

小麦果聚糖合成酶基因 6-*SFT* 克隆和功能验证

高翔¹, 余茂云¹, 殷桂香¹, 于洋², 别晓敏¹, 杜丽璞¹, 徐惠君¹, 叶兴国¹

1. 中国农业科学院作物科学研究所; 国家农作物基因资源与基因改良重大科学工程; 农业部作物遗传育种重点开放实验室, 北京 100081
2. 中国农业科学院生物技术研究所, 北京 100081

摘要 许多研究表明植物中果聚糖累积有助于提高植物耐逆境胁迫能力, 但对小麦中果聚糖合成相关基因及其与抗逆性关系还缺乏研究。本研究拟从普通六倍体小麦中克隆出果聚糖合成酶基因 6-*SFT* 并进行生物学特性及功能研究, 以期解析小麦通过累积果聚糖途径提高自身抗逆境胁迫能力的分子机理, 为转 6-*SFT* 基因提高小麦抗逆境胁迫能力提供理论依据。利用 touch-down PCR 技术从小麦品种杨麦 6 (*Triticum aestivum* cv. Yangmai 6) 基因组及 cDNA 中分离出编码 6-*SFT* 基因的全长序列, 运用生物学信息技术对其编码蛋白的相关理化及生物学功能进行了预测, 同时利用农杆菌介导法将所克隆的小麦 6-*SFT* 基因转入了烟草, 对转基因烟草植株进行了抗旱、抗盐和抗低温鉴定。结果表明, 小麦中 6-*SFT* 基因的 gDNA 和 cDNA 长度分别为 3 134 bp 和 1 851 bp, 序列结构分析表明该基因含有 4 个外显子、3 个内含子, 编码产物为约 68 kD 的蛋白质, 其等电点 (pI) 约为 5.25, 具有液泡定位信号; 转小麦 6-*SFT* 基因烟草植株表现出较强的抗旱、抗盐和抗低温能力。本研究为利用基因工程技术改良小麦抗逆性提供重要理论依据。

关键词 小麦; 6-*SFT* 基因; 烟草; 转基因; 抗逆性

中图分类号 Q785

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)23-0070-06

Isolation and Functional Determination of Fructan Biosynthesis Enzyme Encoding Gene 6-*SFT* from Common Wheat (*Triticum aestivum* L.)

GAO Xiang¹, SHE Maoyun¹, YIN Guixiang¹,
YU Yang², BIE Xiaomin, DU Lipu¹, XU Huijun¹,
YE Xingguo¹

1. Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences; National Key Facility of Crop Gene Resources and Genetic Improvement; Key Laboratory of Crop Genetic and Breeding, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China
2. Institute of Bio-technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract Previous studies have shown the relevance of fructans deposit to plant tolerance to abiotic stresses. In this study, 6-*SFT*, a fructan biosynthesis enzyme encoding gene, was isolated from hexaploid wheat to reveal the resistance mechanism against adverse environmental factors and to provide a theoretical basis for future transgenic researches in wheat. Touch-down PCR was adopted to isolate the gene coding for fructan biosynthesis enzyme, sucrose: fructan 6-fructosyltransferase (6-*SFT*), from common wheat cv. Yangmai 6 genome DNA (gDNA) and complementary DNA (cDNA). Relevant bioinformatics assay on 6-*SFT* gene was performed online and its ability to resist abiotic stresses was confirmed in transgenic tobacco plants obtained by using *Agrobacterium*-mediated transformation approach. The results show that the gDNA and cDNA of 6-*SFT* are 3 134 bp and 1 851 bp, respectively, containing four exons and three introns and encoding a protein with a MW of about 68 kD. The isoelectric point (pI) is 5.25 with potential vacuole-directed signal peptide (TLPI). Positive transgenic tobacco lines are confirmed through traditional PCR detection and ELISA assay, showing high tolerance to drought, salinity and low temperature

收稿日期: 2009-10-28

基金项目: 中国高技术研究发展计划 (863 计划) 项目 (2007AA10Z129)

作者简介: 高翔, 博士研究生, 研究方向为小麦基因工程, 电子信箱: gx818@163.com; 叶兴国 (通信作者), 研究员, 研究方向为小麦生物技术育种, 电子信箱: yexg@mail.caas.net.cn

stress. This study provides a theoretical platform for the improvement of tolerance to adverse environmental stresses through subsequent transgenic pathway in wheat.

