

种子脱水耐性与保护系统的相关性

宗梅^{1,2} 蔡永萍^{1*}

(¹安徽农业大学生命科学学院, 合肥 230036; ²安庆师范学院生命科学系, 安庆 246011)

摘要: 综述了种子脱水耐性的研究现状, 探讨了种子脱水耐性与保护系统 (蛋白质、糖、抗氧化系统和 ABA 等) 之间的相关性, 阐述种子脱水耐性的生理机理和分子机制, 并指出在种子脱水耐性研究方面存在的不足和今后应进一步关注的问题。

关键词: 种子; 脱水耐性; 保护系统

中图分类号: S 602.4; Q 945.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2005) 02-0342-06

Correlation between Desiccation Tolerance and Protective Systems in Seeds

Zong Mei^{1,2} and Cai Yongping^{1*}

(¹School of Life Sciences, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; ²Department of Life Sciences, Anqing Normal College, Anqing 246011, China)

Abstract: The paper is reviewed the research situation of desiccation tolerance in seed, and discussed correlation between desiccation tolerance and protective systems, which include proteins, sugars, antioxidative systems, ABA and so on. The defections at research and the questions for paying-attention further on desiccation tolerance of seed are pointed out, which the physiology and molecular mechanism for desiccation tolerance of seeds is introduced.

Key words: Seed; Desiccation tolerance; Protective system

种子作为植物种质资源长期保存的主体, 对植物的繁衍起着至关重要的作用。当今保存植物种质资源最为普遍, 且可靠易行的方式, 是建立以收集种子为主体的基因库, 在世界库存约 610 万份种质资源中, 近 90% 是以种子形式保存于约 1300 个基因库中。而种子贮藏特性的一个重要依据就是种子的脱水耐性, 因此, 研究种子的脱水耐性是促进种质资源保存的重要理论基础。所谓脱水耐性是种子发育过程中获得的一种综合特性^[1], 是指种子能够忍受快速干燥、终止代谢活动、并且经过相继的复水过程, 仍能存活的一种能力^[2], 或称为种子的顽拗性或脱水敏感性。近年来的研究发现, 种子的脱水耐性与其内在基础物质的积累有关, 在正常性种子中当脱水耐性获得时, 一些物质被积累; 当脱水耐性丧失时, 这些物质被降解。与脱水耐性有关的基础物质主要有糖、蛋白质、自由基清除系统、脱落酸 (ABA) 等, 它们保护亚细胞结构 (膜、蛋白、细胞质) 免受伤害, 并赋予细胞最大的脱水耐性, 所以又被称为保护系统。目前对种子脱水耐性进行了更加广泛深入地研究, 本文综述了近年来这方面的一些研究成果。

1 LEA 蛋白

在种子获得脱水耐性的胚成熟后期, 蛋白质和 mRNA 的合成模式发生变化, 特征性地积累了一类特殊的 mRNA 转录物和相关的蛋白质, 这组蛋白称为胚胎后期丰富蛋白 (late-embryogenesis-abundant protein, LEA)^[3]。现在普遍采用免疫学和分子杂交的方法鉴定这类特异蛋白, 已先后在近 20 种

收稿日期: 2004 - 06 - 04; 修回日期: 2004 - 07 - 26

基金项目: 安徽省教育厅“十五”学术带头人基金资助项目

*通讯作者 Author for correspondence

高等植物发育的种子中检测到 LEA 蛋白。LEA 蛋白与脱水耐性的相关性, 在许多正常性种子上都得到证实, 如玉米 W22 品种脱水耐性的获得与 LEA 蛋白的出现惊奇一致; 转基因试验直接证明了 LEA 蛋白的作用, 将大麦 *lea* 基因 HVA1 转入水稻, HVA1 蛋白在转基因水稻中表达, 同时与水分亏缺和盐胁迫的抗性能力直接相关^[4]。

