

四川省眉山市爱媛28和春见果实品质分析与评价

李群贞¹, 黄福琼¹, 朱礼乾², 袁梦², 龙勇³, 王男麒¹, 凌丽俐¹, 淳长品^{1*}

¹西南大学·中国农业科学院柑桔研究所·国家柑桔工程技术研究中心, 重庆 400712;

²眉山市东坡区农业农村局, 四川眉山 620010; ³眉山市农业农村局, 四川眉山 620010)

摘要:【目的】了解眉山市主栽柑橘品种果实品质, 对各个区县爱媛28和春见果实品质进行综合评价, 为眉山市柑橘品种示范和推广提供理论依据。【方法】以眉山市爱媛28、春见果园采集的共72个果实为材料, 测定果实品质, 利用主成分分析和聚类分析对来自不同区县的同一品种进行综合评价, 计算得分排名并筛选品质评价指标。【结果】各区县爱媛28果实几项外在品质指标(a^* 、单果质量、纵径、皮厚度)在不同区县间存在显著差异, 内在品质指标各区县之间无显著差异; 各区县春见果实内外品质指标均存在显著差异。对两品种果实品质指标通过主成分分析提取到4个主成分, 累积贡献率分别为75.646%、76.940%。综合评价得分结果表明, 爱媛28果实品质综合得分均值排列顺序为东坡区>仁寿县>丹棱县>彭山区; 春见果实品质综合得分均值排列顺序为彭山区>东坡区>丹棱县>仁寿县>青神县。【结论】明确了眉山市主栽柑橘品种的品质表现和不同区县间的异同, 对优化调整眉山市柑橘品种结构、提高眉山市整体柑橘果实品质具有一定的参考意义。

关键词:眉山柑橘; 爱媛28; 春见; 果实品质; 聚类分析; 主成分分析

中图分类号: S666

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2024)04-0651-14

Analysis and evaluation of fruit quality of Ehime 28 and Harumi in Meishan City, Sichuan province

LI Qunzhen¹, HUANG Fuqiong¹, ZHU Liqian², YUAN Meng², LONG Yong³, WANG Nanqi¹, LING Lili¹, CHUN Changpin^{1*}

¹Southwest University/Citrus Research Institute/Chinese Academy of Agricultural Sciences, National Citrus Engineering Research Center, Chongqing 400712, China; ²Dongpo Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Meishan 620010, Sichuan, China; ³Meishan Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Meishan 620010, Sichuan, China)

Abstract: 【Objective】The study aimed to understand and master the fruit quality of the main citrus varieties in Meishan City, and comprehensively evaluate the fruit quality of each variety in various districts and counties to provide theoretical basis for the adjustment and promotion of citrus variety structure in Meishan City. 【Methods】Using Ehime 28 (*Citrus reticulata*) and Harumi [*C. reticulata* × (*C. reticulata* × *C. sinensis*)] orchards collected from 4 or 5 districts and counties in Meishan City as materials, 15 kinds of fruit quality indicators were measured, and principal component analysis was used to comprehensively evaluate the same variety from different districts and counties, and the score ranking was calculated. 【Results】The single fruit weight of Ehime 28 varied from 149.8 g to 353.13 g, with an average of 245.24 g. The soluble solids content (TSS) range was 7.6% to 13.4%, with an average of 10.79%; The titratable acid content (TA) ranged from 0.49% to 0.94%, with an average of 0.70%; The vitamin C content (Vc) ranged from 26.4 mg · 100 mL⁻¹ to 50.47 mg · 100 mL⁻¹, with a mean of 36.82 mg · 100 mL⁻¹; The variation range of TSS/TA was 10.42–21.25, with an average of 15.66. The single fruit weight of Harumi varied from 162.38g to 392.74 g, with an average of 242.84 g. The distribution range of TSS was 9.7% to 13.7%, with an average of 10.97%; The distribution range of TA was 0.4% to 1.2%, with

收稿日期: 2023-11-21 接受日期: 2024-02-17

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFD1600805、2020YFD1000102); 国家现代农业产业技术体系(CARS-26)