Keywords wheat; 6-*SFT* gene; tobacco; transgenic plants; abiotic resistance

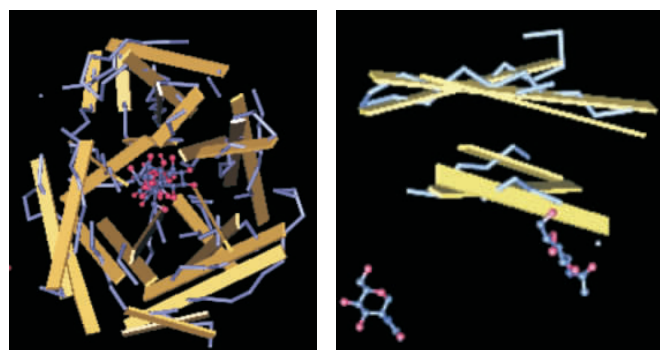
0 引言

果聚糖是一种以蔗糖为底物由果聚糖合成酶基因催化合成的果糖基聚合物,存在于约 15% 的被子植物中^[1]。作为非结构性的碳水化合物,果聚糖不仅给植物提供能量,而且调节细胞渗透势,提高植物耐逆境胁迫能力。因此,高果聚糖含量植物品种的培育不仅能促进人体对果聚糖的摄入,同时也有助于解析植物体内果聚糖含量与植物耐逆境胁迫能力之间的相关性。

与淀粉不同,果聚糖储存于植物细胞内的液泡中,且其聚合度(Degree of Polymerization, DP)变化较快,在植物抗旱、抗盐和耐寒中发挥重要作用^[2-5]。目前发现的果聚糖合成酶(Fructan Biosynthesis Enzymes, FBEs)主要有 4 种:1-SST(sucrose:sucrose 1-fructosyltransferase,蔗糖:蔗糖-1-果糖基转移酶;EC:2.4.1.99)^[6]、1-FFT(fructan:fructan 1-fructosyltransferase,果聚糖:果聚糖-1-果糖基转移酶;EC:2.4.1.100)^[7]、6G-FFT(fructan:fructan 6G-fructosyltransferase,果聚糖:果聚糖-6G-果糖基转移酶;EC:2.4.1.243)^[8]和 6-SFT(sucrose:fructan 6-fructosyltransferase,蔗糖:果聚糖-6-果糖基转移酶;EC:2.4.1.10)。6-SFT 在果聚糖合成中具有重要功能,一是直接以蔗糖为底物,催化蔗糖分子上的果糖基转移到另一个蔗糖分子果糖基的 C6 位上,合成 6-蔗果三糖(6-kestose);二是以寡果糖为底物,生成分支的果聚糖,尤其是在禾本科植物中^[9]。Vijn 等^[10]研究认为正是这 4 种果聚糖合成酶的协同作用导致了植物体内不同聚合度、不同结构形式果聚糖的存在。在禾本科植物谷子发育后期,大多数合成的果聚糖都要发生降解作用^[11],以维持细胞内高渗状态,抵御不利的环境胁迫;而在谷子发育过程中果聚糖的合成受到源库关系和稀释效应的影响^[12],其中 Huynh 等^[13]发现 *QGfc.aurw-2D.1* 和 *QGfc.aurw-3B.1* 在维持底物蔗糖供给及抑制蔗糖对果聚糖生物合成过程中的负反馈调节具有重要作用,进而维持逆境条件下液泡中高果聚糖含量的状态。此外,van den Ende 等^[14]研究也发现小麦中果聚糖浓度的维持对于稳定细胞膜结构降低,由于干旱、低温等逆境胁迫引起的水分丢失具有重要意义。

