

三种树形对鲜黄梨果实糖分积累的动态变化过程影响

刘 燕, 汪志辉, 熊碧玲, 赵 瑾

(四川农业大学 园艺学院, 四川 雅安 625014)

摘 要: 采用高效液相色谱法, 探讨了疏散分层形、平棚形、Y 字形共 3 种树形对鲜黄梨果实糖分积累的动态变化过程影响。结果表明: 用高效液相色谱分离法测定鲜黄梨果实中糖的种类和含量, 其准确性高、重复性好、回收率高。鲜黄梨糖含量以果糖最高, 蔗糖和葡萄糖含量差异不大; 3 种树形在其糖积累的过程中, 以平棚形的各糖组分含量最高, Y 字形次之, 疏散分层形最低。

关键词: 高效液相色谱法; 糖分; 树形

中图分类号: S 661.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)05-0017-04

我国南方梨规范化生产起步较晚, 整形多沿用北方梨产区疏散分层形等高大树形。但南方梨特别是早熟梨的枝叶生长、果实发育多处于多雨高湿寡日照季节, 采用疏散分层形等高大树形进入盛果期后, 会因郁闭加剧、内膛光照不足使坐果外围化, 优质果着生有效空间缩小; 同时, 难以适应疏花疏果、果实套袋、无损伤采摘等提质增效措施^[1]。随着南方栽培管理技术水平的提高, 南方梨产区也相继出现了多种梨栽培树形, 如 V 字形、平棚形、Y 字形等。生产实践证明, 梨的适宜树形是实现成树快、投产早、丰产稳产、优质高效和树壮寿长的重要条件, 而树形又必须符合品种特性和栽植密度, 三者协调一致, 才能充分发挥品种和优良性状、密度的合理性和树形的作用^[2]。同一地点、同一品种和栽培密度, 导致品质差异的原因可能就是树形, 因为树形造成光照分布出现差异, 光合作用产生的光合产物多少不一, 最终导致果实中积累的可溶性固形物不同。而在梨品质的众多指标中, 糖也是最为重要的, 既是可溶性固形物的重要组成部分, 也是风味指标的主要影响因子。

采用高效液相色谱仪测定果实糖组分及含量, 已在桃^[3]、菠萝^[4]、杏^[5]、温州蜜柑^[6]、苹果^[7]等果实运用, 但测定梨果实的报道很少。因此, 该试验从疏散分层形、平棚形和 Y 字形这 3 种树形的角度, 以鲜黄梨为试材, 运用日本岛津 Lc-6A 高效液相色谱仪测定其果实糖组分及含量, 以研究其测定条件和方法, 探讨梨糖积累在

果实发育过程中的动态变化, 为今后生产中通过各种措施提高梨品质提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2007~2009 年在四川绵竹市遵道镇梨园进行, 供试品种为鲜黄梨 (*Pyrus pyrifolia* Nakai Sun-hwang), 均为 7~8 a 生树, 砧木为山梨, 授粉品种为绿宝石。选取试验园常见的 3 种树形作为试验研究, 分别为平棚形、Y 字形和疏散分层形, 栽培密度 2 m×5 m, 南北行向栽培。每种树形选择树势较强、中庸、较弱的各 2~3 株挂牌。

1.2 仪器、试剂及采样

仪器为日本岛津 Lc-6A 高效液相色谱仪, 包括具有恒流和恒压 2 种输液方式的高压输液泵, 示差折光率检测器, 手动进样器, 数据处理器; 以及研钵、离心机、10 mL 离心管、0.45 μm 微孔滤膜、标准样品果糖、葡萄糖、蔗糖、山梨醇、乙醇、双蒸水。

1.3 采样方法

自 7 月 20 日起, 每隔 15 d 参照当时标准果的大小进行采果, 且统一采摘树冠外围离地面 2 m 左右的果实, 每种树形采 12~15 个果, 储于 -20℃ 备用。测定其单果重、硬度、可溶性固形物含量、可溶性糖含量^[8], 可滴定酸含量^[9], 石细胞含量^[10], 维生素 C^[11]。

1.4 色谱条件

色谱柱: Rezex 钙型糖分析柱 RCM-Monosaccharide Ca²⁺ (8%), 规格 150 mm×7.8 mm; 柱温: 80℃; 检测器: 示差折光检测器; 流动相: 超纯水; 真空泵脱气; 流速: 0.6 mL/min。

