

不同采收时间三叶木通果实品质变化分析

蔡芳丽^{1,2,①}, 邹帅宇^{2,①}, 高浦新², 贾天娇², 程春松², 范思庆², 丁剑敏², 黄宏文^{2,②}

(1. 江西农业大学林学院, 江西 南昌 330045; 2. 中国科学院庐山植物园, 江西 九江 332900)

摘要: 对4个采收时间(9月3日、9月17日、10月1日和10月7日)三叶木通 [*Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz.] 果实的物理参数以及营养成分和矿质元素含量进行测定和比较。结果表明: 总体上看, 随着采收时间的推迟, 三叶木通果实的单果鲜质量、纵径、横径、含水量和可溶性糖含量逐渐增加, 而硬度和大部分矿质元素含量逐渐降低。总体上看, 10月1日, 三叶木通果实的鲜质量、大小、含水量、可溶性糖含量和 V_c 含量显著升高, 硬度及大部分矿质元素含量显著降低, 表明此时果实向生理成熟转变。综合考虑三叶木通果实的品质和耐贮藏性, 建议在10月1日左右采收。

关键词: 三叶木通; 果实; 采收时间; 生理指标; 品质

中图分类号: Q949.9; Q946.91; S567 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2022)01-0083-03

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2022.01.10

Analysis on quality variations of *Akebia trifoliata* fruit at different harvesting times CAI Fangli^{1,2,①}, ZOU Shuaiyu^{2,①}, GAO Puxin², JIA Tianjiao², CHENG Chunsong², FAN Siqing², DING Jianmin², HUANG Hongwen^{2,②}
(1. College of Forestry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Lushan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Jiujiang 332900, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2022, 31(1): 83-85

Abstract: The physical parameters and contents of nutritional components and mineral elements in *Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz. fruit at four harvesting times (Sept. 3, Sept. 17, Oct. 1, and Oct. 7) were determined and compared. The results show that in general, with the postponement of harvesting time, fresh mass per fruit, vertical diameter, horizontal diameter, moisture content, and soluble sugar content in *A. trifoliata* fruit gradually increase, while firmness and most mineral element contents gradually decrease. In general, on Oct. 1, the fresh mass, size, moisture content, soluble sugar content, and V_c content in *A. trifoliata* fruit significantly increase, while firmness and most mineral element contents significantly decrease, indicating that the fruit is turning to physiologically mature at this time. Considering the fruit quality and storage stability of *A. trifoliata*, it is suggested to harvest about Oct. 1.

Key words: *Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz.; fruit; harvesting time; physiological index; quality

三叶木通 [*Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz.] 为多年生木质藤本植物, 其根、茎、叶和果均可入药, 具有消炎镇痛、活血通络和清热利尿等功效^[1]。三叶木通在中国主要分布于长江流域^[1], 其果实甘甜爽口、美味多汁^[2], 且含有丰富的粗蛋白、还原糖、维生素 C (V_c)、矿质元素、可溶性糖及 17 种氨基酸等^[3-5], 为近年来快速兴起的特色水果, 已在国内多地规模化种植。目前, 已有三叶木通引种驯化、育种改良以及染色体水平的基因组分析等方面的研究^[6-8]。

野生三叶木通果实成熟时沿腹缝线开裂, 利于种子传播。然而, 在大面积人工栽培条件下, 若待三叶木通果实完全成熟开裂后采收, 果肉易受鸟虫取食和细菌污染, 产量和经济效益严重受损; 另外, 果实开裂后其耐贮藏和耐运输性能严重降低, 果实商品性大幅下降。因此, 需要在三叶木通果实开裂前

适时采收, 延长果实货架期, 提高其鲜食品质和经济附加值。采收成熟度是影响果实品质、贮藏品质和货架期的重要因子之一。已有大量文献对三叶木通成熟果实的营养成分和矿质元素含量进行了报道^[9-14], 但关于其不同成熟期果实的生理指标变化规律尚不明确。鉴于此, 笔者以 4 个采收时间三叶木通的果实为研究对象, 测定果实品质相关指标, 以为三叶木通的适时采收提供基础研究数据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试材料为经过多代驯化改良的三叶木通优良单株扩繁的无性系。2015 年 3 月, 以 2 年生三叶木通实生苗为砧