果聚糖合成酶在进化上起源于液泡转化酶(vacuole invertase),属糖基水解酶 32 家族(glycosyl hydrolase family 32, GH32),该家族 N 末端为 β -螺旋模型,由 5 个刀片状结构组成,C 末端有一个 β -夹心模型(图 1)。果聚糖合成酶和液泡转化酶都含有 3 个高度保守的活性结构域,即 NDPNG、RDP 和 EC。NDPNG 是近 N-端一个非常保守的 5 肽,也叫 β -果糖苷酶单元,是蔗糖结合域的活性位点。Ritsema 等^[15]研究表明,

NDPNG 中的天冬氨酸(D)是该区域的活性中心,突变后酶失活;而 RDP 域中的 D 是其催化中心,在果糖基转移反应中起过渡态稳定剂作用;EC 域是近 C-端的 6 肽 WEC(V/P)DF,主要参与蔗糖的裂解,其中谷氨酸(E)是其活性中心,起质子供体的作用,这 3 个酸性氨基酸位于酶的活性中心域。



(a) N 端 5 个刀片状螺旋桨结构 (b) C 端三明治结构
(a) N terminal domain with five bladed beta propeller modules (b) C terminal domain in a beta sandwich module

图 1 6-SFT 三级结构
Fig. 1 Tertiary structure of 6-SFT

普通小麦品种扬麦 6 号具有较强的抗旱能力^[16],本研究根据 NCBI(美国国立生物技术信息中心)已注册的小麦 6-SFT(AB029887)的 cDNA 序列设计引物,利用 touch-down PCR 技术从扬麦 6 号中扩增出该基因的 cDNA 和 gDNA(FJ228688)序列,运用生物信息学在线软件预测了该基因编码的理化性质及亚细胞定位信号,并借助农杆菌侵染将 6-SFT 基因转入烟草,拟通过对该基因在烟草的抗旱、耐盐和耐低温方面的功能验证,发掘与小麦逆境胁迫相关的主效基因,为后续小麦抗逆育种及过表达 6-SFT 基因提高小麦的抗逆性提供基因资源和理论依据。

1 材料与方法

1.1 植物材料

烟草品种 NC89(*Nicotiana tabacum* cv. NC89)由中国农业科学院生物技术研究所裴新悟提供,小麦品种扬麦 6 号(*Triticum aestivum* cv. Yangmai 6, AABBDD)由中国农业科学院作物科学研究所小麦分子育种课题组保存。

1.2 质粒、菌株和试剂

大肠杆菌(*E. coli*)菌株 DH5 α 菌株购自北京全式金公司,农杆菌菌株 C58C1 为中国农业科学院作物科学研究所小麦分子育种课题组保存,改良的植物表达载体 pBI121 为中国农业科学院作物科学研究所马有志研究员惠赠,质粒提取试剂盒、DNA 分子质量标准购自北京天根公司,各种内切酶和修饰酶购自 TaKaRa 公司,引物合成及测序由北京奥科生物技术有限责任公司完成。转基因 ELISA 检测试剂盒购自 Agdia 公司。

1.3 方法

1.3.1 6-SFT 基因的克隆和结构分析

小麦基因组 DNA 提取采用 CTAB 法^[17]。总 RNA 提自 2 周龄的小麦叶片,方法参照 TIAN GEN TRNzol(天根生化科技(北京)有限公司)说明书。以总 RNA 为模板,采用 oligo dT 引物反转录合成 cDNA 第一链(方法参照 TaKaRa Prime-Script™ 1st Strand cDNA Synthesis Kit),以引物 S1/A1(表 1)扩增 6-SFT 的 gDNA 和 cDNA 序列。PCR 体系总体积为 20 μ L,包括 ddH₂O 5.8 μ L, 2 $\times$ GC Buffer 10 μ L,引物(10 μ mol/L)各 1 μ L,dNTP (各 2.5 mmol/L)2 μ L,LA Taq 酶 (5 U/ μ L)0.2 μ L,模板 DNA 或 cDNA(50 ng/ μ L)1 μ L。PCR 扩增程序:94℃ 变性 4 min,35 个循环包括 94℃ 变性 50 s,52℃ 退火 40 s,72℃ 延伸 3 min,最后 72℃ 延伸 10 min。1% 普通琼脂糖凝胶电泳检测并回收目的片段。利用在线软件和网站对 6-SFT 的 ORF (Open Reading Frame)、功能保守域(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)、编码产物的理化性质(<http://www.expasy.org/>,<http://www.cbs.dtu.dk/services/NetNGlyc/>)和亚细胞定位信号预测(<http://psort.ims.u-tokyo.ac.jp/>)。

