

# 草莓果实中脱落酸受体基因 *FaABAR/CHLH* 表达变化及其影响因素分析

贾海锋, 柴叶茂, 李春丽, 董清华, 秦岭, 沈元月\*

(北京农学院植物科学技术学院, 农业应用新技术北京市重点实验室, 北京 102206)

**摘要:** 为了探讨脱落酸调控草莓果实成熟的信号识别机制, 以‘北农香’草莓花后 1~4 周的果实为试材, 在克隆脱落酸受体基因 *FaABAR/CHLH* 的基础上, 通过荧光定量 PCR 研究了果实发育过程中该基因表达量的变化及其影响因素。结果表明, 草莓果实中脱落酸受体 *FaABAR/CHLH* 基因编码一个含有 1 381 个氨基酸的蛋白, 且该蛋白含有一个金属离子螯合酶 H 亚基超家族保守区。在果实发育的前期 (小绿、大绿和浅绿果期), *FaABAR/CHLH* 基因表达量维持较高水平; 随着果实的加速褪绿, 其表达量迅速降低, 至白果期降到最低点; 随着果实着色启动, 其表达量又迅速上升。ABA 和高 pH 能促进 *FaABAR/CHLH* 基因在转录水平上的表达, 而蔗糖则抑制该基因转录水平。草莓果实中脱落酸受体基因 *FaABAR/CHLH* 表达水平的变化进一步揭示了 ABA 在调控果实成熟中的重要作用。

**关键词:** 草莓; 果实; 脱落酸受体 ABAR/CHLH; 基因; 表达; 蔗糖; pH

**中图分类号:** S 663.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2011) 09-1650-07

## Expression Changes of ABA Receptor Gene *FaABAR/CHLH* in Strawberry and Its Affection Factors

JIA Hai-feng, CHAI Ye-mao, LI Chun-li, DONG Qing-hua, QIN Ling, and SHEN Yuan-yue\*

(Beijing Key Laboratory for Agricultural Application and New Technique, College of Plant Science and Technology, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China)

**Abstract:** To investigate the signalling perception mechanism of ABA regulation on strawberry fruit ripening, experiment with ‘Beinongxiang’ strawberry fruit during 1 - 4 weeks after anthesis, the mRNA expression level of *FaABAR/CHLH* gene in developing fruit and its affection factors were detected via real-time PCR and fruit-tissue discs. The results showed that a 4 325 bp cDNA fragment encoded a strawberry ABA receptor *FaABAR/CHLH* protein with 1 381 amino acid sequences that contain a conserved domain of metal ion chelatase H subunit superfamily. During the early developmental stage of fruit (small green, large green, and light green), the *FaABAR/CHLH* gene expressed highly. Coupled with fruit de-greening, the transcription level of the gene rapidly decreased, and then up to the lowest level at white stage. On the beginning of fruit red-coloring, the transcription level of the gene rapidly increased. Both ABA and pH could markedly promote the mRNA expression level of the gene. In contrast, sucrose

收稿日期: 2011 - 05 - 09; 修回日期: 2011 - 08 - 31

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30971977); 北京市自然科学基金项目 (6082005); 北京市自然科学基金和北京市教委联合资助重点项目 (KZ200910020001)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: sfmn@tom.com)

significantly inhibited the gene transcripts. The change of the mRNA expression level of ABA receptor gene *FaABA/CHLH* during strawberry fruit development further uncovered an important role of ABA in regulation of fruit ripening.