收稿日期: 2021-05-17

基金项目: 中国科学院战略生物资源服务网络计划项目(KFJ-BRP-007-001); 中国科学院庐山植物园庐山植物专项(2021ZWZX07)

作者简介: 蔡芳丽(1997—), 女, 湖南郴州人, 硕士研究生, 主要从事资源植物开发利用方面的研究。

邹帅宇(1991—), 男, 河南商丘人, 博士, 副研究员, 主要从事资源植物开发利用方面的研究。

① 共同第一作者

② 通信作者 E-mail: huanghw@scbg.ac.cn

引用格式: 蔡芳丽, 邹帅宇, 高浦新, 等. 不同采收时间三叶木通果实品质变化分析[J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31(1): 83-85.

木,优良三叶木通单株枝条为接穗,于湖南省张家界木通实验基地扩繁成优良三叶木通无性系,2017年开始大量挂果。该无性系花期在3月至4月,果实成熟期(成熟开裂)在10月上旬。分别于2020年9月3日、9月17日、10月1日和10月7日进行采收,其中10月7日的果实接近开裂。每个时期采集30个大小和发育基本一致、无病害、无机械损伤、色泽均匀的果实。所有果实采收后带回实验室,立即进行相关指标测定。

1.2 方法

1.2.1 果实物理参数测定方法 取10个果实,使用电子天平(精度0.01 g)称量单果鲜质量;然后使用数显游标卡尺(精度0.01 mm)测量果实的纵径和横径,重复测量3次;再根据GB/T 5009.3—2016中烘干减重法测定果实含水量,重复测定3次。

取10个果实,使用GY-4数显果实硬度计(探头3.5 mm)在每个果实腹缝线两侧各选3个点测定果实硬度,结果取平均值。

1.2.2 果实营养成分和矿质元素含量测定方法 取10个果实,根据NY/T 2742—2015中3,5-二硝基水杨酸比色法测定可溶性糖含量;根据GB/T 12456—2008中酸碱滴定法测定总酸含量;根据GB 5009.86—2016中2,6-二氯酚酚滴定法测定 V_c 含量;根据GB 5009.87—2016中钼蓝分光光度法测定P含量;根据GB 5009.268—2016中电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定K、Ca、Mg、Na、B、Fe、Cu、Mn和Zn含量。每个指标重复测定3次。

1.3 数据处理

利用EXCEL 2013软件整理实验数据,利用SPSS 20.0软件对实验数据进行多重比较及显著性分析。

2 结果和分析

2.1 不同采收时间三叶木通果实物理参数的变化分析

分析结果(表1)表明:随着采收时间的推迟,三叶木通的单果鲜质量以及果实纵径和横径总体上显著增加,分别由9月3日的152.93 g、117.86 mm和48.19 mm增加至10月7日的302.82 g、139.90 mm和62.12 mm。

随着采收时间的推迟,果实硬度持续降低,由9月3日的32.86 $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 降低至10月7日的3.44 $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$,尤其是在9月17日至10月1日期间,果实硬度急剧降低,降幅达83.08%;果实含水量逐渐升高,由9月3日的70.32%升高至10月7日的81.29%,尤其是在9月17日至10月1日期间,果实含水量显著升高。

2.2 不同采收时间三叶木通果实营养成分及矿质元素含量的变化分析

分析结果(表2)显示:随着采收时间的推迟,三叶木通果实中可溶性糖含量由9月3日的21.7 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 升高至10月7日的171.3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,增加了6.9倍,其中,在9月17日至10月1日期间,可溶性糖含量显著升高,呈现“S”形增长趋势;总酸含量呈先升高后降低的趋势,但总体保持在较低水平(0.62~0.92 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$); V_c 含量总体上呈逐渐升高的趋势,其中,10月1日的 V_c 含量较9月17日显著升高。

在检测的10种矿质元素中,P、K、Ca和Mg含量较高,且总体随着采收时间的推迟呈逐渐降低的趋势。Na含量由9月3日的9.65 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 显著降低至9月17日的1.51 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,

表1 不同采收时间三叶木通果实的物理参数($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 1 Physical parameters of *Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz. fruit at different harvesting times ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

