生长素过度累积与甘蓝胞质雄性不育有关。这一结果与前人对油菜^[13]研究结果一致,也与朱玉英等^[7]对萝卜胞质青花菜雄性不育系研究结果相同,但与 CMS 玉米^[10]、水稻^[25]等作物研究结果不同。Shamon 等^[26]认为高浓度生长素可能会诱导产生过量乙烯,从而促进雌性表达或诱导雄性不育。

3.2.3 甘蓝 CMS 与 ZR ZR 为玉米素核苷,是一种活性很强的细胞分裂素,可影响花药的呼吸强度,ZR 含量较高使花蕾呼吸强度下降,从而导致小孢子败育^[18]。该研究结果表明,在甘蓝花蕾发育过程中,两系花蕾中 ZR 含量动态变化趋势均为先升后降,并在四分体期达到顶峰,但在此时期不育系 CMS451 花蕾中 ZR 的含量显著低于保持系,并且在所有发育过程中不育系均低于保持系,说明 ZR 的亏缺与甘蓝雄性不育有关。这一结果与前人在榨菜^[9]和甜菜^[8]研究结果相同。

3.2.4 甘蓝 CMS 与 ABA ABA 含量过高会导致通往小花的维管系统不能正常形成,小孢子发育所需的物质不能及时得到供应,致使小孢子发育受阻,小孢子内物质匮乏,最终导致了败育的发生^[22]。但也有研究认为 ABA 含量的剧减是雄性不育产生的原因之一^[11]。该试验甘蓝雄性不育系花蕾发育过程中,小孢子败育前 ABA 含量低于保持系,小孢子败育后高于保持系。该结果与

前人的研究结果有所差异。植物育性的表达具有明显的时空特性,许多研究仅限于小孢子败育前后的一两个时期,而没有将内源激素的变化与整个雄性败育的过程结合起来研究,得出的结论可能片面。因此,该研究认为,在甘蓝花蕾发育早期不育系花蕾中 IAA 过度积累,ABA、ZR 和 GA₃ 的亏缺可能是雄性不育发生的原因,而在花蕾发育后期则是不育产生的结果。

3.3 内源激素平衡与甘蓝 CMS 的关系

植物组织中的激素并不是孤立存在的,其对基因表达调控主要通过不同类型激素间平衡来实现,不同类型激素以相互协同或者是相互拮抗的方式发挥作用。Poliwick 等^[27]认为 CTK 和 ABA 这 2 种激素的正常比例对油菜雄蕊的正常发育特别重要。该研究结果表明,保持系 YP03-6 花蕾 GA₃/ABA 比值均高于不育系。在花蕾发育前期两系 GA₃/ABA 比值无明显差异,但后期保持系 GA₃/ABA 比值显著高于不育系。不育系 IAA/ABA 比值先降后升,而保持系呈下降趋势。在花蕾发育过程中,不育系 IAA/ZR 比值均高于保持系,尤其在花粉粒成熟期不育系 IAA/ZR 比值极限显著高于保持系。这与 CMS 萝卜^[28]和 CMS 大白菜^[29]研究结果相似。因此,甘蓝不育系花蕾发育过程中 GA₃/ABA、IAA/ABA 和 IAA/ZR 等比例失调影响了花药发育,导致甘蓝不育系小孢子败育。

因此,甘蓝雄性不育的发生是一个复杂生理生化过程,就激素水平而言,并不只是某种激素水平的升高或降低,还取决于激素间相互平衡。甘蓝雄性不育的发生是花蕾发育过程中各种内源激素平衡改变的结果。

参考文献

- [1] Ogura H. Studies on the new male sterility in Japanese radish with special reference to the utilization of this sterility towards the practical raising of hybrid seeds[J]. Mern Fac Agri Kagoshima University, 1968, 6(2): 39-78.
- [2] Hanson M R. Plant mitochondrial mutations and sterility[J]. Annual Review of Genetics, 1991, 25: 461-486.
- [3] 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[J]. 园艺学报, 2000, 27(3): 187-192.
- [4] Sawhney V K, Shukla A. Male sterility in flowering plants are plant growth substances involved[J]. American Journal of Botany, 1994, 81(12): 1640-1647.
- [5] 刘忠松,官春云,陈社员. 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.
- [6] 史公军,侯喜林,胡巍. 细胞质雄性不育白菜败育过程中激素和多胺含量的变化[J]. 西北植物学报, 2004, 24(11): 2109-2112.
- [7] 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[J]. 上海农业学报, 2002, 18(4): 42-46.
- [8] 王华忠,吴则东,韩英,等. 甜菜细胞质雄性不育与内源激素含量的

关系[J]. 中国农业科学, 2008, 41(4): 1134-1141.