表 1 扩增 6-SFT 基因的引物序列
Table 1 Sequence of primers of 6-SFT gene

引物	序列
S1	5'-TCACAATCTACCAAACTCTCTTA-3'
A1	5'-CACTCTCCCAACAACAATA-3'
S2	5'-CTGGATATCATGGGTCACACGGCAAGCC-3'
A2	5'-GGACTAGTTCATTGAACATACGAGTGATC-3'

1.3.2 植物表达载体构建及转化烟草

pBI121 载体经 *Sma*I 及 *Spe*I 双酶切后片段与经 *Eco*RV 及 *Spe*I 双酶切的 6-SFT 片段于 16℃ 过夜连接,将获得的重组植物转化载体命名为 pBI121-6-SFT(图 2),转基因植株中 6-SFT 基因片段扩增引物为 S2/A2(表 1)。利用三亲杂交法将该载体转入农杆菌菌株 C58C1 中^[18]。采用叶盘法借助农杆菌侵染将 6-SFT 基因导入烟草。

1.3.3 转 6-SFT 基因烟草鉴定

PCR 鉴定:烟草基因组 DNA 提取方法同第 1.3.1 节,以引物 S2/A2(表 1)扩增 6-SFT 基因,PCR 体系和条件同第 1.3.1 节。

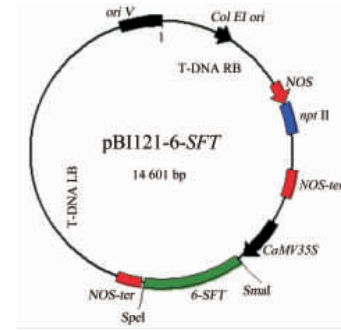


图 2 植物表达载体 pBI121-6-SFT 示意图
Fig. 2 The construction of plant expression vector pBI121-6-SFT

nptII 的 ELISA 鉴定:取少许叶片,加入 5 倍体积的蛋白提取液,充分研磨,用抽提液稀释 10 倍,每个酶标孔加入 0.1 mL,与抗体在 4℃ 下反应 24 h,鉴定方法参考 Agdia 公司产品使用说明。

1.3.4 转基因烟草抗旱、耐盐和低温验证

经 ELISA 检测阳性的 T0 代转基因烟草和未转基因烟草植株(WT)在培养基上进行无性繁殖,选择生长状态一致的幼苗进行生根培养,然后在 1/2 MS 添加 300 mmol/L NaCl 的培养基上进行盐胁迫处理;同时选择生长状态一致的幼苗移栽在装有蛭石的小盆中,停止浇水 2 周,进行水分胁迫处理,进行抗盐、抗旱处理的培养条件皆为 25℃、16 h 光周期,生长 3 周后观察抗逆性表现。低温胁迫处理是将花盆中移栽的幼苗在 -20℃ 条件下放置 30 min,然后室温生长,2 周后观察生长情况。

2 结果与分析

2.1 小麦 6-SFT 基因结构分析和序列分析

对从扬麦 6 号中克隆的 6-SFT 基因的 gDNA 全长序列和 cDNA 全长序列进行比对分析,发现该基因具有 4 个外显子和 3 个内含子(图 3),gDNA 长度 3 134 bp,cDNA 长度 1 851 bp,编码 616 个氨基酸,4 个外显子长度分别为 280、9、860 和 702 bp,3 个内含子长度分别为 143、646 和 494 bp。该基因的第二外显子只有 9 个碱基,同小麦 1-SST 基因,其编码 β -果糖苷酶单元 NDPNG 中的活性位点,是目前植物基因中发现的最小外显子^[19]。

