

doi:10.7668/hbxb.2014.06.031

不同水分下桃果实细胞内糖酸分布特征分析

姜凤超^{1,2}, 王玉柱^{1,2}, 孙浩元¹, 杨 丽¹, 张俊环¹, 马履一²

(1. 北京市农林科学院 林业果树研究所, 北京 100093; 2. 北京林业大学 林学院, 北京 100083)

摘要:为研究不同水分对桃果实细胞内糖酸分布的影响,以成熟白凤桃果实为试验材料,研究了2个土壤水分水平(W1:田间持水量的60%~70%,W2:田间持水量的75%~85%)对果肉细胞内可溶性糖(蔗糖、葡萄糖、果糖和山梨醇)和有机酸(苹果酸、柠檬酸、奎宁酸和莽草酸)在液泡、细胞质与细胞间隙中含量的影响。结果表明,W1处理桃果实液泡、细胞质和细胞间隙中可溶性糖分别为39.47,16.73,13.03 mg/g,有机酸分别为4.38,3.15,0.69 mg/g,而在W2处理中可溶性糖分别为35.63,16.11,13.33 mg/g,有机酸分别为4.00,3.27,0.65 mg/g,表明增加水分供应可降低液泡中可溶性糖与有机酸含量。各种糖、酸组分透过细胞膜的渗透速率均高于液泡膜,随着土壤水分含量升高果实中糖、酸通过细胞膜与液泡膜的渗透速率有所降低。

关键词:可溶性糖;有机酸;果肉细胞;土壤水分;桃;分布规律

中图分类号:S662.01 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2014)06-0183-06

Distribution of the Sugar and Acid in Fruit Cells of Peach under Different Soil Moisture

JIANG Feng-chao^{1,2}, WANG Yu-zhu^{1,2}, SUN Hao-yuan¹, YANG Li¹, ZHANG Jun-huan¹, MA Lü-yi²

(1. Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100093, China; 2. Academy of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The aim of the present work was to evaluate the distribution and concentrations of sugars (sucrose, glucose, fructose and sorbitol) and acids (malate, citrate, quinate and shikimate) in vacuole, cytoplasm, and free space in peach fruits under two treatments (W1: field capacity of 60%–70%, W2: field capacity of 75%–85%). The results showed that sugars and acids in vacuole, cytoplasm and free space were 39.47, 16.73, 13.03 mg/g, and 4.38, 3.15, 0.69 mg/g, respectively, in W1 treatment, and 35.63, 16.11, 13.33 mg/g, and 4.00, 3.27, 0.65 mg/g, respectively, in W2 treatment, which indicated that increasing water supply can reduce soluble sugar and organic acid content in vacuole. The permeation rate of sugars and acids through the cell membrane was higher than the vacuolar membrane. With the increase of soil water content, the permeability of sugars and acids in the fruits through the cell membrane and the vacuole membrane was decreased.

Key words: Soluble sugar; Organic acid; Pulp cells; Soil moisture; Peach; Distribution

园艺作物果实中的可溶性糖和有机酸是果实品质的核心物质,同时,它们也是决定果实风味的主要物质^[1-3]。普遍的研究认为,果实的甜度和酸度作为果实口感的重要组成部分能够影响消费者的需求^[4-7],了解桃果实细胞内糖酸分布规律对于阐明糖酸在细胞内积累特点具有重要意义,并且对于从细胞水平揭示果实甜酸风味与糖酸含量之间的关系提供数据支持。大量研究表明,糖在细胞内的分布

对于解释与果实生长发育相关的生理现象具有重要的支撑作用,如 Yamaki 等^[8]通过分离苹果细胞中的液泡得到其可溶性糖的含量,并认为糖在液泡中的积累是膨压产生的主要来源,从而迫使细胞生长和果实增大。由于果肉细胞在分离试验过程中操作难度较大,并且难免对细胞器产生破坏,所以,目前许多研究者普遍采用区室化分析方法来无损地估算可溶性物质在液泡、细胞质与细胞间隙中的含量,并