LEA 蛋白共同的结构特征是富含甘氨酸、赖氨酸等亲水氨基酸, 疏水氨基酸含量很少, 具有很高的亲水性和热稳定性, 即使在煮沸条件下也能保持水溶状态。Ingram 等^[5]根据氨基酸序列的同源性和一些特殊的基元序列, 将 LEA 蛋白分为 6 组。第 1 组, 如棉花的 LEA D19、拟南芥的 ALE 等。该组蛋白具有较高的水合能力, 能维持细胞的最小水分需要。第 2 组, 也称脱水素 (dehydrin), 如棉花的 LEA D11 等。该组蛋白起分子伴侣和亲和性溶质的作用, 稳定和保护蛋白质的结构及功能。第 3 组, 如棉花的 LEA D7、线虫的 Aveal1 等^[6]。该组蛋白可整合细胞脱水过程中浓缩的离子。第 4 组, 如棉花的 LEA D113、Lea14、*Craterostigma* PGC27-45 等。该组蛋白可形成兼性 α -螺旋, 并提供一种黏着层, 起束缚离子的作用或形成一种保护结构, 在脱水时, 能够代替水保护膜的结构, 维持膜的稳定性。第 5 组, 如棉花的 LEA D29、D34, 胡萝卜的 DcECP31, 拟南芥的 AtEC31 等 LEA 蛋白, 该组蛋白与第 3 组类似。第 6 组, 如棉花的 LEA D95 等。LEA 蛋白受发育阶段、ABA 和脱水信号的调节, 它出现在胚发育的晚期, 随种子的脱水程度而增加, 并在种子吸水萌动几个小时后消失。离体胚和营养组织在外源 ABA、渗透或低温胁迫的诱导下也能产生特异的 *Lea* mRNA 和 LEA 蛋白^[7]。这表明, LEA 蛋白虽有发育阶段专一性, 但可以被诱导, 且无组织专一性。

LEA 蛋白的普遍存在以及它们表达的发育专一性都有力地说明, 它们在种子脱水耐性中的重要作用, 一般认为缺乏这类蛋白使种子对脱水敏感。但是对于顽拗性种子的报道, LEA 蛋白表现出不同的结果, LEA 蛋白的存在与否可能与其脱水耐性并无一定的相关性, 如 Finch-Savage 等^[8]在 5 种成熟的顽拗性种子 (温带植物) 中也检测到了脱水素; 在贮藏的顽拗性欧洲白栎种子中, 也能被 ABA 和有限的脱水处理诱导产生 *Lea* mRNA。澳大利亚栗籽豆的胚轴和子叶中都存在脱水素; 而木菠萝种子只有在胚轴中才产生脱水素。顽拗性种子海榄雌在发育过程中不合成 LEA 蛋白; 黄皮种子在发育过程中子叶不合成 LEA 蛋白, 胚轴中仅合成极少量 LEA 蛋白^[3]。因此, 顽拗性种子脱水敏感的部分原因, 是由于不能积累足够的脱水素或者缺乏特有的 LEA 蛋白。

最近也有试验表明^[1], 种子耐脱水过程与 LEA 蛋白的合成并不完全一致, 如在大豆胚轴获得耐脱水性之前已有脱水素的合成。说明, LEA 蛋白的作用可能很复杂, 并不与种子的脱水耐性表现单一的相关性。耐脱水能力并不仅由 LEA 蛋白的表达或积累所产生的, 顽拗性种子也不完全是由于缺乏 *lea* 基因或 LEA 蛋白才具有脱水敏感性的特征。因此还可能存在其它因素在脱水过程中对种子脱水耐性起重要的保护作用。

2 糖

研究^[9]表明, 可溶性碳水化合物的积累是种子在发育和成熟过程中形成脱水耐性的原因之一。高浓度的非还原糖和种子的脱水耐性有关, 主要包括蔗糖、寡糖 (水苏糖、毛蕊草糖、棉籽糖、海藻糖等), 它们在种子脱水中起重要的保护作用, 寡糖的累积及消失与种子脱水耐性的消长模式^[10]一致。较有力的证据来自转基因植物^[11], 将编码海藻糖合成酶的基因导入到烟草中, 烟草内海藻糖的含量明显高于对照, 经同等条件脱水及复水后, 对照幼苗严重损伤死亡, 而转基因幼苗则完全恢复张度并开始生长; 对 ABA 不敏感的拟南芥突变体 (*abi3-4*, *abi3-5*) 和 ABA 不敏感和缺失的双突变体 (*abi3-1*, *abi1*), 与野生型相比, 它们分别具有较低的脱水耐性或不耐脱水, 棉籽糖半乳糖苷系列寡糖 (棉籽糖、水苏糖) 含量比较低, 这类突变体丧失脱水耐性与寡糖缺乏有关^[12]。一般来说, 脱水耐性不仅与寡糖和蔗糖的含量有关, 还与寡糖和蔗糖的比值 (O/D 值) 有关, O/D 值越高, 种子贮藏的时间越长。

