

HPLC-ELSD 法分析木薯韧皮部汁液主要糖成分

潘 坤^{1,2}, 何秀全^{1,2}, 王文泉^{2*}, 卢 诚²

(1. 海南大学, 海口 570100; 2. 中国热带农业科学院 热带生物技术研究, 海口 570100)

摘 要: 采用高效液相色谱-蒸发光散射检测法(HPLC-ELSD)对木薯韧皮部汁液糖成分进行了分析。结果表明:与大多数木本植物一样,其同化物的主要运输形式是蔗糖,并未发现糖醇类和棉子糖等寡糖。对块根产量、淀粉含量较低的半野生种 W14 的对比实验发现,无论是蔗糖还是己糖含量都大大地低于栽培种,说明蔗糖是木薯块根淀粉累积的主要来源,对其累积速率和量起着决定性作用。结果同时证明此方法可以高效、快速简便地定性和定量测定木薯韧皮部汁液中的糖类。

关键词: 木薯; 韧皮部汁液; 糖; HPLC-ELSD

中图分类号: Q946 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2012)06-0840-05

Analysis of sugars in cassava phloem sap by HPLC-ELSD detection

PAN Kun^{1,2}, HE Xiu-Quan^{1,2}, WANG Wen-Quan^{2*}, LU Cheng²

(1. Hainan University, Haikou 570100, China; 2. Institute of Tropical Biosciences & Biotechnology, CATAS, Haikou 570100, China)

Abstract: High Performance Liquid Chromatography(HPLC) coupled with Evaporative Light Scattering Detection(ELSD) method was used to analyse the sugar contents in cassava phloem sap. The results showed that the main sugar was sucrose which was similar to other woody plants, no other sugar alcohols and raffinose family of oligosaccharides were found. W14 was an ancestral semi-wild species of cassava with low productivity and starch content, which was used as a control in this research. It was found that both of the sucrose and hexoses of W14 were less than the cultivar largely, which indicated that sucrose was the main source of starch accumulation of cassava tuber root, and it determined the rate and quantity of starch accumulation. Meanwhile, and it proved that this method could determine the nature and quantity of sugars in cassava phloem sap efficiently, rapidly and conveniently.

Key words: cassava; phloem sap; sugar; HPLC-ELSD

木薯(*Manihot esculenta*)是一种多年生灌木,作为一种高淀粉含量作物(EL-Sharkawy, 2003),它在全球淀粉产量的排名中名列第五,其富含淀粉的块根是全世界有超过 8 亿人民的主食。近年来,相对于其它作物,用木薯生产出的生物乙醇可以带来较高的经济利益,其产量随之出现了日益增长的趋势(Jansson 等, 2009; Nassar 等, 2010)。有机物的

运输途径主要是由韧皮部担任的,韧皮部汁液化学组成和含量因植物的种类、发育阶段、生理生态环境等因素的变化而表现出很大的变异。一般来说,典型的韧皮部汁液样品其干物质含量占 10%~25%,其中多数是糖,其余为蛋白质、氨基酸、无机和有机离子。在多数植物中蔗糖是韧皮部运输物的主要形式,当然也有例外,如蔷薇科的许多种的主要光合产

收稿日期: 2012-04-12 修回日期: 2012-08-23

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2010CB126600); 国家木薯产业技术体系(CARS-12)[Supported by the National Key Basic Research and Development Plan of China(Program 973)(2010CB126600); National Cassava Industry Technology System(CARS-12)]

作者简介: 潘坤(1983-), 女, 河南永城市人, 在读博士研究生, 研究方向为种植资源学, (E-mail) pankun001219@163.com.

