

温室中 7 个樱桃品种果实内在品质比较^①

李佳益, 龚无缺, 杨静慧, 刘艳军, 梁发辉, 黄俊轩

天津农学院 园艺园林学院, 天津 300384

摘要: 以 7 个樱桃品种为试验材料, 在设施栽培的条件下研究了不同品种采收后果实可溶性糖、可滴定酸、糖酸比、维生素 C(Vc)、蛋白质等主要营养物质含量的差异, 进一步分析了各主要物质变化间的相关性. 结果表明: 美早(AM)的可溶性糖的质量分数最高; 明珠(MZ), AM 和黑珍珠(BLA)的可溶性固形物的质量分数显著高于其他品种; AM 和 BLA 品种的维生素 C 的质量比显著高于其他品种; 早大果(EBF)和红灯(RED)果实的可滴定酸的质量分数显著高于其他品种, BLA 酸度最低; BLA 果实的糖酸比最高. AM, MZ 和 RED 的可溶性蛋白质的质量浓度显著高于其他品种. 隶属函数综合分析显示樱桃果实内在品质的优劣依次为 AM, BLA, MZ, RED, 矮化萨米特(mSUM), 萨米特(SUM), EBF. SPSS 相关性分析显示各品种樱桃果实中的 Vc 的质量比与可溶性糖的质量分数, 蛋白质的质量浓度与可溶性固形物的质量分数的变化呈显著的正相关性. 综合比较分析 7 个樱桃品种的内在品质后认为: AM 品种为北方设施栽培 7 个品种中内在品质最好的品种, 是温室栽培的较好樱桃品种.

关键词: 樱桃品种; 设施栽培; 内在品质; 差异性; 相关性

中图分类号: S662.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2018)07-0025-06

樱桃是我国华北地区落叶果树中成熟最早的树种, 享有“春果第一枝”的美称^[1]. 果实色泽鲜艳, 营养丰富, 外观和内在品质俱佳, 被誉为“果中珍品”^[2]. 由于樱桃对环境条件要求比较严格, 只能适应在北方局部地区栽培, 适应范围小. 通常, 在华北地区露地栽培时樱桃植株容易抽条和出现冻害, 也容易发生病害, 夏季雨水过多时容易引起裂果^[3]. 这些问题可以通过设施栽培加以解决. 因为设施栽培能够较好地控制和改变环境, 以适应植物的生长需要, 从而达到高产、优质. 虽然设施栽培成本增加, 但是由于樱桃的市场前景好, 产值高, 再加上通过促成栽培, 使樱桃提早上市, 可以大大提高樱桃的产值, 因而获得更高的经济效益.

但是, 与露地栽培相比, 由于设施栽培措施方面的影响因素, 可能会降低果实的品质. 如刘静波对设施甜樱桃生长发育规律及其栽培技术的研究报道认为: 樱桃的设施栽培、管理不科学, 缺乏设施樱桃栽培关键技术, 是直接导致甜樱桃早期丰产性差、产量低、成本高等问题的关键^[4]. 所以, 选择适宜温室栽培的樱桃品种非常必要. 而果实的品质包括内在品质及外在品质, 内在品质包括: 可溶性糖、可滴定酸、Vc、糖酸比、可溶性固形物、可溶性蛋白等的含量; 外在品质包括: 果实大小、色泽以及整齐度.

综上所述, 影响果实品质的因素有许多, 但品质本身所特有的内部遗传特性首先会起到重要的作用, 同时果实内在品质也是果实商品优劣性的重要标志^[5]. 所以本研究是通过比较 7 个主要用于北方设施栽培的樱桃品种, 在设施栽培条件下的内在品质差异, 寻找品种最优的品种, 以指导生产实践.

① 收稿日期: 2017-08-31

基金项目: 天津市科委项目(16YFZCNC00750, 12ZCDZNC04800); 天津市大学生创新项目(201710061061); 天津农学院研究生重点课程建设项目((2017YKC001).