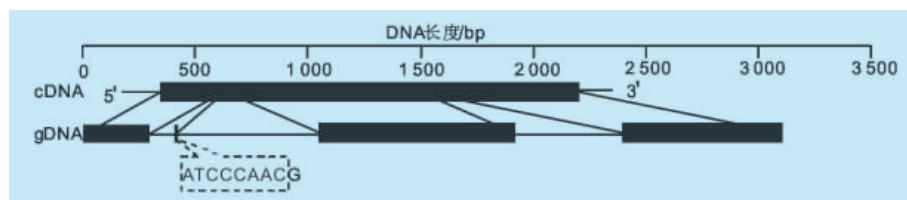


图 3 小麦 6-SFT 基因结构

Fig. 3 Structural analysis of cDNA and gDNA of wheat 6-SFT

注:虚框示最小外显子

Note: Dashed box shows the mini-exon

mmol/L NaCl 进行处理 3 周后,转基因烟草叶片较小,但仍然保持绿色,植株细高,明显好于野生型(图 7(c))。在-20℃处理 30 min 后,恢复生长 2 周时转基因烟草叶片大部分保持绿色,而野生型烟草叶片全部退绿至枯死(图 7(d))。综上所述,推测 6-SFT 在转基因烟草中催化了果聚糖的合成,果聚糖的积累增加了渗透势,提高了转基因烟草的抗逆性。

3 讨论

果聚糖合成酶起源于液泡转化酶,液泡转化酶属于糖基水解酶 32 家族,研究认为,果聚糖和果聚糖代谢酶位于植物液泡中,但直到目前未有确切的亚细胞定位的报道。Carter 等^[21]从液泡中纯化了大多数蛋白和酶,发现它们当中的许多酶属于 GH32 家族。而根据亚细胞定位软件预测结果,本研究克隆到的 6-SFT 含有液泡亚细胞定位信号(TLPI)^[22]。

液泡是植物细胞中最大的细胞器,也是绝大多数渗透物质的储存场所,在保护细胞膜的稳定性上具有决定性的作用,普遍认为果聚糖存在于植物液泡中,果聚糖的积累能够提高植物的抗逆性。Hisano 等^[2]将小麦中的果糖基合成酶基因 *Wfi1* 和 *Wfi2* 利用基因枪法转入多年生黑麦草中,转基因黑麦草表现出较高的抗寒性。Kawakami 等^[23]利用农杆菌介导法将小麦中的 1-SST 和 6-SFT 转入水稻,在转基因水稻叶中检测到聚合度从 3 到 7 的果聚糖,然后对其进行冷害处理,对照中存活率不到 10%,而所有转 1-SST 株系及一个转 6-SFT 株系存活率均达 40%~90%。Pilon-Smits 等^[24]将来自细菌的 *FBEs* 基因转入烟草,在干旱胁迫下转基因烟草果聚糖含量比对照显著增加,表明果聚糖在烟草中的积累使其抗旱性明显增强。李慧娟等^[25-26]从莠苣中克隆 1-SST 基因并导入烟草,抗冻性及耐旱性提高表明转 1-SST 基因烟草植株积累了果聚糖。本研究把从小麦品种扬麦 6 号中克隆的 6-SFT 基因转入烟草,转基因烟草植株表现出较高的抗旱、抗盐和抗低温能力,进一步表明来自小麦的果聚糖合成酶基因的过表达能提高植物的抗逆性,这将为利用生物技术手段提高小麦这一重要粮食作物的抗逆性提供了新途径。

4 结论

与传统的杂交育种相比,转基因育种具有育种目的明确、时空限制少、育种年限短等突出优点。另一方面,随着全球气候恶化,作物产量已受到严重影响,特别是对重要粮食作物如小麦、玉米、水稻等,因而通过转基因途径的抗逆育种受到普遍重视。然而,长期以来,逆境相关的主效基因发现不足,在一定程度上限制了抗逆转基因育种的开展。本研究克隆的来源于小麦的 6-SFT 基因在烟草中的逆境胁迫耐性研究,证实它是又一个与植物逆境耐性提高密切相关的重要基因,可为后续的小麦抗逆转基因育种提供有用的基因资源。此外,本研究从小麦中克隆的 6-SFT 具有液泡定位信号,而同属果聚糖合成酶家族的另两个成员——1-SST 和 1-FFT 尚未发现液泡定位信号^[22]。同样有研究证实后二者对植物的逆境耐