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: wquanw@hainan.net)

物是山梨醇,而芹菜、咖啡和橄榄的主要光合产物则是甘露醇。此外少数科的植物韧皮部汁液中还含有棉子糖、水苏糖、毛蕊花糖等(Losecher,1987)。

由于木薯等大戟科植物的韧皮部汁液主成分分析尚未有报道,为了进一步研究其同化物运输机理,对其韧皮部同化物的种类分析则是十分必要的。高效液相色谱-蒸发光散射检测法已经被广泛用于糖类的定性和定量分析上(程勇等,2010;罗进等,2010),其优点是无需对糖类进行衍生化处理、可梯度洗脱、稳定性好、灵敏度高、无溶剂峰干扰,弥补了 HPLC 传统检测器的不足(陈琴鸣等,2008;辛秀兰等,2009)。

1 材料与方法

1.1 材料

本次试验所选木薯品种是阿根廷 7 号(Arg 7)和半野生祖先种 W14(*Manihot esculenta* ssp. *flabellifolia*)。

1.2 仪器与试剂

色谱仪为 Waters 高效液相色谱仪(waters e2695 alliance, USA); Alltech 蒸发光散射检测器

(Alltech ELSD 3300, USA); 人工气候箱(RXZ 800B 型,中国宁波江南仪器厂)。试剂:甲醇、乙腈为色谱纯,购自 Sigma 公司,蔗糖、葡萄糖、果糖、棉子糖、水苏糖和山梨醇均购自 TGI(梯希爱(上海)化成工业发展有限公司)。

色谱条件: Waters xBridge 氨基柱(Waters Amide 3.5 μm , 4.6 $\times$ 150 mm, USA)。流动相:乙腈:水(0.1%氨水)=70:30。流速 1 mL/min,柱温 25 $^{\circ}\text{C}$,漂移管温度 85 $^{\circ}\text{C}$,氮气流速 2.0 L/min,增益值为 2。

1.3 方法

对照品储备液制备:精确称取蔗糖、葡萄糖、果糖、棉子糖、水苏糖和山梨醇各 20 mg 定容至 100 mL,加水溶解即得储备液(200 $\mu\text{g/mL}$)。

供试样品溶液制备:参照 King 等(1974)的方法,在取样时间和温度方面有所改动。取生长 60 d 左右的木薯幼苗,距根基约 5 cm 处用消毒过的刀片快速切断茎秆,用超纯水冲洗干净切口,立刻插入 20 mmol/L EDTA 的水溶液中,放置于气候箱中,在 95%湿度,30 $^{\circ}\text{C}$ 黑暗条件处理 1~2 h,然后将其转入超纯水中收集汁液 4~5 h。收集的韧皮部汁液先用 0.22 μm 过滤器过滤后,再经液氮速冻,最

表 1 各糖的回归方程、相关系数、最低检测限和线性范围

Table 1 Regression equation, correlation coefficient, limit of detection and liner range of sugars

糖 Sugar	标准曲线 Stand curve	相关系数 R^2 (n=5)	最低检测限 (μg) Limit of detection	线性范围 (mg/mL) Linear range
蔗糖 Sucrose	$y=9467.0345x-1256978.733$	$R^2=0.9990$	1.0	1.0~10
果糖 Fluctose	$y=7320.19x-1191908.77$	$R^2=0.9915$	1.0	1.0~10
葡萄糖 Glucose	$y=7017.653373x-1019164.98$	$R^2=0.9965$	1.0	1.0~10

后放入超低温冰箱待测。

2 结果与分析

2.1 线性关系考察

分别精确吸取蔗糖、果糖和葡萄糖对照品储备液以水稀释成不同浓度的系列对照品溶液,对上述几种溶液依次进样测定峰面积,然后以样品含量为横坐标,峰面积为纵坐标得到三者的回归方程分别见表 1。

2.2 精密度试验

取同一浓度的蔗糖标准品溶液,重复连续进样 5 次,测得蔗糖的峰面积,所得的标准偏差是 1.96%,说明仪器精密度良好。

2.3 稳定性试验

取同一样品的供试溶液每隔 40 min 进样,分别测蔗糖、葡萄糖和果糖的相对标准偏差为 0.897%、0.907%和 0.914%,说明样品稳定性良好。

2.4 加样回收率试验

准确吸取已知糖含量的木薯韧皮部汁液样品(C4)5 份,加入相应的蔗糖、葡萄糖和果糖各 0.56、0.24 和 0.23 mg,每份样品各进样 10 μL ,测定峰面积后,利用标准曲线分别测得样品中不同种类的糖的总量,最后计算出其回收率和相对标准偏差,结果说明此方法的回收率较高。具体数值见表 2。