1.5 糖含量的测定

1.5.1 标准溶液的配制 称取果糖、葡萄糖、蔗糖、山梨醇各 0.125 g, 转移至 25 mL 容量瓶中, 用双蒸水定容至

第一作者简介: 刘燕 (1986-), 女, 在读硕士, 现主要从事果树栽培及生理研究工作。E-mail: liu129yaner@126.com。
通讯作者: 汪志辉 (1968-), 男, 博士, 副教授, 现从事果树栽培及生理研究工作。E-mail: wangzhihui318@126.com。
基金项目: 国家重点星火计划资助项目 (2008GA810001)。
收稿日期: 2010-12-22

刻度 得到各自浓度大约为 5.0 mg/mL 的单标溶液。同时配制果糖、葡萄糖、蔗糖的混标溶液,使果糖、葡萄糖、蔗糖浓度均为 5.0 mg/mL 左右。

1.5.2 样品提取 随机取 5~6 个梨子果实,切取不同部位果肉,混匀后称取 1 g 样品,用 5 mL 双蒸水研磨,80℃水浴 15 min,冷却后再 10 000 r/min 离心 15 min,残渣加入 8 mL 双蒸水再提取,合并上清液,定容至 50 mL,用一次性注射器抽取提取样液,用 0.45 μm 滤膜过滤至 1.5 mL 的离心管。

1.5.3 液相测糖 进样采用手动进样器,每次吸样品 15 μL,2 次重复,数据通过数据处理器处理得出。

1.6 试验数据统计分析

均采用 PASW Statistics 18 和 Excel 软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 糖分测定的线性相关性、重复性和回收率

表 1 糖分测定的线性相关性、重复性和回收率实验

Table 1 The Linear relevant, repeatability and the recovery rate of the sugar component determined								
组分 Component	标液浓度 Concentration of the standard solution /mg·mL ⁻¹	出峰时间 Peak time /min	线性关系 Linear relationship	相关系数 Correlation coefficient	加入量 Quantity added to/mg·g ⁻¹	测出量 Quantity determined /mg·g ⁻¹	回收率 The recovery rate/%	相对标准偏差 RSD/%
蔗糖 Sucrose	0.7649	4.848	y=77 424x-9 484.6	0.9993	15.00	14.20	94.67	0.20
葡萄糖 Glucose	0.7401	5.722	y=73 862x+2 208.8	0.9999	15.00	14.00	93.33	0.35
果糖 Fructose	0.7706	7.617	y=71 120x+6 130.9	0.9997	15.00	14.50	96.67	0.18

注:线性关系中 X 代表峰面积 Y 代表进样质量(μL)。
Note: In the linear relationship X stands for the Peak area, and Y stands for sampling quality(μL).

2.2 3 种树形对糖代谢的影响

2.2.1 3 种树形的鲜黄梨果实蔗糖含量的动态变化 3 种树形的鲜黄梨果实蔗糖积累的趋势都大致相似(表 2),4 月 5 日至 5 月 5 日的增长较为缓慢,从 5 月 20 日开始进入迅速积累期,尤其是 6 月 20 日至 7 月 5 日积累量最

多。蔗糖积累的过程中,3 种树形的鲜黄梨果实的蔗糖含量在 5 月 20 日时,Y 字形和疏散分层形之间差异不显著;到 7 月 20 日采果时,3 种树形的蔗糖积累量差异不显著。除以上 2 个时间段,其它时间蔗糖积累的差异均达到极显著水平。

表 2 3 种树形的鲜黄梨果实蔗糖含量的动态变化

Table 2 Changes in sucrose content of three tree systems in 'sunhwang' pear								
树形 Tree system	采样时间 Sampling time/Month. Day							
	4.5	4.20	5.5	5.20	6.5	6.20	7.5	7.20
平棚形 Level-shaped structure	3.46Bb	5.01Bb	5.60Bb	8.07Aa	8.97Aa	9.94Aa	12.19Aa	13.48Aa
Y 字形 Y-shaped structure	4.07Aa	5.48Aa	5.85Aa	7.33Bb	7.40Cc	8.9Cc	10.69Bb	11.36Aa
疏散分层形 Sparse canopy shape	2.16Cc	4.52Cc	5.03Cc	7.10Bb	7.78Bb	9.47Bb	9.47Cc	9.87Aa

注:糖含量的单位:mg·g⁻¹。采用 LSD 法进行多重比较 0.01 显著水平用大写字母表示 0.05 显著水平用小写字母表示。下同。
Note: The unit of sugar content: mg·g⁻¹. The different capital letters express is significant difference at the 0.01 level. The different letters express is significant difference at the 0.05 level. The same as below.

