

# 番茄转 ER-sHSP 基因植株构建及其抗冷性研究

赵春梅 王 丽 伊淑莹 刘 箭\*

(山东师范大学生命科学学院, 山东济南 250014)

**摘 要:** 将 CaMV 35S 启动子驱动的内质网小分子热激蛋白基因导入番茄, 比较转基因、未转基因和转空载体番茄的抗冷能力。冷胁迫下, 同对照相比, 转基因番茄的冷害症状轻, 叶绿素含量的损失少, 体内积累的丙二醛 (MDA) 含量少, 电解质外渗程度低, 具有较高的净光合速率和最大光化学效率, 并易于恢复由低温所引起的光抑制, 表明转基因番茄具有较强的冷胁迫耐性, 说明内质网小分子热激蛋白在植物抗冷过程中发挥重要作用。

**关键词:** 番茄; 内质网; 小分子热激蛋白; 转基因; 冷胁迫

**中图分类号:** S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 05-0989-06

## The Construction and the Chilling-Resistance Ability of Endoplasmic Reticulum Small Heat Shock Protein (ER-sHSP) Transgenic Tomato Plants

Zhao Chunmei, Wang Li, Yi Shuying, and Liu Jian\*

(College of Life Sciences, Shandong Normal University, Jinan, Shandong 250014, China)

**Abstract:** The full-length endoplasmic reticulum small heat shock protein (ER-sHSP) cDNA using CaMV 35S promoter was transformed into the genome of tomato plants. The chilling tolerance of transgenic tomato plants, non-transgenic tomato plants and pROK<sup>-</sup>-transformed tomato plants were studied. Under chilling stress treatment, compared with non-transgenic and pROK<sup>-</sup>-transformed tomato plants, transgenic tomato plants exhibited slighter cold-injured symptoms, suffered less destruction of chlorophyll and electrolyte leakage. The content of MDA of transgenic tomato plants was lower than that of non-transgenic and pROK<sup>-</sup>-transformed tomato plants, and transgenic tomato plants could keep up higher value of net photosynthetic rate, Fv/Fm and could recover quickly from chilling-induced photosynthetic inhibition. The results showed that ER-sHSP played a key role in enhancing the chilling-resistance ability of plants.

**Key words:** Tomato; Endoplasmic reticulum; Small heat shock protein; Transgenic; Chilling stress

高温胁迫下, 生物体会通过热激蛋白 (Heat-shock protein, HSP) 的合成来增强自身的抗热能力, 热激蛋白最早被认为只与生物的抗热能力相关。后来发现高温预处理使许多植物的抗冷能力得到提高, 并能相应延长瓜果的低温储藏期<sup>[1~7]</sup>, 高温预处理诱导表达的热激蛋白被认为是提高植物抗寒性的重要因子, 推测它们通过其分子伴侣作用, 维持了蛋白在低温下的正常结构和功能, 从而提高了植物的抗寒性<sup>[8]</sup>。近来的研究证明, 小分子热激蛋白 (Small molecular heat-shock protein, sHSP) 在生物耐低温胁迫过程中也发挥重要的作用, Soto 等<sup>[9]</sup>将板栗 (*Castanea sativa*) CsHSP 17.5 (细胞质 Class 型 sHSP) 在大肠杆菌 (*Escherichia coli*) 中过量表达, 发现大肠杆菌的抗冷能力显著提高; Wang 等<sup>[10]</sup>证明过量表达叶绿体 sHSP 能够增强转基因番茄植株的抗冷能力。

目前对于植物中内质网 sHSP (Endoplasmic reticulum sHSP, ER-sHSP) 的功能研究相对较少。虽然推测低温下植物中 ER-sHSP 的表达与植物的抗冷能力有关, 例如 Ukaji 等<sup>[8]</sup>发现在冬季日本北海道桑树 (*Morus banbycis* Koidz.) 皮层薄壁细胞中大量积累 ER-sHSP (WAP20), 但是缺少直接的证据来

收稿日期: 2006-04-14; 修回日期: 2006-09-20

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30270132)

\*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: ljlsd@beelink.com)

证明 ER- $\alpha$ HSP在植物抗冷过程中所起的作用。本文利用农杆菌介导法,将 CaMV 35S驱动的 ER- $\alpha$ HSP 基因导入番茄,获得了过量表达 ER- $\alpha$ HSP的转基因番茄并对其进行了抗冷性分析。

