

套袋对红富士苹果果实糖分积累 及相关酶活性影响的研究

魏建梅^{1,2}, 范崇辉^{1*}, 赵政阳¹

(1. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 河北农林科学院昌黎果树研究所, 河北 昌黎 066600)

摘 要: 从苹果果实套袋止采收期, 每隔 20 d 在树冠中外部不同方位采样, 以不套袋果为对照, 研究测定了红富士苹果套纸袋对果实各种可溶性糖和淀粉含量及其相关酶活性的影响。结果表明, 套袋红富士苹果果实在发育过程中总糖、还原糖、蔗糖、果糖、葡萄糖和淀粉的含量均不同程度地降低, 但糖含量的变化趋势与对照相同。套袋后果实蔗糖磷酸合成酶 (SPS)、蔗糖合成酶 (SS)、中性转化酶 (NI)、酸性转化酶 (AI) 和淀粉酶的活性在果实发育过程中低于对照, 但是变化动态相一致。其中, 对照果实 SPS 和 SS 活性波动幅度大, SPS 活性随果实成熟呈上升趋势, SS 活性上升不大, 而套袋果实 SPS 和 SS 活性在发育期变化较缓和; 随着果实成熟, 对照和处理果实 NI、AI 和淀粉酶活性均呈降低趋势, 且 NI 和 AI 酶活性变化动态相一致, AI 活性略高于 NI 的活性。

关键词: 红富士苹果; 果实套袋; 糖分积累; 酶活性

中图分类号: S661.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)06-0154-05

苹果套袋是目前生产优质、无公害果品的一项重要栽培技术, 但是苹果果实生长期套袋改变了果实发育的微域环境, 影响了果实的品质形成^[1~3]。生产实践和研究表明, 果实套袋在提高果实外观品质的同时, 对其内在品质产生不同程度的影响, 如套袋果实糖、酸、Vc 等含量下降, 风味变淡^[1~5]。因此, 提高套袋果实的内在品质是目前生产上的重要问题, 其中, 糖的含量、种类及其比值是果实品质的重要因素, 糖的代谢变化直接影响了果实发育和品质形成。目前, 有关套袋对果实糖代谢的影响机理研究报道很少。因此, 本试验对套袋苹果果实发育过程中糖代谢及其相关酶活性变化等进行研究, 以期探讨套袋对果实糖代谢的影响机理, 为完善套袋技术、提高套袋果实品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料处理

试验在陕西省杨陵区一矮化中间砧红富士苹果园进行。该园海拔高度 520 m, 年日照时数 2163.8 h, 年平均降雨量 540 mm, 无霜期 220 d。试验园为瘠土, 树龄 11 a 生, 株行距 2 m×3 m, 小冠疏层形, 管理水平中等。选树势基本一致的红富士于 6 月 10 日套三秦双层纸袋, 以不套袋为对照, 单株小区, 重复 5 次, 共 10 株。套袋树 9 月 27 日除外袋, 9 月

30 日除内袋, 10 月 8 日采收。套袋当天第一次采样, 以后每隔 20 d 采样一次。采样时选取树冠中外部不同方位的果实 3~5 个, 液氮速冻后保存在-80℃超低温冰箱中, 待测可溶性糖、淀粉及相关酶活性。

1.2 测定方法

可溶性糖与淀粉的提取与测定: 称冷冻的鲜样果实于研钵中, 研磨成匀浆, 倒入离心管中, 加 80% 的乙醇于 80℃水浴浸提 10 min, 离心, 集中上清液, 重复 3 次, 蒸去乙醇, 将残留物加水溶解, 微孔滤膜过滤后冻存待测。总可溶性糖含量用蒽酮比色法^[6]测定, 蔗糖、葡萄糖和果糖含量均采用高效液相色谱法 (HPLC) 测定^[7], 还原糖含量用 3, 5-二硝基水杨酸法^[8]测定。将以上提取可溶性糖后的残留物用高氯酸法提取淀粉^[9], 再用蒽酮比色法测定。