采收时间 Harvesting time (MM-DD)	单果鲜质量/g Fresh mass per fruit	果实纵径/mm Fruit vertical diameter	果实横径/mm Fruit horizontal diameter	果实硬度/($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$) Fruit firmness	果实含水量/% Fruit moisture content
09-03	152.93±5.81d	117.86±1.67d	48.19±0.95c	32.86±3.41a	70.32±1.55b
09-17	191.37±6.22c	123.77±1.79c	51.76±1.01b	28.02±4.58b	72.90±5.98b
10-01	259.50±6.71b	129.41±1.93b	61.49±1.09a	4.74±0.95c	78.75±3.34a
10-07	302.82±8.22a	139.90±2.37a	62.12±1.34a	3.44±0.64c	81.29±4.45a

¹⁾ 同列中不同小写字母表示有统计学意义($p < 0.05$) Different lowercases in the same column indicate the statistical significance ($p < 0.05$).

表2 不同采收时间三叶木通果实的营养成分和矿质元素含量($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 2 Contents of nutritional components and mineral elements of *Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz. fruit at different harvesting times ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

采收时间 Harvesting time (MM-DD)	可溶性糖 含量/($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Soluble sugar content	总酸含量/($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Total acid content	V_c 含量/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) V_c content	矿质元素含量/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Mineral element content		
				P	K	Ca
09-03	21.7±2.3b	0.62±0.03b	8.7±0.3b	549.00±24.64a	2 504.00±92.83a	310.67±75.73a
09-17	22.7±1.7b	0.74±0.04ab	8.6±0.2b	518.33±81.35a	1 998.00±81.50b	181.67±12.66b
10-01	163.3±10.1a	0.92±0.21ab	10.7±0.6a	254.67±15.04b	932.00±64.90c	114.00±9.54bc
10-07	171.3±5.5a	0.80±0.02a	11.6±0.7a	198.00±6.00b	794.00±15.72d	83.27±4.84c

续表2 Table 2 (Continued)

采收时间 Harvesting time (MM-DD)	矿质元素含量/(mg · kg ⁻¹) Mineral element content						
	Mg	Na	B	Fe	Cu	Mn	Zn
09-03	233.00±7.94a	9.65±0.50a	1.63±0.14a	4.08±0.20a	3.19±0.17a	12.33±0.67a	1.20±0.10b
09-17	132.73±7.87b	1.51±0.05b	1.61±0.09a	3.86±0.17a	2.92±0.14b	11.03±0.55b	1.41±0.08b
10-01	115.33±8.39c	1.90±0.25b	0.94±0.29b	1.68±0.09b	1.57±0.12c	4.66±0.33c	0.67±0.05c
10-07	116.67±4.04c	0.26±0.05c	0.50±0.08c	1.49±0.03b	0.60±0.01d	10.30±0.36b	1.79±0.04a

¹⁾ 同列中不同小写字母表示有统计学意义($p < 0.05$) Different lowercases in the same column indicate the statistical significance ($p < 0.05$).

随后在 10 月 1 日小幅升高但未达到显著水平,在 10 月 7 日又显著降低至最低值($0.26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)。B、Fe 和 Cu 含量在 9 月 3 日至 10 月 7 日的变化趋势与 P、K、Ca 和 Mg 含量的变化趋势类似,均呈持续降低的趋势。Mn 含量在 9 月 3 日至 10 月 1 日呈持续降低的趋势,但在 10 月 7 日显著升高。Zn 含量呈波动变化,在 10 月 1 日显著降低,随后在 10 月 7 日显著升高并达到最大值。

3 讨论和结论

总体上看,随着采收时间的推迟,三叶木通果实的成熟度增加,果实的鲜质量、大小、含水量、可溶性糖含量和 V_c 含量均逐渐增加,而硬度和大部分矿质元素含量则逐渐降低。糖分作为果实成熟的重要指标之一,10 月 1 日,三叶木通果实可溶性糖含量急剧升高且与 10 月 7 日无显著差异,表明果实在 10 月 1 日的可溶性糖含量已达到成熟果实含糖量水平。果实硬度是影响果实品质及货架期的主要因子之一。果实软化与果实细胞壁的结构和组成的变化密切相关,特别是由果胶、纤维素和半纤维素构成的细胞壁骨架的改变及含量的变化影响最大^[15]。与未开裂果实相比,三叶木通成熟开裂果实的细胞壁变薄、变松,果皮组织出现明显的破裂^[16]。10 月 1 日三叶木通果实硬度急剧降低且与 10 月 7 日无显著差异,表明三叶木通果实质地于 10 月 1 日明显改变。随着采收时间的推迟,三叶木通果实含水量逐渐升高,并且在 10 月 1 日显著升高,这可能与果实内部碳水化合物的降解有关;而大部分矿质元素呈逐渐降低的趋势,可能与果实含水量升高导致的稀释效应有关。