## 1 材料与方法

### 1.1 番茄转 ER- $\alpha$ HSP 基因植株的构建

将从番茄热激化的 cDNA 文库中克隆到的 ER- $\alpha$ HSP cDNA 全长片段<sup>[11]</sup>, 连接到植物表达载体 pROK 中, 获得 CaMV 35S启动子驱动的 ER- $\alpha$ HSP 植物表达载体。利用冻融法将构建的植物表达载体导入农杆菌 LBA4404, 再通过农杆菌介导叶圆盘法转化‘中蔬四号’番茄。获得的转基因苗移至田间进行常规栽培, 收获的 T<sub>1</sub>代转基因番茄种子在含有 50 mg·L<sup>-1</sup>卡那霉素的 MS培养基上萌发, 选取能够生长侧根的幼苗移至田间进行常规栽培, 直到获得纯合转基因番茄。

### 1.2 转基因植株的 Northern 分析

用异硫氰酸胍法提取番茄叶片的总 RNA<sup>[12]</sup>, 用 <sup>-32</sup>P-dCTP标记的全长 ER- $\alpha$ HSP cDNA 作为探针, 65 杂交过夜 (杂交液组成: 0.5 mol·L<sup>-1</sup>磷酸缓冲液, 7% SDS, 10 mmol·L<sup>-1</sup> EDTA, 0.1 μg·L<sup>-1</sup> 鲑精 DNA), 然后依次用 65 的 4×SSC/0.1% SDS、2×SSC/0.1% SDS和 1×SSC/0.1% SDS洗膜, 每次 10~15 min, 杂交信号利用 X光片曝光。

### 1.3 抗体的制备和 Western 分析

以 ER- $\alpha$ HSP cDNA 为模板进行 PCR 扩增, 获得 ER- $\alpha$ HSP cDNA 全长片断。PCR 正向引物: 5'-GAAGGATCCATACATATGAGGGTCA TCA G-3', 反向引物: 5'-AGCGAATTCA GCA GCCAACTCA GCTTC-3'。PCR 扩增片段经 *Bam*H 和 *Eco*R 双酶切后, 与 pGEX-6P-1 载体连接, 转化 BL21 (DE3) 菌株, 用 0.1 mmol·L<sup>-1</sup> IPTG诱导融合蛋白表达, 产生的融合蛋白经 GST-Spherical 4B 亲和柱纯化后用作抗原, 对新西兰兔进行免疫试验处理。

用缓冲液 (10 mmol·L<sup>-1</sup> Tris-HCl, pH 8.0, 1 mmol·L<sup>-1</sup> EMSF) 研磨植物叶片, 悬液经过离心, 用 Bradford法定量上清液中的蛋白, 然后与等体积的 SDS-PAGE 样品缓冲液混合, 根据定量结果, 将等量的蛋白样品做 Western 分析。

### 1.4 转基因植株的抗冷性分析

取 5 叶期的转基因番茄和对照番茄 (包括未转化番茄和 pROK 空载体转化番茄) 幼苗, 从 25 温室条件下直接转入 4 条件下 (大约 240 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 16 h·d<sup>-1</sup>)。在处理的不同时间点测量植物的各项生理指标。光系统的测量是暗适应 30 min 后, 用 HMS2 脉冲调制式荧光仪 (Hansatech) 测定 PS 荧光参数, 按照以下公式计算 PS 最大光化学效率:  $F_v/F_m = (F_m - F_o) / F_m$  ( $F_o$  为暗适应下初始荧光,  $F_m$  为暗适应下最大荧光); 电解质外渗的测量依据 Hsieh 等<sup>[13]</sup>的方法; 用分光光度法分析叶片中的丙二醛 (MDA) 含量和叶绿素含量; 从 4 低温移至 25 温室中恢复 3 h 后, 用 Leica 6400 光合仪测量净光合速率 ( $P_n$ )。4 低温处理不同时间后移至 25 温室恢复生长 1 个月, 能够重新萌发新芽的植株视为存活株, 存活率 = (存活株 / 测试总株数) × 100%。

