

# 红美人杂柑果肉不同部位的品质和矿质分布规律及其相关性研究

林媚, 张伟清<sup>a</sup>, 孙立方, 平新亮, 徐程楠, 冯先橘

(浙江省柑橘研究所, 浙江台州 318020)

**摘要:**【目的】为探明红美人杂柑的品质特性,对红美人杂柑果肉不同部位的糖酸及矿质含量的积累规律进行了研究。【方法】对同一果园不同时间及浙江省内不同区域果园的红美人成熟适收期果实进行取样,将每批样品果肉分成果蒂部、果中部及果顶部,采用理化分析法及火焰原子吸收光谱法检测可溶性固形物(TSS)、可滴定酸(TA)及矿质成分含量,结果数据经SPSS 19.0统计软件处理。【结果】果肉3个部位的TSS及固酸比(TSS/TA)由果蒂部、果中部再到果顶部的含量呈增加趋势,且果蒂部与果顶部均为显著差异,各部位TA的分布规律不明显;全果的TSS和TA均与果中部最接近且差异不显著,对应的相关系数 $R^2$ 分别为0.9807和0.9469;矿质养分中大量元素K含量由果蒂部、果中部到果顶部呈下降趋势,元素P含量则正好相反;中量元素Ca与Mg在果肉各部位的含量特征基本一致,呈V形分布;微量元素Zn、B以果顶部积累最多,而Fe、Cu在各部位差异不显著;相关性分析果实TSS含量和固酸比均与元素P含量呈极显著正相关而与K含量、纵径呈极显著负相关,TSS与Zn含量、果形指数呈极显著负相关,固酸比与Ca含量呈极显著正相关,而TA与K含量呈极显著正相关且与Ca、P含量呈极显著负相关。【结论】红美人杂柑果肉的TSS、固酸比分布具不均匀性,果顶部显著高于果蒂部;大中量矿质元素在各部位的积累呈规律性;果实的中部最能代表全果,田间速测可采取果中部榨汁取样;果实纵径、果形指数及K、P、Ca、Zn等矿质元素含量与品质呈极显著相关。研究结果可以为品质评价和提质栽培管理提供参考。

**关键词:**红美人杂柑;果肉不同部位;品质;矿质分布;相关性

中图分类号:S666.1

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2022)08-1397-10

## Study on the characteristics of quality and mineral content in different parts of pulp of Hongmeiren tangor

LIN Mei, ZHANG Weiqing<sup>a</sup>, SUN Lifang, PING Xinliang, XU Chengnan, FENG Xianju

(Zhejiang Citrus Research Institute, Taizhou 318020, Zhejiang, China)

**Abstract:** 【Objective】 Zhejiang is one of the nine major citrus producing areas. The traditional main variety in this area is Satsuma mandarin, the maturity period of fruits is mainly concentrated in October to December. Citrus hybrids are derived from natural or artificial hybridization among different citrus species, so they have similar nutrition, flavor, and easy peeling. Therefore, citrus hybrids could be good choices for structural adjustment of citrus varieties. In recent years, Hongmeiren tangor (*Citrus* hybrid) has been widely cultivated in Zhejiang, and previous studies have focused on botanical characteristics, biological characteristics and cultivation techniques. It was found that the fruit quality of Hongmeiren showed obvious non-uniformity in the sampling process. The quality and mineral contents in different parts of the fruits were studied in order to further explore the quality characteristics of this species. Furthermore, a sampling method for quality evaluation was proposed. 【Methods】 The mature fruits of Hongmeiren were sampled at different times in the same orchard or the orchards in different regions re-

收稿日期:2022-01-06 接受日期:2022-04-06

基金项目:浙江省研发攻关计划项目(2022C02012);国家柑橘风险评估重大专项(GJFP2019012)

作者简介:林媚,女,高级实验师,硕士,从事农产品品质营养与安全研究。Tel:13968403809, E-mail:1311219778@qq.com。a为共同第一作者。

spectively in Zhejiang province. The flesh of each group of fruit samples was divided into three parts, including the stem end, mid and top. The quality indexes, such as soluble solid (TSS) and titratable acid (TA), were determined by physical and chemical analysis, and the atomic absorption analysis was used to analyze the 8 kinds of mineral nutrients. The data were statistically analyzed by SPSS.19.0. 【Results】 The contents of TSS and sugar acid ratio (TSS / TA) in the three parts of pulp were the stem end < the mid < the top of the fruits, and there were significant differences between the stem end and the top of the fruits, while the variation of TA was not obvious. The contents of TSS and TA of the whole fruit were closest to those of the mid of the fruit, with no significant difference. The corresponding correlation coefficients  $R^2$  of TSS and TA were 0.980 7 and 0.946 9, respectively. Therefore, the middle part of the fruit could best represent the whole fruit. The content of element K was the highest in the stem end of fruit and showed a downward trend in the order of the stem end, the mid and the top of the fruit, while the content of element P was opposite. The contents of medium elements Ca and Mg in each part of the fruit were basically the same, showing a V-shaped distribution, and the content of Fe was relatively high within four kinds of trace elements, followed by B. Additionally, there was no significant difference between Fe and Cu in each part of the pulp, and the largest accumulation of trace elements of Zn and B were found at the top of the fruit. Most of the elements were positively correlated, while K was negatively correlated with some elements, such as Ca and P. The TSS and sugar acid ratio of fruit were extremely positively correlated with P and negatively correlated with K and longitudinal diameter. The TSS was also significantly negatively correlated with Zn and fruit shape index, while solid acid ratio was significantly positively correlated with Ca. The TA was significantly positively correlated with K and negatively correlated with Ca and P. 【Conclusion】 The fruit quality of Hongmeiren tangor in different parts of the pulp was obviously inconsistent and showed a polar distribution, and the accumulation of large and medium-amount mineral elements in each part had a certain regularity. The quality of the middle part of the fruit was the most representative of the whole fruit, so the middle part of the fruit could be sampled and juiced in the field, but it is better to juice the whole fruit and prepared multiple samples in the quality evaluation process. Fruit longitudinal diameter, fruit shape index and elements such as K, P, Ca, Zn are most related to the fruit quality. These results would provide a scientific basis for quality evaluation and quality improvement of tangor in practice.