酶液制备及酶活性测定: 所有酶液制备基本按 Keller^[8]的方法: 称取果实冷冻样品于冰浴的研钵中, 分两次加提取液 [50 mmol/L HEPES-NaOH (pH7.5), 10 mmol/L MgCl₂, 1 mmol/L EDTA, 2.5 mmol/L DTT, 0.05% (v/v) Tritonx-100 和 0.1% (w/v) BSA] 研磨成匀浆, 匀浆液经冷却的脱脂纱布过滤, 低温离心, 收集上清液, 2℃下透析 12 h 后的酶液即可用于酶活性的测定。磷酸蔗糖合成酶

收稿日期: 2008-02-25

基金项目: 科技部攻关计划项目 (2002BA516A10)

作者简介: 魏建梅 (1973—), 女, 河北昌黎人, 在读博士, 助研, 研究方向为果树生理生态。

* 通讯作者: 范崇辉 (1956—), 男, 陕西礼泉人, 教授, 主要从事果树生理生态的研究。

(SPS)^[10]和蔗糖合成酶(SS)^[11]活性通过测定从UDPG生成的蔗糖来定量,酸性转化酶(AI)、中性转化酶(NI)和淀粉酶活性测定按 Merlo^[12]的方法测定。

2 结果与分析

2.1 套袋对总糖和还原糖含量的影响

图 1 和图 2 表明,苹果果实套袋后总糖和还原糖的积累变化规律与对照果实相一致,即套袋后期含量持续上升至采收前达到高峰。果实有袋发育期间总糖含量均低于对照,套袋前期降低幅度较小,摘袋前后降低幅度较大,采收时与对照的差异变小,但仍低于对照。还原糖含量套袋前期累积增长缓慢,8月29日后增长加速,对照与套袋果实含量差异变大,摘袋后差异又缩小。

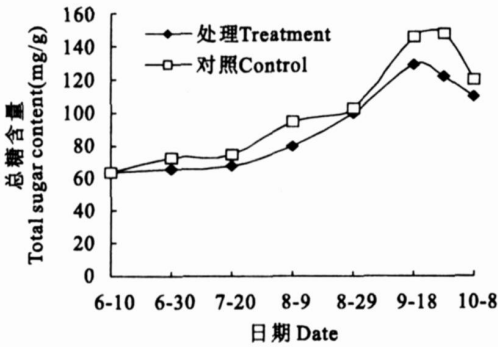


图 1 套袋红富士苹果总糖含量的变化
Fig.1 Changes in total sugar content of Red Fuji apple after bagging

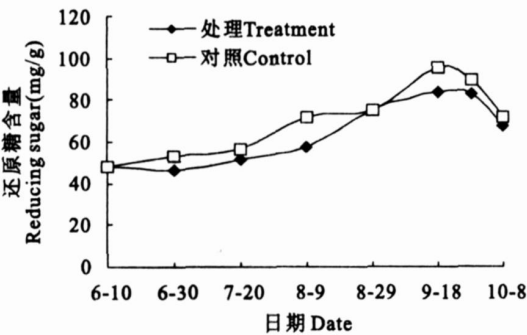


图 2 套袋红富士苹果还原糖含量的变化
Fig.2 Changes in reducing sugar content of Red Fuji apple after bagging

2.2 套袋对蔗糖、果糖和葡萄糖含量的影响

从图 3、4、5 看出,随着果实的发育成熟,红富士苹果蔗糖、果糖和葡萄糖含量不断积累,套袋果实 3 种糖的积累变化趋势分别与其对照相同,但有袋发育期间含量均低于对照。果实蔗糖含量在套袋前期很低,套袋 60 d(8 月 9 日)后含量上升幅度增大,但

始终低于对照,且随时间推移二者差异比较均匀。果糖含量在果实发育期均比蔗糖和葡萄糖含量高,是主要的可溶性糖。套袋果实果糖前期含量与对照差异小,摘袋前二者差异加大,使套袋果的果糖含量降低显著,采收时差异又缩小。果实葡萄糖含量介于果糖和蔗糖之间,在有袋发育期间含量不断积累,并与对照变化趋势相同,且始终低于对照果实。