## 2 结果与分析

### 2.1 转 ER- $\alpha$ HSP 基因植株的获得及分子鉴定

利用农杆菌介导法转化番茄, 共获得 13 个独立转化株系, 其中有 10 个转化系收获种子, 5 个转化系获得纯合的 T<sub>3</sub>代 (TP 6、7、8、10 和 13), 依据转基因番茄 T<sub>1</sub>代种子的卡那霉素抗性分离比值和孟德尔遗传法则, 判断这 5 个转化系中外源基因为单拷贝插入 (表 1)。

Northern 和 Western 分析结果 (图 1) 表明, 常温下内源 ER- $\alpha$ HSP 在番茄中不表达, 但被热激诱导表达, 而在转基因番茄中是组成性表达, 并且 ER- $\alpha$ HSP 表达量明显高于 38 热激未转基因植株。

表 1 转基因番茄 T<sub>1</sub>代种子卡那霉素抗性分离  
Table 1 Expression of kanamycin resistance in the T<sub>1</sub> generation of transgenic tomato plants

植物株系 Plant lines	代号 Code	抗性强 / 非抗性强 Resistant/ susceptible	分离比 Segregation ratio	
转基因 Transgenic	TP13	130/47	3 1	0.23
	TP10	101/38	3 1	0.12
	TP8	123/46	3 1	0.44
	TP7	194/53	3 1	1.65
	TP6	142/40	3 1	0.89
空载体转化 pROK <sup>-</sup> -transformed	VC	109/42	3 1	0.64
未转基因 Non-transgenic	CK	0/473	-	-

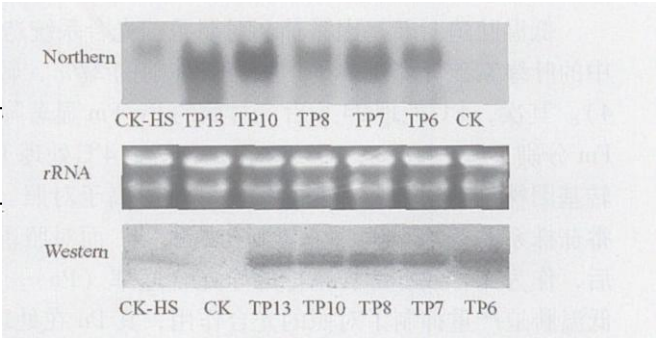


图 1 转 *ER-sHSP* 基因番茄的 Northern 和 Western 鉴定  
CK-HS: 38 °C 热激处理 3 h 的未转基因番茄。  
Fig 1 Northern and Western blot analysis of  
*ER-sHSP* transgenic tomato plants  
CK-HS: Non-transgenic tomato plants  
subjected to heat stress at 38 °C for 3 h

2.2 番茄转 *ER-sHSP* 基因植株抗冷性检测

将转基因植株和对照植株（包括未转基因和 pROK<sup>-</sup> 空载体转化）置于 4 °C 进行低温处理。处理 3 d 后，对照开始出现冷害症状，从叶片开始出现白化，随着时间的延长白化叶片增多，白化面积加大，而转基因植株叶片仅出现轻微的白化（图 2）。低温胁迫导致对照植株中 MDA 的大量积累并发生严重的电解质外渗，而对转基因植株的影响较小（图 3）。



图 2 低温处理（4 °C 5 d）后对照番茄与转基因番茄的表型

Fig 2 Phenotypes of non-transgenic and transgenic tomato plants after exposed at 4 °C for 5 days