作者简介: 李佳益(1993-), 女, 硕士研究生, 主要从事园艺植物设施栽培研究.

通信作者: 杨静慧, 教授, 博士.

1 材料和方法

1.1 材料和温室栽植管理

美早(AM)和黑珍珠(BLA), 萨米特(SUM)和矮化萨米特(mSUM)、红灯(RED)、早大果(EBF)、明珠(MZ). 共计 7 个品种均由天津农学院园艺园林学院园林植物教研室提供, 砧木是乔化砧马哈利, 栽植于天津市蓟县上仓镇郑家套村日光温室中, 每品种栽植 3 行, 每行 7 株, 株行距为 2.5 m×4 m, 各品种嫁接的一年生苗于 2010 年 11 月定值完成, 为南北朝向栽植, 温室周年管理方法采用常规管理, 发芽前追施一次肥, 以氮肥为主. 2—3 月份, 追施果树专用肥, 每株施肥量为 0.2~0.4 kg. 同时根据实施情况在花果期进行 1~2 次叶面喷肥. 采果后以磷、钾肥为主. 以上每次施肥应浇水一次. 温室所处地理位置海拔 3.5 m, 属于暖温带半湿润季风型大陆性气候. 温室的土壤为粘壤土, pH=6.2, 土壤含盐量为 0.15%, 土壤肥力中等.

1.2 采样和品质分析方法

试验采用随机取样法进行, 随机选择生长一致的樱桃植株作为样株, 每个品种选择 6 个样株. 从样株的外围中上部随机采集果实, 每个样株采摘果实 2.5 kg, 用于果实内在品质指标分析. 每个内在品质指标的测定重复 5 次. 果实的可溶性糖测定采用蒽酮法测定, 可溶性固形物采用手持测糖仪测定, Vc 采用 2, 6-二氯酚法测定, 可滴定酸采用 NaOH 滴定法测定, 可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝 G-250 染色比色法测定. 试验数据用 Excel 2007 进行统计分析. 不同樱桃品种之间的果实内在品质采用隶属函数方法进行分析.

隶属函数计算公式为:

$$\hat{X}_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}} \quad (1)$$

$$\hat{X}_{ij} = 1 - \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}} \quad (2)$$

$$\hat{X}_{ij} = \bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum \hat{X}_{ij} \quad (3)$$

其中: X_{ij} 表示 i 种类 j 指标的果实品质变化隶属函数值; $X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 分别表示各种类指标的最大和最小测定值, 如果果实品质各变化指标测定值与果实综合品质呈正相关用(1)式, 反之用(2)式; n 表示果实综合品质测定指标数的总和. 先求出各个生理指标在不同条件下(即不同品种)的隶属值, 再把每一指标在不同条件(即不同品种)下的隶属值累加求平均值, 平均值越大则表明其品质变化越好, 反之越差.

用 SPSS 软件对各指标进行相关性分析, $|r| \geq 0.8$, 为 a 和 b 高度相关. $0.5 \leq r < 0.8$, 为 a 和 b 中度相关; $0.3 \leq |r| < 0.5$, 为 a 和 b 低度相关; $|r| < 0.3$, 为 a 和 b 不相关.

2 结果与分析

2.1 不同品种樱桃果实可溶性糖的质量分数的差异

从图 1 中可以看出, AM 的可溶性糖的质量分数最高为 15.79%, 6 种樱桃果实的可溶性糖的质量分数由高到低为 BLA(13.56%)、RED(10.43%)、mSUM(9.81%)、EBF(8.12%)、SUM(7.11%)、MZ(6.14%), 其中 AM 是 BLA 的 1.16 倍、RED 的 1.51 倍、mSUM 的 1.61 倍、EBF 的 1.94 倍、SUM 的 2.22 倍、MZ(6.14%)的 2.57 倍, 并且显著大于其他 6 种樱桃果实. BLA 显著大于其余 5 种樱桃果实. mSUM 和 RED 之间差异不具有统计学意义, 但显著大于其他 3 种樱桃果实. EBF、SUM、MZ 三者之间不具有统计学意义.