综上所述,三叶木通果实的鲜质量、大小、硬度、含水量、可溶性糖含量、 V_c 含量及大部分矿质元素含量在 10 月 1 日显著变化,说明其果实在 10 月 1 日达到了生理成熟,而此时果实未开裂且果实硬度稍高,更有利于长途运输及贮藏,因此,建议在 10 月 1 日左右采收。此外,果实硬度和可溶性糖含量也可作为三叶木通果实成熟的判断依据。

参考文献:

[1] ZOU S, YAO X, ZHONG C, et al. Effectiveness of recurrent selection in *Akebia trifoliata* (Lardizabalaceae) breeding [J]. Scientia Horticulturae, 2019, 246: 79-85.

[2] LI L, YAO X, ZHONG C, et al. *Akebia*: a potential new fruit crop in China[J]. HortScience, 2010, 45(1): 4-10.

[3] 刘伦沛, 钱增秀. 三叶木通果中主要营养成分含量的测定[J]. 黔东南民族师范高等专科学校学报, 2002, 20(6): 39-41.

[4] 张晓蓉, 杨朝霞, 刘世彪, 等. 湘西地区木通果实微量元素的测定[J]. 中国野生植物资源, 2003, 22(1): 44-46.

[5] 王德智, 李 防, 袁 瑾, 等. 野生植物白木通营养成分的研究及应用[J]. 氨基酸和生物资源, 2004, 26(2): 16-17.

[6] 钟彩虹, 卜范文, 王中炎, 等. 三叶木通实生后代果实发育规律及性状表现[J]. 湖南农业科学, 2006(1): 27-29.

[7] ZOU S, YAO X, ZHONG C, et al. Genetic analysis of fruit traits and selection of superior clonal lines in *Akebia trifoliata* (Lardizabalaceae) [J]. Euphytica, 2018, 214(7): 111.

[8] HUANG H, LIANG J, TAN Q, et al. Insights into triterpene synthesis and unsaturated fatty-acid accumulation provided by chromosomal-level genome analysis of *Akebia trifoliata* subsp. *australis* [J]. Horticulture Research, 2021, 8(1): 33.

[9] 王宇航, 赵 致, 刘红昌, 等. 白木通果实不同生育时期植株不同部位矿质元素含量变化分析[J]. 山地农业生物学报, 2020, 39(6): 67-73.

[10] 唐成林, 杨 斌, 陶光灿, 等. 八月瓜果实营养成分分析和评价[J]. 食品工业科技, 2021, 42(3): 299-303.

[11] 杨玉宁, 陈松树, 高尔刚, 等. 基于主成分分析的木通属植物果实品质评价[J]. 食品与发酵工业, 2020, 47(9): 191-200.

[12] 李秀彤, 胡海军, 刘冬雪. 八月瓜鲜果营养成分及果汁感官品质分析[J]. 南方农业, 2020, 14(25): 11-14.

[13] 曾荣妹, 蔡 倪, 张东亚. 八月瓜特征成分研究、果实加工及综合利用[J]. 食品工业, 2020, 41(12): 284-288.

[14] 刘 婷, 卢 萍, 朱志国, 等. 三叶木通营养成分与深加工研究进展[J]. 现代农业科技, 2019(3): 35-37.

[15] NATH P, TRIVEDI P K, SANE V A, et al. Role of ethylene in fruit ripening[M]//KHAN N A. Ethylene Action in Plants. Berlin: Springer, 2006: 151-184.

[16] NIU J, SHI Y, HUANG K, et al. Integrative transcriptome and proteome analyses provide new insights into different stages of *Akebia trifoliata* fruit cracking during ripening [J]. Biotechnology for Biofuels, 2020, 13(1): 149.

(责任编辑: 张明霞)