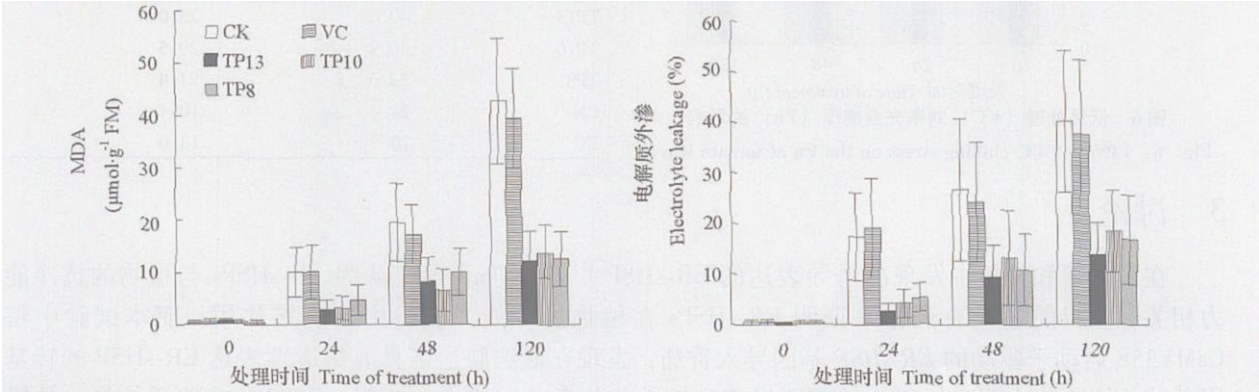


图 3 低温处理（4 °C）对番茄叶片 MDA 含量和电解质外渗的影响

Fig 3 Effect of 4 °C chilling stress on the MDA content and the relative electrolyte leakage of tomato leaves

低温胁迫对转基因番茄和对照番茄光合系统造成的伤害程度不同。首先, 低温处理后, 对照叶片中的叶绿素破坏严重, 平均只有处理前的 27%, 转基因植株叶绿素含量平均值是处理前的 70% (图 4)。其次, 4 处理 24 h 后, 对照的  $F_v/F_m$  显著降低, 比处理前下降 37%, 而 3 个转基因株系的  $F_v/F_m$  分别下降 17.8%、20.0% 和 23.5%; 4 处理 120 h 后, 对照的  $F_v/F_m$  只有处理前的 34.7%, 而转基因株系平均是处理前的 62%, 明显高于对照。4 处理 120 h 后移至 25 恢复 48 h, 3 个转基因番茄株系的  $F_v/F_m$  几乎恢复到初始水平, 而对照番茄的  $F_v/F_m$  只恢复到处理前的 48.6% (图 5)。最后, 作为光合效率综合指标的净光合速率 ( $P_n$ ), 转基因植株和对照对低温胁迫的反应也不同, 4 低温胁迫严重抑制了对照的光合作用, 其  $P_n$  在处理后期几乎降至零, 而转基因植株仍能够保持较弱的光合作用 (图 6)。

长期的低温胁迫会引起植物体内各种新陈代谢过程的紊乱和生理机能的丧失, 最终导致植物的死亡, 但转基因株系的存活率明显高于对照 (表 2)。

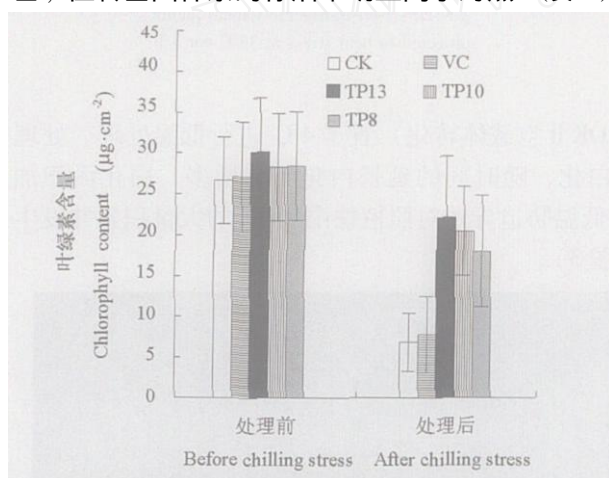


图 4 低温处理 4 前后番茄叶绿素含量的变化

Fig. 4 Changes of total chlorophyll content in non-transgenic and transgenic tomato plants before and after 4 chilling stress