2.2 不同品种樱桃果实可溶性固形物的质量分数的差异

从图 2 中可以看出, MZ 的可溶性固形物的质量分数最高为 19.4%, 是 mSUM(13.7%)的 1.42 倍, 与 AM(18.8%)、BLA(17.9%)3 个品种之间差异不具有统计学意义, 但均显著大于其他 4 种樱桃品种. EBF 的可溶性固形物的质量分数为 15.1%, 与 SUM(14.7%)、RED(14.6%)、mSUM(13.7%)4 种樱桃之间表

现为差异不具有统计学意义。

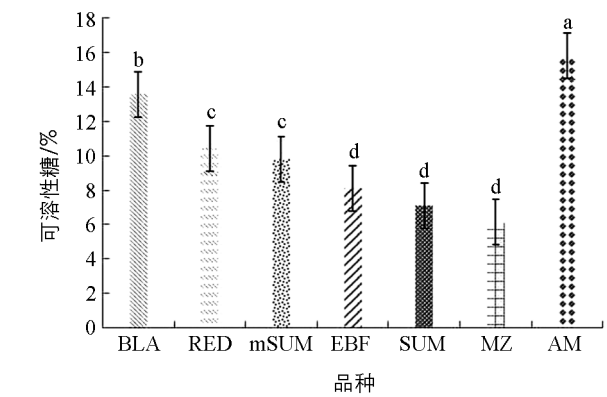


图 1 不同品种樱桃果实可溶性糖的质量分数比较

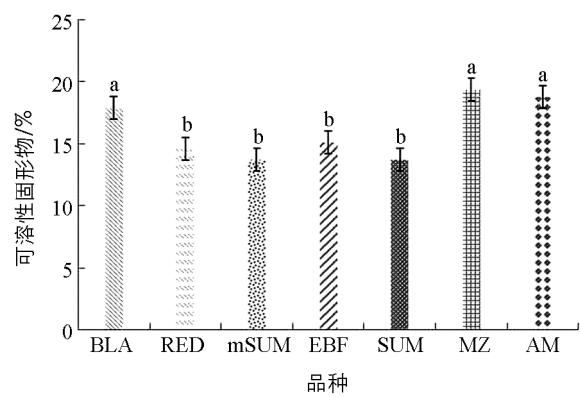


图 2 不同品种樱桃果实可溶性固形物的质量分数

2.3 不同品种樱桃果实 Vc 的质量比比较

从图 3 中可以看出, AM 的 Vc 质量比最高为 0.293 mg/g, 是 MZ(0.056 mg/g)的 5.23 倍, RED (0.064 mg/g)的 4.59 倍, mSUM(0.115 mg/g)的 2.56 倍, EBF(0.163 mg/g)的 1.79 倍, SUM (0.198 mg/g)的 1.48 倍, BLA(0.281 mg/g)的 1.04 倍. 其中 AM 和 BLA 差异不具有统计学意义, 但显著大于其他 5 种樱桃果实. SUM 和 EBF 之间的差异不具有统计学意义, 但和其他 3 种樱桃果实的差异具有统计学意义. EBF 与 mSUM 的差异不具有统计学意义, 但和其他两种樱桃果实 MZ 和 RED 差异具有统计学意义. mSUM 则与 MZ 和 RED 均表现为差异具有统计学意义. MZ 和 RED 则表现为差异不具有统计学意义。