**Key words:** strawberry; fruit; abscisic acid receptor ABAR/CHLH; gene; expression; sucrose; pH

果实成熟调控机理的研究受到了园艺工作者和植物学家的普遍关注。一般认为启动呼吸跃变型果实成熟的激素是乙烯, 而启动非呼吸跃变型果实成熟的激素可能涉及脱落酸(abscisic acid, ABA)。以番茄果实为试材, 以乙烯受体及其信号转导分子机制为理论基础, 植物学家已经揭示了乙烯跃变型果实成熟的分子机理(Alexander & Grierson, 2002)。然而, 目前对于非跃变型果成熟调控的细胞信号转导分子机制的了解还相对缺乏(Zhang et al., 2009)。

值得关注的是, 脱落酸受体鉴定工作在模式植物上近年来取得了实质性突破(Shen et al., 2006; Liu et al., 2007; Fujii et al., 2009; Ma et al., 2009; Pandey et al., 2009; Park et al., 2009)。这些受体, 一类是细胞质膜上常规的 G 蛋白偶联受体 GCR2 和新型的 G 蛋白偶联受体 GTG1、GTG2(Liu et al., 2007; Pandey et al., 2009), 另一类是含有 START 特征区的 ABA 受体 PYR/PYL/RCAR(Fujii et al., 2009; Ma et al., 2009; Park et al., 2009), 还有一类是定位于质体/叶绿体内参与叶绿素合成的镁离子螯合酶 H 亚基的 ABA 受体 ABAR/CHLH(Shen et al., 2006; Wu et al., 2009; Shang et al., 2010)。PYR/PYL/RCA 和 ABAR/CHLH 都属于可溶性受体。由于 ABA 受体及其信号转导机制的确立较晚, 因此, 基于 ABA 作用机制探讨果实成熟调控的相关研究目前还未见报道。为此, 本研究中以‘北农香’草莓果实为试材, 在克隆 ABA 同源受体 *ABAR/CHLH* 基因的基础上, 研究果实发育过程中 *ABAR/CHLH* 同源基因表达量的变化及其影响因素, 为非跃变型果实成熟调控的分子机制研究奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2009 年 3—5 月在北京农学院科技示范园进行。试材为温室栽培的‘北农香’草莓, 其生长状况良好。在第 1 穗果开花时作标记, 定期采果。试材大小一致, 均为同期发育一致的一级序果。参照 Fait 等(2008)文献将草莓果实划分为 7 个时期: 小绿(花后 7 d)、大绿(花后 14 d)、浅绿(花后 18 d)、纯白(花后 21 d)、始红(花后 23 d)、片红(花后 25 d)、全红(花后 28 d)。随机选取各期果实 12 个, 花托分离后用液氮速冻, 存于  $-80^{\circ}\text{C}$  超低温冰箱, 供测试分析用。

试剂 PVPP, CTAB 购自 Sigma 公司, DH5 $\alpha$  大肠杆菌感受态购自北京全式金生物技术有限公司, pMD19-T、LA *Taq*、SYBR premix Ex *Taq* 购自 TaKaRa, 引物合成和测序工作委托上海生物工程有限公司完成。

### 1.2 总 RNA 的提取及 cDNA 第一链的合成

草莓果实总 RNA 的提取参照朱晓琴等(2008)改良的 CTAB 法进行。在 1%非变性琼脂糖凝胶中检测总 RNA 的完整性, 并用 Eppendorf BioPhotometer 测定总 RNA 浓度和  $A_{260}/A_{280}$ 、 $A_{260}/A_{230}$  值。利用 M-MLV 逆转录酶和 Clontech SMART<sup>TM</sup> Library(Clontech)合成 3'-RACE cDNA 模板。

### 1.3 草莓脱落酸受体 *ABAR/CHLH* 基因的克隆

根据 GenBank 上已公布的草莓 *CHLH* 基因序列, 通过 BLAST 比对得到 1 个类似草莓 *CHLH*

mRNA 序列。设计引物 P1: 5'-ATGGCTTCTTTGGTGTCTTCACC-3', 以 P1 和 UPM 为引物进行 3'-RACE。PCR 反应条件为 94 °C 预变性 5 min, 94 °C 变性 30 s, 56 °C 退火 30 s, 72 °C 延伸 4 min, 30 个循环; 72 °C 延伸 10 min。PCR 产物置 0.8% 琼脂糖中电泳, 胶回收试剂盒回收目的基因片段, 回收产物与 pMD19-T 载体连接后转化 *E. coli* DH5 $\alpha$  感受态细胞, 菌液 PCR 检测是否有插入片段, 挑选阳性克隆测序。