收稿日期:2014-09-01

基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费(201003043-03);国家科技支撑计划课题(2014BAD16B04)

作者简介:姜凤超(1982-),男,河北衡水人,博士,主要从事果树水分生理生态研究。

通讯作者:王玉柱(1960-),男,北京平谷人,研究员,博士,主要从事果树育种研究。

且该方法已成功用于测定苹果、梨、草莓和甜瓜中糖在细胞内的分布^[9-13]。目前,对园艺作物苹果、梨、草莓细胞内部分可溶性糖分布的研究较多,但在桃上的相关报道较少,并且对果实细胞中有机酸分布的研究报道也不多,同时,关于不同水分供应对果实细胞内糖酸分布影响的研究也较少,因此,本研究目的为采用区室化分析方法测定桃果液泡、细胞质和细胞间隙中可溶性糖(蔗糖、葡萄糖、果糖和山梨醇)和有机酸(苹果酸、柠檬酸、奎宁酸和莽草酸)含量,并以此为基础分析不同水分供应对桃果实细胞内糖酸分布的影响。

1 材料和方法

1.1 试验材料及栽培条件

试验于2013年1-8月在北京市通州区果园进行,该园地势平坦,土壤质地为中壤土。土壤的理化性质如下:土壤密度 1.44 g/cm^3 ,土壤田间持水量25.2%,有机质含量 14 g/kg ,全氮含量 0.74 g/kg ,全磷含量 0.82 g/kg ,全钾含量 18.5 g/kg ,有效磷含量 48.7 mg/kg ,有效钾含量 358 mg/kg 。

以7年生桃品种白凤为试验材料,该品种在7月下旬成熟。用于试验的桃树生长势、树体大小较为一致,株行距为 $2\text{ m}\times 5\text{ m}$ 。成熟果实样品于上午9:00-11:00进行采集,分别从标记植株树冠东、西、南、北4个方向随机选取无病虫害果实装入 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的保温箱中,将其带回实验室进行处理。

1.2 试验设计

试验设2种土壤水分条件,即中水(W1,灌水上下限为田间持水量的70%,60%);高水(W2,灌水上下限为田间持水量的85%,75%),每个处理选择3株桃树,于花后50 d时进行水分含量控制。将6个时域反射仪探管永久地安装在距离选材0.5 m远的地方用于长期定位检测土壤水分含量,采用时域反射仪测定40 cm深度土壤含水量判断是否需要灌溉。对试验植株整行进行起垄覆膜,如图1所示,使降水沿垄沟迅速排出,从而防止降水改变土壤水分含量。

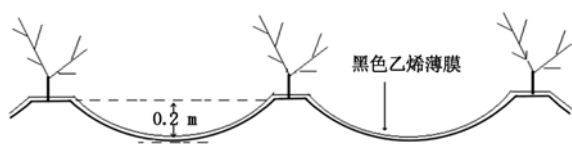


图1 垄沟示意图

Fig.1 Schematic diagram of furrows

1.3 果实细胞内糖酸含量测定

1.3.1 区室化分析方法 桃果实细胞内糖酸含量采用区室化分析方法测定,糖酸在果肉组织中以扩

散的方式通过液泡膜与细胞膜,随着浸提时间不断增加,自由空间中的糖酸先扩散出来,接下来是细胞质中糖酸,最后是液泡中糖酸。对于果实组织中释放出来的糖酸使用 Macklon 描述的方法进行分析^[14]。将糖酸含量取以10为底的对数,然后相对于浸提时间作图,图中最后直线部分表示液泡中糖酸的释放过程,通过回归分析可以得到相应的回归方程,经过计算得到纵截距(V)和斜率(K_1), 10^V 为液泡中糖酸含量(图2), K_1 为糖酸通过液泡膜的渗透速率。通过回归方程计算不同时间液泡中糖酸含量,并从原糖酸含量中减掉,然后取10为底对数并对浸提时间进行作图,图中最后的直线部分表示细胞质中糖酸的释放过程,通过相应回归方程得到截距(C)斜率(K_2), 10^C 即细胞质中糖酸的含量(图2), K_2 为糖酸通过细胞膜的渗透速率。重复上面的过程可以得到第3条曲线,该曲线表示的是细胞间隙中糖酸的释放过程,通过相应回归方程得到纵截距(F), 10^F 即为细胞间隙中相应的糖酸含量(图2)。