2.2.2 3 种树形的鲜黄梨果实葡萄糖含量的动态变化 由表 3 可知,鲜黄梨果实葡萄糖的积累趋势大致相同,与蔗糖相比,葡萄糖前期含量较高,这是因为葡萄糖在果实发育前期作为生理代谢的底物,促进果实器官的建成。在鲜黄梨果实生长的整个过程中,其不同树形的葡萄糖

的含量差异均达到极显著水平。到 7 月 20 日采果时,3 种树形的葡萄糖的含量差异达极显著水平,且均略高于蔗糖的含量。表明树形对葡萄糖的积累量有一定的影响,但各糖分之间比率一致,则是因为其是由品种自身决定的。

表 3 3 种树形的鲜黄梨果实葡萄糖含量的动态变化

Table 3 Changes in glucose content of three tree systems in ‘ sunhwang’ pear

树形 Tree system	采样时间 Sampling time/ Month. Day							
	4. 5	4. 20	5. 5	5. 20	6. 5	6. 20	7. 5	7. 20
平棚形 Level-shaped structure	6. 32Bb	7. 66Bb	6. 14Cc	9. 03Aa	9. 93Bb	9. 94Aa	10. 74Bb	14. 39Aa
Y 字形 Y-shaped structure	6. 54Aa	6. 97Cc	7. 29Aa	7. 38Bb	8. 52Cc	9. 87Bb	11. 80Aa	12. 64Bb
疏散分层形 Sparse canopy shape	6. 01Cc	8. 37Aa	6. 95Bb	7. 47Cc	10. 31Aa	9. 41Cc	10. 57Cc	11. 58Cc

2.2.3 3 种树形的鲜黄梨果实果糖含量的动态变化 鲜黄梨果实果糖积累的趋势前期与蔗糖相似(表 4), 从 5 月 20 日开始, 其积累量迅速增加, 到成熟时果糖含量明显高于蔗糖和葡萄糖含量。3 种树形到成熟时, 蔗糖、葡萄糖和果糖的比率分别为: 1 : 1.07 : 4.10、1 : 1.11 : 3.74、1 : 1.17 : 4.13。表明在鲜黄梨果实成熟时, 其糖分以果糖为主, 平均为蔗糖的 4 倍, 而蔗糖和葡萄糖含量相差不

大。不同树形果糖含量在其积累过程中差异达极显著水平。除 5 月 20 日, 疏散分层形极显著高于平棚形和 Y 字形, 而平棚形和 Y 字形之间差异不显著。到成熟时, 3 种树形的果糖含量分别为 55.31、42.53、40.75 mg/g, 平棚形显著高于 Y 字形和疏散分层形, 后二者之间差异也达极显著水平。

表 4 3 种树形的鲜黄梨果实果糖含量的动态变化

Table 4 Changes in fructose content of three tree systems in ‘ sunhwang’ pear

树形 Tree system	采样时间 Sampling time/ Month. Day							
	4. 5	4. 20	5. 5	5. 20	6. 5	6. 20	7. 5	7. 20
平棚形 Level-shaped structure	2. 25Aa	3. 68Aa	4. 11Aa	8. 53Bb	18. 64Aa	43. 64Aa	52. 59Aa	55. 31Aa
Y 字形 Y-shaped structure	1. 53Bb	2. 21Cc	3. 92Bb	8. 52Bb	16. 79Bb	28. 46	34. 31Cc	42. 53Bb
疏散分层形 Sparse canopy shape	0. 84Cc	3. 02Bb	2. 56Cc	8. 68Aa	12. 92Cc	33. 82Bb	34. 56Bb	40. 75Cc