2.4 不同品种樱桃果实可滴定酸质量分数

从图 4 看出 EBF 果实的可滴定酸质量分数最高为 1.58%, 是 RED(1.46%)的 1.08 倍, mSUM (1.25%)的 1.26 倍, MZ(1.25%)的 1.26 倍, SUM(1.2%)的 1.32 倍, AM(1.2%)的 1.32 倍, BLA (0.975%)的 1.62 倍. EBF 的可滴定酸质量分数显著大于其他 6 种樱桃果实, RED 则显著大于其他 5 种樱桃果实, mSUM, MZ, MZ 和 AM 4 个品种之间差异均不具有统计学意义, 但均显著大于 BLA。

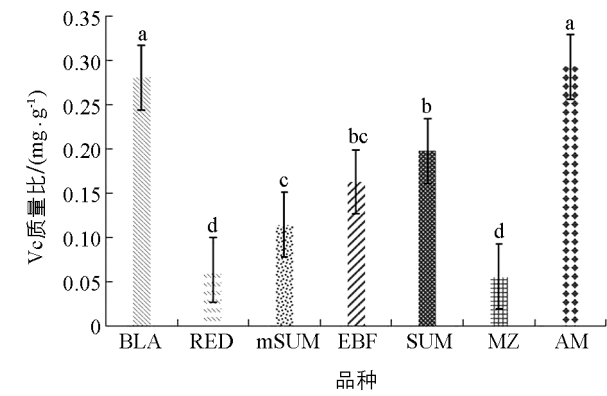


图 3 不同品种樱桃果实 Vc 的质量比比较

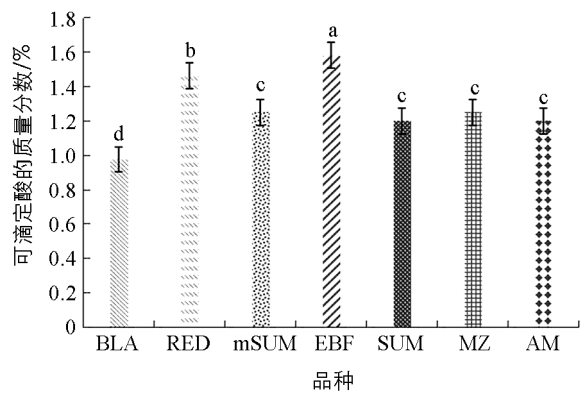


图 4 樱桃果实可滴定酸质量分数比较

2.5 不同品种樱桃果实的糖酸比

从图 5 中可以看出, BLA 果实的糖酸比最高为 13.91, 是 AM(13.16)的 1.06 倍, mSUM(7.848)的 1.77 倍, RED(7.14)的 1.95 倍, SUM(5.925)的 2.35 倍, EBF(5.14)的 2.71 倍, MZ(4.912)的 2.83 倍. BLA 与 AM 之间差异不具有统计学意义, 但显著大于其他 5 种樱桃果实的糖酸比. mSUM, RED, SUM, EBF 和 MZ 5 种樱桃果实的糖酸比则表现为差异不具有统计学意义。

2.6 不同品种樱桃果实可溶性蛋白质的质量浓度差异

从图 6 中可以看出, AM 的可溶性蛋白质质量浓度最高, 为 2.863 mg/mL, 是 MZ(2.847 mg/mL)的

1.006 倍, RED(2.669 mg/mL)的 1.07 倍, BLA(2.432 mg/mL)的 1.178 倍, mSUM(1.874 mg/mL)的 1.528 倍, EBF(1.8 mg/mL)的 1.59 倍, SUM(1.747 mg/mL)的 1.64 倍. AM 和 MZ, RED 三者之间表现为差异不具有统计学意义, 但显著大于其他 4 个樱桃品种. RED 与 BLA 差异不具有统计学意义, 但均显著大于其他 3 种樱桃果实, SUM, EBF 和 mSUM 3 种樱桃之间差异则不具有统计学意义.