作者简介: 李群贞, 男, 在读硕士研究生, 研究方向为果树栽培与生理。E-mail: 1078502346@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. E-mail: chuncp@cric.cn

an average of 0.81; The distribution range of Vc was $24.95 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ to $42.71 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$, with a mean of $35.37 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$; The distribution range of solid acid ratio was 8.82–27.99, with an average of 14.43. Discriminant analysis showed that the comprehensive quality of Ehime 28 and Harumi fruits collected from different districts and counties had varying degrees of separation, and the comprehensive quality of the citrus fruits collected from the same district and county tended to cluster together, indicating that there are certain differences in the comprehensive quality of the citrus fruits collected from different districts and counties. 11 fruit quality indicators of Ehime 28 were selected and the principal component extraction was performed. Four principal components were extracted based on the principle of eigenvalues over 1, with a cumulative variance contribution rate of 75.646%. The single fruit weight and juice yield loadings were higher on PC1, the longitudinal diameter loadings were higher on PC2, the CCI loadings were higher on PC3, and the edibility loadings were higher on PC4. Similarly, after converting the data of the 11 fruit quality indicators of Harumi, the principal component extraction was performed. A total of 4 principal components were extracted based on the principle of eigenvalues over 1, with a cumulative variance contribution rate of 76.940%. On PC1, the load on longitudinal diameter, skin thickness, and juice yield were higher, on PC2, the load on peel hardness were higher, on PC3, the load on TA was higher, and on PC4, the load on CCI was higher. The average comprehensive scores of fruit quality of Ehime 28 were arranged in the order of Dongpo District>Renshou County>Danling County>Pengshan District. The average comprehensive score of Dongpo District was significantly higher than that of Pengshan District, but there was no significant difference between Renshou County and Danling County. The average comprehensive scores of Harumi fruit quality was arranged in the order of Pengshan District>Dongpo District>Danling County>Renshou County>Qingshen County. The average comprehensive score of Pengshan District was significantly higher than Renshou, Danling, and Qingshen County, and there was no significant difference from Dongpo District. For the convenience of rapid detection and grading of the fruit quality in the future, the evaluation factors for the quality of Ehime 28 and Harumi fruits in Meishan City were simplified, and the most representative indicators were selected. The cluster analysis was performed on various quality indicators, and the indicators clustered into one category showed high similarity. Combined with the PCA load matrix, the highest load indicator was selected to replace this type of quality indicator. The indicators grouped separately into one category were relatively independent. Finally, the single fruit weight, lateral diameter, juice yield, TSS and Vc were chosen for Ehime 28; the CCI, longitudinal diameter, skin thickness, juice yield, and Vc were selected for Harumi as core indicators. 【Conclusion】 This study clarifies the quality performance of the main citrus varieties planted in Meishan City and the differences between different counties, which has certain reference significance for optimizing and adjusting the structure of citrus varieties in Meishan City.

Key words: Meishan citrus; Ehime 28; Harumi; Fruit quality; Cluster analysis; Principal component analysis

柑橘是世界第一大水果,是南方栽培面积最大、经济地位最重要的果树^[1]。四川部分地区处于长江中上游优势柑橘带,近年来四川省柑橘产业发展态势良好,柑橘种植规模不断扩大,产量不断提高,品种丰富多样,2021年全省柑橘总产量达522.3万t,居全国第四位^[2]。眉山全年基本无0℃以下低温、早春升温平稳等现象,有利于晚熟柑橘安全越冬,延长

留树保鲜时间,是全国范围内晚熟柑橘的最适宜生长地区。眉山种植的品种类型主要包括春见、清见、不知火、沃柑等,同时也发展了相当一部分早、中熟品种如爱媛28和金秋沙糖橘。全市柑橘种植面积7.07万hm²,其中种植面积前二位的春见、爱媛28分别达2.13万hm²、1.60万hm²,均为全国最多^[3]。眉山市的土壤疏松肥沃、土层较深、有机质含量高,适合柑橘的

生长,柑橘产业为果农脱贫致富做出了巨大贡献,系统性地对眉山市的主栽品种果实品质分析和评价,对提高眉山市整体柑橘果实品质有重要帮助,也对眉山柑橘持续、健康和高质量发展有重要意义。