1.3.2 桃果实中糖酸的浸提与测定 首先使用自来水清洗掉桃果实表面茸毛,然后使用蒸馏水进行冲洗。将果实表皮去掉后,再使用直径10 mm中空并带活塞的钻孔器向果实中心迅速挖出柱形果肉,将取出的果肉切为约2 mm厚的薄片。取约10 g柱形果肉中部的薄片放入 2 mmol/L CaCl_2 溶液(50 mL),并在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下预处理10 s以除去表面的糖、酸。然后将处理过的样品放入 2 mmol/L CaCl_2 溶液20 mL,在通风条件下进行浸提。在规定的时间内(1,2,3,4,5,8,11,14,17,20,23,26,50,100,150,200,250,300 min)将测试的样品转移到新的 CaCl_2 溶液中,同时将含有糖和酸的原 CaCl_2 浸提液转移至60 mL离心管中,放置于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰箱中进行冷冻,完全结冰后转至 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中保存用以测定溶液中糖与酸的含量。

1.3.3 浸提液中糖酸含量的测定 溶液中糖组分采用离子色谱进行测定,测定条件为:色谱柱为 CarboPac PA1 $4\text{ mm}\times 250\text{ mm}$ (带 CarboPac PA1 $4\text{ mm}\times 50\text{ mm}$ 保护柱);进样量 $10\text{ }\mu\text{L}$;流速 1 mL/min ;柱温 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$;脉冲安培检测器检测,Au电极; 200 mmol/L 氢氧化钠洗脱。

溶液中酸组分采用液相色谱进行测定,测定条件为:酸柱 Agilent poroshell 120SB-C18 ($4.6\text{ mm}\times 100\text{ mm}$, $2.7\text{ }\mu\text{m}$),流动相A、B之比为99.5:0.5(A表示 $2.28\text{ g K}_2\text{HPO}_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$,B为甲醇),流速 0.5 mL/min ,检测波长为 210 nm ,检测器为二极管阵列检测器(DIONEX PAD-100)。

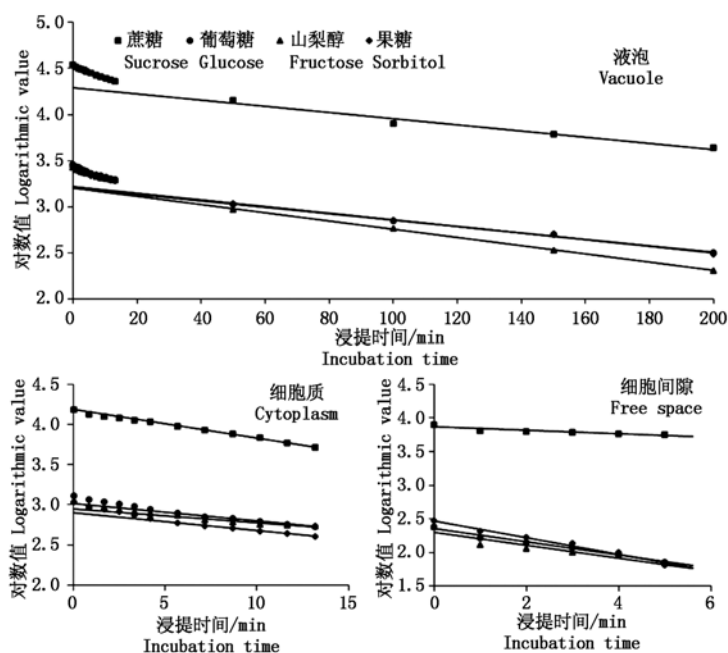


图2 区室化分析方法计算液泡、细胞质和细胞间隙中糖酸的含量以及细胞膜与液泡膜的通透性(以糖为例)