**Key words:** Hongmeiren tangor; Different parts of fruit; Quality; Mineral; Correlation

柑橘是世界第一大类水果,鲜果色香味美,酸甜可口,营养丰富而受消费者喜爱。同时,柑橘也是我国南方栽培面积最广、经济地位最重要的果树<sup>[1]</sup>。目前,柑橘品种主要为宽皮柑橘类、甜橙类、柚类、柠檬类、金柑类、杂柑类等,其中,杂柑类为宽皮柑橘类(或杂种)与橙、柚(或杂种)的杂交后代,因综合双亲的优点,具果形美、品质优、耐贮存等特点,兼橙、橘、柚等风味,被作为21世纪的柑橘主推品种<sup>[2-5]</sup>。浙江省为我国柑橘九大主产区之一,地处东南沿海,传统的主栽品种为宽皮柑橘类,成熟期基本集中在10—12月,存在品种结构不合理、上市时间集中、鲜果供货期短等问题。因此,为适合消费市场的需求,近几

年各产区通过引种一些新兴杂柑类进行结构调整,橘橙类杂柑红美人作为代表性品种之一,其果面为橙红色,果肉极化渣,高糖优质,甜橙香气,11月下旬成熟,配合设施条件可延长挂果至翌年,同时,经营模式结合优质优价,该品种在当地已取得较好的经济效益<sup>[6]</sup>。

柑橘果实品质是外观品质、风味品质、营养品质及加工品质等多种因素的复合体,包括果实形状、大小、色泽及可溶性固形物(TSS)、有机酸含量等要素<sup>[7]</sup>。果实品质是决定市场竞争力的重要因素,品种特性对果实品质起决定性作用<sup>[8]</sup>,生产上通常采用TSS含量作为判定果实成熟度和内在品质的一项

重要指标<sup>[9]</sup>。同时,风味也是柑橘品质的重要组成部分,糖酸含量和固酸比是影响柑橘风味的重要指标<sup>[10]</sup>。尽管红美人杂柑具有诸多优点,但仍有一些不清楚的品种特性,如田间品质监测中经常发现同一果实不同部位及不同果实榨汁速测 TSS 含量时较当地宽皮柑橘类存在更明显的个体差异性和不均匀性,因此,有必要对该品种的品质特征及监测取样方法开展探究。前人对不同柑橘品种果实糖酸等品质的研究较多<sup>[6,11-18]</sup>,主要以全果实为研究对象,也有对同一品种树体不同位置的果实<sup>[19-20]</sup>或果实中果皮、果肉不同部位的研究<sup>[21]</sup>,但仅发现少量几篇关于水果果肉不同部位的品质研究,如猕猴桃<sup>[22]</sup>、梨<sup>[23]</sup>及传统柑橘品种<sup>[9,21,24]</sup>。另外,已见关于红美人果园土壤、叶片矿质养分及其与果实品质相关性的报道<sup>[6]</sup>,但对红美人杂柑果肉不同部位的品质、矿质元素含量积累及其相关性的研究鲜见报道。因此,为明确该品种的品质特性,笔者拟通过采集浙江省不同果园的成熟适收期红美人果实,选择对同一果园不同时间及浙江省内不同区域果园进行取样,并将每批样品果肉分成果蒂部、果中部及果顶部3个部位并分别进行糖酸品质和矿质成分分析,探明果肉不同部位的品质、矿质分布规律及其相关性,论证品质评价的取样方法,为杂柑类果实的提质栽培管理提供一定的参考依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料及仪器

1.1.1 试材 供试品种为红美人杂柑,选择浙江省柑橘产区46个代表性的红美人果园,采样时间为2020年11月15日—2020年12月27日,按成熟适收期分3个不同时间( $t_1$ ,11月15日; $t_2$ ,12月5日; $t_3$ ,12月25日)和不同区域分别取样,每个批次选取长势相近的试验树6株,每株树冠外围不同方向随机选取大小基本一致、无病虫害的果实6个,共36个果,3次重复。果实采后立即运回实验室,清水冲洗后用纱布吸干表面水分备用。

1.1.2 样品制备 对同一批果实样品先分别进行单果质量、纵径和横径指标检测,再从果柄部剥开果皮,为尽可能保证分割过程果汁不损失,先用手小心将果肉沿纵向对分二半,放入容器盘,再用锋利刀片以每果果肉的纵径高度进行3等分分割,以距果柄处1/3为果蒂部,距果脐1/3为果顶部,余下部分为

果中部,割后各部位果肉立即放入对应的样品接收盘,再分别将同一批样品各部位的混合样经双层纱布榨汁过滤,获得果蒂部、果中部和果顶部的3份滤液,分别作为初始原液。再将每份原液进行3等分,各取其中1份进行混合制成全果汁试样,另外2份分别用作品质及矿质成分的待测液试样。

1.1.3 试剂与仪器 主要仪器:携带式折光仪(ATAGO CO, LTD, PAL-1);原子吸收分光光度计(PerKinElmer, 900T);紫外可见分光光度计(岛津, UV-2600);电子天平(METTLER TOLEDO, AL204, 0.1 mg);纯水仪(MILLIPORE, Milli-Q 8);电子数显游标卡尺(桂林广陆数字测控股份有限公司, SF2000)。

主要试剂:氢氧化钠、盐酸(国药集团化学试剂有限公司,分析纯);钾、钙、镁、铁、铜、锌、磷、硼标准品(国家有色金属及电子材料分析测试中心,  $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )。

### 1.2 品质及矿质成分的测定

1.2.1 品质指标的测定 可溶性固形物(TSS)含量采用携带式折光仪测定,可滴定酸(TA)含量采用酸碱滴定法测定,固酸比(TSS/TA)为可溶性固形物含量与可滴定酸含量的比值,单果质量采用电子天平称重法测定,果实纵横径采用游标卡尺测量,具体参照GB 8210方法执行。

1.2.2 矿质成分的测定 称取柑橘待测液10 g(精确至0.1 mg)入坩埚,先温控电热板加热至近干直至白烟变小、稍冷后转入高温电炉550℃灰化5 h,冷却后加1.00 mL 盐酸(1:1)溶液溶解,再用纯水定容至50.00 mL 容量瓶。钾、钙、镁、铁、铜、锌采用原子吸收分光光度计火焰法测定,磷、硼采用紫外可见分光光度计比色法测定,外标法定量。

### 1.3 数据处理

采用Microsoft Excel 2007进行数据处理和绘图,采用SPSS 19.0软件统计分析,采用LSD多重检验样本间的差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 同一果园不同取样时间果肉各部位的糖酸比较

为比较红美人果肉不同部位的糖酸分布规律,对同一果园的成熟适收期分3个时间进行样品采集,经对果肉各部位的可溶性固形物(TSS)、可滴定总酸(TA)含量及固酸比(TSS/TA)检测,分析结果见