2.5 样品含量测定

将按上述制备方法所得的各木薯韧皮部汁液样品,以每样品 10 μL 的量来进行批量连续进样检测,

表 2 回收率实验结果 (n=5)
Table 2 Results of recovery rate about sugars

糖 Sugar	样品中糖含量 Content of sugar in sample (mg)	添加糖对照品的量 Content of additive sugar (mg)	测得量 Found content	回收率 Recovery rate (%)	平均回收率 Average rate (%)	RSD (%)
蔗糖 Sucrose	0.5686	0.5600	1.1230	99.50	99.59	2.22
	0.5698	0.5600	1.1254	99.61		
	0.5677	0.5600	1.1234	99.62		
	0.5679	0.5600	1.1230	99.57		
	0.5664	0.5600	1.1223	99.63		
葡萄糖 Glucose	0.2470	0.2400	0.4831	99.19	99.35	1.76
	0.2465	0.2400	0.4823	99.14		
	0.2463	0.2400	0.4834	99.40		
	0.2463	0.2400	0.4844	99.61		
	0.2458	0.2400	0.4830	99.42		
果糖 Fructose	0.2342	0.2300	0.4610	99.31	99.03	1.05
	0.2397	0.2300	0.4623	98.42		
	0.2389	0.2300	0.4645	99.06		
	0.2367	0.2300	0.4646	99.08		
	0.2345	0.2300	0.4611	99.27		

表 3 样品含量测定结果
Table 3 Sugar contents in samples

糖 Sugar	样品 Sample	平均含量 (mg) Mean content of sugar
蔗糖 Sucrose	C4	5.68693
	W14	1.69076
葡萄糖 Glucose	C4	2.47022
	W14	1.05521
果糖 Fructose	C4	2.34171
	W14	0.56997

3 结论与讨论

蔗糖是大多数植物韧皮部运输物质的主要形式,但在蔷薇科等植物中则是以糖醇为主要运输形式。Turgeon(1996)在“聚合物陷阱假说”中指出:在葫芦科植物中存在一种以共质体途径负载并运输棉子糖系列寡糖的现象,此模型认为蔗糖或肌醇半乳糖通过共质体途径进入中间细胞(一种特化了

