

番茄果实 *LeNCED2* 基因的克隆及其表达分析

崔萌萌 孙亮 王灿磊 赵胜利 刘姝彤 许小茜
王艳萍 纪凯 李平 冷平*

(中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193)

摘要 为了解 ABA 对果实发育和成熟的调控作用,对与 ABA 合成相关的 *LeNCED2* 基因进行了克隆与分析。采用 RT-PCR 和 RACE 技术从番茄品种‘嘉宝’(*Solanum lycopersicum* cv. Jiabao)果实中克隆得到了一个 *LeNCED1* 基因的同源片段,定名为 *LeNCED2*(基因库注册号:EU912387)。该基因 3' 端序列为 1 635 bp,与 *LeNCED1* 基因的 DNA 序列同源性为 72.7%,与马铃薯中的 *StNCED2* 基因(AY662343)碱基序列同源性高达 95%。碱基序列推导的蛋白序列与 *LeNCED1* 基因的同源性为 80%。RT-PCR 分析显示 *LeNCED2* 基因在番茄植株的根、茎、叶、花和萼片上都有表达。Real-time RT-PCR 分析显示 *LeNCED2* 基因在幼果期表达量较高,随着果实成熟逐渐降低,与 ABA 含量不一致。而 *LeNCED1* 基因在转色期表达量最大且与 ABA 含量相对应。

关键词 番茄; *LeNCED2* 基因; ABA; Real-time RT-PCR

中图分类号 S 641.2

文章编号 1007-4333(2010)06-0020-07

文献标志码 A

Cloning and tissue expression of a new 9-*cis*-epoxycarotenoid dioxygenase gene *LeNCED2* from tomato fruit

CUI Meng-meng, SUN Liang, WANG Can-lei, ZHAO Sheng-li, LIU Shu-tong,
XU Xiao-qian, WANG Yan-ping, JI Kai, LI Ping, LENG Ping*

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract A *LeNCED1* homologous gene fragment named *LeNCED2* was cloned from fruits of tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Jiabao) by RT-PCR and RACE technology. The gene including 3' end is 1 635 bp, and it is 72.7% identity with *LeNCED1* (Z97215) and 95% with potato *StNCED2* gene (AY662343). The deduced amino acid sequence is over 80% identity with *LeNCED1*. RT-PCR analysis showed that the *LeNCED2* expressed in roots, stems, leaves, and fruits. Real-time RT-PCR analysis showed that the expression level of *LeNCED2* was high in young fruits but decreased with fruit ripening progress. The expression pattern of *LeNCED2*, which was not in step with the ABA level, was not the same as the expression pattern of *LeNCED1* which had highest level in turning stage of tomato fruits.

Key words tomato; *LeNCED2* gene; abscisic acid; Real-time RT-PCR

植物激素脱落酸不仅在植物生长发育、种子休眠和耐旱胁迫中发挥调节作用,同时还是果实发育和成熟过程中的重要调控因子^[1-3]。到目前为止,跃变型果实的成熟机制,尤其是乙烯的影响,虽然已经得到了深入的研究^[4],但仍然有许多不明点,需要更深入的研究。番茄之所以被认为是分析果实成熟和

发育的一个极好的模式材料,部分原因是由于它具有大量的成熟突变体,为研究提供了方便。成熟抑制突变体(rin)和未成熟突变体(nor)在果实成熟后期缺乏呼吸跃变和乙烯高峰。应用外源乙烯处理虽不能促进上述突变体果实的成熟,却能诱导其乙烯调节的成熟相关基因的表达^[5-6]。这表明在跃变型

收稿日期:2010-04-26

基金项目:北京市科委重大资助项目(D0706002000091);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2009-02-06)

第一作者:崔萌萌,硕士研究生,E-mail:cuiMeng123123@163.com

通讯作者:冷平,教授,主要从事果品采后生理与分子生物学研究,E-mail:leng.p@263.net

果实的成熟过程中,除了常规的乙烯生物合成及其信号转导之外,可能还存在其他独立于乙烯的调节因子。脱落酸可以被看作是另一个成熟控制因子,因为不论是在跃变型果实^[7-8]还是在非跃变型果实^[9-13]中,未熟的果实中脱落酸的含量都非常低,但是 ABA 随着果实成熟而增加。