表1。

表1 同一果园不同取样时间果实各部位的糖酸含量

Table 1 Contents of Sugar and acid of different fruit parts in the same orchard of different sampling times

| 指标<br>Index             | 果蒂部<br>Stem end | 果中部<br>Middle | 果顶部<br>Top  | 全果<br>Full fruit |
|-------------------------|-----------------|---------------|-------------|------------------|
| TSS(t <sub>1</sub> )/%  | 9.9±0.66 c      | 10.8±1.03 b   | 11.6±0.94 a | 10.8±0.83 b      |
| TSS(t <sub>2</sub> )/%  | 11.4±0.33 c     | 12.3±0.22 b   | 12.7±0.27 a | 12.1±0.18 b      |
| TSS(t <sub>3</sub> )/%  | 10.5±0.82 b     | 11.4±1.11 ab  | 12.2±1.26 a | 11.4±1.02 ab     |
| TA(t <sub>1</sub> )/%   | 0.67±0.04 a     | 0.69±0.05 a   | 0.67±0.03 a | 0.68±0.04 a      |
| TA(t <sub>2</sub> )/%   | 0.68±0.03 a     | 0.70±0.02 a   | 0.68±0.02 a | 0.68±0.01 a      |
| TA(t <sub>3</sub> )/%   | 0.67±0.07 a     | 0.69±0.06 a   | 0.66±0.06 a | 0.67±0.06 a      |
| TSS/TA(t <sub>1</sub> ) | 14.9±1.41 b     | 15.7±1.43 b   | 17.2±1.00 a | 15.9±1.14 ab     |
| TSS/TA(t <sub>2</sub> ) | 16.8±0.59 c     | 17.7±0.60 b   | 18.6±0.49 a | 17.7±0.37 b      |
| TSS/TA(t <sub>3</sub> ) | 15.9±2.10 b     | 16.8±2.95 a   | 18.9±3.76 a | 17.2±2.86 a      |

注:同一行不同小写字母表示差异显著( $p < 0.05$ ),下同。t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>、t<sub>3</sub>分别代表取样时间为11-15、12-05、12-25。

Note: Different small letters in the same line indicate significant different among different cultivars at  $p < 0.05$ , the same below. t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub> and t<sub>3</sub> represent sampling time 11-15, 12-05 and 12-25 respectively.

表1可见,同一果园3个不同时间采集的3批红美人各部位果肉,从果蒂部、果中部至果顶部方向TSS均不断增加,且每批样品的果蒂部与果顶部均为显著差异,其中前2批样品的果蒂部、果中部及果顶部两两差异显著,第3批样品果中部与其余部位差异不显著。同时,表中还显示同一果园3个不同时间采集的红美人果实TSS以第2批样品最高,为12.1%,第3批样品较第2批降0.7个百分点,当然一般情况下,随着成熟度增加,TSS呈增大趋势,而本次现象产生的原因是第3批样品采收前2 d,果园出现叶、土严重缺水症状而采取一次喷水处理,因而造成果实TSS明显下降。当然,数据分析显示第3批果肉不同部位的TSS变化趋势仍同前两批保持一致。另外,3批样品中全果的TSS与果中部最相近且均为差异不显著。TA在3批样品中以果中部相对较高,但统计分析显示各部位均差异不显著。3批红美人果实的固酸比变化趋势与TSS完全一致,即从果蒂部、果中部到果顶部数值不断上升,果蒂部与果顶部均为显著差异,但每批样品各部位间的差异性非完全一致,同时3批样品中全果的固酸比与果中部数值最接近且均为不显著差异。总之,同一果园不同取样时间的3批红美人果肉由果蒂部、果中部到果顶部的TSS、TSS/TA逐渐增加,呈极性分布,果蒂部的TSS、固酸比与果顶部均为差异显著,果中部的TSS、TA及固酸比与全果均为差异不显著。

## 2.2 浙江省不同区域红美人果实中果肉各部位的糖酸比较

选择浙江省内5个代表性区域且每个区域选8个红美人果园进行取样分析,TSS、TA及固酸比分析结果分别见图1、图2和图3。

2.2.1 不同区域红美人果肉各部位的TSS分析 由图1可见,5个区域果园中全果果肉TSS差异较大,以临海和象山为最高,均值分别为13.8%和13.7%,最低为11.6%,但无论TSS的高低,这5个区域及浙江省各地果园的果肉TSS从果蒂部、果中部至果顶部均呈上升趋势,与同一果园不同取样时间的变化规律基本一致。其中黄岩、临海、温岭这3个区域的3个部位分别为两两差异显著,象山、衢州地区的果