性提高也有重要作用^[24-26],故笔者认为此二者可能是通过与其他具有液泡定位信号的基因互作进而在液泡中执行其提高植物逆境胁迫能力的生理功能,抑或是通过目前未知的一种机制定位到液泡中,有待进一步证实。

参考文献 (References)

- [1] Hendry G. The ecological significance of fructan in a contemporary flora [J]. *The New Phytologist*, 1987, 106: 201-216.
- [2] Hisano H, Kanazawa A, Kawakami A, et al. Transgenic perennial ryegrass plants expressing wheat fructosyltransferase genes accumulate increased amounts of fructan and acquire increased tolerance on a cellular level to freezing[J]. *Plant Science*, 2004, 167: 861-868.
- [3] De Roover J, Vandenbrandenk, van Laere A, et al. Drought induces fructan synthesis and 1-SST (sucrose: sucrose fructosyltransferase) in roots and leaves of chicory seedlings (*Cichorium intybus* L.)[J]. *Planta*, 2000, 210: 808-814.
- [4] 张慧, 董伟, 周骏马, 等. 果聚糖蔗糖转移酶基因的克隆及耐盐转基因烟草的培育[J]. *生物工程学报*, 1998, 14(2): 181-186.
Zhang Hui, Dong Wei, Zhou Junma, et al. *Chinese Journal of Biotechnology*, 1998, 14(2): 181-186.
- [5] Kawakami A, Yoshida M. Molecular characterization of sucrose: sucrose 1-fructosyltransferase and sucrose: fructan 6-fructosyltransferase associated with fructan accumulation in winter wheat during cold hardening[J]. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2002, 66: 2297-2305.
- [6] Edelman J, Jefford T G. The mechanism of fructan metabolism in higher plants as exemplified in *Helianthus tuberosus* [J]. *The New Phytologist*, 1968, 67: 517-531.
- [7] van Laere A, van den Ende W. Inulin metabolism in dicots: chicory as a model system[J]. *Plant Cell Environment*, 2002, 25: 803-815.
- [8] Shiom N. Purification and characterisation of 6G-fructosyltransferase from the roots of asparagus (*Asparagus officinalis* L.)[J]. *Carbohydrate Research*, 1981, 96: 281-292.
- [9] Duchateau N, Bortlik K, Simmen U, et al. Sucrose: fructan 6-fructosyltransferase, a key enzyme for diverting carbon from sucrose to fructan in barley leaves[J]. *Plant Physiology*, 1995, 107: 1249-1255.
- [10] Vijn I, Smeeckens S. Fructan: more than a reserve carbohydrate? [J]. *Plant Physiology*, 1999, 120: 351-359.
- [11] Nardi S, Calcagno C, Zunin P, et al. Nutritional benefits of developing cereals for functional foods [J]. *Cereal Research Communications*, 2003, 31: 445-452.
- [12] Schnyder H, Gillenberg C, Hinz J. Fructan contents and dry matter deposition in different tissues of the wheat grain during development[J]. *Plant Cell Environment*, 1993, 16: 179-187.
- [13] Huynh B L, Wallwork H, Stangoulis J C, et al. Quantitative trait loci for grain fructan concentration in wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2008, 117: 701-709.
- [14] van den Ende W, Clerens S, Vergauwen R, et al. Fructan 1-exohydrolase: (2, 1) trimmers during graminan biosynthesis in stems of wheat (*Triticum aestivum* L.): purification, characterization, mass mapping and cloning of two 1-FEH isoforms [J]. *Plant Physiology*, 2003, 131: 621-631.
- [15] Ritsema T, Verhaar A, Vijn I, et al. Using natural variation to investi-