现在生物化学和遗传学已经证明,9-顺式环氧类胡萝卜素双加氧酶(NCED)是高等植物脱落酸生物合成途径的关键酶^[14-16]。在干旱条件下,ABA 含量达到峰值后,只要 ABA 合成关键酶 NCED 能持续表达,ABA 含量即可继续维持较高水平^[17]。目前的研究表明,ABA 可能触发了跃变型果实番茄的乙烯大量合成并启动其成熟进程^[18]。本实验室已经建立了番茄 NCED 基因的 RNAi 转化体系,以便研究 ABA 在其成熟过程中的作用^[19]。在非跃变型果实葡萄、甜樱桃上也证明 ABA 与其始熟有关^[20-21]。因此,NCED 基因的克隆对研究 ABA 有极其重要的作用。自从其首次被从玉米 *vp14* 突变体中分离^[14]以来,NCED 基因已经在多种植物中被克隆,如菜豆^[22],豇豆^[23],拟南芥^[16],柑橘^[24]。但是目前对 NCED 基因关键调节的 ABA 在果实成熟中的作用研究还较少。

目前,基因库中仅有 1 个 NCED 基因 (*LeNCED1*) 注册。本研究拟利用 RT-PCR 和 RACE 技术从番茄果实中克隆得到 *LeNCED2* 基因,并通过 RT-PCR 和 Real-time RT-PCR 分析得到此基因的表达部位和时期。为进一步研究该基因的功能奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以番茄 (*Solanum lycopersicum* cv. Jiabao) 为试材,种子购自北京绿东方农业技术研究所。供试番茄种子于 2007 年春季种植于中国农业大学科学园温室中。温室条件为:昼间 25 °C,夜晚 20 °C,相对湿度为 70% 左右。在开花期对花朵挂牌标记。番茄果实取样时期为:花后 20(幼果期)、30(绿熟期)、35(破色期)、38(转色期)、40(粉红色期)、45(红熟期)和 50 d(过熟期)。每次取样选择 15 个大小相同的番茄果实(3 次重复,每次重复 5 个果实)。果实取样后切碎并在液氮中速冻后贮存在 -80 °C 条件

下备用。

克隆载体 pGEM-T Easy 试剂盒、Oligo (dT) 30、*Taq* 酶、反转录试剂盒 (Marathon™ cDNA Amplification Kit、PrimeScript™ RT reagent kit) 和 SYBR Premix Ex *Taq*™ kit 均购自 TaKaRa 生物工程有限公司。胶回收试剂盒、感受态大肠杆菌 DH5 α 购自北京天根公司。

1.2 试验方法

1.2.1 果实 NCED 基因片段及 3' 端的克隆

果实样品中总 RNA 的提取,采用热硼酸法;反转录利用 Marathon™ cDNA Amplification Kit (CLONTECH) 进行。简并引物根据 GenBank 中登录的其他植物的 NCED 基因保守区设计(表 1)。PCR 扩增条件为:94 °C, 3 min 预变性;94 °C, 30 s;50 °C, 30 s;72 °C, 1 min;30 个循环;72 °C 延伸 10 min。将 PCR 产物用试剂盒 GFX PCR DNA and Gel Band Purification Kit (Amersham) 纯化回收后,连接到 pGEM-T 载体上,转化大肠杆菌 DH5 α (北京天根公司),并涂布在含有 50 mg/mL 的 Amp、IPTG 和 X-gal 的 LB 平板上,筛选出阳性克隆。质粒提取与纯化采用试剂盒 Wizard Plus SV Minipreps DNA Purification System (Promega),按照使用说明书进行。用 *EcoR* I 酶切质粒,电泳鉴定并选择插入片断大小正确的质粒并测序(重复 2 次)。

根据克隆得到的 NCED 基因中间片断设计特异性引物,利用 RACE-PCR 技术,按照 invitrogen 公司的 3'RACE System for Rapid Amplification of cDNA ends 试剂盒说明书,对 NCED 基因 3' 末端序列进行扩增,特异引物见表 1。PCR 反应程序:94 °C 预变性 3 min;94 °C 变性 30 s,52 °C 退火 30 s,72 °C 延伸 1 min,扩增 35 个循环;72 °C 延伸 10 min。得到扩增片段按照上面方法测序。