结果见表 3。样品和标准品的色谱图见图 1 和图 2。

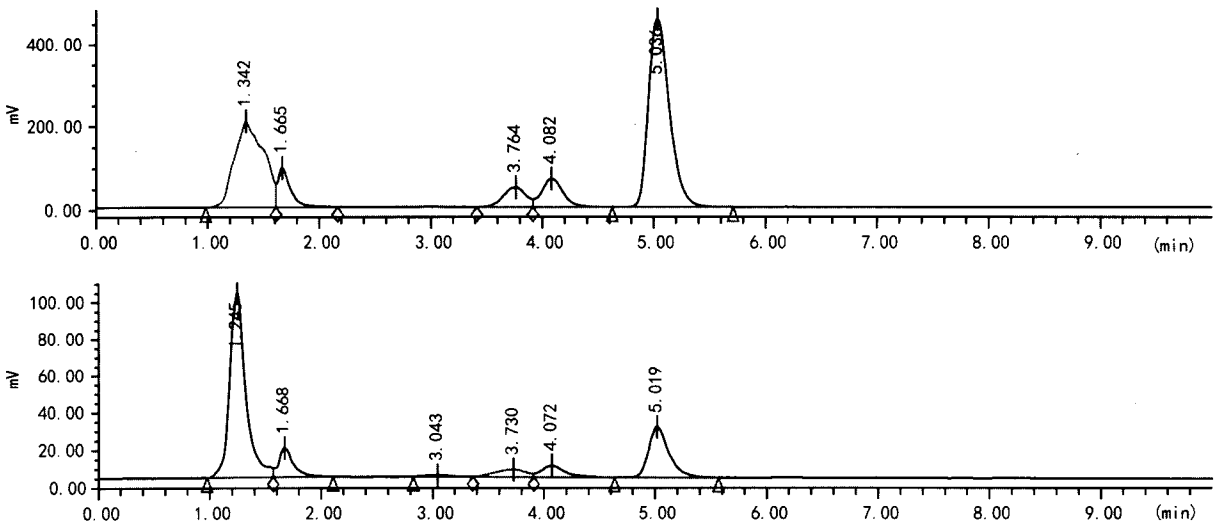


图 1 供试样品阿根廷 7 号和 W14 色谱图
Fig.1 HPLC-ELSD chromatograms of Arg 7 and W14

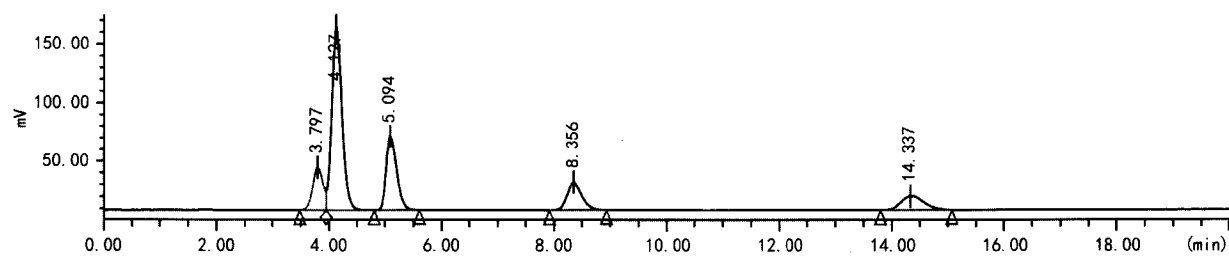


图 2 糖标准品色谱图
Fig. 2 HPLC-ELSD chromatogram of standard samples

表 4 标准品的保留时间和峰面积等
Table 4 Retention time and peak area of standard samples

序号 No.	名称 Name	保留时间 Retention time(min)	面积 Area (mV · s)	面积 Area (%)	峰高 Height (mV)
1	果糖 Fructose	3.797	452377	11.43	35754
2	葡萄糖 Glucose	4.127	1937348	48.95	157208
3	蔗糖 Sucrose	5.094	807267	20.40	62535
4	棉子糖 Raffinose	8.356	424301	10.72	23399
5	水苏糖 Stachyose	14.337	336493	8.50	11611

的伴胞),在这里被用来合成棉子糖和水苏糖,这些寡糖因为太大而不能扩散回叶肉细胞中,但是可以扩散入筛管分子从而随着集流被运输,所以韧皮部汁液中有些还含有棉子糖、水苏糖和毛蕊花糖等寡糖。但根据本实验结果不难看出,木薯韧皮部汁液的主要成分是蔗糖、葡萄糖和果糖,未发现有棉子糖等寡糖的出现,说明木薯同大多数植物一样其同化物运输的主要形式是蔗糖。

ADPG 焦磷酸化酶(AGPase)是淀粉合成的关键酶,Tiessen 等(2002,2003)在马铃薯块茎的糖信号实验中发现,AGPase 酶转录后的氧化还原调控对淀粉的合成率有极大的影响,而其调控的促进因素便是蔗糖,并表明 SNF1 关联的蛋白激酶(SnRK1)对蔗糖调节 AGPase 的氧化还原活性状态过程中起着关键作用,这一过程不依赖于蔗糖的分解,与己糖通过己糖激酶的信号途径是完全不同的。同样在叶片中也发现,如果正发育的库器官同化物输出受阻,蔗糖累积时,就会出现淀粉合成增加(Gibon 等,2004)。

植物韧皮部同化物卸载的细胞学路径主要有 3 种:质外体途径、共质体途径和质外、共质体途径交替途径。共质体途径因为其较强的运输传导能力在卸载方式中占主要地位(Patrick 等,1996)。在此途径中有两个条件决定了其运输效率的大小,一个是