#### 1.4 实时荧光定量 PCR 分析

Real-time PCR 采用 SYBR Premix Ex *Taq* 试剂盒 (TaKaRa), 荧光定量 PCR 仪为 BIO-RAD iQ5, 反应总体积 20  $\mu$ L: 2  $\times$  SYBR Green PCR 混液 10  $\mu$ L, cDNA 模板 2  $\mu$ L, 正、反向引物各 0.4  $\mu$ L (10  $\mu$ mol  $\cdot$  L<sup>-1</sup>), 用 RNase free 水补足至 20  $\mu$ L。FaCHLH: 上游 5'-TCCTCATGGAATGATGAGAAGC-3'; 下游 5'-GTGGTGGTGTGTCAGCAATGTAAG-3'; Actin: 上游 5'-TGGGTTTGCTGGAGATGAT-3'; 下游 5'-CAGTAGGAGAACTGGGTGC-3'。PCR 程序为: 95 °C 2 min, 95 °C 20 s, 54 °C 20 s, 72 °C 20 s, 40 个循环, 最后溶解从 60 °C 到 95 °C, 每个循环 0.5 °C 30 s。试验重复 3 次。

#### 1.5 果实组织圆片温育试验

蔗糖 (0、50、100、150 mmol  $\cdot$  L<sup>-1</sup>)、ABA (0、2、5  $\mu$ mol  $\cdot$  L<sup>-1</sup>) 和 pH (2.5、3.5、4.5、5.5、6.0) 处理大绿果期草莓果实组织圆片, 参照 Beruter 和 Studer (1995) 报道的方法进行温育试验。

#### 1.6 花托中脱落酸的测定

从 -80 °C 超低温冰箱中取出样品, 设 3 次重复, 每重复取 3 个果实。在每个果实中间部位, 用打孔器取表皮下花托 1 g 左右, 混合研磨后取 0.5 g。用酶联免疫法测定花托中的脱落酸含量 (黄丛林等, 1999)。

## 2 结果与分析

### 2.1 草莓果实中 FaABAR/CHLH 基因的克隆

结合 RT-PCR 和 3'-RACE 技术从草莓果实中克隆了脱落酸受体 ABAR/CHLH 4 352 bp cDNA 基因片段, 该片段含有一个编码 1 381 个氨基酸的完整开放阅读框 (命名为 FaABAR/CHLH, GenBank 注册号为 GQ201451)。基于 FaABAR/CHLH 蛋白 1 381 个氨基酸 BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) 同源性序列分析发现, 该蛋白含有一个金属离子螯合酶 H 亚基超家族保守区, 并与其他植物高度同源, 例如桃 (*Prunus persica*, ACO57443) 92%, 葡萄 (*Vitis vinifera*, ADE05291) 88%, 大豆 (*Glycine max*, CAA04526) 88%, 蓖麻 (*Ricinus communis*, XP\_002532078) 88%, 金鱼草 (*Antirrhinum majus*, CAA51664) 87%, 烟草 (*Nicotiana tabacum*, AAB97152) 87%, 杨树 (*Populus trichocarpa*, XP\_002308946) 87%, 拟南芥 (*Arabidopsis thaliana*, CAA92802) 85%, 大麦 (*Hordeum vulgare*, AAK72401) 83% 和水稻 (*Oryza sativa*, ABF95686) 83%。