1.2.2 RT-PCR 及 Real-time RT-PCR 分析

提取番茄果实总 RNA,采用 PrimeScript™ RT reagent kit (TaKaRa) 反转录成单链 cDNA。RT-PCR 分析引物参见表 1,PCR 条件为 95 °C, 30 s; 1 个循环; 95 °C, 15 s; 58 °C, 20 s; 72 °C, 15 s; 40 个循环。Real-time PCR 使用 CorbettResearch 公司 Rotor-Gene 3000 Two-filter Real-time Cycler 对 NCED 基因进行实时荧光定量分析。本实验中 Real-time RT-PCR 内参基因选用 SAND 基因,引

物参考 Marino Expósito-Rodríguez 等^[22]。所用引物见表 1。Real-time PCR 采用 SYBR Premix *Ex Taq*TM kit (TaKaRa)。反应体系包括: 1 μ L primer mix (包括 5 μ M of each forward and reverse primer), 2 μ L cDNA, 12.5 μ L SYBR Premix *Ex*

*Taq*TM (2 \times) mix 和 9.5 μ L 水。反应条件为: 95 $^{\circ}$ C, 30 s; 1 个循环; 95 $^{\circ}$ C, 15 s; 58 $^{\circ}$ C, 20 s; 72 $^{\circ}$ C, 15 s; 40 个循环。NCED 基因的相对表达量通过 Rotor-Gene 6. 1. 81 软件进行计算。实验数据为 2008 和 2009 年 2 年的数据。

表 1 本试验所用引物

Table 1 Primers used in this study

目的基因	引物名称	引物序列(5'-3')
果实内参基因*	SAND-F	TTGCTTGGAGGAACAGACG
	SAND-R	GCAAACAGAACCCCTGAATC
NCED 基因简并引物	NCED-F	TTYGAYGGIGAYGGIATGGTICA
	NCED-R	TCCAIGCRTTCCAIARRTRAA
<i>LeNCED2</i> 基因 3'RACE 引物	<i>LeNCED2</i> 外侧	CTATTGTTGTTCTATGCCCGTGGAG
	<i>LeNCED2</i> 内侧	AATCCTTCAAGTTTTCTCCAGACGG
<i>LeNCED1</i> 基因实时定量引物	lensp1-F	AGGCAACAGTGAACTTCCATCAAG
	lensp1-R	TCCATTAAAGAGGATATTACCGGGGAC
<i>LeNCED2</i> 基因实时定量引物	lensp2-F	TGGTTTTTCATGGGACATTCATTAGC
	lensp2-R	ATCTCCCTTCTCAACTCCCTATTCC

注: * 引物源于文献[25], 其他引物由本实验室设计。

1.3 统计分析

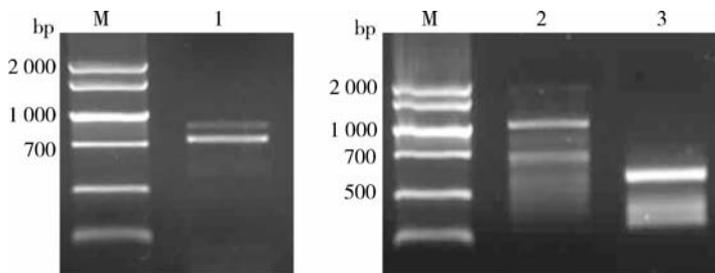
试验所有数据用 Excel 软件进行计算和作图, 采用 *t*-test 对试验数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 番茄果实 *LeNCED2* 基因的克隆

根据简并引物扩增得到番茄 *LeNCED2* 基因的保守片段, 长度约为 740 bp。BLAST 比对和同源性分析表明番茄果实 *LeNCED2* 基因的碱基序列与

番茄 *LeNCED1* 基因(Z97215)碱基序列同源性为 72.70%, 而与马铃薯的 *StNCED2* 基因(AY662343)碱基序列同源性高达 95%。此外, 番茄果实 *LeNCED2* 基因所编码的氨基酸序列与桃(*PpNCED1*, EF625684; *PpNCED2*, EU912386)和葡萄(*VvNCED1*, EF625685)果实 NCED 氨基酸片段的同源性都在 80% 以上。通过 3'RACE 得到 3' 片段, 拼合后总长度为 1 635 bp。定名为 *LeNCED2*, 在基因库注册号为 EU912387(图 1~3)。