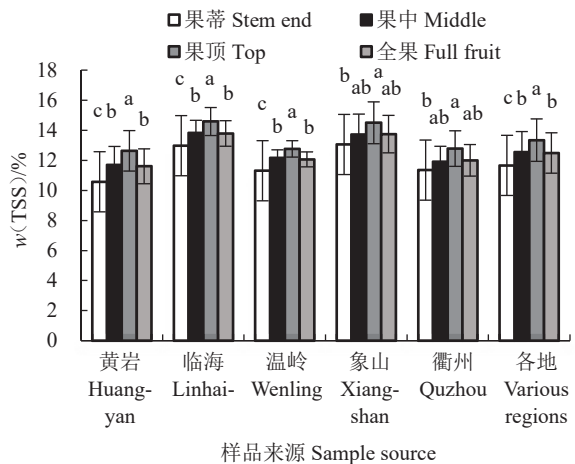


图1 不同区域果肉各部位TSS含量

Fig. 1 TSS content in different parts of fruit from different regions

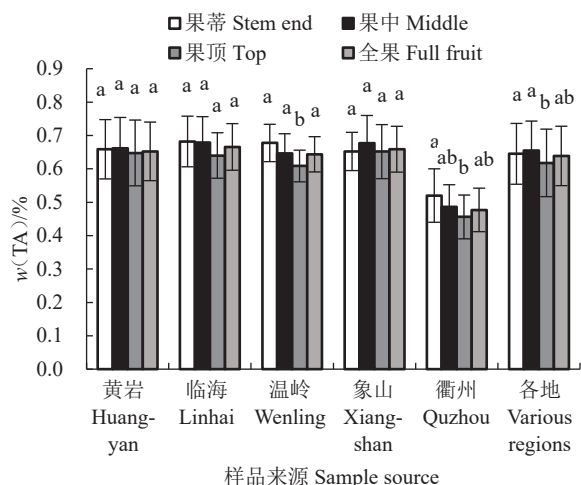


图2 不同区域果肉各部位TA含量

Fig. 2 TA content in different parts of fruit from different regions



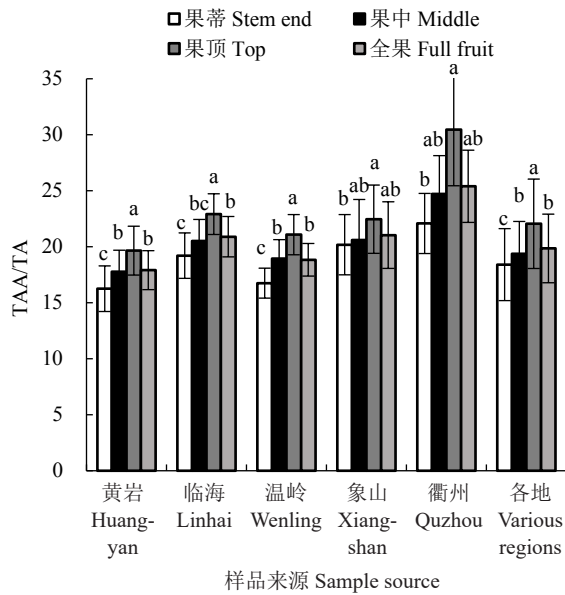


图3 不同区域的果肉各部位固酸比

Fig. 3 TSS/TA in different parts of fruit from different regions

顶部与果蒂部差异显著而果中部分别与果顶部、果蒂部差异不显著。浙江省各地所有果园的统计结果为3个部位两两差异显著。总之,所有区域的分析结果均显示出果肉的顶部与蒂部为差异显著。同时,图1也显示5个区域及浙江省各地果园全果的TSS与果中部数值相近,均为差异不显著。

**2.2.2 不同区域红美人果肉各部位的TA分析** 由图2可见,5个区域果园中红美人全果果肉的TA以衢州最低,其余各地相差不大。所有区域果园果肉的不同部位TA值均为果顶部相对最低,其中黄岩、临海及象山等这3个区域果肉各部位及全果间均为两两差异不显著,而温岭红美人果肉的果顶部与其他部位差异显著,果蒂部、果中部及全果为两两差异不显著;衢州红美人果肉为果顶部与果蒂部差异显著,与果中部、全果差异不显著,同时果蒂部与果中部、全果差异不显著。浙江省各地所有果园果肉的TA则为果顶部与果蒂部、果中部差异显著而与全果差异不显著。所以,5个区域及浙江省各地红美人果肉的TA均为果中部与全果差异不显著,各区域红美人果肉各部位的TA差异显著性非完全一致。

**2.2.3 不同区域红美人果肉各部位的固酸比分析** 由图3可见,5个区域及浙江省各地红美人果肉的固酸比为果蒂部、果中部至果顶部呈上升趋势,与TSS变化相一致,所有区域的果顶部与果蒂部均为差异

显著,果中部与全果均为差异不显著,同时,5个区域果肉的果中部与果顶部、果蒂部的差异显著性非完全一致,而浙江省各地的果蒂部、果中部及果顶部均两两差异显著。

### 2.3 红美人果肉不同部位矿质元素分析

为探明红美人果肉不同部位矿质元素的积累特征,分别对不同区域样品果肉的不同部位进行钾、钙、镁、磷、铁、铜、锌、硼等8个元素的检测,结果见表2。

表2 果实不同部位各矿质元素含量  
Table 2 Contents of mineral elements in different parts of fruit (mg·kg<sup>-1</sup>)

| 元素<br>Element | 果蒂部<br>Stem end       | 果中部<br>Middle         | 果顶部<br>Top            | 全果<br>Full fruit      |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 钾K            | 1 624.38±<br>228.59 a | 1 414.96±<br>161.44 b | 1 405.91±<br>173.97 b | 1 470.73±<br>175.63 b |
| 磷P            | 80.39±<br>28.43 b     | 81.95±<br>28.94 b     | 95.49±<br>30.07 a     | 83.67±<br>27.72 b     |
| 钙Ca           | 61.62±<br>25.25 a     | 54.00±<br>20.36 b     | 64.96±<br>29.64 a     | 60.56±<br>23.56 a     |
| 镁Mg           | 80.45±<br>15.71 a     | 70.89±<br>13.61 b     | 74.77±<br>13.56 ab    | 74.84±<br>12.00 ab    |
| 铁Fe           | 2.31±<br>0.66 a       | 2.32±<br>0.94 a       | 2.56±<br>0.69 a       | 2.24±<br>0.58 a       |
| 铜Cu           | 0.30±<br>0.12 a       | 0.30±<br>0.13 a       | 0.34±<br>0.14 a       | 0.30±<br>0.11 a       |
| 锌Zn           | 0.36±<br>0.28 ab      | 0.34±<br>0.19 b       | 0.47±<br>0.26 a       | 0.39±<br>0.21 ab      |
| 硼B            | 0.96±<br>0.28 b       | 1.08±<br>0.26 a       | 1.16±<br>0.30 a       | 1.03±<br>0.25 a       |

表2可见,全果果肉中8个元素含量由高到低排序为K>P>Mg>Ca>Fe>B>Zn>Cu,其中含量最高的K为次高P的17倍多。大量元素K由果蒂部、果中部至果顶部呈下降趋势,含量(w,后同)最大的果蒂部1 624.38 mg·kg<sup>-1</sup>与其他2个部位差异显著,果中部与果顶部差异不显著。元素P在3个部位的分布与K正好相反,以果顶部95.49 mg·kg<sup>-1</sup>为最大且分别与其他2个部位差异显著,果蒂部与果中部差异不显著。中量元素Ca与Mg在果实3个部位的积累趋势基本一致,果蒂部、果中部及果顶部依次为高、低、高V形分布,其中元素Ca的果中部分别与果蒂部、果顶部差异显著,Mg的果中部与果蒂部-Cu、Zn、B的含量整体较低,以全果果肉Fe含量2.24 mg·kg<sup>-1</sup>相对最大,B次之,最高Fe为最低Cu的7倍。其中Fe、Cu在3个部位差异均不显著,Zn的果顶部含量最高且与果中部差异显著,与果蒂部差异不显著,

B在3个部位的积累从果蒂部至果顶部呈逐渐上升趋势,果蒂部与其他2个部位有显著差异,显示Zn、B均为果顶部积累最多。由表2可见,除Ca、Mg和Zn外,全果果肉中其余5个元素含量均与果中部最接近,全果8个元素与果中部对应的元素均差异不显著。

## 2.4 相关性分析

2.4.1 全果的糖酸与各部位间的线性回归 同一果园不同取样时间及浙江省不同区域果园的取样分析结果均显示全果与果中部间的TSS和TA差异不显著,而TSS及TSS/TA在果蒂部与果顶部间为显著差异。为探明全果的TSS、TA与各部位间的