### 2.2 花托中 FaABAR/CHLH 基因在草莓果实发育过程中表达量的变化

通过实时荧光定量 PCR 技术对草莓果实发育中 FaABAR/CHLH 表达量进行分析。在果实发育的绿果期 (花后 7 ~ 18 d), FaABAR/CHLH 基因表达量维持较高的水平; 随着果实的加速褪绿, FaABAR/CHLH 基因表达量迅速降低, 至白果期 (21 d) 降到最低点; 随着果实着色启动, 其表达量又迅速上升 (图 1)。以上结果表明 ABAR/CHLH 基因可能参与果实的褪绿和着色过程。

### 2.3 花托中脱落酸水平变化

结果如图 2 所示, 花托中 ABA 含量在小绿果期最低, 随着果实发育逐渐快速增加, 在白果期(花后 21 d) 达到第 1 个高峰。此后, ABA 水平先缓慢下降, 随后又快速升高, 全红时达到最高。在草莓果实发育过程中, 花托中 ABA 含量总体上呈增加的趋势。

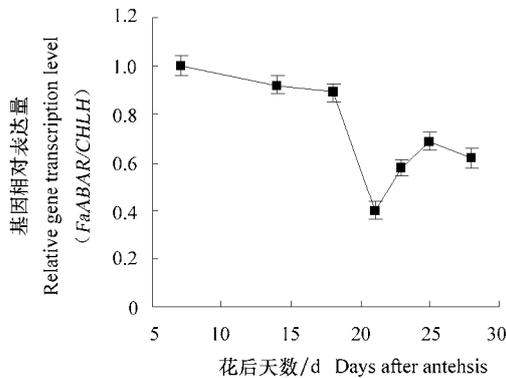


图 1 草莓果实发育中 *FaABAR/CHLH* 基因表达水平的变化  
Fig. 1 Changes of the mRNA expression level of *FaABAR/CHLH* gene during strawberry fruit development

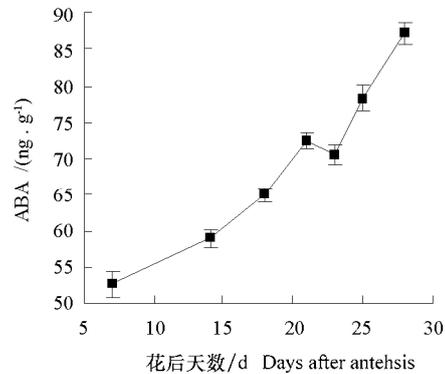


图 2 草莓果实发育中 ABA 含量的变化  
Fig. 2 Changes of ABA content during strawberry fruit development

### 2.4 ABA 对 *FaABAR/CHLH* 基因表达量的影响

通过 ABA 处理草莓果实圆片温育及荧光定量 PCR 试验, 分析 ABA 对 *FaABAR/CHLH* 表达量的影响, 结果(图 3)表明, 随着 ABA 浓度的增加, *FaABAR/CHLH* 表达量呈显著上升的趋势。这一结果在一定程度上揭示了 *FaABAR/CHLH* 基因的转录受 ABA 诱导。

### 2.5 蔗糖对 *FaABAR/CHLH* 基因表达量的影响

通过蔗糖处理草莓果实圆片温育及荧光定量 PCR 试验, 分析蔗糖对 *FaABAR/CHLH* 表达量的影响, 结果(图 4)表明, 随着蔗糖浓度的增加, *FaABAR/CHLH* 表达量呈显著降低的趋势。这一结果在一定程度上揭示了高水平蔗糖对 *FaABAR/CHLH* 基因的转录有抑制作用。

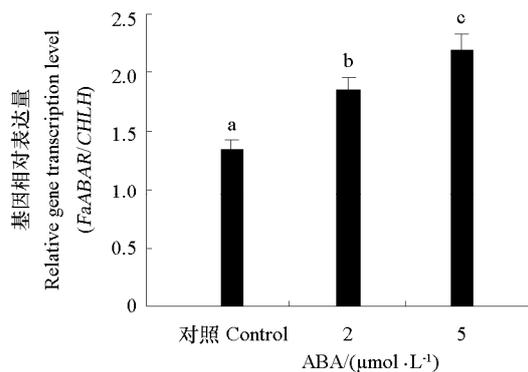


图 3 不同浓度 ABA 对 *FaABAR/CHLH* 表达量影响  
不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。  
Fig. 3 Effects of ABA on the mRNA expression level of *FaABAR/CHLH* gene  
Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