1 为 *LeNCED2* 基因简并引物扩增产物凝胶电泳; 2 为 *LeNCED2* 外侧引物扩增产物凝胶电泳; 3 为以 *LeNCED2* 外侧引物扩增产物为模板, 以 *LeNCED2* 内侧引物进行 nest-PCR 扩增产物凝胶电泳; M 为 NCED 基因的 marker。

图 1 *LeNCED2* 基因简并引物扩增及 3'RACE 扩增产物凝胶电泳

Fig. 1 Agarose gel electrophoresis of the *LeNCED2* gene fragment and 3' RACE production

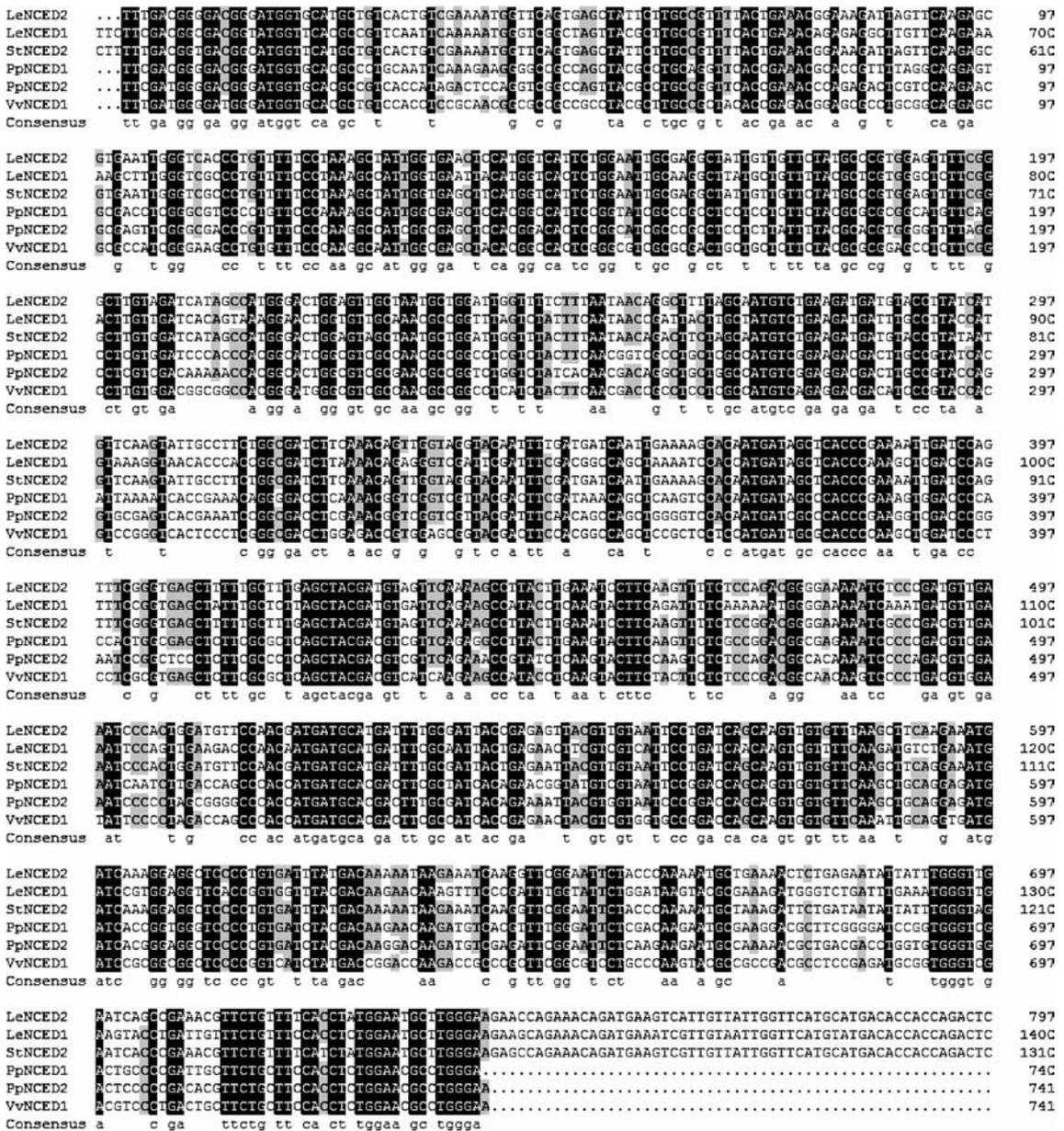


图 2 番茄果实中 *LeNCED2* 基因同源性分析

Fig.2 Homology analysis of *LeNCED2* gene

2.2 番茄中 *LeNCED2* 的表达

通过 Real-time RT-PCR 分析了番茄果实发育与成熟过程中 *LeNCED1* 基因和 *LeNCED2* 基因在果肉中的表达(图 4)。结果显示, *LeNCED1* 基因在果实转色期表达量达到最大值, 与 ABA 含量的变化相一致。而 *LeNCED2* 与 *LeNCED1* 基因的表达有很大的差别。*LeNCED2* 与 *LeNCED1* 基因的表达在幼果期的果肉中表达量最大, 随后逐渐下降, 果实成熟之后 *LeNCED2* 基因的表达很低。此外, RT-PCR 分析结果(图 5)显示, *LeNCED2* 基因在番茄植株的各个

部位均有表达。*LeNCED2* 基因的生物学功能还不太清楚, 有待进一步探究。

3 讨论

对果实中 *NCEDs* 的克隆及其表达规律分析有助于了解 ABA 对果实发育与成熟的调控作用。迄今已经从跃变型果实鳄梨中分离出 2 个 *NCED* 基因 (*Persea Americana* Mill.) ; *PaNCED1* 和 *PaNCED3*。在果实发育与成熟过程中, *PaNCED1* 和 *PaNCED3* 基因的表达与果实中乙烯的产生相