2.2.4 3 种树形对果实品质的影响 由表 5 可知, 3 种树形中, 疏散分层形的果实可溶性糖含量最低, 显著低于平棚形与 Y 字形, 分别相差 1.32%、0.60%, Y 字形与平棚形之间差异显著, 可溶性固形物含量与可溶性糖含量变化表现出相同的变化情况, 说明树形影响可溶性糖和可溶性固形物含量。疏散分层形的果实可滴定酸含量最高, 与平棚形存在显著差异, 与 Y 字形果实差异不明显。可滴定酸含量与可溶性糖含量在树形间呈现相反的变化趋势, 导致不同树形的果实糖酸比差异显著。3 种树形中, 糖酸比由高到低依次为: 平棚形、Y 字形、疏散分层形。平棚形的果实可溶性含糖量最高, 为 10.54%, 可滴定酸含量仅有 0.12%, 其糖酸比高达 90.63, 与疏散分

形差异极显著。

不同树形果实的平均单果重在 198~220 g。平棚形的果实平均单果重为 219.8 g, 与疏散分层形存在显著差异, 同时, Y 形>疏散分层形, 二者之间差异不显著。3 种树形的果实石细胞含量差异不显著, 且都未超过 0.03%, 说明鲜黄梨是一个极为优质的品种, 石细胞含量低, 树形不是其含量的影响因子。果实维生素 C 含量, 平棚形、Y 字形、疏散分层形之间差异不显著。在硬度方面, 疏散分层形与 Y 字形的差异不显著, 与平棚形的差异极显著, 差值为 0.97。3 种树形之间果型指数差异不显著, 说明树形不是果型指数的限制因子。

表 5 3 种树形对果实品质的影响

Table 5 Effect of fruit quality in three tree systems

树形 Tree system	单果重 Single fruit Weight/ g	可溶性糖含量 Total soluble sugar content/ %	可溶性固形物含量 Total soluble solid content/ %	可滴定酸含量 Titratable Acidity/ %	糖酸比 Sugar-acid Ratio	石细胞含量 Content of stone cells/ %	维生素 C 含量 Vitamin C /mg · g ⁻¹	硬度 Fruit hardness /kg · cm ⁻²	果形指数 Fruit index
平棚形 Level-shaped structure	219.83a	10.54Aa	13.06a	0.12b	90.63Aa	0.021a	0.018b	7.13b	0.8367a
Y 字形 Y-shaped structure	205.01ab	9.82ABb	12.34b	0.13ab	77.24ABab	0.026a	0.019b	7.60ab	0.8467a
疏散分层形 Sparse canopy shape	198.2b	9.22Bc	12.15b	0.15a	62.88Bb	0.027a	0.018b	8.10a	0.8233a

3 讨论

果实积累的糖分主要为果糖、葡萄糖和蔗糖, 另有少量糖醇, 如山梨醇、肌醇。由于这几种糖的甜度和口感不同, 因而在果实发育和贮藏中糖的种类以及其比例变化

构成果实特有的甜度和风味^[12]。鲜黄梨果实糖积累的类型属于中间类型, 即果实发育早中期将输入的光合产物转化为淀粉而积累起来, 至果实发育后期淀粉含量下降、含糖量上升, 也属呼吸跃变型^[13]。属于这类的果实

还有苹果、桃等^[13]。

常规测糖的方法如斐林法^[14]、3,5-二硝基水杨酸法^[15]、蒽酮比色法^[16]等化学分析方法只能测定总的可溶性糖和还原糖,不能测定其糖分的种类和含量。高效毛细管电泳法操作较繁琐;气相色谱法虽然可以检测到可溶性单糖的各组分^[17],但首先必须将单糖制成低沸点的衍生物,不但操作复杂,并且误差大。该研究表明,用高效液相色谱分离、测定梨果实中糖的种类和含量,不仅前处理和操作简单,而且分离效果良好、准确性高、重复性好。