柑橘果实品质包括色泽、果形、大小和可食率、出汁率、糖、酸、维生素C含量等外观和内在品质,也包括果实硬度、果皮厚度这些影响果实贮藏性能的指标。果实品质直接影响到柑橘的市场竞争力,品种差异对果实品质起决定性作用,同时也受地域气候、栽培管理水平的影响。因此采用科学合理的评价方法,筛选表现优异的品种和种植水平较高的地区,有利于进一步推进柑橘品种结构调整,帮助果农增产增收。前人已对国内不同产区纽荷尔脐橙^[4]、沃柑^[5]、金秋沙糖橘^[6]进行了综合评价,筛选出了评价指标和适宜种植区域,关于眉山市主栽柑橘品种的果实品质分析,前人也做了一些研究。张伟清等^[7]对全国6个产地的红美人杂柑的糖酸特征和品质进行比较,发现不同产地果实糖酸品质间存在差异,眉山的果实糖低酸高,糖酸比最低为8.55。以上研究样本量较少($n=3$),未涉及到全区县范围,代表性和针对性不强。

主成分分析法是一种以数据降维的方式,将指标由繁化简,使用几个成分来包含大部分数据信息,如今这种方法已广泛应用于各种果实的品质评价^[8-10]。李勋兰等^[11]利用因子分析法对11种柑橘果

实品质进行评价,发现甜橙果实综合品质普遍优于杂柑。严鑫等^[12]利用主成分分析法对19个产地的圆黄梨果实品质进行综合评价,得到综合得分最高的两个地区。林媚等^[13]利用主成分分析法对12个柑橘品种的果实品质进行综合评价,发现沃柑的综合得分最高。以上研究未涉及到眉山市主栽柑橘品种果实的品质分析与评价,因此,笔者以眉山市区县种植较多的爱媛28、春见两个柑橘品种为研究对象,系统地分析了各个区县的果实品质表现,明确不同地区间的果实品质差异,对提高眉山市整体柑橘果实品质具有一定的参考意义。

1 材料和方法

1.1 材料

试验材料取自眉山市的5个区县(东坡区、彭山区、青神县、丹棱县、仁寿县)的72个果园,品种包括爱媛28(*Citrus reticulata* 'Ehime 28', 32个)、春见 [*Citrus reticulata* × (*C. reticulata* × *C. sinensis*) 'Harumi tangor', 40个],采样点信息见图1。爱媛28采样时间为2022年10月15—25日,春见采样时间为2023年2月10—20日,树龄均处于3~5 a(年)范围,砧木主要为资阳香橙。每个果园每个品种按“S”形挑选长势良好、挂果数基本一致的10株树,采摘树冠外围东南西北四个方位的无病虫害、大小一致、无机械创伤、无外观明显日灼的果实各1个,40个果实混为