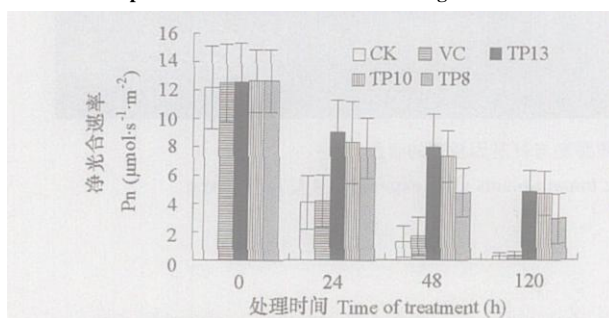


图 6 低温处理 (4) 对净光合速率 ( $P_n$ ) 的影响

Fig. 6 Effect of 4 chilling stress on the  $P_n$  of tomato leaves

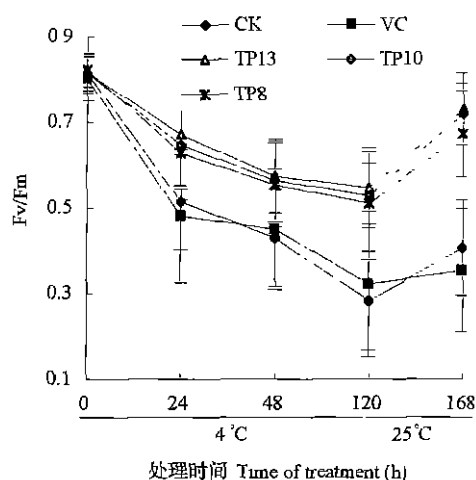


图 5 低温处理 (4) 对番茄叶片  $F_v/F_m$  的影响

Fig. 5 Effect of 4 chilling stress on the  $F_v/F_m$  value of leaves

表 2 过量表达 ER-sHSP 的转基因番茄在 4 的存活率

Table 2 Survival rate of over expressing ER-sHSP transgenic tomato plants under 4

植物株系 Plant lines	存活率 Survival rate (%)	
	2周 Two weeks	4周 Four weeks
TP13	40.0	25.0
TP10	40.9	29.5
TP8	32.6	21.4
CK	24.4	10.4
VC	20.5	13.0

### 3 讨论

在马铃薯和桑树中发现冷诱导表达的 ER-sHSP<sup>[13,14]</sup>, Ukaji 等<sup>[8]</sup>认为 ER-sHSPs 与植物的抗冷能力相关, 但目前还没有证据来证明 ER-sHSPs 在植物抗冷能力获得中起直接作用。而本试验中将 CaMV35S 启动子驱动的 ER-sHSP 基因导入番茄, 发现在低温胁迫下具有组成性表达 ER-sHSP 的转基因番茄的抗冷能力明显好于未转基因番茄和转空载体番茄 (图 2, 表 2), MDA、电解质外渗、叶绿素含量、净光合速率及  $F_v/F_m$  这些生理指标均说明, 转基因番茄的抗冷性优于未转基因或转空载体

的对照番茄 (图 3~图 6)。

过量表达 *ER-sHSP* 提高了转基因番茄抗冷能力的原因可能有二: 首先, 细胞中大约有 1/3 的蛋白要在内质网中合成, 胁迫条件下内质网分子伴侣的大量表达被认为有助于恢复胁迫条件下内质网的功能并促进蛋白的折叠<sup>[15]</sup>, 胁迫条件下维持内质网正常的功能对于维持植物体正常的生命活动至关重要。依据当前的 *sHSP* 分子伴侣作用模型<sup>[16]</sup>, 过量表达的 *ER-sHSP* 可能阻止了低温下内质网中变性蛋白的积累, 或帮助新生多肽及变性蛋白进行正确折叠, 减少低温对蛋白合成的影响, 保证内质网合成更多的正常的膜蛋白补充到受损的生物膜中, 降低胁迫对膜的破坏程度 (图 5, 图 6) 以及因膜受损而发生的代谢紊乱 (图 3, 图 4), 从而提高了植物的抗冷能力。已经证明过量表达 BiP (内质网中 HSP70 同系物) 提高植物细胞或有机体耐受胁迫能力的原因是恢复细胞在胁迫条件下蛋白合成的速率<sup>[17, 18]</sup>, 是否过量表达 *ER-sHSP* 也具备此功效, 尚需进一步研究。其次, 内质网是脂类合成的主要场所<sup>[15]</sup>。真核生物为适应低温胁迫, 通过合成低相变温度的脂类, 增加膜不饱和脂肪酸的组成<sup>[19~21]</sup>来增加机体的抗冷能力。组成性存在的 *ER-sHSP* 可能有助于维持低温下内质网的正常功能, 保证胁迫条件下各种脂类合成酶的合成, 从而维持了脂类 (包括低相变温度的脂类) 的正常生物合成, 使植物更好的适应低温环境。

植物对低温胁迫耐受能力的提高是一个非常复杂的生理现象, 涉及到信号转导、基因表达以及代谢改变等各方面。过量表达 *ER-sHSP* 提高了转基因番茄的抗冷能力, 但在整个的植物抗冷分子机制中, *ER-sHSP* 所起的作用以及所处的地位还不是很明确, 需要进一步深入研究。