相关性,将所有样本的全果TSS、TA分别与其对应果实的3个部位各进行线性回归(表3),全果的TSS与果蒂部、果中部及果顶部的回归系数 $R^2$ 依次为0.976 4、0.980 7、0.975 0,以果中部最大,则验证全果TSS与果中部有极显著相关性,回归方程为 $y=1.016 2x-0.172 5$ ;同样,全果的TA与果蒂部、果中部及果顶部的回归系数 $R^2$ 依次为0.855 7、0.946 9、0.887 2,果中部为最大,TA的回归方程为 $y=1.046 5x-0.019 7$ 。依据上述相关研究结果,在进行TSS田间监测时,可采用果中部榨汁取样,当然,在对果实进行品质评价时应取全果混合榨汁且多次重复为宜。

表3 全果与各部位间糖酸的线性回归关系

Table 3 Linear regression relationship between sugar and acid of full fruit and different parts

| 部位 Part      | 可溶性固形物 TSS              |                      | 总酸 TA                   |                      |
|--------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
|              | 系数 Coefficient( $R^2$ ) | 方程 Equation          | 系数 Coefficient( $R^2$ ) | 方程 Equation          |
| 果蒂部 Stem end | 0.976 4                 | $y=0.952 8x-0.184 5$ | 0.855 7                 | $y=0.886x+0.083 1$   |
| 果中部 Middle   | 0.980 7                 | $y=1.016 2x-0.172 5$ | 0.946 9                 | $y=1.046 5x-0.019 7$ |
| 果顶部 Top      | 0.975 0                 | $y=1.017 8x+0.294 0$ | 0.887 2                 | $y=1.067 5x-0.063 4$ |

2.4.2 不同部位糖酸与果实理化品质的相关性 将各地采集的红美人果实理化分析指标与其不同部位的糖酸进行相关性分析,结果为表4。果实单果质量、横径分别与果蒂部、果中位及果顶部的TSS、TA及TSS/TA各指标相关系数均较小,无显著相关性,而果实纵径则与果肉3个不同部位的TSS和TSS/TA呈极显著负相关,同时,果形指数也与TSS呈极显著负相关。另外,果实TSS与各部位的TSS、TA及TSS/TA呈极显著正相关,TA分别与各部位TA、TSS呈极显著正相关,与TSS/TA呈极

显著负相关,果实TSS/TA与果肉各部位TSS和TSS/TA呈极显著正相关,与TA呈极显著负相关。总之,果实单果质量、横径与其不同部位的TSS、TA相关度较小,果实纵径、果形指数与不同部位TSS呈极显著负相关,且果形指数与不同部位TSS/TA呈极显著负相关。

2.4.3 矿质元素之间及其与果肉糖酸的相关性 果肉不同部位各元素、糖酸指标间相关性分析结果为表5。首先分析元素间的相关性:K与3个元素呈显著相关,其中与Ca呈极显著负相关,与P呈显著负

表4 不同部位糖酸指标与全果理化指标的相关性

Table 4 Correlation between sugar and acid indexes of different parts and physicochemical indexes of full fruit

| 指标 Index               | 可溶性固形物 TSS       |                  |                  | 总酸 TA           |                 |                 | 固酸比 TSS/TA          |                     |                     |
|------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                        | TSS <sub>s</sub> | TSS <sub>m</sub> | TSS <sub>t</sub> | TA <sub>s</sub> | TA <sub>m</sub> | TA <sub>t</sub> | TSS/TA <sub>s</sub> | TSS/TA <sub>m</sub> | TAA/TA <sub>t</sub> |
| 果质量 Fruit weight       | -0.084           | -0.116           | -0.182*          | 0.063           | 0.135           | 0.089           | -0.111              | -0.189*             | -0.177              |
| 横径 Horizontal diameter | -0.063           | -0.101           | -0.159           | 0.062           | 0.139           | 0.110           | -0.099              | -0.183*             | -0.180*             |
| 纵径 Vertical diameter   | -0.241**         | -0.265**         | -0.345**         | 0.044           | 0.086           | 0.058           | -0.255**            | -0.241**            | -0.235**            |
| 果形指数 Fruit shape index | -0.318**         | -0.314**         | -0.375**         | 0.002           | -0.029          | -0.043          | -0.220*             | -0.172              | -0.166              |
| 可溶性固形物 TSS             | 0.988**          | 0.990**          | 0.976**          | 0.303**         | 0.281**         | 0.242**         | 0.457**             | 0.414**             | 0.332**             |
| 总酸 TA                  | 0.208*           | 0.293**          | 0.339**          | 0.925**         | 0.973**         | 0.942**         | -0.641**            | -0.709**            | -0.720**            |
| 固酸比 TSS/TA             | 0.470**          | 0.415**          | 0.366**          | -0.647**        | -0.703**        | -0.711**        | 0.923**             | 0.970**             | 0.941**             |

注:\*在0.05水平上显著相关,\*\*在0.01水平上极显著相关;小写字母s、m、t分别表示蒂部、中部及顶部。下同。

Note: \*Represent the correlation was significant difference at the 0.05 level, \*\* represent the correlation was extremely significant difference at the 0.01 level. Subscript small letters d, m and t represent stem end, middle and top respectively. The same below.

表5 矿质元素间及其与品质的相关性  
Table 5 Correlation between mineral elements and quality

| 指标<br>Index | 钾 K      | 钙 Ca     | 镁 Mg    | 铁 Fe    | 铜 Cu    | 锌 Zn     | 磷 P      | 硼 B    | 可溶性固形物 TSS | 总酸 TA    | 固酸比 TSS/TA |
|-------------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|--------|------------|----------|------------|
| 钾 K         | 1        |          |         |         |         |          |          |        |            |          |            |
| 钙 Ca        | -0.234** | 1        |         |         |         |          |          |        |            |          |            |
| 镁 Mg        | 0.078    | 0.479**  | 1       |         |         |          |          |        |            |          |            |
| 铁 Fe        | 0.128    | 0.210*   | 0.416** | 1       |         |          |          |        |            |          |            |
| 铜 Cu        | -0.062   | 0.174    | 0.149   | 0.350** | 1       |          |          |        |            |          |            |
| 锌 Zn        | 0.343**  | 0.180*   | 0.339** | 0.367** | 0.243** | 1        |          |        |            |          |            |
| 磷 P         | -0.198*  | 0.430**  | 0.342** | 0.147   | 0.058   | 0.073    | 1        |        |            |          |            |
| 硼 B         | 0.028    | 0.157    | 0.318** | 0.468** | 0.374** | 0.449**  | -0.055   | 1      |            |          |            |
| 可溶性固形物 TSS  | -0.600** | 0.142    | 0.070   | 0.013   | -0.162  | -0.260** | 0.275**  | -0.009 | 1          |          |            |
| 总酸 TA       | 0.261**  | -0.474** | 0.076   | 0.032   | -0.154  | -0.008   | -0.376** | -0.002 | 0.121      | 1        |            |
| 固酸比 TSS/TA  | -0.538** | 0.502**  | -0.015  | -0.015  | 0.100   | -0.076   | 0.514**  | 0.008  | 0.391**    | -0.844** | 1          |