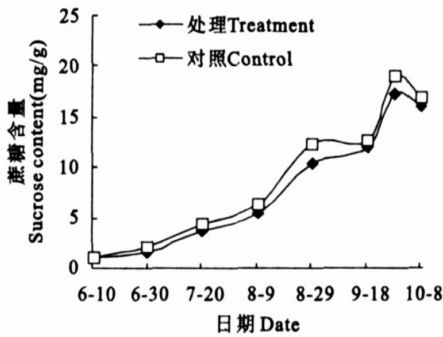


图 3 套袋红富士苹果蔗糖含量的变化
Fig.3 Changes in sucrose content of Red Fuji apple after bagging

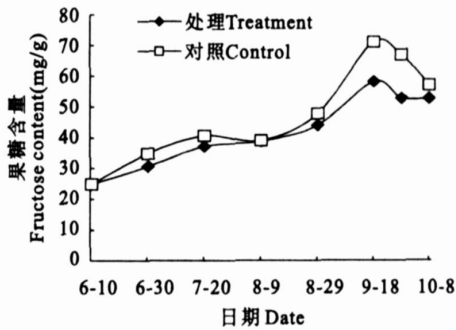


图 4 套袋红富士苹果果糖含量的变化
Fig.4 Changes in fructose content of Red Fuji apple after bagging

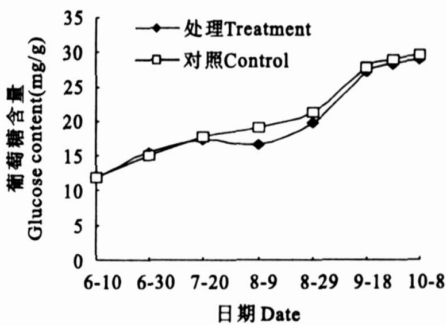


图 5 套袋红富士苹果葡萄糖含量变化
Fig.5 Changes in glucose content of Red Fuji apple after bagging

2.3 套袋对淀粉含量的影响

从图 6 可知,红富士果实淀粉含量随果实的发育成熟呈下降趋势,前期下降幅度较大,成熟期下降变缓,采收时降至最低,套袋果实与对照的淀粉含量变化趋势相同,但始终低于对照。套袋果实淀粉变

化平缓,而对照果实波动幅度较大。

2.4 套袋对蔗糖磷酸合成酶(SPS)和蔗糖合成酶(SS)活性的影响

从图 7 可知,套袋果实与对照的 SPS 活性变化动态相同。套袋 20 d(6 月 30 日)后 SPS 活性升高,且超过对照,套袋 60 d 后 SPS 活性下降,至采收始终处于较低水平,对照果实 SPS 活性变化是在前期下降,7 月 20 日后升高,后期波动较剧烈。图 8 表明,套袋和对照果实的 SS 活性变化差异与 SPS 活性呈相同的趋势,但在果实发育过程中,对照果实的 SS 活性上升幅度不大,随果实发育成熟其活性上下波动,而套袋果实 SS 活性呈下降趋势。总之,套袋影响了果实 SPS 和 SS 的活性,在有袋发育期至摘袋后基本低于对照,从而对果实碳水化合物的合成和代谢产生一定的影响。