细胞间膨压差;另一个是胞间连丝的数量(Patrick, 1997;Turgeon 等,2009)。蔗糖被卸载到库细胞中后有些被分解为单糖,有些被储存在液泡中,另一些则是被合成为淀粉等大分子,借此来降低库细胞的蔗糖浓度,维持膨压差,以利于进一步的卸载(Frommer 等,1995)。木薯的块根是以淀粉为主要累积形式的器官,说明了所卸载蔗糖的去向。本研究在块根的亚细胞结构观察中也发现大量胞间连丝出现在筛分子和伴胞、筛分子/伴胞和周围的薄壁细胞、木质部薄壁细胞间;另外发现木薯栽培种和半野生种间存在着糖含量的差异,栽培种蔗糖和单糖的含量均高于半野生种。按 King(1974)的方法,实验材料是经过 23 ℃、8 h 光照、16 h 黑暗、生长 2~3 个月后的幼苗;而葛体达(2008,2009)所用的实验材料也是幼苗,这可能是由于幼苗糖转运较活跃的原因,所以本实验所取材料也是长势一致的幼苗,W14 株龄稍大 1 个月,这也可能是造成糖含量差异的原因。

以上结果说明木薯韧皮部运输的主要同化物蔗糖可以作为一种糖信号,在其块根的淀粉累积过程中调节 AGPase 酶的活性,而同时淀粉的累积也导致了存储细胞内膨压的降低,进而又促进了蔗糖的卸载。

本研究采用 HPLC-ELSD 法首次被用来定量和定性分析木薯韧皮部汁液中的糖类,研究表明此法较为理想,其结果稳定、定量准确、操作简便,可以快速定性和定量分析汁液中的糖成分。

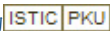
参考文献:

纳吉尔·纳萨尔,罗多米奥·奥尔蒂斯,等. 2010. 杂交木薯消灭饥荒[J]. 张鹏,译. 环球科学,6:70-75
Chen QM(陈琴鸣),Liu WY(刘文英). 2008. Application of HPLC-ELSD in analyzing sugars from Chinese traditional drugs (HPLC-ELSD 在中药糖类分析中的应用)[J]. Chin Trad & Herb Drug(中草药),39(6):955-957
Cheng Y(程勇),Li QT(李庆廷),Li JZ(李剑政),et al. 2010.

