

狄明慧,张红艳,李登朝,等.采收时期和授粉对玉皇柚品质的影响[J].华中农业大学学报,2022,41(4):210-216.
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2022.04.026

采收时期和授粉对玉皇柚品质的影响

狄明慧¹,张红艳¹,李登朝²,谭碧玲³,谢宗周¹

1. 华中农业大学园艺林学学院/园艺植物生物学教育部重点实验室,武汉 430070;

2. 湖北省建始县林业技术推广站,建始 445300; 3. 湖北省建始县立农业发展有限公司,建始 445300

摘要 以湖北省建始县的地方柑橘品种玉皇柚为试材,比较不同采收时期果实外观和内在品质差异,确定最佳采收期;并比较花后240 d无籽类型和有籽类型果实外观及风味物质的差异,以期为玉皇柚的采收以及生产上无籽和有籽的取舍提供理论依据。结果显示:花后240 d时采收的果实果皮着色程度和可溶性固形物含量最高,有籽果实可滴定酸含量最低,固酸比最高为14.62,此时采收的果实外观和风味品质最佳,花后222 d时采收品质次之;而无籽果花后222 d时采收最佳,最高固酸比为14.55。花后240 d有籽果Vc含量(有籽类型35.98 mg/100 g,无籽类型31.77 mg/100 g)及以大根香叶烯D为主的挥发性物质含量也更高。结果表明,适时采收和授粉可以优化玉皇柚的果实品质,可通过科学采收和提高授粉率来提升果园收益。

关键词 玉皇柚;采收期;授粉;果实品质;无籽果实;有籽果实

中图分类号 S666.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2022)04-0210-07

柚(*C. grandis* Osbeck)作为我国南方重要的经济作物^[1],其果肉晶莹透亮,口感软而多汁,甜酸适口,脆而无渣,味浓有清香。湖北省建始县的特色优良品种玉皇柚深受消费者喜爱,其种植带动了区域经济发展,但目前在生产上仍存在过早采收和产品性状混乱等问题。

柚果实可留树保鲜,并通过科学采收有效延长销售时间,适时采收更能最大程度地发挥其品质优势,促进产业的持续健康发展。研究表明,果皮颜色^[2-3]、可溶性固形物^[4]、可滴定酸^[5]和Vc含量^[6]既是果实的品质指标,又可作为果实成熟指标来确定最佳采收期。建始玉皇柚有单性结实的能力,但由于与其他品种混栽产生了无籽和有籽2种类型,导致果实性状混乱,产品典型特征不一致,对品种的发展和产品的推广产生诸多不利影响。研究表明,品种的单性结实能力^[7]、花粉直感^[8]以及内源激素变化^[9-10]等因素会影响果实品质,进而造成无籽果和有籽果的品质差异。关于授粉对柑橘果实成熟期品质的影响也有相关报道^[11-12]。

本研究对玉皇柚无籽和有籽2种果实类型成熟期以及不同采收期的常规品质、糖组分以及挥发性

物质差异进行综合考量,探究玉皇柚最佳采收时期、有籽类型和无籽类型果实品质差异,以期为生产上确定最佳采收期的同时避免因恶性早采引起果实品质下降和市场混乱提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

样品取自湖北省建始县火龙村,无籽类型和有籽类型各选取3株长势一致、5年生的柚树,树体常规管理,树势健壮。分别于花后161、176、191、207、222、240 d从树冠外围各方位随机挑选大小一致、无病虫害、无机械损伤的果实。每个类型单次采集6个果实,设3个生物学重复,每个生物学重复2个果实。

1.2 常规品质的测定

将果实用清水洗净,擦干。

单果质量采用电子天平测定;果形指数用游标卡尺测定果实的纵径和赤道部位的横径并据此计算;囊瓣数采用肉眼观察法;果皮厚度选果实赤道部位4个分布均匀的点用游标卡尺测量并取平均值;可食率:将汁胞剥离,称取果皮的质量,可食率=(单果质量-果皮质量)/单果质量×100%;可溶性固形

收稿日期:2021-12-14

基金项目:国家重点研发计划项目(2019YFD1001400);华中农业大学乡村振兴荆楚行专项(2662021FW004)

狄明慧, E-mail: diminghui@cemps.ac.cn

通信作者:谢宗周, E-mail: xiezz@webmail.hzau.edu.cn

物:将果肉混匀榨汁,双层纱布过滤,滤液用于测定可溶性固形物和可滴定酸。吸取少量滤液用手持测糖仪(ATAGO, Japan)测定样品果可溶性固形物的含量;可滴定酸:吸取滤液0.3 mL,加蒸馏水30 mL,摇匀,稀释后的果汁用韩国G-WON GMK-835F型酸度计测定酸度;固酸比=可溶性固形物/可滴定酸。Vc含量采用2,6-二氯酚靛酚法测定^[13]。