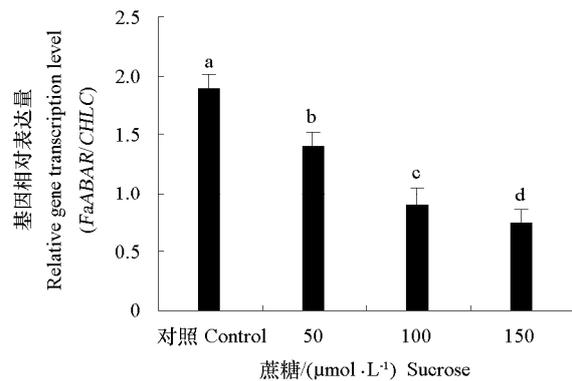


图 4 蔗糖对 *FaABAR/CHLH* 表达量影响  
不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。  
Fig. 4 Effects of sucrose on the mRNA expression level of *FaABAR/CHLH* gene  
Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

## 2.6 pH 对 *FaABAR/CHLH* 基因表达量的影响

通过 pH 处理草莓果实圆片温育及荧光定量 PCR 试验, 分析了 pH 对 *FaABAR/CHLH* 表达量的影响, 结果 (图 5) 表明, 随着 pH 的增加, *FaABAR/CHLH* 表达量呈显著上升的趋势。这一结果在一定程度上揭示了 pH 对 *FaABAR/CHLH* 基因的转录有促进作用。

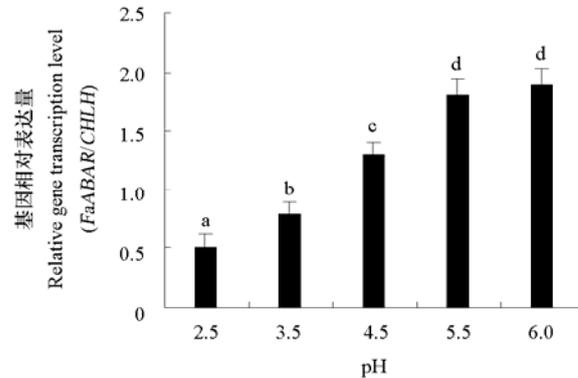


图 5 pH 对 *FaABAR/CHLH* 表达量影响

不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Fig. 5 Effects of pH on the mRNA expression level of *FaABAR/CHLH* gene

Different letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ).

## 3 讨论

### 3.1 ABA 是调控草莓果实成熟的重要激素

植物激素脱落酸被认为在非跃变型果实成熟过程中发挥着重要作用 (Coombe, 1992; Perkins-Veazie, 1995; Zhang et al., 2009; 李春丽 等, 2011)。现以 ‘北农香’ 草莓 7 个时期 (小绿、大绿、浅绿、纯白、始红、片红、全红) 的果实为试材分析了花托中 ABA 变化趋势, 发现 ABA 含量在整个草莓果实发育过程中总体上呈上升趋势 (图 2)。这在一定程度上进一步揭示了 ABA 在草莓果实发育过程中可能发挥着重要的作用。