- [9] 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[J]. 浙江农业大学学报, 1997, 23(2): 154-157.
- [10] 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研究[J]. 作物学报, 1994, 20(1): 26-32.
- [11] 赵玉锦,童哲,陈华君,等. 内源植物激素与光敏核不育水稻农垦 58S 育性的关系[J]. 植物学报, 1996, 38(12): 936-941.
- [12] Shukla A, Sawhney V K. Cytokinins in a genic male sterile line of *Brassica napus* [J]. Physiol Plant, 1992, 85: 23-29.
- [13] 田长恩,张明永,段俊,等. 油菜细胞质雄性不育系极其保持系不同发育阶段内源激素动态变化初探[J]. 中国农业科学, 1998, 31(4): 20-25.
- [14] 吴颂如,陈婉芬,周燮. 酶联免疫法(ELISA)测定内源植物激素[J]. 植物生理学通讯, 1988(5): 53-57.
- [15] 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[J]. 植物生理学通讯, 2001, 37(1): 31-32.
- [16] Shukla A, Sawhney V K. A bscisic acid; one of the factors affecting male sterility in *Brassica napu* [J]. Physiol Plant, 1994, 91: 522-528.
- [17] Singh S, Sawhney V K, Pearce D W. Temperature effects on endogenous indole-3-acetic acid levels in leaves and stamens of the normal and male sterile 'stamenless-2' mutant of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) [J]. Plant Cell & Enviroment, 1992, 15: 373-377.
- [18] 唐祈林,荣廷昭,胡长远. 不同核背景的玉米 CMS 系内源激素关系的研究[J]. 四川农业大学学报, 2002, 20(3): 209-211.
- [19] 吴智明,胡开林,符积钦,等. 辣椒胞质雄性不育与花蕾内源激素含量的关系[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(2): 1-4.
- [20] 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): 307-312.
- [21] 张子学,罗育淮. 辣椒核一质互作雄性不育与叶、蕾中内源激素含量的关系[J]. 安徽技术师范学院学报, 2002, 16(2): 5-7.
- [22] 苗锦山,杨文才,刘彩霞,等. 葱胞质雄性不育花蕾生化物质含量和能量代谢酶活性的动态变化特征[J]. 西北植物学报, 2010, 30(6): 1142-1148.
- [23] 童哲. 光敏核不育水稻的发育生物学研究评述[J]. 植物学报, 1998, 40(3): 189-199.
- [24] 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、GA₁₊₃₊₄₊₇ 比较分析[J]. 福建省农科院学报, 1997, 12(1): 7-11.
- [25] 黄少白,周燮. 水稻细胞质雄性不育与内源 GA₁₊₄ 和 IAA 的关系[J]. 华北农学报, 1994, 9(3): 16-20.
- [26] Shamon S, Guardia M D. Sex expression and the production of ethylene induced by auxin in the cucumber (*Cucumis sarivus* L.) [J]. Nature, 1969, 223: 186-190.
- [27] Polowick P L, Sawhney V K. Microsporogenesis in a normal line and in the Ogu cytoplasmic male-sterile line of *Brassica napus* [J]. Sex Plant Report, 1990(3): 263-276.
- [28] 任喜波,戴希尧,魏毓棠. 不同核背景的萝卜细胞质雄性不育与内源激素关系的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(2): 169-172.
- [29] 冯忠梅,张凤兰,张德双,等. 大白菜新型胞质雄性不育系及其保持系花药不同发育时期内源激素动态变化的研究[J]. 华北农学报, 2005, 20(4): 40-43.