1.3 果皮色差的测定

使用色彩色差计(MINOLTA CR-300, Japan)测定玉皇柚果实色差^[14],同一个柚果实的赤道面选择5个不同部位进行色差测定,取平均值。测量值包括 L^* 值(亮度值)、 a^* 值(红绿色度值)和 b^* 值(黄蓝色度值)。

1.4 糖组分测定

标准品果糖、葡萄糖和蔗糖均由美国Sigma公司生产,色谱纯。乙腈为美国Fisher公司生产,色谱纯。

样品的测定:参考GB 5009.8—2016《食品安全国家标准食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定》,有所改动,测定前重新进行标准样品测定及标准曲线绘制。果肉经液氮研磨后置于 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 超低温冰箱中保存。称取果肉4~6 g(精确到0.001 g)于10 mL离心管中,加1.35 mL水,超声30 min,加入3.15 mL乙腈,用70%的乙腈水溶液定容至10 mL,摇匀后静置。吸取2 mL上清液于2 mL离心管中, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下12 000 r/min离心10 min,取1.7 mL上清液相同条件再次离心,取1.2 mL上清于进样瓶中,等待上样。

采用高效液相色谱仪(SHIMADZU, Japan)测定果肉中的糖组分,示差折光检测器型号为RID-20A,反相色谱柱为Waters Sugar-Pak TM 1色谱柱(6.5 mm \times 300 mm;5 μm)。色谱分析条件:流动相为 $V_{\text{乙腈}}:V_{\text{水}}=70:30$;流速0.8 mL/min;柱温 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$;进样量20 μL 。

1.5 挥发性成分测定

壬酸甲酯(methyl nonanoate)和甲基叔丁基醚(methyl tert-butyl ether, MTBE)均从Sigma公司购买。

参考刘翠华等^[15]方法测定,稍有改动。将 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下保存的柑橘组织(黄皮层、汁胞)研磨成粉。称取黄皮层0.3 g,汁胞0.6 g,分别装入2 mL离心管中,加入500 μL ddH₂O,涡旋混匀,黄皮层加入600 μL 含1 μg /20 mL壬酸甲酯的MTBE,汁胞加入600 μL 含1 μg /0.5 mL壬酸甲酯的MTBE,涡旋混匀。 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 超声萃取60 min,样品 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$,12 000 r/min离心10

min,用1 mL注射器吸取上清液,过0.22 μm 滤膜进上样瓶。

GC-MS检测条件:GC-MS(Trace 1300 GC结合ISQ 7000质谱, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)进样量1 μL ,色谱柱选用TRACE TR-5 MS柱(30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm , Thermo Scientific, Bellefonte, PA, USA)。载气为高纯氮气(99.999%),黄皮层选用分流模式进样,分流比50:1;汁胞采用不分流模式进样,载气恒流模式,流速1 mL/min。进样口、离子源和传输线温度分别为250、260和280 $^{\circ}\text{C}$ 。GC升温程序:40 $^{\circ}\text{C}$,3 min;3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至160 $^{\circ}\text{C}$ 并保留1 min;5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至200 $^{\circ}\text{C}$ 并保留1 min;8 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至240 $^{\circ}\text{C}$ 并保留3 min。MS的条件如下:EI离子源,电子轰击能量70 eV,正离子扫描模式,质量扫描范围45~400 m/z 。

1.6 数据分析

用Excel 2007处理数据,绘制图表,应用IBM SPSS Statistics 23.0和JMP 13对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 采收期对果实外观品质的影响

单果质量、果实纵径、果实横径、果形指数、果皮厚度和可食率是果实外观品质的重要指标,由表1可见,花后161~240 d无籽玉皇柚的外观品质指标均无显著变化。

果皮色差值也是评价果实外观的重要指标之一。测定结果显示,果皮亮度值 L^* 呈先升高后降低的趋势,在花后191 d时显著高于其他各时期,之后果皮表面逐渐粗糙,且有籽、无籽玉皇柚各时期亮度值几乎一致。红绿色度值 a^* 随采收期延后稳定升高,至花后191 d时由负值向正值转变,果皮颜色逐渐偏向红色。果皮着色指数 C 在不同采收期同样呈波动上升状态,变化趋势与黄蓝色度值 b^* 一致。红绿色度值 a^* 、黄蓝色度值 b^* 和果皮着色指数 C 均在采后240 d达到最高值(表1)。