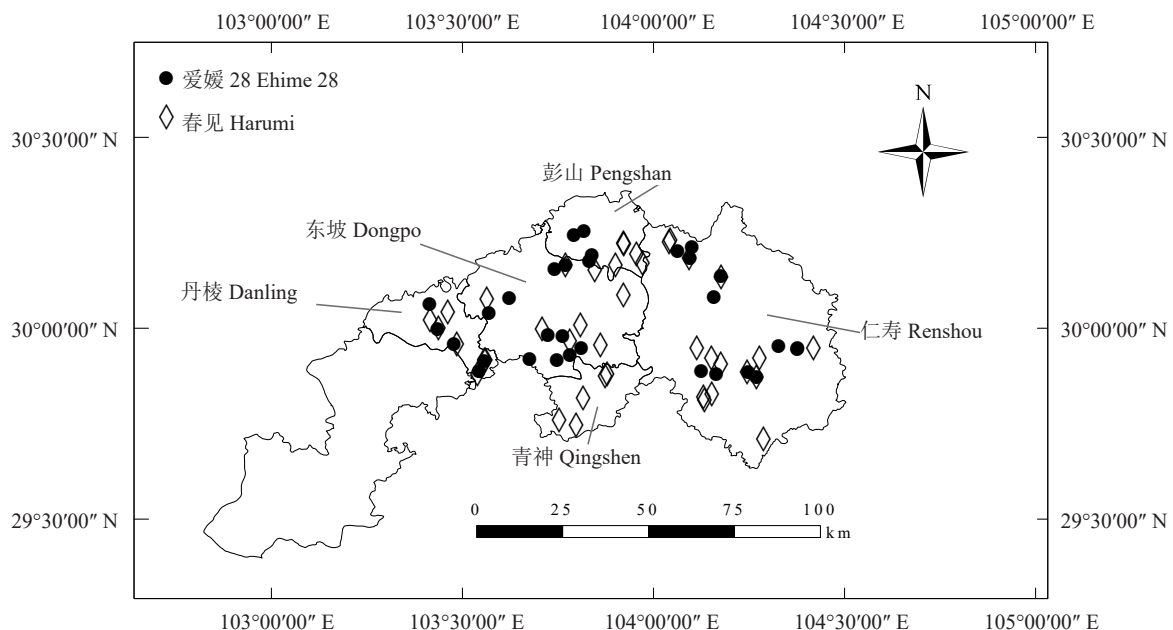


图1 眉山采样点位置信息

Fig. 1 Sampling point location information in Meishan city

1个样品。果实采后立即运送至实验室,每个样品中再挑选20个果实,洗净擦干后进行品质分析。

1.2 试验方法

用电子天平称取果实单果质量(g)和果皮质量(g),计算果实可食率/%=(果实质量-果皮质量)/果实质量×100;用刻度尺测量果实的纵径和横径,计算果形指数(纵径/横径);用CR-400手持式色差仪测定果皮亮度(L^*)、红绿色差(a^*)、黄蓝色差(b^*),CCI(综合色泽指数)=(1000× a^*)/(L^* × b^*);用硬度计(艾德堡GY-4,探头直径3.5 mm)测定果皮硬度;参照GB/T 8210—2011柑橘鲜果检验方法^[14]测定果汁率;利用手持式折射计(ATAGO PAL-1)测定可溶性固形物含量(%);利用NaOH滴定法^[15]测定果汁可滴定酸含量(%),计算果实固酸比(可溶性固形物/可滴定酸);采用2,6-二氯酚靛酚法^[16]测定果汁的维生素C含量($\text{mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$)。

1.3 果实品质的综合评价方法

采用主成分分析法(PCA)进行赋权重评价,分析前将果实品质指标数据进行归一化,将原始数据转换到[0,1]之间,其中正指标的转换公式见(1)、负指标的转换见(2):

$$U_{ij} = (X_{ij} - X_{\min j}) / (X_{\max j} - X_{\min j}), \quad (1)$$

$$V_{ij} = 1 - (X_{ij} - X_{\min j}) / (X_{\max j} - X_{\min j}). \quad (2)$$

其中, U_{ij} 、 V_{ij} 分别代表了正、负指标转化后的值, X_{ij} 代表第*i*个样品的第*j*个指标的原始值, $X_{\min j}$ 代表第*j*个指标数据中的最小值, $X_{\max j}$ 代表第*j*个指标数据中的最大值。归一化的数据经过主成分分析后,通过公式(3)进行得分计算。

$$S = (Q_1 T_1 + Q_2 T_2 + \dots + Q_n T_n) / T. \quad (3)$$

其中*S*代表最终得分, Q_n 代表第*n*个因子的得分, T_n 代表第*n*个因子的方差贡献率,*T*代表特征根大于1的累积方差贡献率^[12]。

1.4 数据处理与分析

使用IBM SPSS Statistics 26进行描述统计、单因素方差分析(ANOVA)、采用邓肯法(Duncan)多重比较分析数据的差异显著性($p < 0.05$),使用Origin 2023作图。