- gate the function of individual amino acids in the sucrose-binding box of fructan: Fructan 6G-fructosyltransferase (6G-FFT) in product formation [J]. *Plant Molecular Biology*, 2005, 58: 597-607.
- [16] 殷桂香, 王瑾, 徐惠君, 等. 几个小麦基因型苗期抗旱性鉴定及相关生理指标分析[J]. *麦类作物学报*, 2009, 29(2): 319-323.
- Yin Guixiang, Wang Jin, Xu Huijun, *et al.* *Journal of Triticeae Crops*, 2009, 29(2): 319-323.
- [17] Porebski S, Bailey L G, Baum B R. Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components [J]. *Plant Molecular Biology Reporter*, 1997, 15: 8-15.
- [18] Ye X G, Wang Y L, Kang L, *et al.* Screening of wheat genotypes sensitive to *Agrobacterium tumefaciens* infection and transformation [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31: 1552-1556.
- [19] Ji X, van den Ende W, Schroeve L, *et al.* The rice genome encodes two vacuolar invertases with fructan exohydrolase activity but lacks the related fructan biosynthesis genes of the Pooideae[J]. *The New Phytologist*, 2007, 173: 50-62.
- [20] Gupta G, Sinha S, Mitra N, *et al.* Probing into the role of conserved N-glycosylation sites in the Tyrosinase glycoprotein family[J]. *Glycoconjugate Journal*, 2009, 26: 691-695.
- [21] Carter C, Pan S, Zouhar J, *et al.* The vegetative vacuole proteome of *Arabidopsis thaliana* reveals predicted and unexpected proteins[J]. *Plant Cell*, 2004, 16: 3285-3303.
- [22] 殷桂香, 余茂云, 高翔, 等. 植物果聚糖合成酶基因克隆及特性分析[J]. *中国生物工程杂志*, 2009, 29(2): 125-133.
- Yin Guixiang, She Maoyun, Gao Xiang, *et al.* *China Biotechnology*, 2009, 29(2): 125-133.
- [23] Kawakami A, Sato Y, Yoshida M. Genetic engineering of rice capable of synthesizing fructans and enhancing chilling tolerance [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2008, 59: 793-802.
- [24] Pilon-Smits E, Ebskamp M, Paul M J, *et al.* Improved performance of transgenic fructan-accumulating tobacco under drought stress [J]. *Plant Physiology*, 1995, 107: 125-130.
- [25] Li H J, Yang A F, Zhang X C, *et al.* Improving freezing tolerance of transgenic tobacco expressing sucrose: sucrose 1-fructosyltransferase gene from *Lactuca sativa*[J]. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 2007, 89: 37-48.
- [26] 李慧娟, 尹海英, 张学成, 等. 转蔗糖: 蔗糖-1-果糖基转移酶基因提高烟草的耐旱性[J]. *山东大学学报: 理学版*, 2007, 42(1): 89-94.
- Li Huijuan, Yin Haiying, Zhang Xuecheng, *et al.* *Journal of Shandong University: Natural Science Edition*, 2007, 42(1): 89-94.

(责任编辑 吴晓丽)

·学术动态·



中国油气储运安全管理与技术创新 研讨会即将举行

中国石油学会主办的“中国油气储运安全管理与技术创新研讨会”将于2010年1月20-22日在海南省海口市举行。

会议主题为:加强油气储运安全管理工作,提高管道建设与运营管理水平,针对目前油气储运系统存在安全的问题,以储运安全管理和技术创新为主题,将国内外著名公司和科研机构的专家学者聚集在一起,共同探讨交流最新的研究成果、科技动态,为国内外同行提供了一个交流经验、分享信息和科研成果的平台,提高中国油气储运安全管理与技术水平。

会议主要内容为:我国油气储运安全与技术的现状及发展趋势;我国油气储运系统中存在的安全问题及对策;我国油气储运管道的腐蚀问题及预防对策;探讨油气储运中的油气蒸发损耗及相关的环保问题;危险化学品运输常见事故防范措施;油库安全问题及预防措施;油气储运安全技术、天然气输送及储存技术;油气输管线检测与安全评价技术;危险化学品应急管理、应急救援技术和装备及自动化控制应急联动预案;油气储运新技术、新工艺、新装备推介。

会议网站:<http://kxyj.yangtzeu.edu.cn/UploadFile/2009-12/20091221012732288.doc>。

联系方式:北京市南三环西路108号(100075),刘建国;电话:010-63773017;传真:010-63815326;电子信箱:zgsyxcnpc@163.com。