2.2 采收期对果实内在品质的影响

由图1可见,随着果实发育,果汁中可溶性固形物含量先降后升,花后191 d和花后207 d分别为无籽类型和有籽类型的最低值,均为9.94%。同时可溶性固形物含量的最高值均在花后240 d时出现,无籽类型为11.58%,有籽类型为12.00%。

可滴定酸含量变化总体呈“反S”形曲线,花后

表1 无籽和有籽玉皇柚不同采收期果实外观品质的变化

Table 1 Changes of exterior quality of Yuhuang pomelo fruits at different harvest times

指标 Indexes	果实种类 Type	开花后时间/d Time post anthesis					
		161	176	191	207	222	240
单果质量/g	无籽 Seedless	1 076.98±87.01a	993.98±156.75a	1 145.38±112.23a	1 263.07±332.59a	988.33±105.18a	1 045.30±243.14a
Single fruit weight	有籽 Seeded	790.47±71.47a	1 017.03±97.09a	1 037.45±252.08a	927.92±119.58a	1 095.77±72.13a	830.05±8.75a
横径/cm	无籽 Seedless	15.03±0.21a	14.81±0.46a	15.44±0.40a	15.72±1.47a	14.46±0.23a	15.16±1.31a
Fruit diameter	有籽 Seeded	13.54±0.74a	14.26±0.53a	14.34±1.18a	14.03±0.47a	14.91±0.60a	13.28±0.19a
纵径/cm	无籽 Seedless	15.56±1.06a	14.94±0.58a	15.71±0.73a	15.82±2.18a	14.57±0.56a	14.77±2.34a
Fruit length	有籽 Seeded	14.24±0.89a	15.61±0.94a	15.56±1.41a	14.40±0.33a	15.46±0.24a	13.73±0.89a
果形指数	无籽 Seedless	1.04±0.07a	1.01±0.03a	1.02±0.03a	1.00±0.06a	1.01±0.03a	0.98±0.07a
Fruit shape index	有籽 Seeded	1.05±0.07a	1.10±0.04a	1.08±0.04a	1.03±0.06a	1.04±0.06a	1.03±0.06a
果皮厚度/cm	无籽 Seedless	2.46±0.28a	1.92±0.22a	2.02±0.17a	1.95±0.19a	1.92±0.07a	2.03±0.41a
Peel thick	有籽 Seeded	2.07±0.17a	2.03±0.23a	1.82±0.29a	1.94±0.10a	2.05±0.12a	1.73±0.09a
可食率/%	无籽 Seedless	43.86±3.59a	45.81±1.60a	45.94±1.34a	50.47±1.95a	44.34±3.85a	47.82±2.88a
Edible rate	有籽 Seeded	43.10±1.25a	44.22±1.55a	45.89±2.81a	47.61±1.39a	46.74±3.66a	47.60±1.46a
亮度值 L^*	无籽 Seedless	66.02±0.95d	69.51±1.26bc	73.73±0.52a	70.39±1.06bc	71.12±0.30b	68.93±1.19c
The value of L^*	有籽 Seeded	66.39±2.24d	69.86±0.84c	74.15±0.30a	72.02±0.50b	71.68±0.10bc	69.86±1.04c
红绿色度值 a^*	无籽 Seedless	-3.35±1.05e	-0.98±0.70d	0.48±0.37cd	2.36±1.87bc	3.25±0.99ab	4.65±0.84a
The value of a^*	有籽 Seeded	-5.14±0.40e	-1.14±0.58d	0.52±0.89c	2.83±0.53b	3.66±0.37b	5.04±0.63a
黄蓝色度值 b^*	无籽 Seedless	33.37±2.44b	35.67±2.19b	17.67±0.88c	37.87±2.56b	37.65±1.69b	46.31±3.37a
The value of b^*	有籽 Seeded	32.73±2.53d	36.76±2.07c	19.45±1.06e	40.43±0.85b	38.69±1.16bc	46.19±1.97a
着色指数 C	无籽 Seedless	74.03±1.93d	78.15±1.93bc	75.82±0.71cd	79.97±1.28b	80.40±1.05ab	83.01±2.61a
The value of C	有籽 Seeded	74.02±3.11d	78.61±1.98bc	76.62±0.27cd	82.68±0.44a	81.47±0.49ab	82.44±3.04a
色调角 H	无籽 Seedless	3.16±0.00a	3.11±0.03a	0.73±0.63b	0.02±0.02c	0.00±0.00c	0.00±0.33c
The value of H	有籽 Seeded	3.15±0.01a	3.13±0.00a	1.20±1.05b	0.00±0.00c	0.01±0.01c	0.00±0.25c

注:表中数据为3次生物学重复的平均值±标准差;同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。Note:Results are means±SD from three biological replicates.Different lowercase letters in the same line indicate significant differences($P<0.05$).The same as follows.