2 结果与分析

2.1 眉山市爱媛28果实品质分析

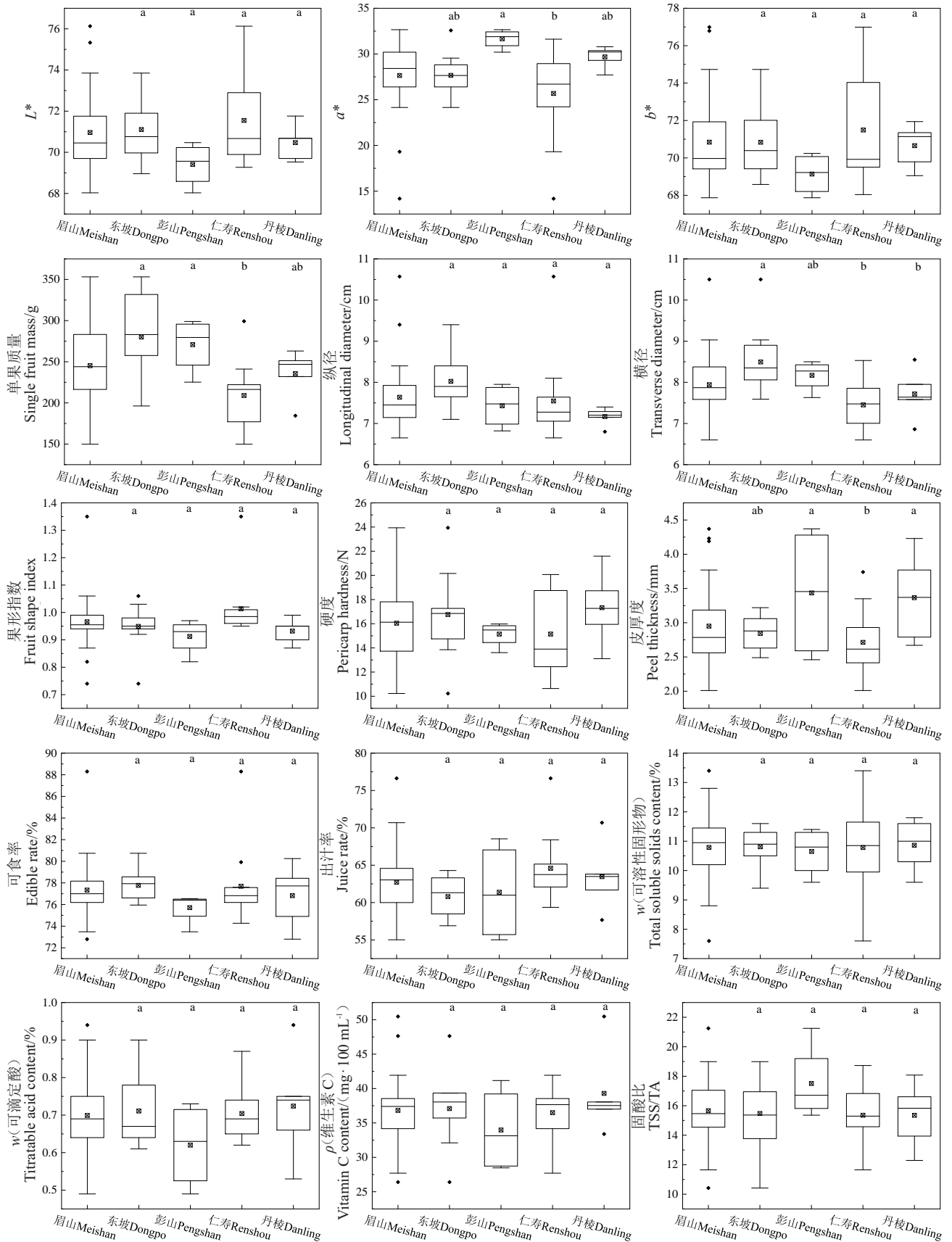
通过对2个柑橘品种果实品质分析并绘制箱线

图(图2)可以看出品质指标的最大值、最小值、中位数、均值情况。爱媛28果皮亮度(L^*)分布范围为68.03~76.13,均值为70.96;果皮红绿色度(a^*)分布范围为14.18~32.66,均值为27.73;果皮黄蓝色度(b^*)分布范围为67.87~76.99,均值为70.84;单果质量分布范围为149.80~353.13 g,均值为245.24 g;纵径分布范围为6.65~10.57 cm,均值为7.64 cm;横径分布范围为6.60~10.50 cm,均值为7.94 cm;果形指数分布范围为0.74~1.35,均值为0.97;果皮硬度分布范围10.23~23.94 N,均值为16.04 N;果皮厚度分布范围为2.01~4.37 mm,均值为2.95 mm;可食率分布范围为72.80%~88.30%,均值为77.33%;出汁率分布范围为55.02%~76.63%,均值为62.71%;可溶性固形物含量(w ,后同)分布范围为7.60%~13.40%,均值为10.79%;可滴定酸含量分布范围为0.49%~0.94%,均值为0.70%;维生素C含量(ρ ,后同)分布范围为26.40~50.47 $\text{mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$,均值为36.82 $\text{mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$;固酸比分布范围为10.42~21.25,均值为15.66。