ABA 执行其生物学功能的过程, 实质上是一个细胞信号转导过程。不难理解, 植物激素与其受体的相互作用是激素信号转导中最为关键的一步。因此理论上推测, 果实的成熟启动不仅依赖于激素含量迅速增加, 而且还依赖于其受体表达水平的协同增加。本研究中发现, 随着草莓果实着色启动, ABA 含量及其受体 *FaABAR/CHLH* 转录水平都呈逐渐上升的趋势 (图 1、图 2)。大量的 ABA 及其受体加速和放大了 ABA 的细胞信号转导过程, 从而快速启动了一系列果实成熟相关基因的表达, 大大促进果实的成熟进程。着色期花托中 ABA 及其受体基因转录变化趋势进一步证实了 ABA 在草莓果实成熟过程中的重要作用。

### 3.2 *FaABAR/CHLH* 调控草莓果实成熟可能的分子机制

在模式植物拟南芥中研究发现, 脱落酸受体 *ABAR* 基因编码一个已知蛋白质, 即定位于质体内的参与催化叶绿素合成的镁螯合酶 H 亚基 (magnesium chelatase H subunit, *CHLH*), 并证实 *ABAR/CHLH* 介导 ABA 的信号转导独立于叶绿素代谢过程 (Shen et al., 2006)。在果实发育的早期阶段 (小绿、大绿、浅绿), *ABAR/CHLH* 转录维持较高的水平, 随着果实加速褪绿, 其转录水平又快速下降, 至白果期降到最低。推测果实着色前该基因参与叶绿素合成作用可能占主导地位; 随着白果期后果

实着色启动, 其表达量又迅速上升, 推测草莓果实发育的后期 *FaABAR/CHLH* 参与 ABA 启动果实成熟调控占主导地位。通过草莓果实圆片温育 *FaABAR/CHLH* 转录水平影响因素研究发现, ABA 和 pH 能促进该基因在 mRNA 水平上的表达, 而蔗糖则抑制该基因转录水平。为此推测, pH 值对 *FaABAR/CHLH* 转录水平起着重要的调控作用。

最近, ABAR/CHLH 作用机制在拟南芥上又取得了突破: ABAR/CHLH 是一个跨越叶绿体被膜的蛋白质, 其 C-端和 N-端暴露在细胞质中, 其 C-端部分可以与 WRKY 转录因子互相作用; ABAR/CHLH 与 ABA 信号分子结合后, 可以刺激 WRKY40 从细胞核到细胞质的转移, 促进 ABAR/CHLH 与 WRKY40 的互相作用, 阻遏 WRKY40 的表达, 从而解除 WRKY40 对 ABA 响应基因转录的抑制, 调控了一批相应 ABA 的下游信号基因, 例如 *ABI1*、*ABI2*、*ABI4*、*ABI5*、*SnRK2*、*MYB* 等 (Shang et al., 2010)。已有报道证实转录因子 MYB 参与了葡萄果实色素合成的调控 (Bogs et al., 2007); *ABI1* 和 *ABI2* 作为 ABA 信号的负调控因子参与了拟南芥种子成熟的调控 (Gosti et al., 1999); *ABI4*、*ABI5* 和 *SnRK2* 作为 ABA 信号的正调控因子参与了拟南芥植物生长糖代谢调控 (Dekkers et al., 2008; Zheng et al., 2010)。据此推测, 在草莓发育的后期, ABA 和 pH 增加促进了 *FaABAR/CHLH* 转录 (图 3、图 5), 大量的 *FaABAR/CHLH* 接受 ABA 信号后, 可能通过 WRKY40 转录因子抑制了 *ABI1* 和 *ABI2* 表达, 同时促进了 *ABI4*、*ABI5*、*SnRK2*、*MYB* 表达, 激活了色素和糖代谢相关基因, 最终促进了果实的成熟。这一假设有待于将来通过转基因及细胞分子生物学手段进行验证。