176 d至207 d期间下降迅速,在花后207 d后有所回升。无籽类型最低值出现在花后207 d,为0.76%,有籽类型最低值出现在花后240 d,为0.81%。

固酸比在花后176~222 d均呈上升趋势,无籽类型总体上升速度更快。在花后222~240 d,有籽类型和无籽类型固酸比变化存在差异:有籽果持续上升,在花后240 d达到最高值;无籽果迅速上升后略有降低,在花后222 d出现峰值。

Vc含量呈现波动变化,峰值出现在花后222 d,分别为无籽柚40.30 mg/100 g,有籽柚37.32 mg/100 g,并在222 d后有所降低。花后240 d有籽果Vc含量(35.98 mg/100 g)高于无籽果(31.77 mg/100 g)。

2.3 玉皇柚无籽和有籽果实的常规品质和可溶性糖含量

将表1及图1中240 d采收果实的品质指标进行显著性差异分析可知,成熟期有籽柚Vc含量显著高于无籽柚,其余指标二者均无显著差异。采用高效液相色谱对可溶性糖组分进行分析,结果显示玉皇柚可溶性糖含量总体较高且在无籽果和有籽果之间

无显著差异(表2)。综上,2种类型玉皇柚的常规品质指标和风味指标较为一致,有籽柚营养品质更佳。

2.4 玉皇柚无籽和有籽果实的挥发性成分及含量

采用GC-MS,对成熟期的无籽和有籽柚果的黄皮层和汁胞组织进行挥发性成分分析。由表3可知,在2种玉皇柚的黄皮层中共检测出93种挥发性物质,其中有15种醛、23种醇、13种酯、2种酮、31种烃、8种烃类衍生物、1种酚;汁胞中共检出28种挥发性物质,其中有2种醛、4种醇、1种酮、20种烃、1种烃类衍生物。

在无籽柚黄皮层中共检出88种香气成分,挥发性物质总含量为(12 686.17±1 263.78) $\mu\text{g/g}$;汁胞中有28种,总含量为(4.61±1.59) $\mu\text{g/g}$ 。有籽玉皇柚黄皮层中共检出89种香气成分;挥发性物质总含量为(13 052.54±1 825.82) $\mu\text{g/g}$;汁胞中24种,总含量为(4.22±1.49) $\mu\text{g/g}$ 。无籽玉皇柚黄皮层中含量最多的有D-柠檬烯、 α -蒎烯、反式- β -罗勒烯、大根香叶烯D、橙花醛和 α -柠檬醛;有籽玉皇柚黄皮层中含量最多的有D-柠檬烯、 α -蒎烯、反式- β -罗勒烯、大根香