方差分析结果表明,爱媛28果实几项外在品质指标在不同区县间存在显著差异。果皮黄绿色度 a^* 彭山区显著高于仁寿县;单果质量东坡区和彭山区均显著高于仁寿县;果实横径东坡区显著高于仁寿县和丹棱县;果皮厚度彭山区和丹棱县显著高于仁寿县;其余内在品质指标各区县之间无显著差异。

2.2 眉山市春见果实品质分析

如图3所示,春见果皮亮度(L^*)分布范围为69.86~78.36,均值为74.64;果皮红绿色度(a^*)分布范围为10.27~30.45,均值为20.67;果皮黄蓝色度(b^*)分布范围为70.56~79.64,均值为75.93;单果质量分布范围为162.38~392.74 g,均值为242.84 g;纵径分布范围为5.70~9.60 cm,均值为8.05 cm;横径分布范围为3.60~10.20 cm,均值为8.30 cm;果形指数分布范围为0.78~1.58,均值为0.98;果皮硬度分布范围7.42~16.16 N,均值为11.82 N;果皮厚度分布范围为2.32~6.35 mm,均值为3.83 mm;可食率分布范围为59.19%~77.90%,均值为67.67%;出汁率分布范围为21.67%~66.06%,均值为38.02%;可溶性固形物含量分布范围为9.70%~13.70%,均值为10.97%;可滴定酸含量分布范围为0.40%~1.20%,均值为0.81%;维生素C含量分布范围为24.95~42.71 $\text{mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$,均值为35.37 $\text{mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$;固酸比分布范围为8.82~27.99,均值为14.43。



不同小写字母代表均值差异显著($p < 0.05$)。下同。

Different small letters represent significant differences in mean values($p < 0.05$). The same below.