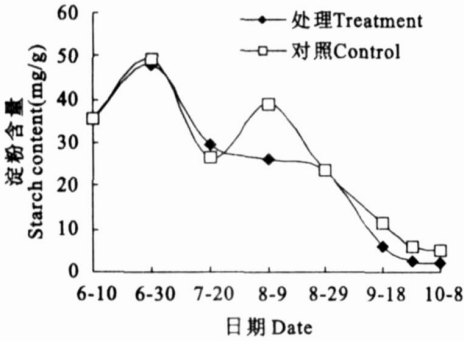


图 6 套袋红富士苹果淀粉含量的变化

Fig. 6 Changes in starch content of Red Fuji apple after bagging

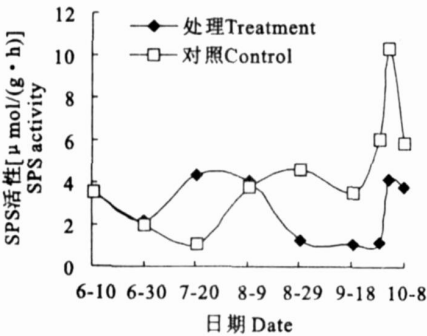


图 7 套袋红富士苹果果实 SPS 活性的变化

Fig. 7 Changes in SPS activity of Red Fuji apple after bagging

2.5 套袋对酸性转化酶(AI)和中性转化酶(NI)活性的影响

从图 9、10 可知,果实中 AI 和 NI 活性及其变化趋势相似,套袋初期活性较高,套袋 60 d 达高峰,之后活性均降低,且套袋果实 NI、AI 活性显著低于对照果实,采收期活性变化比较平稳。

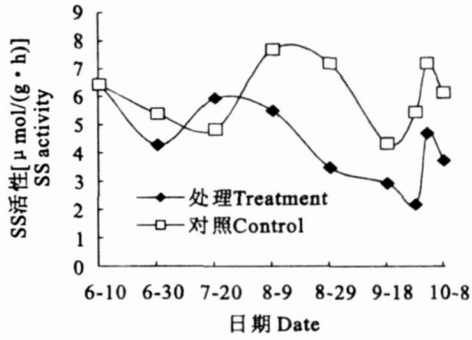


图 8 套袋红富士苹果果实 SS 活性的变化

Fig. 8 Changes in sucrose synthase activity of Red Fuji apple after bagging

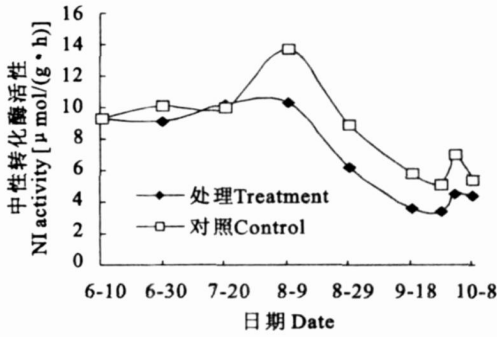


图 9 套袋红富士苹果果实中性转化酶活性的变化

Fig. 9 Changes in neutral invertase activity of Red Fuji apple after bagging

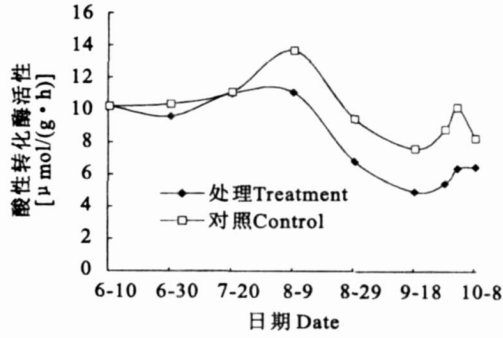


图 10 套袋红富士苹果果实酸性转化酶活性的变化

Fig. 10 Changes in acid invertase activity of Red Fuji apple after bagging

2.6 套袋对淀粉酶活性的影响

从图 11 可看出,淀粉酶活性的变化与淀粉含量(图 6)呈相同的变化规律,即随着果实淀粉含量的降低淀粉酶活性降低,套袋果实淀粉酶活性变化与对照相同,但始终低于对照。处理和对照前期淀粉酶的活性都高,差异较大,而此期二者淀粉含量差异不大;后期(8 月 9 日以后)淀粉酶活性均迅速下降,且差异较小;采收前其活性变化缓和,处理和对照的差异缩小。

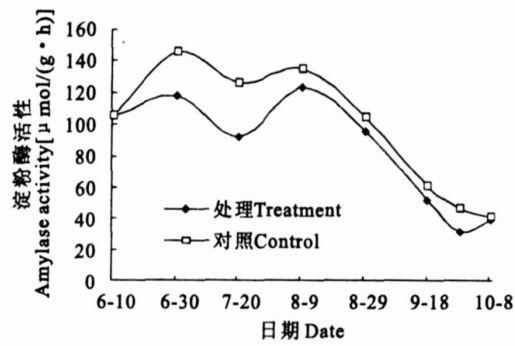


图 11 套袋红富士苹果果实淀粉酶活性变化

Fig. 11 Changes in amylase activity of Red Fuji apple after bagging

3 讨 论

糖的积累是果实品质形成的关键,受果实库强、韧皮部卸载、跨膜运输、碳水化合物代谢及相关酶活性的影响^[13~15],其中,库强大小与糖代谢有关酶活性是果实糖积累的重要生化指标。果实的生长发育需要碳水化合物的不断输入并及时转化为贮藏形式或进入代谢消耗,所以,碳水化合物的代谢变化是果实发育和品质形成的生化过程及调控的重要方面^[13,16]。