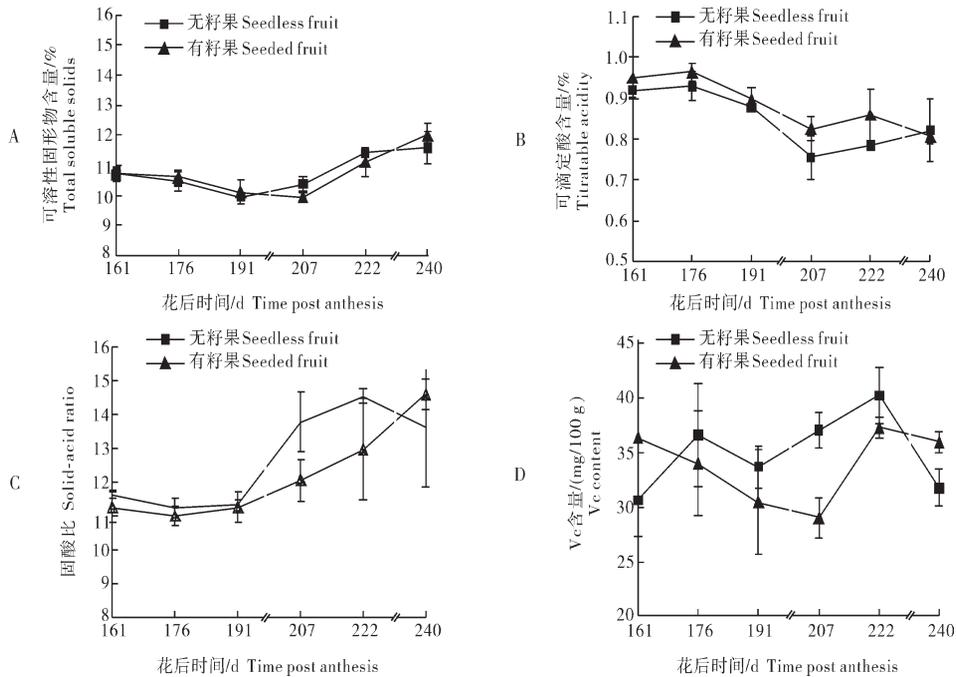


图1 玉皇柚不同采收期可溶性固形物含量(A)、可滴定酸含量(B)、固酸比(C)及Vc含量(D)的变化

Fig.1 Changes of total soluble content(A), titratable acidity content(B), solid-acid ratio(C) and Vc content(D) of Yuhuang pomelo in different harvest time

表2 无籽和有籽玉皇柚的可溶性糖含量

Table 2 The content of soluble sugar of seedless and seeded fruits %

指标 Indexes	无籽 Seedless	有籽 Seeded
果糖含量 Fructose content	1.80±0.09a	1.91±0.21a
葡萄糖含量 Glucose content	1.09±0.10a	1.24±0.19a
蔗糖含量 Sucrose content	7.67±0.38a	7.77±0.59a

叶烯 D、橙花醛和 L-紫苏醛。汁胞中含量最多的有大根香叶烯 D、正十二烷。

此外,有籽类型黄皮层中的 α-乙酸松油酯、大根香叶烯 D、大根香叶烯 D-4-醇含量显著高于无籽类型,柏木醇含量显著低于无籽类型,其中大根香叶烯 D 为主要挥发性物质。汁胞中的挥发性物质含量均较低。无籽玉皇柚正十六烷、正十七烷含量显著高于有籽类型,主要组成成分含量并无显著差异。

3 讨论

玉皇柚是湖北省建始县的独特栽培品种,在花后 161~240 d,除色差指数外,各采收时期果实外观性状较为一致。随着果实成熟度的增加,其果皮绿色逐渐褪去,黄色值和红色值逐渐升高,但其光洁程度在花后 191 d 达到峰值,此后呈下降趋势。

果实的风味随着果实的成熟发生改变,食用品质的改变主要是由糖类和酸类物质转化引起的,糖和酸的组成和含量是影响果实口感的关键因素之一^[16]。本研究中,随着成熟度的增加,玉皇柚可溶性固形物和可滴定酸含量均呈先降后升的趋势,共同拐点在花后 207 d。这与前人的研究结果^[5]并不相同,推测与建始县特殊的湿润型山地气候有关。综合考虑固酸比情况,花后 222 d 和花后 240 d 果实果肉中的糖、酸含量和糖酸比值均较高,果实风味浓郁且味道偏甜,最适宜食用。

Vc 是一种水溶性维生素,在人体物质代谢中起着重要的作用。本研究结果表明,果肉中的 Vc 含量呈波动变化,花后 207~222 d Vc 含量上升迅速,花后 222 d 后又有所降低,在花后 222 d 出现最高值。与刘春荣等^[17]的结果相似。故花后 222 d 前后采收的果实 Vc 含量更为丰富。

在玉皇柚发育阶段的中后期,果实生长已经完成,在后续的发育阶段,主要涉及代谢物的产生与转化,因此,其果实大小性状不再发生显著改变,但色泽及内在品质进一步提高。花后 240 d 的果实着色最好、风味浓郁但 Vc 含量较低。花后 222 d 采收的果实综合品质较好,Vc 含量最高,无籽果的固酸比最高。现有的研究表明,随着成熟度的增加,果实的食

表3 无籽果和有籽果黄皮层中的挥发性代谢物的种类和含量

Table 3 Types and contents of volatile metabolites in flavedo of seedless and seeded fruits