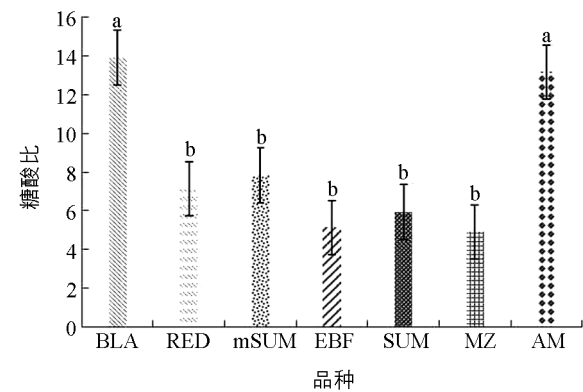


图 5 不同品种樱桃果实糖酸比比较

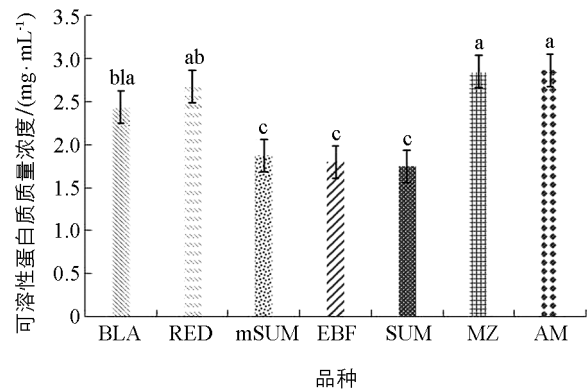


图 6 不同樱桃果实品质可溶性蛋白质质量浓度比较

2.7 综合分析

表 1 为樱桃品种果实内在品质, 其中可溶性糖、可溶性固形物、Vc、糖酸比、蛋白质均与果实内在品质呈正相关, 采用(1)式计算, 可滴定酸与果实内在品质呈负相关, 采用(2)式计算. 结果显示, 平均隶属函数最高的是 AM 品质为 0.94, 其次是 BLA 为 0.85, 最低的是 EBF 为 0.18. 因此, 根据表 1 综合分析出果实内在品质的优劣顺序为 AM, BLA, MZ, RED, mSUM, SUM, EBF.

表 1 不同品种樱桃果实内在品质特性隶属函数

	可溶性糖	可溶性固形物	Vc	可滴定酸	糖酸比	蛋白质	平均	排名
MZ	0	1	0	1	0	0.99	0.50	3
AM	1	0.89	1	0.81	0.92	1	0.94	1
SUM	0.1	0.18	0.6	0.81	0.11	0	0.30	6
BLA	0.77	0.74	0.95	1	1	0.61	0.85	2
EBF	0.21	0.25	0.45	0.1	0.03	0.05	0.18	7
mSUM	0.38	0	0.25	1	0.33	0.11	0.35	5
RED	0.44	0.16	0.33	0.43	0.25	0.83	0.41	4

2.8 不同品种樱桃果实不同内在因素相关性分析

从表 2 中可以看出可溶性糖的质量分数与糖酸比, Vc 的质量比与糖酸比相关性最好, 相关系数为 0.90, 0.85, 达到高度正相关; Vc 和可溶性糖, 蛋白质的质量分数和可溶性固形物的质量分数相关性较好, 相关系数为 0.72, 0.76, 达到中度正相关. 可溶性糖的质量分数和蛋白质质量浓度, 可溶性固形物的质量分数和糖酸比, 可溶性固形物的质量分数和可溶性糖的质量分数, Vc 的质量比和可溶性固形物的质量分数相关性较低, 相关系数为 0.42, 0.37, 0.31, 0.32, 均为低度正相关. 其余为不相关. 可滴定酸的质量分数与其他指标均呈负相关.