相关,与 Zn 呈极显著正相关;Ca 与 5 个元素呈显著相关,分别与 K 呈极显著负相关,与 Mg、P 呈极显著正相关,与 Fe、Zn 呈显著正相关;Mg 除与 K、Cu 无显著相关性外,与其余 Ca、Fe、Zn、P、B 等 5 个元素均呈极显著正相关;Fe 与 5 个元素呈显著相关,与 Mg、Cu、Zn、B 呈极显著正相关,与 Ca 呈显著正相关,与 K、P 无显著相关性;Cu 与 Fe、Zn、B 呈极显著正相关而与其余元素无显著相关性;Zn 的显著相关元素较多,除 P 外,与其余各元素均呈显著正相关;P 与 3 个元素呈显著相关,与 Ca、Mg 呈极显著正相关,与 K 呈显著负相关;B 与 Mg、Fe、Cu、Zn 这 4 个元素呈极显著正相关。总之,分析结果显示为大多数元素间呈正相关,仅 K 与 Ca、P、Cu 呈负相关。再分析糖酸指标与元素间的相关性:TSS 与 P 呈极显著正相关,与 K、Zn 呈极显著负相关,与其余 5 个元素无显著相关性;TA 仅与 K 呈极显著正相关,而与 Ca、P 呈极显著负相关;TSS/TA 与 Ca、P、TSS 呈极显著正相关,与 K、TA 呈极显著负相关。综合分析结果,与糖酸品质最为相关的元素为 Ca、P、K、Zn,其中 Ca、P 呈正相关,K、Zn 呈负相关。

### 3 讨论

本研究分别对同一果园不同时间及浙江省不同区域果园采集红美人杂柑果实并对每批样品果肉的不同部位进行糖酸检测,经数据统计分析,均得出红美人果肉 3 个不同部位 TSS 和 TSS/TA 从果蒂部、果中部到果顶部含量不断上升,呈极性分布,以果顶部风味最好,且果肉不同部位间存在明显的

不均匀性及含量分布的规律性,该结论与前期橙类和柚类柑橘品种的相关研究结果基本一致<sup>[9,21]</sup>,同时也与柑橘不同部位糖度的无损检测方法研究<sup>[25-26]</sup>结果一致。对于果实不同部位的糖积累规律,陈俊伟<sup>[27-28]</sup>在对温州蜜柑果实成熟过程的糖积累研究中认为与光合产物在柑橘发育过程的运输分配特征有关,维管束与汁囊之间会存在由高到低的糖浓度差,而晁无疾等<sup>[29]</sup>对葡萄不同部位 TSS 的研究认为营养输送存在顶端优势,即优先到达果实顶端,同时更易吸收阳光进行光合作用以利于 TSS 积累。同时,研究中还发现所有样本 TSS 的果蒂部与果顶部均为显著差异,田间监测单果极差最高达 5.1%,较当地大宗品种温州蜜柑在各部位的差异更大,显示出该品种果肉明显的不均匀特性,这可能与橘橙类杂交品种红美人(南香×天草)兼具温州蜜柑与克里曼丁等多种血缘、经高达 7 次的杂交有关,对于如何不断改良以提高该品种果实品质的均一度,尚需进一步研究。

作为品质评价的另一个重要指标 TA,在对浙江省各区域红美人果肉不同部位比较中发现果顶部 TA 相对较低,每批样本不具完全相同的规律性,果肉不同部位 TA 大多为差异不显著,但果中部的 TA 与全果均为最接近且差异不显著,与 TSS、TSS/TA 类似。为此,通过将全果 TSS、TA 分别与各部位进行线性回归和比较,获得理论上的验证,发现全果的 TSS、TA 均与果实中部呈极显著相关性,与江才伦<sup>[9]</sup>研究结果相吻合。因此,对于红美人杂柑果肉中糖酸积累极不均匀的品种特性,田间监测可对果实中



部榨汁取样而不能随机挤汁,当然,科学的品质评价应多样本全果榨汁取样且多次重复,方能较真实地反映该果实的品质。

果实矿质养分的含量不仅反映果园土壤的营养状况、肥力水平和吸收利用效率等,同时与果实采后的品质特性关系密切,最常见的方法为对土壤、叶片养分进行分析且与果实品质的相关性开展研究<sup>[6]</sup>,而王珊<sup>[30]</sup>则认为果汁分析是反映柑橘矿质营养代谢及吸收的一种重要途径,比叶片分析更有优势,与果实品质有更好的联系。从红美人果肉不同部位的养分含量及其与品质指标的相关性研究结果发现大中量元素及少数微量元素在果实各部位积累具有一定的规律性,如元素K为果蒂处积累最多且与TA正相关,表示果蒂部生长旺盛优先获得分配,果皮相对较厚,与前人研究认为高含量的K会提高果汁含酸量及增加果皮厚度<sup>[31]</sup>一致,同时发现果肉中的大多数元素间为正相关,且4个元素Ca、P、K和Zn及果实纵径、果形指数这两个外观理化指标与果实糖酸品质有极显著的相关性,因此,高品质的果实应在生长过程中适时控制各种元素含量,栽培过程中应重视果形的培育等,该研究结果可以为调控品质提供一定的参考。对于柑橘不同部位的研究除可以为提质栽培提供一定的参考外,一些采后生物学现象的位置效应,如柑橘枯水常发端于果蒂处并向果顶处发展<sup>[32]</sup>,血橙从果实顶部开始合成花青素并逐渐向果蒂处延展<sup>[33]</sup>等,表明果实不同部位的相关研究对生物学研究也具有一定的意义。

## 4 结 论

浙江省不同区域果园红美人杂柑果肉不同部位的糖酸含量、矿质元素积累及相关性研究结果表明,红美人杂柑的果实品质具有明显的不均匀特性,果肉的TSS及固酸比从果蒂部、果中部到果顶部含量不断增加,呈极性分布,TA在各部位为差异不显著;大中量矿质元素及少数微量元素在果肉各部位的积累具一定的规律性,其中K以果蒂部积累最多,P以果顶部积累最多;理论验证得出果肉中部品质最能代表全果,田间速测可采用果中部榨汁取样;矿质元素P、Ca、K、Zn及果实纵径、果形指数等与果实品质有极显著的相关性,可利用这些因素的调控来提高果实品质。研究结果可以为品质评价和提质栽培管理提供一定的参考。