- Determination of water-soluble sugars in tobacco by High Performance Liquid Chromatography with prevail carbohydrate column and Evaporative Light Scattering Detector (Prevail 糖柱-HPLC-ELSD 法测定烟草中水溶性糖)[J]. *Tobacco Chem* (烟草科技), **3**:32—37
- EL-Sharkawy MA. 2003. Cassava biology and physiology[J]. *Plant Mol Biol*, **53**:621—641
- Frommer WB, Sonnewald U. 1995. Molecular analysis of carbon partitioning in solanaceous species[J]. *J Exp Bot*, **46**:587—607
- Gibon Y, Blasing OE, Palacios-Rojas N, et al. 2004. Adjustment of diurnal starch turnover to short days; depletion of sugar during the night leads to a temporary inhibition of carbohydrate utilization, accumulation of sugars and post-translational activation of ADP-glucose pyrophosphorylase in the following light period [J]. *Plant J*, **39**:847—862
- Ge TD (葛体达), Tang DM (唐冬梅), Lu B (芦波), et al. 2008. Influence of organic and inorganic nitrogen supply on the composition of tomato seedling root exudates, xylem and phloem sap grown in hydroponic culture (番茄根系分泌物、木质部和韧皮部汁液组分对矿质氮和有机氮营养的响应)[J]. *Acta Horti Sin* (园艺学报), **35**(1):39—46
- Ge TD (葛体达), Jiang W (姜武), Song SW (宋世威), et al. 2009. Influence of inorganic and amino acid nitrogen on mineral nutrient contents in xylem and phloem sap of different tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivars (无机氮和氨基酸态氮处理对番茄幼苗木质部和韧皮部中矿质养分的影响)[J]. *Acta Horti Sin* (园艺学报), **36**(3):347—354
- Jansson C, Westerbergh A, Zhang JM, et al. 2009. Cassava, a potential biofuel crop in (the) People's Republic of China [J]. *Appl Energy*, **86**:95—99
- Loescher WH. 1987. Physiology and metabolism of sugar alcohols in higher plants[J]. *Physiol Plant*, **70**:553—557
- King RW, Zeevaart JAD. 1974. Enhancement of phloem exudation from cut petioles by chelating agents[J]. *Plant Physiology*, **53**:96—103
- Luo J (罗进), Xia M (夏敏), Ye NS (叶能胜), et al. 2010. Simultaneous HPLC determination with ELSD of five sugars in foods (HPLC-ELSD 同时测定食品中 5 种糖含量)[J]. *Food Sci* (食品科学), **31**(8):226—229
- Patrick JW, Offler CE. 1996. Post-sieve element transport of photoassimilates in sink regions[J]. *J Exp Bot*, **47**:1 165—1 177
- Patrick JW. 1997. Phloem unloading: sieve element unloading and post sieve element [J]. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, **48**:191—222
- Tiessen A, Hendriks JHM, Stitt M, et al. 2002. Starch synthesis in potato tubers is regulated by post-translational redox-modification of ADP-glucose pyrophosphorylase: a novel regulatory mechanism linking starch synthesis to the sucrose supply[J]. *Plant Cell*, **14**:2 191—2 213
- Tiessen A, Prescha K, Branscheid A, et al. 2003. Evidence that SNF1-related kinase and hexokinase are involved in separate sugar-signalling pathways modulating post-translational redox activation of ADP-glucose pyrophosphorylase in potato tubers [J]. *Plant J*, **35**:490—500
- Turgeon R. 1996. Phloem loading and plasmodesmata[J]. *Trends Plant Sci*, **1**:418—423
- Turgeon R, Wolf S. 2009. Phloem transport: cellular pathways and molecular trafficking[J]. *Ann Rev Plant Biol*, **60**:207—227
- Xin XL (辛秀兰), Li XP (李小萍), Ma Y (马越), et al. 2009. Determination of water-soluble sugars in red raspberry by High Performance Liquid Chromatography with Evaporative Light Scattering Detector (HPLC-ELSD) (HPLC-ELSD 法测定红树莓果实中水溶性糖含量)[J]. *J Jilin Agric Univ* (吉林农业大学学报), **31**(5):624—627

(上接第 866 页 Continue from page 866)

- Muell. Arg[J]. *Trees-Structure and Function*, **23**(4):863—874
- Meenakumari T, Soman TA, Dey SK, et al. 2010. Genotype x environment interaction for yield of modern hevea clones in India [C]// Abstracts of International Natural Rubber Conference. Sanya, China:369—370
- Mokwunye MUB, Omokhale KO, Omorosi VI, et al. 2007. Hevea clonal resistance to wind damage [C]// International Natural Rubber Conference. Cambodia; Siem Reap:507—512
- Moraes VH de F, Moraes LAC. 2008. Performance of rubber tree crown clones resistant to South American leaf blight [J]. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **43**(11):1 495—1 500
- Myint H. 2007. The Role of Myanmar Rubber Planters and Producers Association (MRPPA) in Natural Rubber Development and its Recent Activities [C]// International Natural Rubber Conference. Cambodia; Siem Reap:19—27
- Silva HA de S da, Vieira MR, Valério Filho WV, et al. 2011. Rubber tree clones with resistance to mites[J]. *Bragantia*, **70**(2):383—388
- Suhendry I, Pasaribu SA, Karyudi, et al. 2010. Progress in selection and trial of superior rubber clones of IRR series [C]// International Natural Rubber Conference. Sanya, China:335—354
- Tuy LM, Thuy KT, Vinh LD et al. 2010. Correlation among juvenile and mature performances and selection of elite rubber clones in the small scale clonal trial [C]// International Natural Rubber Conference. Sanya, China:371—382

作者: 潘坤, 何秀全, 王文泉, 卢诚, PAN Kun, HE Xiu-Quan, WANG Wen-Quan, LU Cheng
作者单位: 潘坤, 何秀全, PAN Kun, HE Xiu-Quan (海南大学, 海口570100; 中国热带农业科学院热带生物技术研究所, 海口570100), 王文泉, 卢诚, WANG Wen-Quan, LU Cheng (中国热带农业科学院热带生物技术研究所, 海口, 570100)
刊名: 广西植物 
英文刊名: Guihaia
年, 卷(期): 2012, 32(6)
被引用次数: 2次