#### 参考文献:

- 1 Sato Y, Murakami T, Funatsuki H, Matsuba S, Saruyama H, Tanida M. Heat shock-mediated *APX* gene expression and protection against chilling injury in rice seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 2001, 52 (354): 145 ~ 151
- 2 Saltveit M E, Peiser G, Rab A. Effect of acetaldehyde, arsenite, ethanol, and heat shock on protein synthesis and chilling sensitivity of cucumber radicles. *Plant Physiology*, 2004, 120 (4): 556 ~ 560
- 3 Sabehat A, Weiss D, Lurie S. The correlation between heat-shock protein accumulation and persistence and chilling tolerance in tomato fruit. *Plant Physiology*, 1996, 110 (2): 531 ~ 537
- 4 Vlachosias K E, Kadyrzhanova D K, Dille D R. Heat treatment prevents chilling injury of tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits. Involvement of heat shock genes and heat shock proteins in the resistance of tomato fruit to low temperatures. *Acta Horticulturae*, 2001, 553: 543 ~ 547
- 5 Woolf A B, Watkins C B, Bowen J H, Lay-Yee M, Maindonalds J H, Ferguson I B. Reducing external chilling injury in stored 'Hass' avocados with dry heat treatments. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1995, 120: 1050 ~ 1056
- 6 McCollum T G, Doostdar H, Mayer R T, McDonald R E. Immersion of cucumber fruit in heated water alters chilling-induced physiological changes. *Postharvest Biology and Technology*, 1995, 6: 55 ~ 64
- 7 Mencarelli F, Ceccantoni B, Bolini A, Anelli G. Influence of heat treatment on the physiological response of sweet pepper kept at chilling temperature. *Acta Horticulturae*, 1993, 343: 238 ~ 243
- 8 Ukaji N, Kuwabara C, Takezawa D, Arakawa K, Yoshida S, Fujikawa S. Accumulation of small heat-shock protein homologs in the endoplasmic reticulum of cortical parenchyma cells in mulberry in association with seasonal cold acclimation. *Plant Physiology*, 1999, 120 (2): 481 ~ 489
- 9 Soto A, Albana I, Collada C, Guevara M A, Casado R, Rodriguez-Cerezo E, Aragoncillo C, Gomez L. Heterologous expression of a plant small heat-shock protein enhanced *Escherichia coli* viability under heat and cold stress. *Plant Physiology*, 1999, 120 (2): 521 ~ 528
- 10 Wang L, Zhao C M, Wang Y J, Liu J. Overexpression of chloroplast-localized small molecular heat-shock protein enhances chilling tolerance in tomato plant. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 2005, 31 (2): 167 ~ 174
- 11 Liu J, Shono M. Molecular cloning of mitochondria and endoplasmic reticulum localized small heat shock protein from tomato. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43 (15): 138 ~ 145
- 12 Chomczynski P, Sacchi N. Single-step method of RNA isolation by acid guanidinium thiocyanate-phenol-chloroform extraction. *Analytical Biochemistry*, 1987, 162 (1): 156 ~ 159
- 13 Hsieh T H, Lee J T, Yang P T, Chiu L H, Chang Y Y, Wang Y C, Chan M T. Heterology expression of the *A. nidulans* C-Repeat/Dehydration Response Element Binding Factor 1 gene confers elevated tolerance to chilling and oxidative stresses in transgenic tomato. *Plant Physiology*