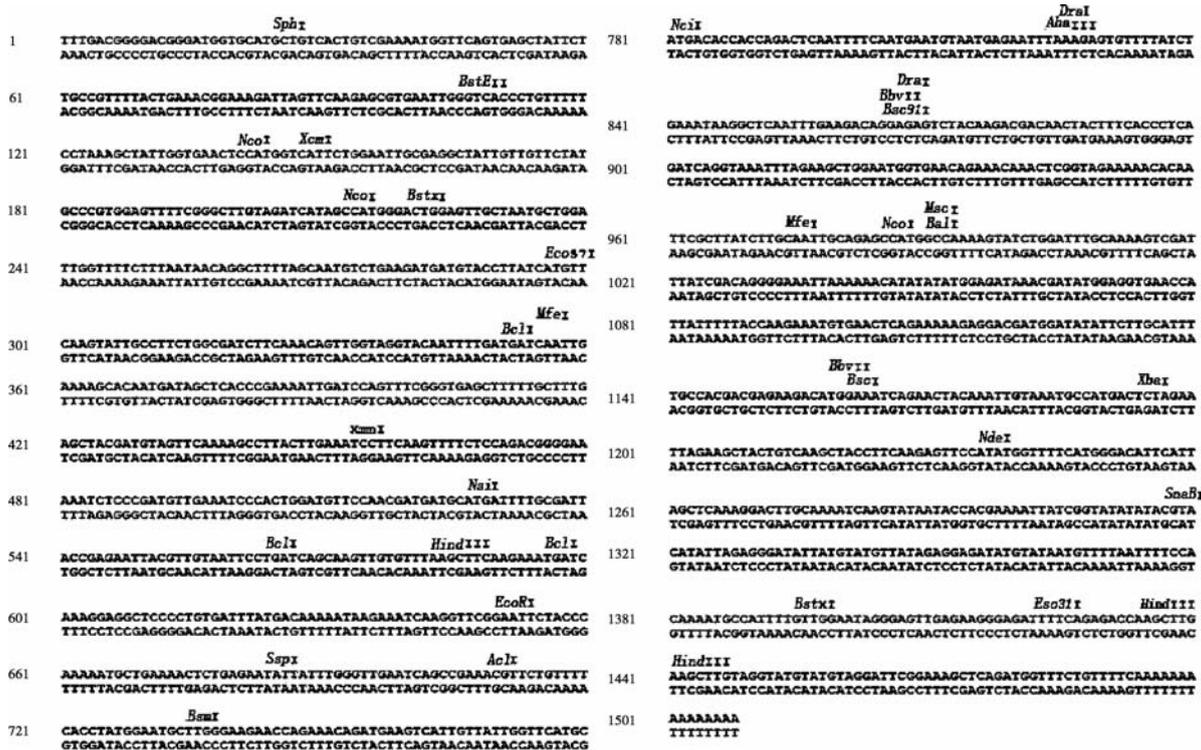


图3 *LeNCED2* 基因包含 3'端序列的酶切位点图谱

Fig. 3 Restriction Enzyme cutting sites of *LeNCED2* gene with 3' end

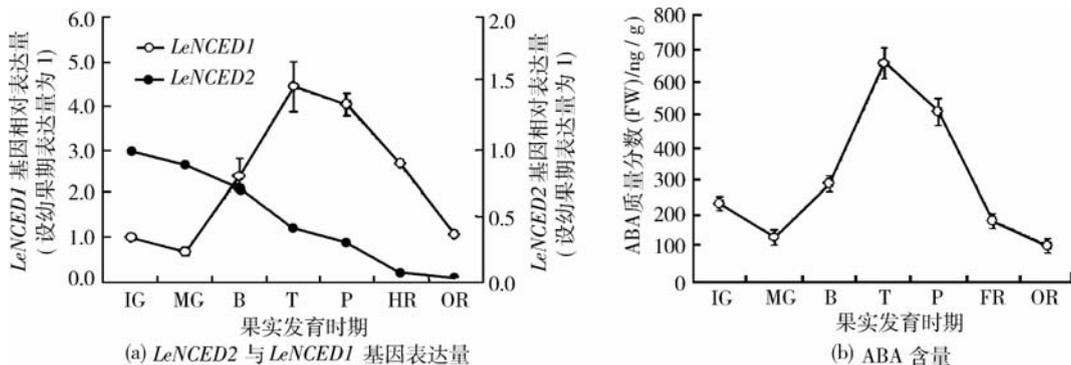
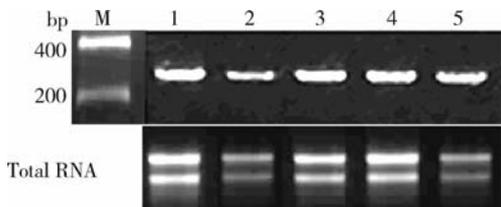


图4 果实发育与成熟过程中 *LeNCED2* 与 *LeNCED1* 基因的表达和 ABA 含量的变化

Fig. 4 Expression of *LeNCED2*, *LeNCED1* and ABA content during the process of development and ripening of tomato fruits



1 为根系; 2 为成熟叶片; 3 为花瓣; 4 为萼片; 5 为茎尖。
图5 番茄植株不同组织中 *LeNCED2* 基因的 RT-PCR 分析

Fig. 5 RT-PCR analysis of *LeNCED2* gene in different tissues of tomato

一致,它们早于脱落酸的积累。因此有学者认为乙烯诱导了 *NCED* 基因的表达和 ABA 的积累,从而导致了果实的成熟^[26]。最近,已从一种非跃变型果实 *Citrus sinensis* L. Osbeck 中分离出 2 个 *NCEDs*; *CsNCED1* 和 *CsNCED2*^[23]。在果实中只有 *CsNCED1* 基因的表达与 ABA 的积累相一致,这表明 *CsNCED1* 基因可能是在果实 ABA 生物合成中起主要作用。本课题组在先前的工作中已经证明,番茄中 *LeNCED2* 基因可通过诱导 ACC 合成酶