## References

- Alexander L, Grierson D. 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: A model for climacteric fruit ripening. *J Exp Bot*, 3: 2039 - 2055.
- Beruter J, Studer F M E. 1995. Comparison of sorbitol transport in excised tissue discs and cortex tissue of intact apple fruit. *J Plant Physiol*, 146: 95 - 102.
- Bogs J, Jaffe F W, Takos A M, Walker A R, Robinson S P. 2007. The grapevine transcription factor VvMYBPA1 regulates proanthocyanidin synthesis during fruit development. *Plant Physiol*, 143 (3): 1347 - 1361.
- Coombe B G. 1992. Research on development and ripening of the grape berry. *Amer J Enol Vitic*, 43: 101 - 110.
- Dekkers B J W, Schuurmans J A M J, Smeekens S C M. 2008. Interaction between sugar and abscisic acid signalling during early seedling development in *Arabidopsis*. *Plant Molecular Biology*, 67: 151 - 167.
- Fait A, Hanhineva K, Beleggia R, Dai N, Rogachev I, Nikiforova V J, Fernie A R, Aharoni A. 2008. Reconfiguration of the achene and receptacle metabolic networks during strawberry fruit development. *Plant Physiol*, 148 (2): 730 - 750.
- Fujii H, Chinnusamy V, Rodrigues A, Rubio S, Atoni R, Park S Y, Cutler S R, Sheen J, Rodrigues P L, Zhu J K. 2009. *In vitro* reconstitution of an abscisic acid signalling pathway. *Nature*, 462: 660 - 664.
- Gosti F, Beaudoin N, Serizet C, Webb A A R, Vartanian N, Giraudata J. 1999. *ABI1* protein phosphatase 2C is a negative regulator of abscisic acid signaling. *Plant Cell*, 11: 1897 - 1909.
- Huang Cong-lin, Wu Zhong-yi, Jia Wen-suo, Zhang Da-peng. 1999. Radioimmunoassay for measuring abscisic acid in crude extracts of grape berry using a monoclonal antibody MAC62. *Acta Horticulturae Sinica*, 26 (3): 152 - 156. (in Chinese)
- 黄丛林, 吴忠义, 贾文锁, 张大鹏. 1999. 葡萄果实脱落酸含量的放射免疫测定. *园艺学报*, 26 (3): 152 - 156.
- Li Chun-li, Cai Ye-mao, Wang Zhi-zhong, Dong Qing-hua, Qin Ling, Shen Yuan-yue. 2011. The changing trends of sugar, pH and ABA during strawberry fruit development. *Journal of Fruit Science*, 28 (1): 72 - 76. (in Chinese)
- 李春丽, 柴叶茂, 王志忠, 董清华, 秦岭, 沈元月. 2011. 草莓果实发育过程中糖、pH 及 ABA 水平变化趋势. *果树学报*, 28 (1): 72 - 76.
- Liu X, Yue Y, Li B, Nie Y, Li W, Wu W H, Ma L A. 2007. G protein coupled receptor is a plasma membrane receptor for the plant hormone abscisic acid. *Science*, 315: 1712 - 1716.