大多数顽拗性种子组织中, 明显缺乏蔗糖、棉籽糖或水苏糖^[13], 表现出脱水敏感, 如将正常大豆种子和顽拗性欧洲白栎种子的可溶性糖组分、含量比较, 发现这两类种子在发育后期均可累积等量的蔗糖, 唯一的区别只是顽拗性种子缺乏水苏糖^[14]。发育和成熟海榄雌的种子中也含有高水平的可溶性糖, 特别是水苏糖, 但这些种子在整个发育期间对脱水高度敏感, 有可能是海榄雌的种子没有足够的蔗糖来防止脱水伤害^[15]。对于顽拗性种子, 虽然也发现了蔗糖和寡糖的积累, 但进一步研究表明, 糖作为“替代水”和“形成玻璃化”的作用只有在种子含水量低时才发生, 而在此含水量水平时, 顽拗性种子已受脱水损伤致死, 这也许是顽拗性种子不耐脱水的主要原因。

糖对种子脱水耐性的作用主要表现在以下几个方面: 1) 水分替代。当脱水的细胞失水时, 糖羟基可作为水的替代物, 分布在膜、酶和蛋白质及其它大分子中, 如二糖可以取代水分子, 与膜的极性头端结合, 充当了膜脂极性头端之间的衬片, 避免了膜脂的叠加与堆积, 从而稳定了膜结构^[16]; 2) 维持蛋白质的稳定性。研究发现在水分胁迫时, 海藻糖的羟基可与蛋白质的极性基团以氢键形式结合来代替水, 从而防止蛋白质在脱水过程中变性^[16]; 3) 促进细胞质玻璃化。可溶性糖可促进细胞内溶物的玻璃化, 寡糖不仅提高细胞质的玻璃化转变温度 (T_g), 而且抑制了种子脱水期间蔗糖的结晶, 使种子或胚轴在较高温度范围内进入玻璃化状态^[17], 从而避免脱水对细胞的伤害。玻璃化是一种粘度极高的热力学不稳定固态, 种子组织中的低含水量及低温促进了它的形成^[18]。细胞内的玻璃化限制了分子运动, 维持生化活性的静态平衡, 在干燥状态下保护亚细胞的稳定性, 阻止细胞质的扩散, 防止种子老化期间有害的化学反应, 以及结构化学位点的改变。玻璃化的形成改变了分子与水之间的相互作用, 促进了种子脱水耐性与贮藏能力的提高^[19]。

糖类除了以上 3 种主要方式保护细胞免受脱水损伤外, 还存在其它功能, 如与 LEA 蛋白形成复合物, 协同控制水分胁迫时的失水速度, 作为水的缓冲剂起到保护种子的作用^[20]; 有利于种子贮藏时产生无毒性和非还原性物质^[21]; 作为自由基清除剂, 清除脱水过程中急剧增加的自由基^[22]。由此可以认为, 正常种子在成熟脱水过程中非还原性糖的累积保持了膜和蛋白质在脱水状态下的结构和功能, 增强了种子抵御脱水伤害的能力。

3 抗氧化系统

正常水分状况下, 生物体内自由基的产生和清除处于动态平衡, 当组织缺水时, 细胞中电子传递受阻, 自由基生成增加或细胞清除自由基的能力减弱, 平衡被打破, 自由基浓度超过一定阈值, 就会对机体造成活性氧自由基伤害, 蛋白质、核酸、类脂分子遭到氧化破坏, 同时它还能启动膜脂过氧化作用, 导致膜的损伤或破坏, 膜透性增大, 电导率增加, 且过氧化作用的敏感性随着脱水程度增加。与此同时, 生物体内还存在一系列的自由基清除剂 (即抗氧化系统), 它们可以清除细胞内过量的活性氧, 维持活性氧代谢平衡, 保护细胞膜不受自由基的伤害。