基因 *ACS2* 和 *ACS4* 以及 ACC 氧化酶基因 *ACO1* 的表达而启动系统 II 乙烯^[27]。说明在跃变型果实番茄成熟过程中,存在着 ABA 和乙烯的功能性交互与协作。

本研究从番茄果实中克隆了 *LeNCED2* 基因的保守片段和 3' 末端序列,表明番茄果实至少存在 2 个 *NCED* 基因。在番茄果实成熟过程中,分析 *LeNCED1* 基因和 *LeNCED2* 基因的表达,发现这 2 个基因的表达差异很大。*LeNCED1* 基因在果实转色期出现高峰,与果实中 ABA 含量的变化相对应,由此可以说明 *LeNCED1* 基因在果实的发育过程中起作用;*LeNCED2* 基因在幼果期表达量最高,之后持续降低,与果实中 ABA 的含量变化不相关,说明 *LeNCED2* 基因与果实成熟过程不相关,而有可能与果实幼果发育相关。这种同源基因在同一组织中表达模式的不同可能涉及到基因的组织和功能特异性表达,这一现象也在其他同源基因中发现,如番茄果实中 *LeACS2* 与 *LeACS4* 与系统 II 乙烯相关,而 *LeACS1* 和 *LeACS6* 与系统 I 乙烯相关^[28]。这种基因表达的特异性有利于植物体适应外界环境变化和增强对自身生命过程的精确调控。已知 *LeNCED1* 基因的表达早于 *LeACS2*, *LeACS4* 和 *LeACO1*, *LeNCED1* 基因的表达启动了果实成熟初期脱落酸的生物合成,并作为果实成熟的原初诱导因子^[25]。但是, *LeNCED2* 基因的生物学功能还有待进一步试验研究。