Fig. 2 Compartmental analysis method to determine sugar and acid content in the vacuole, cytoplasm, and free space and the permeability of tonoplast and plasma membrane in the tissues of peaches (an example for sugar)

1.3.4 桃果实中糖酸含量校正 在样品制备过程中,果实表面细胞会有不同程度的破坏,因此,需要计算破碎比例,对糖酸含量进行校正。在果实中酚类物质主要分布在液泡内,通过测定破碎细胞与完整细胞中酚类物质含量计算完整细胞的比例^[8],用以算出各细胞器中糖酸实际含量。

把每个桃果实圆形薄片从中间切开,然后平均分成两部分,一部分直接浸在80%乙醇中,另一部分使用2 mmol/L CaCl₂ 溶液清洗10 s后浸入80%乙醇中。不同处理桃薄片研磨后在7 000 r/min下离心10 min,沉淀物使用80%乙醇浸提3次,上清液合并分析酚类物质含量,采用菲林比色法进行测定。

1.4 数据分析

采用Excel 2013和SAS统计软件对测定指标进行相应的统计分析与作图。

2 结果与分析

2.1 桃果实圆柱形薄片制作过程中细胞破碎比例分析

桃果实糖酸浸提液提取过程中圆柱形桃薄片表面细胞的破碎程度通过清洗与未清洗桃果实中总酚含量计算得到。如表1所示,W1与W2处理完整细胞的比例分别为84.9%和83.7%,表明在果实样品制备过程中水处理细胞破碎程度低于高水处理。

2.2 不同水分条件下桃果实细胞内的糖酸分布

依据区室化分析方法通过作图计算得到桃果实细胞内液泡、细胞质与细胞间隙中各糖酸组分的含

量,并通过表1中完整细胞比例数据进行校正得到最终糖酸含量(表2)。通过表2可以看出,W1处理桃果实液泡、细胞质和细胞间隙中可溶性糖分别为:39.47,16.73,13.03 mg/g,有机酸分别为:4.38,3.15,0.69 mg/g,而在W2处理中可溶性糖分别为:35.63,16.11,13.33 mg/g,有机酸分别为:4.00,3.27,0.65 mg/g,可见,在不同水分条件下可溶性糖与有机酸在细胞中具有类似的分布规律,但是在高水分条件下液泡中糖与酸的含量有所降低。

表1 桃果实圆柱形薄片制作过程中完整细胞的比例

Tab. 1 Proportion of intact cells of peach disks during the preparation process

处理 Treatment	清洗/(μg/g) Washed	未清洗/(μg/g) Nowashed	完整比例/% Intact cells
W1	123.9	145.9	84.9
W2	118.2	141.2	83.7

不同水分供应对桃果实细胞内各糖、酸组分具有不同的影响(表2)。在液泡中W1处理糖含量(蔗糖、葡萄糖、果糖和山梨醇)与酸含量(苹果酸、柠檬酸和奎宁酸)明显高于W2处理,在细胞质中W1处理各糖组分含量高于W2处理细胞间隙中,W1处理各酸组分含量高于W2处理,但并未达到显著程度。W1处理细胞中可溶性糖和有机酸总含量分别为:69.23,8.22 mg/g,W2处理分别为:65.07,7.92 mg/g,表明增加水分供应可以降低细胞中糖、酸的总含量。

表 2 不同水分条件下桃果实细胞内糖酸含量分布

Tab. 2 Distribution of sugars and acids in different compartments of peach fruit under different water conditions