果实套袋改变了果实发育过程中的光照、温度、湿度、气体等微域环境条件,对果实物质代谢等生理过程产生复杂的影响。试验表明,套袋果实在发育过程中总糖、还原糖、蔗糖、果糖、葡萄糖和淀粉的含量较对照低,且变化规律一致,说明套袋不利于果实各种碳水化合物的积累,但未影响其变化规律。苹果套袋后,由于遮光作用阻碍了果皮叶绿素的合成和光合作用^[17],自身产生的光合产物减少,“库强”变小,同时果袋对树体也遮光,会降低叶片的光合作用,使“源”强度减小,影响碳同化物向果实的输入及在果实中的合成和代谢^[18],使果实内含物含量降低。

套袋影响果实中与糖代谢相关的酶活性。研究结果表明,套袋后果实发育环境条件相对稳定,酶活性小且波动平缓,而对照果实酶活性高且波动幅度较大,可能是外界环境的改变刺激果实自我保护机制的结果。糖代谢相关酶活性的高低是衡量植物“库强”的重要指标^[19],试验结果显示,红富士套袋后果实“库”调运同化物的能力下降,使果实中同化物的积累量减少,但除袋后至采收,各种酶活性差异变小,与相应的糖含量变化相一致,表明除袋后果实生境的恢复对糖的积累确实有补偿作用。

综上所述,果实套袋后不利于其糖份积累确实

是由于影响了果实糖代谢相关酶活性的结果,从而改变了其“源”“库”水平。但是,如何进行合理调控需抓住套袋对果实糖代谢影响的关键环节,这有待进一步深入研究。

近年来,糖作为调控植物生长发育的重要信号分子受到广泛关注,套袋处理很可能使内在的糖信号与外界信号共同作用,对果树“源”“库”关系进行了调控。随着现代生物技术的发展,有望从分子水平上研究套袋对果实糖代谢的调控的关键环节,为提高套袋苹果品质提供理论依据。

参 考 文 献:

[1] 王文江,孙建设.红富士苹果套袋技术研究[J].河北农业大学学报,1996,19(4):28-32.

[2] 王少敏,高华君,张晓兵.套袋对红富士苹果色素及糖、酸含量的影响[J].园艺学报,2002,29(3):263-265.

[3] 王少敏,高华君,刘嘉芬.套袋短枝红富士果实内含物及果皮色素的变化[J].果树科学,2000,17(1):76-77.

[4] 卜万锁,牛自勉,赵红钰.套袋处理对苹果芳香物质含量及果实品质的影响[J].中国农业科学,1998,31(6):88-90.

[5] 范崇辉,魏建梅,赵政阳,等.不同果袋对红富士苹果品质的影响[J].园艺学进展,2004,(6):121-125.

[6] 高俊凤.植物生理实验技术(第一版)[M].高等教育出版社,2001.145-148.

[7] 王利芬,夏仁学,周开兵.组荷尔脐橙果肉糖分积累和蔗糖代谢相关酶活性的变化[J].果树学报,2004,21(3):220-223.

[8] Keller F, Ludlow M M. Carbohydrate metabolism in drought-stressed leaves of pigeonpea (*Cajanus cajan*) [J]. Plant Physiol., 1981,67(1):139-142.

[9] Wang F, Sanz A, Benner M L, et al. Sucrose synthase, starch accumulation and tomato fruit sink strength [J]. Plant Physiol., 1993,101:321-327.