## 参考文献 References:

- [1] 郭文武,叶俊丽,邓秀新. 新中国果树科学研究70年:柑橘[J]. 果树学报,2019,36(10):1264-1272.  
GUO Wenwu, YE Junli, DENG Xiuxin. Fruit scientific research in New China in the past 70 years: Citrus[J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(10):1264-1272.
- [2] 陈启亮. 我国杂柑良种选育进展[J]. 中国南方果树,2002,31(4):3-4.  
CHEN Qiliang. Progress in seed selection and breeding of Chinese hybrid mandarins[J]. South China Fruits, 2002, 31(4):3-4.
- [3] 陈贵虎. 12个日本杂柑品种引种初报[J]. 中国南方果树,2008,37(5):7-9.  
CHEN Guihu. Preliminary report on the introduction of 12 Japanese citrus varieties[J]. South China Fruits, 2008, 37(5):7-9.
- [4] 姜翔鹤,刘春荣,王登亮,吴雪珍,余耀飞. 杂柑春香在衢州的引种试验与栽培技术[J]. 浙江农业科学,2021,62(1):73-75.  
JIANG Xianghe, LIU Chunrong, WANG Dengliang, WU Xue-zhen, YU Yaofei. The introduction test and cultivation technology of Haruka in Quzhou[J]. Zhejiang Agricultural Sciences, 2021, 62(1):73-75.
- [5] 袁启凤,吴爱国,杨鸿雁,孙守一,李金强. 贵州中亚热带地区杂柑的引种实验[J]. 贵州农业科学,2008(5):158-159.  
YUAN Qifeng, WU Aiguo, YANG Hongyan, SUN Shouyi, LI Jinqiang. The introduction test of hybrid citrus varieties in center-subtropical regions of Guizhou province[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2008(5):158-159.
- [6] 黄振东,王鹏,徐建国,鹿连明,陈国庆,温明霞,林媚. 浙东地区‘红美人’杂柑果实品质与土壤和叶片养分的关系[J]. 果树学报,2020,37(1):88-97.  
HUANG Zhendong, WANG Peng, XU Jianguo, LU Lianming, CHEN Guoqing, WEN Mingxia, LIN Mei. Relationship between fruit quality and nutrients in soil and leaves of ‘Hongmeiren’ citrus hybrid cultivated in eastern Zhejiang province[J]. Journal of Fruit Science, 2020, 37(1):88-97.
- [7] 曾秀丽. 不同生境下甜橙果实的质地研究[D]. 成都:四川农业大学,2007.  
ZENG Xiuli. Studies on the effects of habitats to sweet orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] fruit texture[D]. Chengdu: Sichuan Agriculture University, 2007.
- [8] 孙达. 不同柑橘种质资源中可溶性糖和有机酸含量的评价[D]. 武汉:华中农业大学,2013.  
SUN Da. Soluble sugar and organic acid contents evaluation of different citrus germplasm resources[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.
- [9] 江才伦,彭良志,雷霆,淳长品,曹立,王雪生,万彦. 柑桔单果间和果实不同部位的可溶性固形物含量差异[J]. 中国南方果树,2006,35(2):3-5.  
JIANG Cailun, PENG Liangzhi, LEI Ting, CHUN Changpin, CAO Li, WANG Xuesheng, WAN Yan. Difference of soluble