糖酸组分 Sugar and acid components	处理 Treatment	液泡 Vacuole	细胞质 Cytoplasm	细胞间隙 Free space
蔗糖/(mg/g)	W1	32.12a	12.07a	11.76a
Sucrose	W2	28.81b	11.82a	11.92a
葡萄糖/(mg/g)	W1	2.42a	1.56a	0.52a
Glucose	W2	2.21b	1.46ab	0.51a
果糖/(mg/g)	W1	2.51a	1.55a	0.44a
Fructose	W2	2.36b	1.42ab	0.45a
山梨醇/(mg/g)	W1	2.42a	1.55a	0.31b
Sorbitol	W2	2.25b	1.41a	0.45a
苹果酸/(mg/g)	W1	2.49a	0.92a	0.31a
Malate	W2	2.26b	0.95a	0.29ab
柠檬酸/(mg/g)	W1	0.51a	0.41a	0.17a
Citrate	W2	0.45b	0.42a	0.16a
奎宁酸/(mg/g)	W1	1.37a	1.81ab	0.20a
Quinate	W2	1.28b	1.89a	0.19a
莽草酸/(μ g/g)	W1	12.81a	11.92a	8.11a
Shikimate	W2	12.89a	11.88a	7.91a

注:不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 3 同。

Note: Different letters indicated significant level at $P < 0.05$. The same as Tab. 3.

2.3 不同水分条件下糖酸的渗透速率

糖、酸透过液泡膜和细胞膜的渗透速率可由液泡和细胞质阶段相应的释放曲线斜率得到,各种糖、酸透过细胞膜的渗透速率均高于液泡膜,并且各糖组分通过液泡膜与细胞膜的渗透速率高于各酸组分(表 3)。W1 处理桃果实糖、酸通过细胞膜与液泡膜的渗透速率高于 W2 处理,表明增加土壤水分供

应具有降低糖、酸组分通过液泡膜与细胞膜渗透速率的趋势。

W1 处理蔗糖通过细胞膜的速率为 $32.56 \times 10^{-3} \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$,在各糖组分中释放速率最高,但其通过液泡膜的速率与其他糖组分相比较低。在相同水分处理条件下,苹果酸通过细胞膜的渗透速率高于其他酸组分。

表 3 不同水分条件下糖酸透过液泡膜与细胞质膜的渗透速率

Tab. 3 Velocity constant for sugars and acids across the plasma membrane and tonoplast under different water conditions

糖酸组分 Sugar and acid components	处理 Treatment	液泡膜 Vacuole membrane	细胞膜 Plasma membrane
蔗糖/($\times 10^{-3} \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$)	W1	3.41a	32.56a
Sucrose	W2	3.36a	30.83a
葡萄糖/($\times 10^{-3} \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$)	W1	4.23a	23.23a
Glucose	W2	4.18a	21.31a
果糖/($\times 10^{-3} \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$)	W1	4.43a	24.92a
Fructose	W2	4.22a	22.29a
山梨醇/($\times 10^{-3} \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$)	W1	4.53a	27.97a
Sorbitol	W2	4.31a	31.56a
苹果酸/($\times 10^{-3} \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$)	W1	3.91a	26.87a
Malate	W2	3.78a	28.88a
柠檬酸/($\times 10^{-3} \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$)	W1	3.47a	25.39a
Citrate	W2	3.31a	22.98a
奎宁酸/($\times 10^{-3} \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$)	W1	3.49a	23.63a
Quinate	W2	3.29a	21.23a
莽草酸/($\times 10^{-6} \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{min})$)	W1	3.71a	23.78a
Shikimate	W2	3.51a	21.23a

3 讨论

3.1 不同水分条件对细胞破损程度的影响

桃果实细胞内糖酸浸提过程中需要将果实制作成 2 mm 厚圆盘, 所以不可避免地对圆盘表面产生损伤, 造成细胞破裂, 因此, 在计算不同处理桃果实糖酸含量时应予以考虑。Yamaki 等^[10]在测定不同时期苹果细胞中糖含量时也对圆盘表面细胞的损伤情况进行了考虑, 并且认为损伤的程度主要与细胞大小有关。本研究中, 中水处理桃果实圆盘表面细胞损伤程度低于高水处理, 可能也与细胞大小相关。另外, 不同水分处理桃果实的硬度不同, 因而细胞排列的紧密度不同^[15-18], 也可能是中水处理桃果实圆盘表面细胞损伤低于高水处理的另一原因。