[10] Zhun Y J, Komor E, Moore P H. Sucrose accumulation in the sugarcane stem is regulated by the difference between the activities of soluble acid invertase and sucrose phosphate synthase [J]. Plant Physiol., 1997,115:609-616.

[11] Ruffy T W, Huber S C. Changes in starch formation and activities of sucrose phosphate synthase and cytoplasmic fructose-1, 6-bisphosphatase in response to source-sink alterations [J]. Plant Physiol., 1983,72(2):474-478.

[12] Merlo L, Passera C. Changes in carbohydrate and enzyme levels during development of leaves of *Prunus persica*, a sorbitol synthesizing species [J]. Plant Physiol., 1991,83:621-626.

[13] 吕英民,张大鹏.果实发育过程中糖的积累[J].植物生理通讯,2000,(4):258-265.

[14] 王永章,张大鹏.乙烯对成熟期红星苹果果实碳水化合物代谢的调控[J].园艺学报,2000,27(6):391-395.

[15] Beruter J, Studer Feusi M E. The effects of girdling on carbohydrate partitioning in the growing apple fruit [J]. Plant Physiol., 1997,151:227-285.

[16] 陈俊伟,张上升,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报, 2004, 30(1): 1-10.
- [17] 高华君, 王少敏, 刘嘉芬. 红色苹果套袋与除袋机理研究概要[J]. 中国果树, 2000, (2): 46-48.
- [18] 李明启. 果实生理[M]. 北京: 科学出版社, 1989. 85-89.
- [19] 陈俊伟, 张良诚, 张上隆. 果实中的糖分积累机理[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36: 497-503.

Studies on effect of bagging on fruit sugar accumulation and their related enzymes activity in Red Fuji apple

WEI Jian-mei^{1,2}, FAN Chong-hui^{1*}, ZHAO Zheng-yang¹

(1. College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. Changli Fruit Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Changli 066600, China)

Abstract: It is indicated that the fruit bagging influenced the content of carbohydrate and starch and the activity of their related enzymes. The results of experiments showed that the content of various soluble sugars (total sugar, reducing sugar, sucrose, fructose, glucose) and starch were lowered to some extent, while sugar content had the same changeable trend between bagging and control. Correspondingly, the bagging influenced greatly the activity of the metabolism-related enzymes. The results also indicated that the activity of sucrose phosphate synthase (SPS), sucrose synthase (SS), neutral invertase (NI), acid invertase (AI) and amylase were lower than the control during the bagging course, but there was the same changeable trend between bagging and control. There was bigger wave range in the activity of SPS and SS in control, and the activity of SPS had a raising trend along with the fruit maturity, while that of SS had no obvious change. The changed wave in bagging fruit is not so big as the control during the whole growth period. The activity of NI, AI and amylase reduced gradually after bagging, and the NI and AI had the same trend.

Keywords: Red Fuji apple; fruit bagging; sugar accumulation; enzymes activity

(上接第 142 页)

Effect of water stress on photosynthesis and yield character of hybrid rice at different stages

WANG Ze-jie, CHEN Yong-jun^{*}, XIE Chong-hua, YANG Guo-tao

(College of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan 621000, China)

Abstract: Responses to three extents of water stress were comparatively studied in two indica hybrid rice differing in sensitivity at tillering, booting and flowering stages, to investigate the effects of water stress on Pn, ROS, SOD activity, SOD isozymes and yield. The result showed that, in light water stress and followed by continuing water stress, Pn decreased, ROS accumulated and the activity of SOD increased in leaves. However, in severe water stress and followed by continuing water stress, Pn decreased rapidly, the content ROS and the activity of SOD were higher than in light water stress, but at the 7~9 days the activity of SOD began to decrease. After harvest, the magnitude of yield treated with different water stress is summarized as: CK > light > severe. The SOD isozymes at flowering stage were analyzed by PAGE, and the results showed 6 different protein bands. Followed by increasing water stress degree, the light of protein band increased gradually. It also showed difference in two varieties. The ability of resistance to water stress at three stages were summarized as: Booting stage > flowering stage > tillering stage. B-You 827 had higher resistance to both light and severe water stress compared to Gangyou 725 at three stages.

Keywords: hybrid rice; water stress; Pn; yield