类别 Category	黄皮层 Yellow cortex				汁胞 Juice cell			
	种类数 Number	总含量/($\mu\text{g/g}$) Content		主要挥发性 代谢物 ¹⁾ Major volatile metabolites	种类数 Number	总含量/($\mu\text{g/g}$) Content		主要挥发性 代谢物 ²⁾ Major volatile metabolites
		无籽 Seedless	有籽 Seeded			无籽 Seedless	有籽 Seeded	
醛 Aldehyde	15	189.51 \pm 46.70	230.59 \pm 129.85	α -柠檬醛 L-紫苏醛 (Z)-3-己醛 十二醛	2	0.09 \pm 0.03	0.10 \pm 0.01	己醛 α -柠檬醛
醇 Alcohol	23	132.90 \pm 45.19	143.65 \pm 22.56	芳樟醇 金合欢醇 金合欢醇 γ -松油醇	4	0.20 \pm 0.10	0.16 \pm 0.06	β -丁氧基乙醇 氧化芳樟醇 (3E)-3-庚烯-2-醇 反式呋喃氧化芳樟醇
酮 Ketone	2	0.62 \pm 0.14	0.62 \pm 0.05	隐酮 香芹酮	1	0.04 \pm 0.01	0.04 \pm 0.00	圆柚酮
酯 Ester	13	65.48 \pm 10.37	75.42 \pm 17.60	乙酸香叶酯 橙花乙酸酯 辛酸己酯 乙酸己基酯	0	—	—	—
烃 Hydrocarbon	31	12 244.78 \pm 1 141.82	12 549.22 \pm 1 644.72	D-柠檬烯 α -蒎烯 反式- β -罗勒烯 大根香叶烯 D' 吲哚	20	4.25 \pm 1.44	3.90 \pm 1.41	大根香叶烯 D 正十二烷 L-柠檬烯 δ -榄香烯
烃类衍生物 Hydrocarbon derivatives	8	21.91 \pm 6.85	24.38 \pm 4.87	反式芥子烯水合物	1	0.03 \pm 0.01	0.02 \pm 0.01	依兰烯
酚 Phenol	1	30.97 \pm 12.71	28.66 \pm 6.17	十氢二甲基甲乙烯 基萘酚	0	—	—	—
总计 Total	93	12 686.17 \pm 1 263.78	13 052.54 \pm 1 825.82		28	4.61 \pm 1.59	4.22 \pm 1.49	

注:1)黄皮层中主要挥发性代谢物 Major volatile metabolites in yellow cortex: α -柠檬醛 α -Citral; L-紫苏醛 Perillal; (Z)-3-己醛 (Z)-3-hexenal; 十二醛 Dodecanal; 芳樟醇 Linalool; 金合欢醇 trans-Farnesol; γ -松油醇 γ -Terpineol; 隐酮 Cryptone; 香芹酮 Carvone; 香芹酮 Carvone; 乙酸香叶酯 Geranyl acetate; 橙花乙酸酯 Nerol acetate; 辛酸己酯 Hexyl octylate; 乙酸己基酯 Acetic acid, hexyl ester; D-柠檬烯 D-Limonene; α -蒎烯 α -Pinene; 反式- β -罗勒烯 trans- β -Ocimene; 大根香叶烯 D Germacrene D; 吲哚 Indole; 反式芥子烯 trans-Sabinene hydrate; 十氢二甲基甲乙烯基萘酚 Neointermedeol; 2)汁胞中主要挥发性代谢物 Major volatile metabolites in juice cell: 己醛 Hexenal; α -柠檬醛 α -Citral; β -丁氧基乙醇 β -Butoxyethanol; 氧化芳樟醇 Linalool oxide; (3E)-3-庚烯-2-醇 (3E)-3-Hepten-2-ol; 反式呋喃氧化芳樟醇 trans-Furanic linalool oxid; 圆柚酮 Nootkatone; 大根香叶烯 D Germacrene D; 正十二烷 Dodecane; L-柠檬烯 L-Limonene; β -榄香烯 β -Elemene; δ -榄香烯 δ -Elemene; 依兰烯 Myroxide; 3)“—”表示未检测到此物质;“*”表示数据有显著性差异($P < 0.05$)。Note:“—” indicates that the substance was not detected; “*” indicates a significant difference in the data ($P < 0.05$).

用品质渐好^[5,17],但食用品质最佳的果实并不耐贮。因此,若能在短期内完成销售,建议于花后222~240 d进行采收。若有长途运输需要,需提前采收,后续可针对果实贮藏后的品质变化进行研究。

在本研究中,玉皇柚有籽果中Vc含量和主要挥发性物质中的大根香叶烯D含量都显著高于无籽果。有籽果在风味和营养方面品质更优,即授粉可

以提高玉皇柚的品质。同样,王琦等^[11]研究表明,与未授粉的果实相比,经茂谷橘橙花粉授粉后福橘单果质量增加,果皮厚度减少、可食率升高。南部脆甜香柚授粉后Vc含量显著高于未授粉的果实^[18]。也有研究表明,授粉对果实品质的影响与父本花粉品种有关^[19-20]。综上,合理的授粉可以提高玉皇柚的内在品质,但建始县群山交织,地势并不平坦,难以