抗氧化系统在脱水过程中, 以酶促或非酶促保护系统来防止、忍耐或修复自由基的攻击。酶促保护系统主要包括: 超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT)、谷胱甘肽还原酶 (GR)、抗坏血酸过氧化物酶 (AP) 等, 如小麦幼苗经聚乙二醇 (PEG) 处理后, SOD 活性提高^[23]; 冬小麦在土壤水分胁迫初期, 旗叶的 AP 和 GR 活性均呈现先上升后下降的变化趋势, 抗旱性强品种幼叶的 AP 活性变化与此相同, 而 GR 活性却持续上升^[24]。非酶促保护系统主要指抗坏血酸 (AsA)、类胡萝卜素等, 还包括次生代谢物质 (多酚、单宁、黄酮类物质等) 和一些渗透调节物质 (脯氨酸、甜菜碱、甘露醇等), 它们通过多条途径直接或间接地猝灭活性氧。因此, 抗氧化系统是脱水耐性的一个重要组成部分。

正常性种子可在成熟过程中积累自由基清除剂, 如花生种子的含水量从 45% 降至 6% 时, 过氧化物酶 (POD) 和丙二醛 (MDA) 只稍微增加, 而保护酶系统的活性显著增加, 并维持在较高水平^[25]; 生理成熟的玉米种子, 其含水量约为 48%, 在脱水过程中种子的发芽率和活力指数逐渐增

加, SOD活性在种子脱水初期上升, 然后下降, MDA和脂质氢过氧化物 (LOOH) 含量随着水分丧失有所增加^[26]。而顽拗性种子如荔枝、黄皮和枇杷种子含水量减少至 30% ~ 35%时, MDA含量增加, SOD和 POD活性逐渐减弱, 抗氧化系统明显受到损害^[27]; 研究表明, 用 AsA ($5\text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 和甘露醇 ($15\text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 预处理黄皮种子 24 h后, 于室温下自然脱水 5 d, 种子的萌发率及活力指数均提高, MDA和 LOOH减少, SOD活性上升^[9]; 正常性种子玉米和大豆胚的生育酚含量大约是顽拗性种子英国标的 10倍^[26]。由此可见, 膜脂过氧化作用是顽拗性种子脱水敏感性的重要因素之一。

4 脱落酸

ABA对种子的发育, 以及形成脱水耐性具有重要的调节功能。ABA不仅促进种子贮藏蛋白积累, 防止提前萌发, 而且可诱导小麦、大麦和玉米等种子的离体胚中与脱水有关的 mRNA和蛋白质的合成^[28]; 外源 ABA或水分胁迫可诱导热带生境下正常性蓖麻和澳大利亚栗籽豆成熟种子合成脱水素相关多肽^[29]; 拟南芥和玉米的双重突变体都缺少 ABA, 并对 ABA不敏感, 其种子对脱水高度敏感^[9]; 顽拗性种子黄皮、海榄雌、可可、荔枝和龙眼的成熟胚中 ABA含量很低, 对 ABA不敏感^[30], 这被认为是顽拗性种子不耐脱水和贮藏的重要原因之一。

ABA还可作为保护剂的转录信号, 在水分胁迫下许多基因的表达需要内源 ABA含量的增加, 外源 ABA促进基因表达^[5]。ABA可激活许多 *lea*基因, LEA蛋白表达时序也常与 ABA变化呈一致趋势。根据脱水胁迫诱导基因活化具有不同的信号转导途径, 大致可将它们分为: ABA依赖型基因、ABA非依赖型基因和不能被 ABA诱导的基因 3种类型^[31]。ABA依赖型基因的表达依赖于内源 ABA的积累或外源 ABA处理, 随内源 ABA的增加而加强, 外源 ABA的处理也可促进其表达。在离体条件下, 则完全随外源 ABA量的变化而变化。ABA依赖型基因的表达主要有, 需要蛋白质生物合成的 ABA依赖型基因表达途径 (如拟南芥的 *rd22*^[32]) 和不需要蛋白质生物合成的 ABA依赖型基因表达途径 (如水稻的 *wsil8*、拟南芥的 *rd29*、*mb18*^[33]); ABA非依赖型基因的表达除受 ABA影响外, 还受如脱水、低温等因子影响, 在没有 ABA存在时, 对其它因子照常反应, 即 ABA的存在对其表达不是必需的, 如水稻的 *mb17*、*mb28*^[7]; 不能被 ABA诱导的基因是指由逆境胁迫诱导的, 并对 ABA没有应答反应的基因, 它们的表达与外源 ABA的使用与否或内源 ABA合成受抑无关。这类基因的表达一定存在着第 4条途径——不对外源 ABA处理发生响应的 ABA非依赖型基因表达途径, 如拟南芥中的 *rd19*基因, 它可以先于 ABA水平的升高而表达, 对外源 ABA的施用不响应^[34]。