- gy, 2002, 129 (3): 1086 ~ 1094
- 14 van Berkel J, Salamini F, Gebhardt C. Transcripts accumulating during cold storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers are sequence related to stress-responsive genes. *Plant Physiology*, 1994, 104 (2): 445 ~ 452
- 15 Kaufman R J. Stress signaling from the lumen of the endoplasmic reticulum: coordination of gene transcriptional and translational controls. *Genes & Development*, 1999, 13 (10): 1211 ~ 1233
- 16 Lee G J, Vierling E. A small heat shock protein cooperates with heat shock protein 70 systems to reactivate a heat-denatured protein. *Plant Physiology*, 2000, 122 (1): 189 ~ 197
- 17 Leborgne-Castel N, Jelitto-Van Dooren E P W M, Crofts A J, Denecke J. Over expression of BiP in tobacco alleviates endoplasmic reticulum stress. *Plant Cell*, 1999, 11 (3): 459 ~ 469
- 18 Alvim F C, Carolino S M B, Cascardo J C M, Nunes C C, Martinez C A, Otoni W C, Fontes E P B. Enhanced accumulation of BiP in transgenic plants confers tolerance to water stress. *Plant Physiology*, 2001, 126 (3): 1042 ~ 1054
- 19 Los D A, Murata N. Responses to cold shock in cyanobacteria. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 1999, 1 (2): 221 ~ 230
- 20 Fujita J. Cold shock response in mammalian cells. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 1999, 1 (2): 243 ~ 255
- 21 Provart N J, Gil P, Chen W Q, Han B, Chang H S, Wang X, Zhu T. Gene expression phenotypes of *A. nidulans* associated with sensitivity to low temperatures. *Plant Physiology*, 2003, 132 (2): 893 ~ 906

## “中国园艺学会热带南亚热带果树分会成立大会暨首届学术研讨会”在广州召开

由中国园艺学会主办, 广东省农业科学院果树研究所承办的“中国园艺学会热带南亚热带果树分会成立大会暨首届学术研讨会”于2006年8月25~26日在广州召开。来自美国、以色列、新西兰、南非、印度、印度尼西亚、越南和我国广东、广西、福建、海南、北京、贵州、安徽、湖南、湖北、江西、重庆、云南、浙江、江苏、山东、台湾等近300名代表参加了大会。

广东省政协副主席、广东省农科院院长罗富和, FAO国际热带水果网络组织执行主席 Izhm Ahmad, 国家农业部技术推广中心李莉、广东省科技厅副巡视员刘庆茂、广东省农业厅种植业处处长郑惠典、华南农业大学副校长陈志强、广东海洋大学副校长叶春海、仲恺农业技术学院副院长向梅梅、广州市科技局科教处副处长王洋以及中国园艺学会副理事长韩振海、办公室主任张彦出席了开幕式并致词。中国工程院院士、山东农业大学教授束怀瑞、国际园艺学会热带亚热带果树分会副主席 Sisir Kumar Mitra、国际园艺学会执委、新西兰 Massey大学教授 Errol W. Hewett也出席了大会。

本届会议主要围绕热带南亚热带果树生物技术、遗传育种与种质资源、标准化安全生产、产业现状、研究进展及发展趋势、果品贮藏与加工技术等议题开展学术研讨。大会共收到国内外论文及论文摘要105篇, 编印了首届学术研讨会论文集, 共有33人被邀作大会报告, 其中境外专家9人, 国内专家24人。

大会选举产生了中国园艺学会热带南亚热带果树分会首届理事会, 广东省农科院果树研究所所长易干军研究员为会长, 华南农业大学果树学首席专家陈维信教授、仲恺农学院农业与园林学院黄建昌教授、福建农科院果树所所长郑少泉研究员、中国热带农业科学院南亚热带所副所长谢江辉副研究员、广西壮族自治区农科院园艺所所长彭宏祥研究员、湖南农业大学园艺园林学院、细胞工程重点实验室主任邓子牛教授6人为副会长, 华南农业大学园艺学院、中国荔枝研究中心主任李建国研究员为秘书长, 蒋依辉为副秘书长; 聘请束怀瑞院士, 长江学者、华中农业大学园艺园林学院邓秀新教授, 华南农业大学黄辉白教授, 中国热带农科院郑学勤教授, 中国农业大学韩振海教授为顾问。决定将本分会挂靠广东省农科院果树研究所, 今后每两年召开一次研讨会, 下届会议将在福建召开。

8月27日, 与会代表参观了广东省农科院果树研究所的国家荔枝种质资源圃、国家香蕉种质资源圃、香蕉组培工厂、农业部华南地区热带果树脱毒中心、广东省果蔬新技术重点实验室、广东省农科院白云基地(国家农业科技园区)、中山市金钟香蕉有机栽培农场、珠海农科中心。本次大会完成了各项议程、达到了预期目标, 为广大果业工作者搭建了一个交流的平台, 是一个规模大、人员齐、档次高、专业性强的大会。

中国园艺学会热带南亚热带果树分会