参考文献(19条)

1. 纳吉尔·纳萨尔; 罗多米奥·奥尔蒂斯; 等; 张鹏 杂交木薯消灭饥荒 2010
2. 陈琴鸣, 刘文英 HPLC-ELSD在中药糖类分析中的应用[期刊论文]-中草药 2008(6)
3. 程勇, 李庆廷, 李剑政, 陈玲, 邓晓春 Prevail糖柱-HPLC-ELSD法测定烟草中水溶性糖[期刊论文]-烟草科技 2010(3)
4. El-Sharkawy MA. Cassava biology and physiology[外文期刊] 2003(5)
5. Frommer WB; Sonnewald U Molecular analysis of carbon partitioning in solanaceous species 1995
6. Gibon Y; Blasing OE; Palacios-Rojas N Adjustment of diurnal starch turnover to short days: depletion of sugar during the night leads to a temporary inhibition of carbohydrate utilization, accumulation of sugars and post-translational activation of ADP-glucose pyrophosphorylase in the following light period 2004
7. 葛体达, 唐东梅, 芦波, 夏含嫣, 宋世威, 黄丹枫 番茄根系分泌物、木质部和韧皮部汁液组分对矿质氮和有机氮营养的响应[期刊论文]-园艺学报 2008(1)
8. 葛体达, 姜武, 宋世威, 黄丹枫 无机氮和氨基酸态氮处理对番茄幼苗木质部和韧皮部汁液中矿质养分的影响[期刊论文]-园艺学报 2009(3)
9. Jansson C; Westerbergh A; Zhang JM Cassava, a potential biofuel crop in (the) People's Republic of China 2009
10. Loescher WH Physiology and metabolism of sugar alcohols in higher plants 1987
11. King RW; Zeevaart JAD Enhancement of phloem exudation from cut petioles by chelating agents 1974
12. 罗进, 夏敏, 叶能胜, 谷学新, 贾丽, 曹英华 HPLC-ELSD同时测定食品中5种糖含量[期刊论文]-食品科学 2010(8)
13. Patrick JW; Offler CE Post-sieve element transport of photoassimilates in sink regions 1996
14. Patrick JW Phloem unloading: sieve element unloading and post sieve element 1997
15. Tiessen A; Hendriks JHM; Stitt M Starch synthesis in potato tubers is regulated by post-translational redox-modification of ADP-glucose pyrophosphorylase: a novel regulatory mechanism linking starch synthesis to the sucrose supply 2002
16. Tiessen A; Prescha K; Branscheid A Evidence that SNF1-related kinase and hexokinase are involved in separate sugar-signalling pathways modulating post-translational redox activation of ADP-glucose pyrophosphorylase in potato tubers 2003
17. Turgeon R Phloem loading and plasmodesmata 1996
18. Turgeon R; Wolf S Phloem transport: cellular pathways and molecular trafficking 2009
19. 辛秀兰, 李小平, 马越, 李双石, 邵威平 HPLC-ELSD法测定红树莓果实中水溶性糖含量[期刊论文]-吉林农业大学学报 2009(5)

引证文献(2条)

1. 詹园凤, 贺滢, 党选民 HPLC-ELSD法测定礼品西瓜果实可溶性糖的种和含量[期刊论文]-南方农业学报 2014(11)
2. 乔璞, 陈祯君, 靳子安, 卢文成, 宋玉竹, 张金阳, 韩芹芹 云南宾川脐橙蔗糖转运基因的克隆和表达分析[期刊论文]-昆明理工大学学报(自然科学版) 2015(01)

引用本文格式：[潘坤](#). [何秀全](#). [王文泉](#). [卢诚](#). [PAN Kun](#). [HE Xiu-Quan](#). [WANG Wen-Quan](#). [LU Cheng](#) [HPLC-ELSD法分析木薯韧皮部汁液主要糖分](#)[期刊论文]-[广西植物](#) 2012(6)