5 展望

综上所述, 脱水耐性是种子适应生境多样性长期自然选择进化的产物, 是种子在逆境条件下避免或抵御脱水伤害的综合表现。种子的脱水耐性是由多因子调控的数量性状^[35], 主要与其内在的一些物质的累积有关。脱水耐性不是单一的机制, 而是一种复杂的多方面的特性, 这些机制都不能单独解释种子脱水耐性的原因, 各种机制相互协作, 缺少一种或几种机制都可使种子具有不同的脱水耐性^[10]。

目前, 种子脱水耐性的研究还有以下方面不够深入, 诸如细胞如何对脱水胁迫信号做出感知, 如何改变基因表达的反应机制, 以及如何开启适当的防御系统? ABA作为一种脱水信号, 它是如何进行信号转导的? 调控种子脱水耐性的各种因子之间是如何进行相互作用的? 从而更加深入全面地了解种子脱水耐性的分子机制。同时, 由于顽拗性种子的特殊性越来越成为人们关注的热点, 顽拗性种子种质资源的长期保存成为亟待解决的问题, 目前对它的研究主要停留在生理生化水平上, 分子水平的研究才刚刚开始, 利用基因工程手段获得高效表达的转基因植株, 通过向其内部转入能提高脱水耐性的基因, 如海藻糖合成酶基因、*lea*基因、抗氧化酶基因等, 来改善其种子的脱水耐性, 最大限度地延长种子的贮藏寿命, 对于长期保存种子种质资源具有重要的理论和实际意义。

参考文献:

- 1 任晓米, 朱 诚, 曾广文. 与种子耐脱水性有关的基础物质的研究进展. 植物学通报, 2001, 18 (2): 183~189
Ren X M, Zhu C, Zen G W. Current research of basic substances related to desiccation tolerance in seeds. Chinese Bulletin of Botany, 2001, 18 (2): 183~189 (in Chinese)
- 2 Kemode A R. Approaches to elucidate the basis of desiccation-tolerance in seeds. Seed Science Research, 1997, 7: 75~95
- 3 宋松泉, 陈 玲, 傅家瑞. 种子脱水耐性与 LEA 蛋白. 植物生理学通讯, 1999, 35 (5): 424~432
Song S Q, Chen L, Fu J R. Desiccation tolerance and the molecular basis of LEA proteins in seeds. Plant Physiology Communications, 1999, 35 (5): 424~432 (in Chinese)
- 4 Xu D, Duan X, Wang B, Hong B, Ho T H D, Wu R. Expression of a late embryogenesis abundant protein gene, *HVA1*, from barley confers tolerance to water deficit and salt stress in transgenic rice. Plant Physiology, 1996, 110: 249~257
- 5 Ingram J, Bartels D. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Annu. Rev. Physiol. Plant Mol Biol, 1996, 47: 377~403
- 6 John B, Alan T, Ann B. Anhydrobiosis: plant desiccation gene found in a nematode. Nature, 2002, 418: 38
- 7 Welin B V, Osson A, Nylander M, Palva E T. Characterization and differential expression of *dhn/lea/rab*-like genes during cold acclimation and drought stress in *Arabidopsis thaliana*. Plant Mol Biol, 1994, 26 (1): 131~144
- 8 Finch-Savage W E, Pammenter N W, Berjak P, Farnsworth E J. Presence of dehydrin-like protein and levels of abscisic acid in recalcitrant (desiccation sensitive) seeds may be related to habitat. Seed Sci Res, 1996, 6: 175~182
- 9 黄雪梅, 傅家瑞, 宋松泉. 种子脱水耐性的成因及人工诱导. 植物生理学通讯, 2000, 36 (5): 404~470
Huang X M, Fu J R, Song S Q. The contribution factors and induction of seed desiccation tolerance. Plant Physiology Communications, 2000, 36 (5): 404~470 (in Chinese)
- 10 杨期和, 宋松泉, 叶万辉, 殷寿华. 种子脱水耐性与糖的关系. 植物研究, 2003, 23 (2): 204~210
Yang Q H, Song S Q, Ye W H, Yin S H. Relationship between desiccation-tolerance and sugars in seeds. Bulletin of Botanical Research, 2003, 23 (2): 204~210 (in Chinese)
- 11 Holmström K O, Mantyla E, Welin B, Mandal A, Palva E T. Drought tolerance in tobacco. Nature, 1996, 379: 683~684
- 12 Ooms J J J, Leon-Kloosterziel K M, Bartels D. Acquisition of desiccation tolerance and longevity in seeds of *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiology, 1993, 101: 607~617
- 13 Berjak P, Pammenter N W. Progress in the understanding and manipulation of desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds. In: Basic and Applied Aspects of Seed Biology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. 689~703
- 14 Sun W Q, Irving T C, Leopold A C. The role of sugars, vitrification and membrane phase transition in seed desiccation tolerance. Physiol Plant, 1994, 90: 621~628
- 15 宋松泉, 傅家瑞, 陈润政. 顽拗性种子的发育特性与脱水耐性的关系. 种子, 1995, (2): 1~7
Song S Q, Fu J R, Chen R Z. The developmental characteristics of recalcitrant seeds in relation to desiccation tolerance. Seed, 1995, (2): 1~7 (in Chinese)
- 16 Crowe J H, Crowe L M. Interaction of sugars with membranes. Biochem. Biophys. Acta, 1988, 947: 367~384
- 17 Koster K L, Leopold A C. Sugars and desiccation tolerance in seeds. Plant Physiology, 1988, 88: 829~832
- 18 Franks F, Hatley R H M, Mathias E H. Materials science and the production of shelf-stable biologicals. Bio Pharm, 1991, 4: 38~42, 55
- 19 Sun W Q, Leopold A C, Crowe L M, Crowe J H. Stability of dry liposomes in sugar glasses. Biophysical Journal, 1996, 70: 1769~1776
- 20 Walters C, Ried J L, Walker-Simmons M K. Heat-soluble proteins extracted from wheat embryos have tightly bound sugars and unusual hydration properties. Seed Science Research, 1997, 7: 125~134
- 21 Obendorf R L. Oligosaccharides and galactosyl cyclitols in seed desiccation tolerance (Review Update). Seed Science Research, 1997, 7: 63~74
- 22 Smirnoff N, Cumbes Q. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. Phytochemistry, 1989, 28: 1057~1060
- 23 Baisak R, Rana D, Acharya P B B. Alterations in the activities of active oxygen scavenging enzymes of wheat leaves subjected to water stress. Plant Cell Physiol, 1994, 35 (3): 489~495
- 24 阎成仕, 李德全, 张建华. 冬小麦旗叶早衰衰老过程中氧化伤害与抗氧化系统的响应. 西北植物学报, 2000, 20 (4): 568~576
Yan C S, Li D Q, Zhang J H. Oxidative damage and antioxidant response during drought-induced winter wheat flag leaf senescence. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2000, 20 (4): 568~576 (in Chinese)
- 25 Neill S J, Horgan R, Parry A D. The carotenoid and abscisic acid content of viviparous kernels and seedlings of *Zea mays*. Planta, 1989, 169: 87~96