实现人工授粉,故生产上建议配置可优化果实品质的授粉树种来提高玉皇柚的有籽率,既可以保证果实品质,同时授粉品种又能够产生额外的经济效益。在原有种植环境中调查玉皇柚自然授粉的花粉来源,补充种植优质玉皇柚树种,或将成为建始县有籽玉皇柚保持品质优势的最佳方法。

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 W W, YE J L, DENG X X. Fruit scientific research in New China in the past 70 years: citrus [J]. Journal of fruit science, 2019, 36(10): 1264-1272 (in Chinese with English abstract).
- [2] 王丹.夏橙果实成熟过程中果皮色泽变化的规律研究[D].武汉:华中农业大学,2016.WANG D. Research on the rules of the peel color changes during 'Cutter Valencia' fruit ripening [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016 (in Chinese with English abstract).
- [3] LEE H S, CASTLE W S, COATES G A. High-performance liquid chromatography for the characterization of carotenoids in the new sweet orange (Earlygold) grown in Florida, USA [J]. Journal of chromatography A, 2001, 913(1): 371-377.
- [4] 余焰文,蔡小琴,蔡哲,等.基于可溶性固形物含量模拟的南丰蜜橘采摘期确定[J].气象与减灾研究,2019,42(4):285-289. YU Y W, CAI X Q, CAI Z, et al. Study on picking period of Nanfeng Mandarin orange based on simulation of soluble solid content [J]. Meteorology and disaster reduction research, 2019, 42(4): 285-289 (in Chinese with English abstract).
- [5] 吴宝玉.不同采收期和贮藏方式的瓯柑品质变化研究[D].北京:中国农业科学院,2014.WU B Y. Study on Ougan (*Citrus suavissima* Hort. ex Tanaka) quality changes of different harvesting time and storage methods [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014 (in Chinese with English abstract).
- [6] 鲍江峰.纽荷兰脐橙和湖北省主要柑橘品种果实品质的研究与区划[D].武汉:华中农业大学,2005.BAO J F, Study and redistribution on fruit quality of Newhall navel orange and major citrus varieties of Hubei Province [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005 (in Chinese with English abstract).
- [7] 陈建业,石雪峰,向宏翠,等.无核(少核)柚研究进展[J].湖南农业科学,2002(2):11-13.CHEN J Y, SHI X H, XIANG H C, et al. Advances in the research on seedless pummelo [J]. Hunan agricultural sciences, 2002(2): 11-13 (in Chinese with English abstract).
- [8] 沙海峰,朱元娣,高琪洁,等.花粉直感对京白梨品质的影响[J].果树学报,2006,23(2):287-289.SHA H F, ZHU Y D, GAO Q J, et al. Effect of xenia on fruit quality of Jingbaili pear cultivar [J]. Journal of fruit science, 2006, 23(2): 287-289 (in Chinese with English abstract).
- [9] 李伟才,魏永赞,胡会刚,等.3种无核荔枝果实发育过程中内源激素含量变化动态[J].热带作物学报,2011,32(6):1042-1045. LI W C, WEI Y Z, HU H G, et al. Dynamic changes of endogenous hormone contents in the pericarp of seedless litchi during fruit growth and development [J]. Chinese journal of tropical crops, 2011, 32(6): 1042-1045 (in Chinese with English abstract).
- [10] 林文秋,肖熙鸥,张红娜,等.菠萝果实发育过程中的内源激素变化及品质形成特点[J].南方农业学报,2018,49(11):2224-2229.LIN W Q, XIAO X O, ZHANG H N, et al. Changes of endogenous hormones and characters of fruit quality formation during growth of pineapple [J]. Journal of southern agriculture, 2018, 49(11): 2224-2229 (in Chinese with English abstract).
- [11] 王琦,高慧颖,郑亚凤,等.利用茂谷橘橙异花授粉提高福橘果实品质[J].福建农业学报,2015,30(7):662-666.WANG Q, GAO H Y, ZHENG Y F, et al. Effect of Cross-pollination with Murcott fruit quality of Fujian oranges [J]. Fujian journal of agricultural sciences, 2015, 30(7): 662-666 (in Chinese with English abstract).
- [12] 陈秋夏,徐昌杰,王伟杰,等.人工授粉对永嘉早香柚果实发育与贮藏品质的影响[J].果树学报,2005,22(4):412-415.CHEN Q X, XU C J, WANG W J, et al. Effect of artificial pollination on fruit development and quality in storage of Yongjiazaoxiangyou pomelo [J]. Journal of fruit science, 2005, 22(4): 412-415 (in Chinese with English abstract).
- [13] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.LI H S. Principles and techniques of plant physiology and biochemistry experiments [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000 (in Chinese).
- [14] 徐娟.几个柑桔产区果实色泽评价及红肉脐橙(*Citrus sinensis* L. cv. Cara cara)果肉呈色机理初探[D].武汉:华中农业大学,2002.XU J. Fruit color evaluation among citrus product areas and preliminary study on the mechanism of pigment accumulation in the flesh of Red flesh navel oranges (*Citrus sinensis* L. cv. Cara cara) [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2002 (in Chinese with English abstract).
- [15] 刘翠华,朱世平,徐娟.2种果园管理模式下降平柚果实挥发性物质和苦味物质的变化[J].华中农业大学学报,2021,40(4):102-113.LIU C H, ZHU S P, XU J. Changes of volatile compounds and bitter in fruit of Liangping pummelo under two modes of orchard management [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2021, 40(4): 102-113 (in Chinese with English abstract).
- [16] HUANG Y, LI W H, ZHAO L, et al. Melon fruit sugar and amino acid contents are affected by fruit setting method under protected cultivation [J]. Scientia horticulturae, 2017, 214: 288-294.
- [17] 刘春荣,吴雪珍,王登亮,等.不同采收期对鸡尾葡萄柚果实品质的影响[J].浙江柑橘,2020,37(4):28-31.LIU C R, WU X Z, WANG D L, et al. Effects of different harvest periods on fruit quality of cocktail grapefruit [J]. Zhejiang citrus, 2020, 37(4): 28-31 (in Chinese).
- [18] 郑元勋.授粉和生长调节剂对南部脆香甜柚裂果及果实品质的影响研究[D].北京:中国农业科学院,2013.ZHENG Y X. Effects of pollination and growth regulators on tracking and duality