表 2 影响樱桃果实内在品质的不同因素的相关性

	可溶性糖	可溶性固形物	Vc	可滴定酸	糖酸比	蛋白质
可溶性糖	—	0.31	0.72	—0.41	0.90	0.42
可溶性固形物	0.31	—	0.32	—0.46	0.37	0.76
Vc	0.72	0.32	—	—0.55	0.85	—0.02
可滴定酸	—0.41	—0.46	—0.55	—	—0.73	—0.22
糖酸比	0.90	0.37	0.85	—0.73	—	0.29
蛋白质	0.42	0.76	—0.02	—0.22	0.29	—

3 讨 论

本研究中美早 AM 品种为北方设施栽培 7 个品种中品质最好的品种. 温室栽培樱桃品种首先要成熟早, 其次树体要矮化紧凑, 尤其适宜进行设施栽培. 美早是早熟品种, 成熟早、品质好、外形美观, 可占领早果市场^[6]. 该品种的植株具备茎粗、小枝均匀分布、顶端优势中等等生长特性, 更加适合矮化密植^[7]. 本试验发现设施栽培中美早的内在品质也比较好. 因此, 美早在设施生产中具有生长旺盛、产量高、内在品质好等特点, 是温室栽培的较好樱桃品种.

本研究显示 7 个樱桃品种的果实 Vc 的质量比与可溶性糖的质量分数和糖酸比之间呈高度或中度的正相关关系(表 2). 这与 Vc 的合成与糖的积累有关. 由于 Vc 的生物合成的直接前体是 L-半乳糖酸- γ -内酯(GL), 该物质的生物合成涉及 D-葡萄糖-6-P、D-果糖-6-P、D-甘露糖-6-P、D-甘露糖-1-P、GDP-D-甘露糖、GDP-L-半乳糖、L-半乳糖-1-P 和 L-半乳糖等^[8]. 所以糖是合成抗坏血酸的底物, 可溶性糖的质量分数越高、糖酸比越高, Vc 的质量比也越高.

本研究中发现各品种樱桃果实中蛋白质的质量分数与果实可溶性固形物的质量分数呈中度的正相关, 果实蛋白质的质量浓度越高, 可溶性固形物的质量分数也越高(表 2). 蛋白质代谢可能与果实固形物中的糖代谢有关. 有研究表明, 可溶性固形物与还原糖显著正相关^[9], 可溶性蛋白质和可溶性糖与果实发育期之间也呈显著正相关, 果实发育期越长, 营养积累越多, 可溶性蛋白质和可溶性糖的质量分数越高^[10]. 即蛋白质和糖的积累呈共同增长趋势. 由于, 果实中可溶性固形物的主要成分是可溶性糖类, 包括单糖、双糖和多糖(除去淀粉、纤维素、几丁质、不溶于水的半纤维素). 可溶性糖的质量分数高, 可溶性固形物的质量分数也高. 因此, 果实中蛋白质的质量浓度高可能与果实中的可溶性糖的质量分数有密切的关系.

樱桃内在品质间的相关性分析说明构成樱桃果实内在品质的各因素之间存在一定的关联, 具有相互促进或相互制约的特性, 存在相互促进或此消彼长的关系. 果实发育除了受果发育除受品种特性和植株营养供给状况影响外, 还与环境条件密切相关, 尤其是植株冠层光照、通风状况等微环境因素及其空间分布^[11]. 所以, 在设施栽培中可以通过施肥、灌水、土壤管理、整形修剪等技术措施^[12], 调节植物和果实中的糖代谢、蛋白质代谢, 调节维生素、微量元素等的合成, 以改善设施栽培中的果实品质.

4 结 论

AM 的可溶性糖的质量分数最高、可溶性蛋白质的质量浓度最高、Vc 的质量比最高. 可溶性固形物的质量分数最高的是 MZ, 可滴定酸的质量分数最高的是 EBF, 糖酸比的质量分数最高的是 BLA. 综合比较, AM 的果实内在品质最好, BLA 次之, 内在品质最差的是 EBF 的质量分数. 各指标的相关性分析显示, 可溶性糖、可溶性固形物、Vc 含量、糖酸比呈正相关; 可滴定酸和可溶性糖的质量分数、可溶性固形物的质量分数、Vc 的质量比、糖酸比、蛋白质之间均呈负相关; 蛋白质的质量浓度和 Vc 的质量比、可滴定酸的质量分数之间呈不相关. 通过本试验发现美早 AM 品种为北方设施栽培 7 个品种中内在品质最好的品种, 是温室栽培的较好樱桃品种.