参 考 文 献

- [1] Giovannoni J. Molecular biology of fruit maturation and ripening[J]. *Plant Mol Biol*, 2001, 52: 725-749
- [2] Giovannoni J. Genetic regulation of fruit development and ripening[J]. *Plant Cell*, 2004, 16: S170-S180
- [3] Rodrigo M J, Marcos J F, Alferez F, et al. Characterization of Pinalate, a novel Citrus sinensis mutant with fruit-specific alteration that results in yellow pigmentation and decreased ABA content[J]. *J Exp Bot*, 2003, 54: 727-738
- [4] Alexander L, Grierson D. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening[J]. *J Exp Bot*, 2002, 53: 2039-2055
- [5] Tigchelaar E, McGlasson W, Buescher R. Genetic regulation of tomato fruit ripening[J]. *HortScience*, 1978, 13: 508-513
- [6] Yen H, Lee S, Tanksley S, et al. The tomato Never-ripe locus regulates ethylene-inducible gene expression and is linked to a homologue of the *Arabidopsis ETR1* gene[J]. *Plant Physiol*, 1995, 107: 1343-1353
- [7] Vendrell M, Buesa C. Relationship between abscisic acid content and ripening of apples[J]. *Acta Hort*, 1989, 258: 389-396
- [8] Buesa C, Dominguez M, Vendrell M. Abscisic acid effects on ethylene production and respiration rate in detached apple fruits at different stages of development[J]. *Rev Espan Cien Tecnol Aliment*, 1994, 34: 495-506
- [9] Inaba A, Ishida M, Sobajima Y. Changes in endogenous hormone concentration during berry development in relation to the ripening of Delaware grape[J]. *J Jpn Soc Hort Sci*, 1976, 45: 245-252
- [10] Coombe B G. The grape berry as a sink[J]. *Acta Hort*, 1989, 239: 149-158
- [11] Kojima K. Distribution and change of endogenous IAA and ABA in asparagus spear and orange fruit[J]. *Chem Reg Plant*, 1996, 31: 68-71
- [12] Kondo S, Inoue K. Abscisic acid and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) content during growth of 'Satohnishiki' cherry fruit, and the effect of ABA and ethephon application on fruit quality[J]. *J Hort Sci*, 1997, 72: 221-227
- [13] Kondo S, Tomiyama A. Changes of free and conjugated ABA in the fruit of Satohnishiki sweet cherry and the ABA metabolism after application of (s)-(+) - ABA[J]. *J Hort Sci Biotechnol*, 1998, 73: 467-472
- [14] Tan B C, Schwartz S H, Zeevaart J A D, et al. Genetic control of abscisic acid biosynthesis in maize[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1997, 94: 12235-12240
- [15] Burbidge A, Grieve T M, Jackson A, et al. Characterization of the ABA-deficient tomato mutant notabilis and its relationship with maize Vp14 [J]. *Plant J*, 1999, 17: 427-431
- [16] Iuchi S, Kobayashi M, Taji T, et al. Regulation of drought tolerance by gene manipulation of 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase, a key enzyme in abscisic acid biosynthesis in *Arabidopsis* [J]. *Plant J*, 2001, 27: 325-333
- [17] 冷平, 张光连, 李祥欣, 等. 柿果萼 ABA 生物合成关键酶基因的克隆及 ABA 对柿离体幼果乙烯的调节[J]. *科学通报*, 2009, 54(14): 2082-2088
- [18] 殷学仁, 张波, 李鲜, 等. 乙烯信号转导与果实成熟衰老的研究进展[J]. *园艺学报*, 2009, 36(1): 133-140
- [19] 王玲, 孙亮, 冷平, 等. 番茄果实 ABA 合成酶 NCED