- Ma Y, Szostkiewicz A I, Korte A, Moes D, Yang Y, Christmann A, Grill E. 2009. Regulators of PP2C phosphatase activity function as abscisic acid sensors. *Science*, 324: 1064 - 1068.
- Pandey S, Nelson D C, Assmann S M. 2009. Two novel GPCR-type G proteins are abscisic acid receptors in *Arabidopsis*. *Cell*, 136: 136 - 148.
- Park S Y, Fung P, Nishimura N, Jensen D R, Fujii J, Zhao Y, Lumba S, Santiago J, Rodrigues A, Chow T F. 2009. Abscisic acid inhibits type 2C protein phosphatases via the PYR/PYL family of START proteins. *Science*, 324: 1068 - 1071.
- Perkins-Veazie P. 1995. Growth and ripening of strawberry fruit. *Hortic Rev*, 17: 267 - 297.
- Shen Y Y, Wang X F, Wu F Q, Du S Y, Cao Z, Shang Y, Wang X L, Peng C C, Yu X C, Fan R C, Xu Y H, Zhang D P. 2006. The Mg-chelatase H subunit is an abscisic acid receptor. *Nature*, 443: 823 - 826.
- Shang Y, Yan L, Liu Z Q, Cao Z, Mei C, Xin Q, Wu F Q, Wang X F, Du S Y, Jiang T, Zhang X F, Zhao R, Sun H L, Liu R, Yu Y T, Zhang D P. 2010. The Mg-chelatase H subunit of *Arabidopsis* antagonizes a group of WRKY transcription repressors to relieve ABA-responsive genes of inhibition. *Plant Cell*, 22: 1909 - 1935.
- Wu F Q, Xin Q, Cao Z, Liu Z Q, Du S Y, Mei C, Zhao C X, Wang X F, Shang Y, Jiang T, Zhang X F, Yan L, Zhao R, Cui Z N, Liu R, Sun H L, Yang X L, Su Z, Zhang D P. 2009. The Mg-chelatase H subunit binds abscisic acid and functions in abscisic acid signaling: New evidence in *Arabidopsis*. *Plant Physiol*, 150: 1940 - 1954.
- Zhang M, Yuan B, Leng P. 2009. The role of ABA in triggering peach and grape fruits. *J Plant Physiol*, 166: 1241 - 1252.
- Zheng Z, Xu X, Crosley R A, Greenwalt S A, Sun Y, Blakeslee B, Wang L, Ni W, Sopko M S, Yao C, Yau K, Burton S, Zhuang M, McCaskill D G, Gachotte D, Thompson M, Greene T W. 2010. The protein kinase SnRK2.6 mediates the regulation of sucrose metabolism and plant growth in *Arabidopsis*. *Plant Physiol*, 53: 99 - 113.
- Zhu Xiao-qin, Jing Xiao-lei, Feng Yong-qing, Shen Yuan-yue. 2008. An effective method for isolation of high-quality total RNA from fruit pulps. *Journal of Beijing University of Agriculture*, 23: 16 - 18. (in Chinese)
- 朱晓琴, 金晓磊, 冯永庆, 沈元月. 2008. 果树果实总 RNA 提取方法的改良研究. *北京农学院学报*, 23: 16 - 18.

征 订

## 欢迎订阅 2012 年《园艺学报》

《园艺学报》是中国园艺学会和中国农业科学院蔬菜花卉研究所主办的学术期刊,创刊于 1962 年,刊载有关果树、蔬菜、观赏植物、茶及药用植物等方面的学术论文、研究报告、专题文献综述、问题与讨论、新技术新品种以及园艺研究动态与信息,适合园艺科研人员、大专院校师生及农业技术推广部门专业技术人员阅读参考。

《园艺学报》是全国中文核心期刊,被英国《CAB 文摘数据库》、美国 CA 化学文摘、日本 CBST 科学技术文献速报、俄罗斯 AJ 文摘杂志、CSCD 中国科学引文数据库等多家重要数据库收录。《园艺学报》2005 年荣获第三届国家期刊奖,2008 年获中国科技信息所“中国精品科技期刊”称号及武汉大学中国科学评价研究中心“中国权威学术期刊”称号,2009 年获中国期刊协会和中国出版科学研究所“新中国 60 年有影响力的期刊”称号。根据“中国学术期刊影响因子年报(2010 版)”,《园艺学报》期刊综合总被引频次 4 699,复合总被引频次 12 283,期刊综合影响因子 1.069,复合影响因子 1.910。

《园艺学报》为月刊,每月 25 日出版。2012 年每期定价 40.00 元,全年 480.00 元。国内外公开发行,全国各地邮局办理订阅,国内邮发代号 82 - 471,国外发行由中国国际图书贸易总公司承办,代号 M448。漏订者可直接寄款至本编辑部订购。

编辑部地址:北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部;

邮政编码:100081;电 话:(010) 82109523。

E-mail: yuanyixuebao@126.com。网址: <http://www.ahs.ac.cn>。