3.2 水分对细胞内糖酸分布及渗透速率的影响

桃果实细胞内糖酸含量采用区室化分析方法计算得到。本研究得到的糖释放曲线与苹果、梨和草莓中糖的渗出规律一致^[10-12]。另外, 关于苹果、梨和草莓等果实细胞中糖分布早有报道, 但对桃的报道较少, 主要原因为浸提液中糖含量过低而无法检测, 为此, 本研究通过适当延长浸提时间以及采用离子色谱对浸提液中糖含量进行检测, 从而得到液泡、细胞质与细胞间隙中糖的含量。

近来研究表明, 增加土壤水分供应可以降低果实中糖酸含量^[19-21], 本研究也发现类似的规律, 即高水处理桃果实细胞中可溶性糖与有机酸含量低于中水处理。另外, 研究发现在果实细胞中, 增加水分可以明显降低液泡中糖、酸含量, 而对细胞质与细胞间隙的糖、酸含量影响较小。水分作为一种常见的调控信号, 对糖酸积累具有重要的调节作用。细胞具有渗透调节能力, 即主动积累一些亲水性小分子物质, 防止细胞内大量被动脱水, 以维持细胞的膨压, 而液泡是使细胞形成膨压的主要场所^[8], 因而水分条件的改变对细胞液泡糖酸含量影响较大。

桃果实中糖酸通过细胞膜的速率高于通过液泡膜的速率, 这与 Yamaki 等^[10]在苹果上的研究结果相一致^[10]。Ofosu-Anim 等^[13]研究发现, 糖通过草莓细胞膜的速率随着果实的成熟而上升, 但是 Yamaki 等^[11]发现, 成熟苹果果实中各种糖通过细胞膜和液泡膜的速率高于未成熟的果实, 这些结果表明, 不同生长发育时期细胞膜透性可能因品种而异。本研究发现, 与 W1 处理相比, W2 处理果实中糖的渗透速率具有不同程度的降低, 表明大量水分供应可导致糖酸渗透速率的下降。在不同水分处理桃果实中, 糖、酸通过液泡膜速率均低于细胞膜, 这有利

于果实生长发育后期糖酸等物质在液泡中的积累, 而且这与液泡膜是限制可溶性物质释放到细胞质中的主要屏障相一致^[22]。

参考文献:

- [1] Gautier H, Diakou-Verdin V, Benard C, *et al.* How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance[J]. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 2008, 56(4): 1241 - 1250.
- [2] 潘腾飞, 李永裕, 邱栋梁. 果实品质形成的分子机理研究进展[J]. *亚热带植物科学*, 2006, 35(1): 81 - 84.
- [3] 牛景, 赵剑波, 吴本宏, 等. 不同来源桃种质果实糖酸组分含量特点的研究[J]. *园艺学报*, 2006, 33(1): 6 - 11.
- [4] Crisosto C H, Crisosto G, Bowerman E. Searching for consumer satisfaction: new trends in the California peach industry[C]. *Arigento: Proceedings of the First Mediterranean Peach Symposium*, 2003: 113 - 118.
- [5] Crisosto C H, Crisosto G M. Relationship between ripe soluble solids concentration (RSSC) and consumer acceptance of high and low acid melting flesh peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2005, 38(3): 239 - 246.
- [6] Crisosto C H, Crisosto G M, Metheney P. Consumer acceptance of Brooks' and Bing' cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2003, 28(1): 159 - 167.
- [7] 吴本宏, 李绍华, Bénédicte Q, 等. 桃果皮毛、果肉颜色对果实糖与酸含量的影响及相关性研究[J]. *中国农业科学*, 2003, 36(12): 1540 - 1544.
- [8] Yamaki S. Isolation of vacuoles from immature apple fruit flesh and compartmentation of sugars, organic acids, phenolic compounds and amino acids[J]. *Plant and Cell Physiology*, 1984, 25(1): 151 - 166.
- [9] Yamada H, Kaga Y, Amano S. Cellular compartmentation and membrane permeability to sugars in relation to early or high temperature-induced watercore in apples[J]. *Scientia Horticulturae*, 2006, 108(1): 29 - 34.
- [10] Yamaki S, Ino M. Alteration of cellular compartmentation and membrane permeability to sugars in immature and mature apple fruit[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1992, 117(6): 951 - 954.
- [11] Yamaki S, Ino M, Ozaki S, *et al.* Cellular compartmentation and transport into tonoplast vesicles of sugars with ripening of pear fruit[J]. *Physiological Basis of Postharvest Technologies*, 1992, 343: 12 - 17.
- [12] Ofosu-Anim J, Yamaki S. Sugar content, compartmentation