- 基因的克隆及其 RNAi 遗传转化体系的建立[J]. 中国农业大学学报, 2009, 14(5): 54-60
- [20] 张大鹏, 徐雪峰, 张子连, 等. 葡萄果实始熟机理的研究: 缓慢生长期外施激素和环剥的效应[J]. 园艺学报, 1997, 24(1): 1-7
- [21] 任杰, 冷平. ABA 和乙烯与甜樱桃果实成熟的关系[J]. 园艺学报, 2010, 37(2): 199-206
- [22] Qin X, Zeevaart J A D. The 9-*cis*-epoxycarotenoid cleavage reaction is the key regulatory step of abscisic acid biosynthesis in water-stressed bean [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1999, 96: 15354-15361
- [23] Iuchi S, Kobayashi M, Yamaguchi K, et al. A stress-inducible gene for 9-*cis*-epoxycarotenoid dioxygenase involved in abscisic acid biosynthesis under water stress in drought-tolerant cowpea [J]. Plant Physiol, 2000, 123: 553-562
- [24] Rodrigo M J, Alquezar B, Zacarias L. Cloning and characterization of two 9-*cis*-epoxycarotenoid dioxygenase genes, differentially regulated during fruit maturation and under stress conditions, from orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck)[J]. J Exp Bot, 2006, 57: 633-643
- [25] Marino Expósito-Rodríguez, Andrés A Borges, Andrés Borges-Pérez, et al. Selection of internal control genes for quantitative real-time RT-PCR studies during tomato development process [J]. BMC Plant Biology, 2008, 8: 131
- [26] Chernys J T, Zeevaart J A D. Characterization of the 9-*cis*-epoxycarotenoid dioxygenase gene family and the regulation of abscisic acid biosynthesis in avocado [J]. Plant Physiol, 2000, 124: 343-353
- [27] Zhang M, Yuan B, Leng P. The role of ABA in triggering ethylene biosynthesis and ripening of tomato fruit [J]. J Exp Bot, 2009, 60: 1579-1588
- [28] Cornelius S Barry, James J Giovannoni. Ethylene and fruit ripening[J]. Plant Growth Regul, 2007, 26: 143-159

· 科研简讯 ·

“农田循环生产配套关键机械技术集成与应用研究”课题三项成果通过教育部鉴定

2010年9月5日,由彭彦昆教授主持的“十一五”国家科技支撑计划“农田循环生产配套关键机械技术集成与应用研究”课题中的“农田循环生产精准复合施肥、地膜回收和旋耕埋草关键技术与装备”接受了相关技术领域专家的鉴定。该课题是“十一五”国家科技支撑计划“农田循环生产关键技术研究及集成示范”项目之一,于2007年末启动,目标是从农田循环生产机械化需求出发,建立可控化、减量化、可循环、再利用的农田循环生产机械化技术体系,研发农田循环生产作业装备。课题组针对小麦、玉米2种作物,研制了氮、磷、钾精准复合变量施肥机。开发了农田氮、磷、钾养分变量与自动配比及混合机械装置和控制器,可根据土壤养分信息,实现农田氮、磷、钾3种肥料变量及自动混合配比。课题组还研制了1MSM-1000型苗期地膜回收机,可实现苗期地膜的完整回收。此外,课题组研制的旋耕埋草施肥复合作业机可一次完成秸秆粉碎、旋耕碎土、秸秆覆埋和施肥等多项作业。项目执行期间,共发表研究论文20篇,其中EI收录论文8篇。申报国家发明专利7项、授权实用新型专利2项。鉴定委员会听取了彭彦昆教授的研究和技术工作报告,审阅了课题组提交的鉴定材料,评价了研究成果。鉴定委员会认为:氮、磷、钾同时精准变量施肥机,对实现最小投入产出比、保证资源环境可持续发展、确保食品安全等均具有重要意义。1MSM-1000型苗期地膜回收机的研制成功对于解决地膜对作物生长以及对生态环境造成的环境污染问题,保证农业可持续发展具有重要意义。旋耕埋草施肥复合作业机项目的实施,避免了秸秆焚烧对环境的污染,秸秆还田改善了土壤结构,可增加土壤有机质含量、提高土壤肥力,社会经济效益显著。上述三类机械装备机构新颖,创新性强,总体上达到国际先进水平,一致同意通过鉴定。