该研究还表明,鲜黄梨糖含量以果糖最高,蔗糖和葡萄糖含量差异不大。果实的可溶性糖和可溶性固形物均以平棚形最高,Y字形次之,疏散分层形最低;果形指数、石细胞含量和VC含量的差异不大,表明3个指标为该品种的固有特性,与树形无关。3种树形的鲜黄梨果实发育过程中,果糖、蔗糖和葡萄糖的含量均以平棚形最高,Y字形次之,疏散分层形最低。这是因为,平棚形是单层叶幕,主枝分布于棚架表面。Y字形也属单层叶幕,但其主枝数为2个,有明显主干,主枝基部枝叶会受端部枝叶影响,相邻树体之间也存在叶幕交叉,光照强度大大弱于平棚形,含糖量也低于平棚形。疏散分层形为二层叶幕,叶幕层之间存在50~60 cm的距离,主枝数为4个,有明显主干,到达下层主枝基部的光照,不仅受下层主枝端部枝叶和相邻树体枝叶影响,而且还受上层主枝枝叶限制,出现弱光区。因此,疏散分层形叶幕的光照强度比Y字形弱,其果实的品质、含糖量最差。同时,该研究也首次证明,平棚形同样也是一种适用于四川盆地地区鲜黄梨的整形方式,且平棚形的树体下部的操作空间大,可以利用其此项优点,发展立体农业、休闲农业等,来增加生产效益。

参考文献

- [1] 黄新忠.南方早熟梨高冠矮化矫形改造效应与技术探讨[J].福建果树,2003(4):29-30.
- [2] 张兴旺.密植梨的5种树形[J].农村实用技术,2005(10):22.
- [3] 孟海玲,王有年,李奕松等.桃树子房发育初期蔗糖含量及其相关酶活性的变化[J].中国农业科学,2008,41(3):779-785.
- [4] 张秀梅,杜丽清,孙光明等.菠萝果实发育过程中糖积累与其代谢酶的关系[J].热带作物学报,2008,29(1):10-13.
- [5] 张丽丽,刘威生,留有春等.高效液相色谱法测定5个杏品种的糖和酸[J].果树学报,2010,27(1):119-123.
- [6] 赵智中,张上隆,徐昌杰等.蔗糖代谢相关酶在温州蜜柑果实糖积累中的作用[J].园艺学报,2001,28(2):112-118.
- [7] 宋焱,刘金豹,王孝娣等.苹果加工品种的糖积累与蔗糖代谢相关酶活性[J].果树学报,2006,23(1):1-4.
- [8] 熊庆娥.植物生理学实验教程[M].成都:四川科学技术出版社,2003:81-82.
- [9] 李锡香.新鲜果蔬的品质及其分析方法[M].北京:中国农业出版社,1994:208-210.
- [10] 刘小阳,李玲,宗梅等.梨果实石细胞含量分布及其对梨品质的影响[J].安徽农业大学学报,2004,31(1):104-106.
- [11] 王晓丽,苟琳.生物化学实验教程[M].成都:四川科学出版社,2005:122-124.
- [12] 文涛,熊庆娥.柑桔果实糖、酸代谢研究概况[J].中国南方果树,2001,30(2):13-16.
- [13] 陈俊伟,张上隆,张良诚.果实中糖的运输、代谢与积累及其调控[J].植物生理与分子生物学学报,2004,30(1):1-10.
- [14] 张德先,陈阳.探究斐林试剂与还原糖反应的实验条件[J].生物学教学,2007,32(4):53.
- [15] 张驰,秦恩华,周大寨.3,5-二硝基水杨酸比色法测定豆腐柴中糖类物质研究[J].中外食品加工技术,2003(6):94-95.
- [16] 杨秀英,王书林.蒽酮-硫酸比色法测定枇杷叶中可溶性多糖的含量[J].亚太传统医药,2008,8(4):26-27.
- [17] 周欣,王庆彪,刘锡钧等.气相色谱法检测葡萄糖、麦芽糖、果糖和蔗糖[J].海峡药学,2001,13(4):48-49.

Effect on the Processing of 'Sunhwang' Pear Sugar Accumulation under the Three Tree Systems

LIU Yan, WANG Zhi-hui, XIONG Bi-ling, ZHAO Jin

(Department of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014)

Abstract: The impact on 'Sunhwang' pear sugar accumulation was discussed in the three tree systems, used by high performance liquid chromatography (HPLC) method. The results showed that HPLC can be successfully used for the measurement of sugar composition and the contents in 'Sunhwang' pear and the results had high accuracy rate of repeatability and recovery. Fructose was the highest in sugar content, sucrose and glucose did not differ greatly, during fruit maturity. There was a similar trends of changes among fructose, glucose and sucrose content in different tree systems, while level-shaped had the highest levels of these values, following by Y-shaped system, the sparse canopy shaped was the lowest.

Key words: high performance liquid chromatography (HPLC) method; sugar component; tree system