Relationships Between Endogenous Hormone Contents and Cytoplasmic Male Sterility in Cabbage

XU Zhong-min, ZHANG En-hui, CHENG Yong-an, MA Qing-shan

(College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

叶菜失水条件下的高光谱图像特征分析研究

吴 琼^{1,2}, 陆安祥², 朱大洲³, 王 成³, 方晶晶¹, 纪建伟¹

(1. 沈阳农业大学 信息与电气工程学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 北京农业质量标准与检测技术研究中心, 北京 100095;

3. 北京农业智能装备技术研究中心, 北京 100097)

摘 要:通过采集小白菜、菠菜、油菜、娃娃菜这4种蔬菜的叶片,分别在失水0、10、24、48 h的状态下,利用成像光谱仪采集其光谱图像,对蔬菜叶片进行对比分析,利用高光谱成像技术对蔬菜新鲜度检测进行了初步探讨。结果表明:蔬菜在失水过程中,高光谱图像能反映其外观形态及内部叶绿素的光谱曲线变化,并利用主成分分析(PCA)方法实现对不同品种蔬菜叶片的分类定性判别的划分。从而说明利用高光谱成像来辨别蔬菜叶片新鲜度是可行的。

关键词:蔬菜;高光谱成像;失水;新鲜度;无损检测

中图分类号:TN 911.73 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)08-0005-05

蔬菜是商品性极强的农产品,而且以鲜销为主,产销链短、时限性强,卫生安全标准严、市场准入要求高,对标准化生产需求迫切。目前中国蔬菜产品的总量已经供过于求,今后蔬菜产业的发展要更多的依赖于扩大出口,推进标准化生产的时机已经成熟。经过几十年的努力,前人已经研究出一些蔬菜无损检测技术^[1],包括利用蔬菜的电学特性^[2]、光学特性^[3]、声波振动特性^[4]以及核磁共振技术^[5]、机器视觉技术^[6]、电子鼻技术^[7]和撞

击技术等^[8]。其中应用最广泛、最成功的检测方法是光学方法,它综合了光学传感器和数据处理技术,能对蔬菜品质进行高精度、高效率的检测和自动分选^[9]。从国外蔬菜目前的发展看,发达国家的蔬菜产业具有产业化程度高、科技含量高、蔬菜商品的国际市场竞争能力高等特征。他们通常都拥有自己独立的科研机构,并将其销售收入的10%左右投资于研究和开发领域,有的高达15%~20%。通过科研的高投入,保持其创新能力不断提高,保证自身始终处于科技创新的前沿,保持其在蔬菜知识产权领域中的垄断地位^[10]。国内也有一些专家学者近来开始关注对蔬菜的无损检测技术的研究。近年来国内外专家学者利用近红外光谱分析技术对蔬菜进行无损检测分析研究现状^[11-13]发现,虽然利用可见光投射和反射技术测定蔬菜品质始于20世纪50年代,但从目前国内外研究进展情况来看,研究成果还存在许多问题,尚有一定的缺陷与不足。由于蔬菜品种的多样性和品质的易腐变性,对其质检时限和环节提出了特殊要求,因此,尽管近红外光谱分析技术具有快速、绿色、环

第一作者简介:吴琼(1982-),女,辽宁辽阳人,博士,讲师,现主要从事农业信息化技术等研究工作。E-mail: wuqiong0615@sina.com.

责任作者:纪建伟(1963-),男,辽宁沈阳人,教授,博士生导师,现主要从事农业信息化技术等研究工作。E-mail: bage0615@sina.com.

基金项目:公益性行业(农业)科研专项资助项目(201003008);国家自然科学基金资助项目(31201125);北京市自然科学基金资助项目(4142019)。

收稿日期:2014-11-10

Abstract: Enzyme-linked immunosorbent assays (ELISA) was used as test material, to determine IAA, ABA, ZR and GA₃ contents and the ratio of these endogenous hormones, in order to study the relationship between cabbage cytoplasmic male sterility (CMS) and the content of endogenous hormones. These endogenous hormones were taken from buds of cytoplasmic male sterile line (CMS451) and its maintainer (Y03-6) during reproductive period. The results showed that the content of GA₃ and ZR in buds of CMS451 were lower than those of its maintainer, their contents increased first and decreased afterwards. IAA content of CMS451 was higher than that of its maintainer and decreased first and then increased while it continuously decreased in maintainer. The content of ABA in CMS451 was lower than that of its maintainer at mid-stage of microspore development, and was higher at the later stage. The results were concluded that, the abnormal hormone change in the bud development of cabbage CMS451 may be related to the microspore abortion.

Keywords: cabbage; cytoplasmic male sterility; endogenous hormone