参考文献:

- [1] 许 晖, 王 飞, 郝文红. 甜樱桃果实发育及其营养成分的变化 [J]. 果树科学, 1992, 9(4): 228—230.
- [2] 谢淑琴. 大樱桃设施栽培优选品种比较试验 [J]. 农业开发与装备, 2013(7): 47—48.
- [3] 高 永. 北方日光温室栽培关键因素对大樱桃生长生理特性的影响及其耐盐性 [D]. 天津: 天津农学院, 2012.
- [4] 刘静波. 简易设施甜樱桃生长发育规律及其栽培技术研究 [D]. 秦皇岛: 河北科技师范学院, 2013.
- [5] 赵智慧, 周俊义. 果树果实内在品质形成及评价方法研究进展 [J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(s1): 111—114.
- [6] 张 明. 温室甜樱桃品种优选和高效栽培技术研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.
- [7] 徐慧洁. 北方日光温室中不同樱桃品种生物学特性、耐盐性和矮化密植栽培 [D]. 天津: 天津农学院, 2014.
- [8] 陈坤明, 宫海军, 王锁民. 植物抗坏血酸的生物合成、转运及其生物学功能 [J]. 西北植物学报, 2004, 24(2): 329—336.

- [9] 高 佳, 王宝刚, 冯晓元, 等. 甜樱桃和酸樱桃品种果实性状的综合评价 [J]. 北方园艺, 2011(17): 17—21.
- [10] 蔡宇良, 李 珊, 陈怡平, 等. 不同甜樱桃品种果实主要内含物测试与分析 [J]. 西北植物学报, 2005, 25(2): 304—310.
- [11] 胡德玉, 邓 烈, 刘雪峰, 等. 脐橙植株冠层光照、叶片营养及果实品质的空间分布研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(6): 7—14.
- [12] 路 超, 王金政, 张安宁, 等. 果树设施栽培土壤肥力特征与管理技术措施 [J]. 山东农业科学, 2007(3): 119—121.

Comparative Analysis of Fruit Internal Quality of Seven Cherry Varieties in a Solar Greenhouse

LI Jia-yi, GONG Wu-que, YANG Jing-hui,
LIU Yan-jun, LIANG Fa-hui, HUANG Jun-xuan

College of Horticulture and Landscape, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China

Abstract: Soluble sugar, titratable acid, sugar/acid ratio, vitamin C (Vc), protein and other major nutrients of 7 cherry varieties (AM, BLA, SUM, mSUM, SUM, MZ and EBF) grown in a greenhouse were studied after fruit harvest. The results showed that soluble sugar of AM was the highest; soluble solids of MZ, AM and BLA were significantly higher than those of other cultivars; vitamin C of AM and BLA was significantly higher than that of other cultivars; titratable acid of EBF and RED was significantly higher than that of other varieties; BLA had the lowest acidity in all varieties and sugar/acid ratio of BLA was the highest. Soluble protein of AM, MZ and RED was significantly higher than that of other varieties. Based on the results of membership function comprehensive analysis, the internal quality of the cherry varieties studied was in the order of AM, BLA, MZ, RED, mSUM, SUM, EBF. SPSS analysis showed that VC content in the cherry fruit was in a significant positive correlation with total sugar, protein and soluble solids. In summary, of the 7 cheery varieties studied AM has the best internal quality of fruit and is recommended for protected cultivation in North China.

Key words: cherry variety; protected cultivation; internal quality; difference; correlation

责任编辑 潘春燕