图2 眉山市爱媛28果实品质分析
Fig. 2 Analysis on fruit quality of Ehime 28 in Meishan City

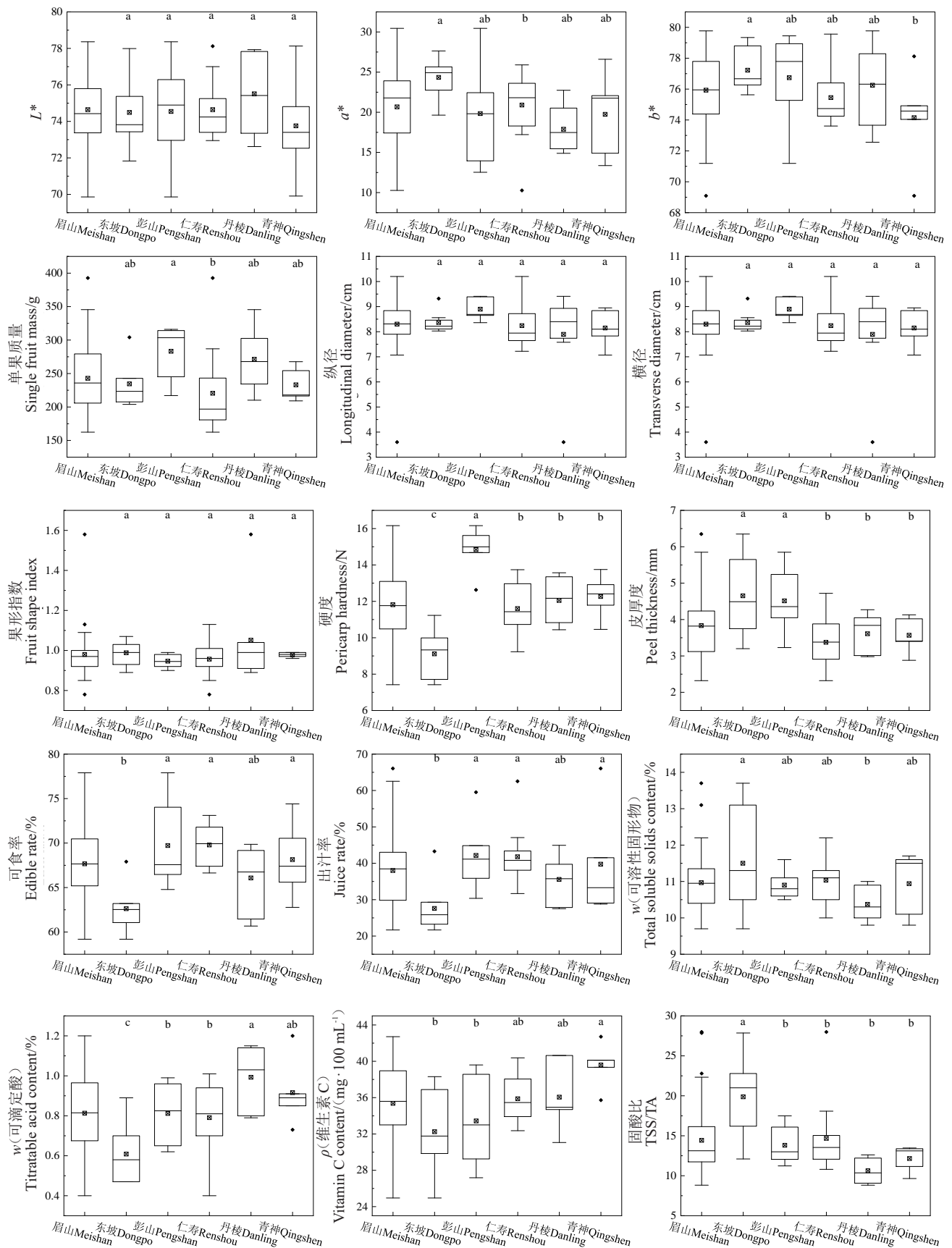


图 3 眉山市春见果实品质分析

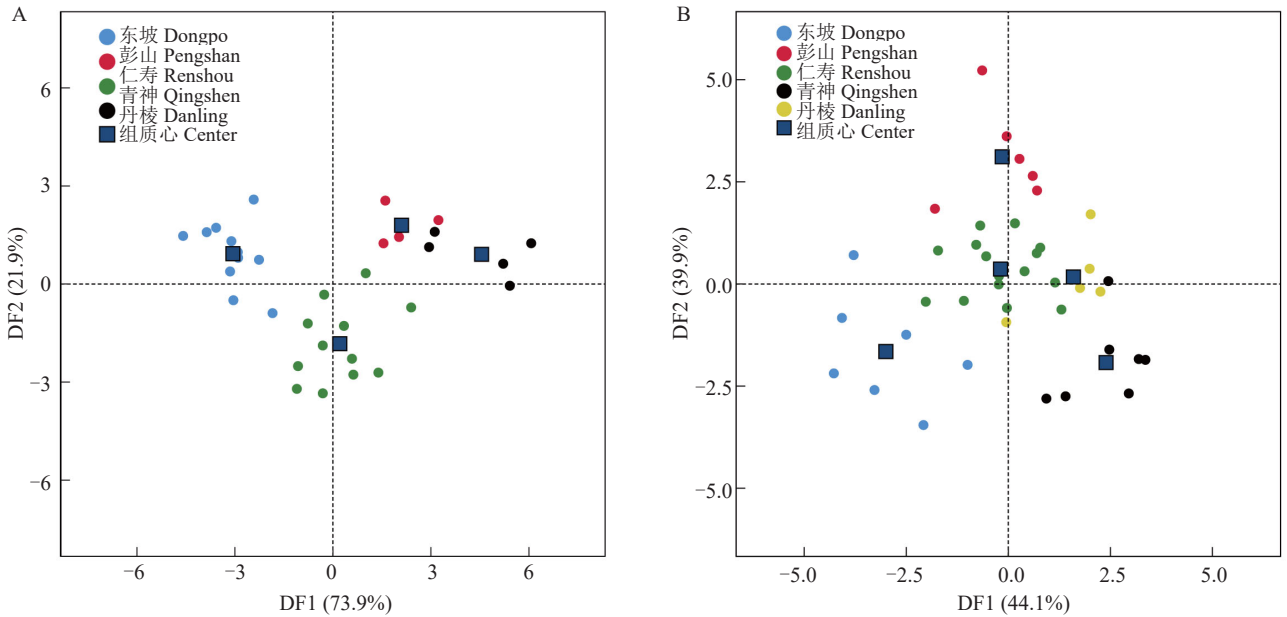
Fig. 3 Analysis on fruit quality of Harumi in Meishan City