- solid content between individual fruit and different parts of citrus fruit[J]. South China Fruits, 2006, 35(2):3-5.
- [10] 李勋兰,洪林,杨蕾,王武,韩国辉,农江飞,谭平. 11个柑橘品种果实营养成分分析与品质综合评价[J]. 食品科学, 2020, 41(8):228-233.
- LI Xunlan, HONG Lin, YANG Lei, WANG Wu, HAN Guohui, NONG Jiangfei, TAN Ping. Analysis of nutritional components and comprehensive quality evaluation of citrus fruit from eleven varieties[J]. Food Science, 2020, 41(8):228-233.
- [11] 林媚,吴韶辉. 浙江省12个柑橘品种果实品质分析与评价[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(6):963-966.
- LIN Mei, WU Shaohui. Analysis and evaluation of fruit quality of twelve citrus varieties in Zhejiang province[J]. Journal of Zhejiang Agricultural sciences, 2019, 60(6):963-966.
- [12] 杨阳,唐宁,李正国,黄涛江. 5个晚熟柑橘品种果实发育期品质变化研究[J]. 西南农业学报, 2014, 27(1):263-267.
- YANG Yang, TANG Ning, LI Zhengguo, HUANG Taojiang. Quality changes of five late-maturing citrus varieties during fruit development and maturity[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2014, 27(1):263-267.
- [13] 孙达,张红艳,程运江,徐娟. 11个产地纽荷尔脐橙果实风味物质含量差异[J]. 植物科学学报, 2015, 33(4):513-520.
- SUN Da, ZHANG Hongyan, CHENG Yunjiang, XU Juan. Contents of flavor components in newhall navel oranges (*Citrus sinensis*) harvested from eleven production areas of China[J]. Plant Science Journal, 2015, 33(4):513-520.
- [14] 张群,付复华,吴跃辉,朱玲凤,单杨. 湖南杂柑品种外观品质与营养品质及感官评价之间的相关性研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(23):100-106.
- ZHANG Qun, FU Fuhua, WU Yuehui, ZHU Lingfeng, SHAN Yang. Study on the correlation among appearance quality, nutritional quality and sensory evaluation of hybrid citrus varieties in Hunan[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(23):100-106.
- [15] 高阳,杨滢滢,郑嘉鹏,张明娟,刘向阳,罗莎莎,陈明,陈金印. 靖安椪柑果实发育阶段糖、酸组分含量变化[J]. 江西农业大学学报, 2016, 38(4):631-636.
- GAO Yang, YANG Yingying, ZHENG Jiapeng, ZHANG Mingjuan, LIU Xiangyang, LUO Shasha, CHEN Ming, CHEN Jinyin. Changes in sugar and organic acid components during fruit development in Jing'an ponkan (*Citrus reticulata*) [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2016, 38(4):631-636.
- [16] 黄艳,涂勋良,马晓丽,王进,吕秀兰. 四川安岳8个柠檬品种果实品质分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(14):83-88.
- HUANG Yan, TU Xunliang, MA Xiaoli, WANG Jin, LÜ Xiulan. Analysis of fruit quality in eight lemon varieties from Anyue county, Sichuan province[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(14):83-88.
- [17] 李勋兰,洪林,王武,杨蕾,谭平. 晚熟杂柑新品种果实品质综合评价[J]. 果树学报, 2018, 35(2):195-203.
- LI Xunlan, HONG Lin, WANG Wu, YANG Lei, TAN Ping. Comprehensive evaluation of fruit quality of new late-maturing mandarin cultivars [J]. Journal of Fruit Science, 2018, 35(2):195-203.
- [18] 朱丽莎,董超,赵静,江东,王成秋,焦必宁. 重庆主栽甜橙品种果实品质比较分析[J]. 中国南方果树, 2018, 48(5):128-135.
- ZHU Lisha, DONG Chao, ZHAO Jing, JIANG Dong, WANG Chengqiu, JIAO Bining. Comparative analysis of fruit quality of sweet oranges in Chongqing[J]. South China Fruits, 2018, 48(5):128-135.
- [19] 郎彬彬,陈楚佳,朱博,曲雪艳,黄春辉,徐小彪. 南丰蜜橘优良株‘ZL-03’不同部位果实主要品质分析[J]. 北方园艺, 2015(8):29-31.
- LANG Binbin, CHEN Chujia, ZHU Bo, QU Xueyan, HUANG Chunhui, XU Xiaobiao. The analysis of main fruit quality in different positions of superior plant ‘ZL-03’ Nanfeng tangerine[J]. Northern Horticulture, 2015(8):29-31.
- [20] KHALID S, MALIK A U, SALEEM B A, KHANA A S, KHALIDA M S, AMIN M. Tree age and canopy position affect rind quality, fruit quality and rind nutrient content of ‘Kinnow’ mandarin (*Citrus nobilis* Lour × *Citrus deliciosa* Tenora) [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 135:137-144.
- [21] 周先艳,朱春华,高俊燕,李进学,王绍华,龙春瑞,周东果,岳建强. 柚子不同品种及果实不同部位品质差异研究[J]. 热带作物学报, 2018, 39(12):2396-2403.
- ZHOU Xianyan, ZHU Chunhua, GAO Junyan, LI Jinxue, WANG Shaohua, LONG Chunrui, ZHOU Dongguo, YUE Jianqiang. Quality differences among different pomelo varieties and fruit parts[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2018, 39(12):2396-2403.
- [22] 廖光联,李西时,陈璐,黄春辉,钟敏,徐小彪. 猕猴桃果实不同部位间果实品质的差异性分析[J]. 北方园艺, 2019(6):34-42.
- LIAO Guanglian, LI Xishi, CHEN Lu, HUANG Chunhui, ZHONG Min, XU Xiaobiao. Difference analysis on fruit quality among different parts of kiwifruit[J]. Northern Horticulture, 2019(6):34-42.
- [23] GAO Z, ZHANG C J, LUO M, WU Y S, DUAN S Y, LI J F, WANG L, SONG S R, XU W P, WANG S P, ZHANG C X, MA C. Proteomic analysis of pear (*Pyrus pyrifolia*) ripening process provides new evidence for the sugar/acid metabolism difference between core and mesocarp[J]. Proteomics, 2016, 16(23):3025-3041.
- [24] 彭震宇,袁高鹏,彭良志,刁建龙,张梦娇,淳长品,江才伦,曹立,凌丽俐,朱春钊. 不知火桔橙单果间及囊瓣间的品质差异[J]. 中国南方果树, 2016, 45(3): 9-14.
- PENG Zhenyu, YUAN Gaopeng, PENG Liangzhi, XI Jianlong, ZHANG Mengjiao, CHUN Changpin, JIANG Cailun, CAO Li, LING Lili, ZHU Chunzhao. Quality differences among fruits and carpels of each fruit of ‘Shiranuhi’ tangor[J]. South China Fruits, 2016, 45(3): 9-14.

- [25] 介邓飞,杨杰,彭雅欣,连裕翔,张登. 基于高光谱技术的柑橘不同部位糖度预测模型研究[J]. 食品与机械,2017,33(3):51-54.  
JIE Dengfei, YANG Jie, PENG Yaxin, LIAN Yuxiang, ZHANG Deng. Research on the detection model of sugar content in different position of citrus based on the hyperspectral technology[J]. Food and Machinery, 2017, 33(3):51-54.
- [26] LI Y J, JIN G Q, JIANG X, YI S L, TIAN X. Non-destructive determination of soluble solids content using amulti-region combination model in hybrid citrus[J]. Infrared Physics & Technology, 2020, 104:103138.
- [27] 陈俊伟,张上隆,张良诚,徐昌杰,陈昆松. 温州蜜柑果实发育进程中光合产物运输分配及糖积累特性[J]. 植物生理学报, 2001, 27(2):186-192.  
CHEN Junwei, ZHANG Shanglong, ZHANG Liangcheng, XU Changjie, CHEN Kunsong. Characteristics of photosynthates transport, distribution and sugar accumulation of developing Satsuma mandarin fruit[J]. Physiology and Molecular Biology of Plants, 2001, 27(2):186-192.
- [28] 陈俊伟,张上隆,谢鸣,刘春荣,陶俊,吴江. 柑橘完熟采收增糖效应及其机理[J]. 果树学报, 2003, 20(4):247-250.  
CHEN Junwei, ZHANG Shanglong, XIE Ming, LIU Chunrong, TAO Jun, WU Jiang. Sugar accumulation in juice sacs of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit during delayed harvest[J]. Journal of Fruit Science, 2003, 20(4):247-250.
- [29] 晁无疾,管仲新. 葡萄果穗、果粒不同部位可溶性固形物含量差异分析[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2004(1):30-32.  
CHAO Wuji, GUAN Zhongxin. Difference analysis of soluble solid content between different parts of grape clusters and granules[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2004(1):30-32.
- [30] 王珊. 花器官诊断柑橘钾营养的研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2016.  
WANG Shan. Floral nutrient diagnosis for potassium nutrition status of citrus trees[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016.
- [31] 董燕,王正银. 矿质营养对柑橘品质的影响[J]. 土壤肥料, 2004(6):37-40.  
DONG Yan, WANG Zhengyin. The effects of mineral nutrition on citrus qualities[J]. Soil and Fertilizer, 2004(6):37-40.
- [32] YAO S X, CAO Q, XIE J, DENG L L, ZENG K F. Alteration of sugar and organic acid metabolism in postharvest granulation of Ponkan fruit revealed by transcriptome profiling[J]. Postharvest Biology and Technology, 2018, 139:2-11.
- [33] 梁芳菲,王小容,邓丽莉,曾凯芳,姚世响. 采后柑橘果实糖酸代谢研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(10):268-274.  
LIANG Fangfei, WANG Xiaorong, DENG Lili, ZENG Kaifang, YAO Shixiang. Research advances in sugar and acid metabolism of postharvest citrus fruit[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(10):268-274.