- tion, and efflux in strawberry tissue [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1994, 119 (5): 1024 - 1028.
- [13] Ofosu-Anim J, Yamaki S. Sugar content and compartmentation in melon [Cucumis melo] fruit and the restriction of sugar efflux from flesh tissue by ABA [J]. J Jpn Soc Hortic Sci, 1994, 63: 685 - 692.
- [14] Aes M. Cortical cell fluxes and transport to the stele in excised root segments of *Allium cepa* L. [J]. Planta, 1975, 122 (2): 109 - 130.
- [15] Seymour G B, Granell A. Fruit development and ripening [J]. Journal of Experimental Botany, 2014, 65 (16): 4489 - 4490.
- [16] Giovannoni J. Molecular biology of fruit maturation and ripening [J]. Annual Review of Plant Biology, 2001, 52 (1): 725 - 749.
- [17] Inzé D, De Veylder L. Cell cycle regulation in plant development [J]. Annu Rev Genet, 2006, 40: 77 - 105.
- [18] 马雯彦, 庞晓明, 续九如, 等. 果实裂果影响因子研究进展 [J]. 华中农业大学学报, 2010, 29 (6): 798 - 804.
- [19] 李艳萍, 牛建新, 陈清. 桃果实中糖酸物质代谢的影响因素研究进展 [J]. 中国农学通报, 2007, 23 (8): 212 - 216.
- [20] 詹妍妮, 郁松林, 陈培琴. 果树水分胁迫反应研究进展 [J]. 中国农学通报, 2006, 22 (4): 239 - 243.
- [21] 齐红岩, 李天来, 张洁, 等. 亏缺灌溉对番茄蔗糖代谢和干物质分配及果实品质的影响 [J]. 中国农业科学, 2004, 37 (7): 1045 - 1049.
- [22] Saftner R A, Daie J, Wyse R E. Sucrose uptake and compartmentation in sugar beet taproot tissue [J]. Plant Physiology, 1983, 72 (1): 1 - 6.

欢迎订阅 2015 年《山西农业科学》

《山西农业科学》是山西省农业科学院主办的大农业学术性期刊(中国科技核心期刊), 主要栏目有: 宏观农业、调查研究、生物技术、遗传育种、耕作栽培、生理生化、资源与环境、植物保护、畜牧兽医、水产渔业、贮藏与加工、信息技术、文献综述等。主要读者对象为: 农业研究机构科研人员、农业院校师生、涉农部门农业技术推广工作者。

本刊为月刊, 大 16 开本, 96 页码。每期定价 8.00 元, 全年 96.00 元。国内统一刊号 CN14 - 1113/S, 邮发代号 22 - 24。

欢迎订阅, 欢迎投稿!

地址: 太原市长风街 2 号

邮编: 030006

电话: 0351 - 7089783

E-mail: sxnykx@126.com