- 26 宋松泉, 傅家瑞. 种子脱水耐性与保护性系统的关系. 种子, 1998, (6): 45~49
Song S Q, Fu J R. Relationship between desiccation-tolerance and protective systems. Seed, 1998, (6): 45~49 (in Chinese)
- 27 Wang Y, Li S S, Fu J R. Protective enzymes of active oxygen in recalcitrant Chinese wampee (*Clausena lansium*) seed during desiccation. In: Tayaor A C, Huang X L eds. Progress in seed research (proceedings of the second international conference on seed science and technology). Cornell: Cornell University, 1997. 147~152
- 28 Bartels D, Singh M, Salami F. Onset of desiccation tolerance during development of the barley embryos. Planta, 1988, 175: 485
- 29 Han B, Berjak P, Pammenter N W. The recalcitrant plant species, *Castanospermum australe* and *Trichilia drageana*, differ in their ability to produce dehydrin-related polypeptides during seed maturation and in response to ABA or water-deficit-related stress. J. Exp. Bot., 1997, 48: 1717~1726
- 30 金剑平, 林 鹿, 傅家瑞. 黄皮种子发育中后期 ABA 含量的动态变化. 中山大学学报 (自然科学版), 1995, 34 (1): 130~132
Jin J P, Lin L, Fu J R. The dynamic changes of ABA content in Chinese Wampee seed during median and late developmental stages. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatesni, 1995, 34 (1): 130~132 (in Chinese)
- 31 姜立智, 梁宗锁. 干旱胁迫对植物基因的诱导及基因产物的变化. 干旱地区农业研究, 2001, 19 (3): 87~92
Jiang L Z, Liang Z S. Inducement of gene and changes of gene product under drought stress. Agricultural Research in the Arid Areas, 2001, 19 (3): 87~92 (in Chinese)
- 32 Shinozaki K, Yamaguchi-shinozaki K. Molecular responses to drought and cold stress. Curr. Opin. Biotechnol., 1996, 7: 161~167
- 33 Azuko Yamaguchi-shinozaki, Takeshi Urao, Kazuo Shinozaki. Regulation of gene that are induced by drought stress in *Arabidopsis thaliana*. Journal of Plant Research, 1995, 108: 127~136
- 34 Kazuo Shinozaki, Kazuko Yamaguchi-shinozaki. Gene expression and signal transduction in water stress response. Plant Physiol., 1997, 115: 327~334
- 35 Vertucci C W, Farrant J M, In Kigel J, Galili G. Seed development and germination. New York: Marcel Dekker Inc., 1995. 237~271

第 27 届国际园艺大会 将于 2006 年 8 月 13~19 日在韩国汉城召开

由国际园艺学会和韩国园艺学会共同主办的第 27 届国际园艺大会将于 2006 年 8 月 13~19 日在韩国汉城召开 (同期举办展览)。会议主题是“全球园艺: 多样性与和谐”。会议组织委员会主席为韩国庆熙大学李政明 (Jung-Myung Lee) 教授, 副主席为韩国汉城市立大学 Jeong Sik Lee 教授和韩国汉城大学 Seung Koo Lee 教授, 执行主任为韩国汉城大学 Ki Sun Kim 教授和 Changhoo Chun 教授。

会议内容: 木本和草本观赏植物遗传资源, 亚洲园艺植物, 水果生产及其经济学研究, 园艺作物保护地栽培环境控制系统, 园艺作物结构及功能基因组, 采后技术在全球园艺业中的作用, 植物生物调节剂, 植物生物技术, 园艺可持续发展与有机系统, 园艺和提高生活质量, 种子生产技术, 草坪草育种、生产及管理, 城郊型园艺, 柑橘及其他热带、亚热带果树“从实验室到餐桌”。论文摘要提交截止日期: 2005 年 12 月 31 日; 接受论文通知截止日期: 2006 年 1 月 31 日。

会议语言: 英语; 地点: COEX 会议中心; 网站: www.ihc2006.org

大会秘书处: C/O National Horticultural Research Institute; 475 Mok-dong, Suwon, 440-706, Korea; Phone: +82-31-258-7531; Fax: +82-31-242-9280; E-mail: info@ihc2006.org; kisun@snu.ac.kr (Dr. Ki Sun Kim); changhoo@snu.ac.kr (Dr. Changhoo Chun)。

参加会议注册: 国际园艺学会会员注册费 (截止 2006 年 4 月 15 前) 或会前现场注册费 (2006 年 4 月 16 日~8 月 4 日截止) 为 450 或 500 美元, 非会员为 510 或 560 美元; 国际园艺学会学生会员为 225 或 250 美元, 非学生会员 250 或 275 美元; 陪同人员 180 或 200 美元。

中国园艺学会办公室
刘广树