- of Nanbu pomelo fruits [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012 (in Chinese with English abstract).
- [19] 靳瑞霞. 马家柚不同授粉组合果实品质研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013. JIN R X. Study effect of different pollination combination on fruit quality of Majia pummelo [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013 (in Chinese with English abstract).
- [20] 陈青英, 卢方良, 柳兴岳, 等. 授粉对玉环柚果实品质和裂果的影响[J]. 中国果树, 2006 (1): 26-27. CHEN Q Y, LU F L, LIU X Y. Effect of pollination on the quality and cracking of Yuhuan pomelo [J]. China fruits, 2006 (1): 26-27 (in Chinese).

Effects of harvest time and pollination on quality of Yuhuang pomelo

DI Minghui¹, ZHANG Hongyan¹, LI Dengchao², TAN Biling³, XIE Zongzhou¹

1. College of Horticulture & Forestry Sciences/Key Laboratory of Horticultural Plant Biology of Ministry of Education, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Jianshi County Forestry Technology Extension Station, Hubei Province, Jianshi 445300, China;

3. Jianshi Yuli Agricultural Development Co., Ltd., Hubei Province, Jianshi 445300, China

Abstract Yuhuang pomelo (*C. grandis* Osbeck) is a local citrus variety grown in Jianshi County, Hubei Province. To provide a scientific basis for the harvest of the fruit and the choice between seeded and seedless in production, the appearance and its internal quality of fruits among various harvest periods of different types were compared and analyzed. The results showed that the peel coloring degree and soluble solid content of fruits harvested 240 days post anthesis was comparatively highest. Meanwhile, the seeded type demonstrated the lowest titratable acid content and the highest solid-acid ratio (by 14.62), while the seedless fruit on the 222 days post anthesis had the highest solid-acid ratio (by 14.55). In general, the appearance and flavor quality of seeded fruit harvested 240 days post anthesis was the best, followed by those harvested 222 days post anthesis. The content of Vc (by 35.98 mg/100 g in seeded type, 31.77 mg/100 g in seedless type) and main volatile substance Germacrene D in seeded fruit were significantly higher than those in seedless fruit 240 days post anthesis. It indicates that timely harvesting and pollination can optimize the fruit quality of Yuhuang pomelo, so scientific harvesting and increasing pollination rate can be used to increase orchard revenue.

Keywords Yuhuang pomelo; harvest time; pollination; fruit quality; seedless fruit; seeded fruit

(责任编辑: 张志钰)