方差分析结果表明,春见果皮黄绿色度 a^* 东坡区显著高于仁寿县;果皮黄蓝色度 b^* 东坡区显著高于青神县;单果质量彭山县显著高于仁寿县;果皮硬度彭山区最高,仁寿县、丹棱县、青神县次之,东坡区最低;果皮厚度东坡区和彭山区显著高于仁寿县、丹棱县、青神县;可食率和出汁率彭山区、仁寿县和青神县均显著高于东坡区;可溶性固形物含量东坡区显著高于丹棱县;可滴定酸含量丹棱县显著高于仁寿县和彭山区,东坡区最低;维生素C含量青神县显

著高于东坡区和彭山区;固酸比以东坡区最高,其余4个区县无显著差异。

2.3 眉山市爱媛28和春见果实品质判别和聚类分析

为了解眉山市主栽的2个柑橘品种在各个区县的表现特征,对2个品种果实品质进行判别和聚类分析。判别分析(图4)表明各区县种植的爱媛28和春见果实综合品质有不同程度的分离,且同一区县种植的柑橘果实综合品质有聚集在一起的趋势,说明不同区



A. 爱媛 28; B. 春见。A. Ehime 28; B. Harumi.

图 4 不同区县爱媛 28 和春见果实综合品质判别分析

Fig. 4 Discriminant analysis of fruit quality of Ehime 28 and Harumi in different counties

县的柑橘果实综合品质有一定差异。

聚类分析结果表明4个区县种植的爱媛28果实品质表现可以分为4类(图5-A)。第一类包括仁寿县5个样本、东坡区2个样本、丹棱县1个样本,特征为果皮亮度、黄蓝色度、可滴定酸和维生素C含量较高,果皮厚度、可食率和出汁率低。第二类包括彭山区、仁寿县和丹棱县各1个样本,特征为果皮红绿色度、皮厚、固酸比高,果皮亮度、黄蓝色度、可食率、出汁率、糖酸含量低。第三类包括仁寿县、丹棱县、东坡区各1个样本,仁寿县4个样本,特征为果皮红绿色度高,果皮亮度和黄蓝色度低,果实小、糖酸含量适中。第四类包括彭山区、仁寿县、丹棱县各2个样本,东坡区6个样本,特征为果皮红绿色度和单果质量高、可溶性固形物含量和固酸比较高,果皮亮度和黄蓝色度低,其余指标适中。

春见果实品质也可以分为4类(图5-B)。第一类包括东坡区6个样本,彭山区、仁寿县各1个样本,特征为果皮色泽和果实纵横径较大,固酸比高,可食率、出汁率、糖酸含量较低。第二类包括仁寿县10个样本,青神县2个样本,丹棱县和彭山区各1个样本,特征为可滴定酸和维生素C含量高,果皮色泽、可食率、出汁率居中,单果质量、可溶性固形物含量、固酸比低。第三类包括丹棱县4个样本,青神县、仁寿县各2个样本,特征为纵横径和维生素C含量高,果皮色泽居中,可食率、出汁率、可溶性固形物含量、固酸比较低。第四类包括彭山区4个样本,丹棱县和仁寿县各2个样本,东坡区和青神县各1个样本,特征为果皮亮度和黄蓝色度、纵横径、可滴定酸含量、可食率、出汁率和维生素C含量高,果皮红绿色度、固酸比低。

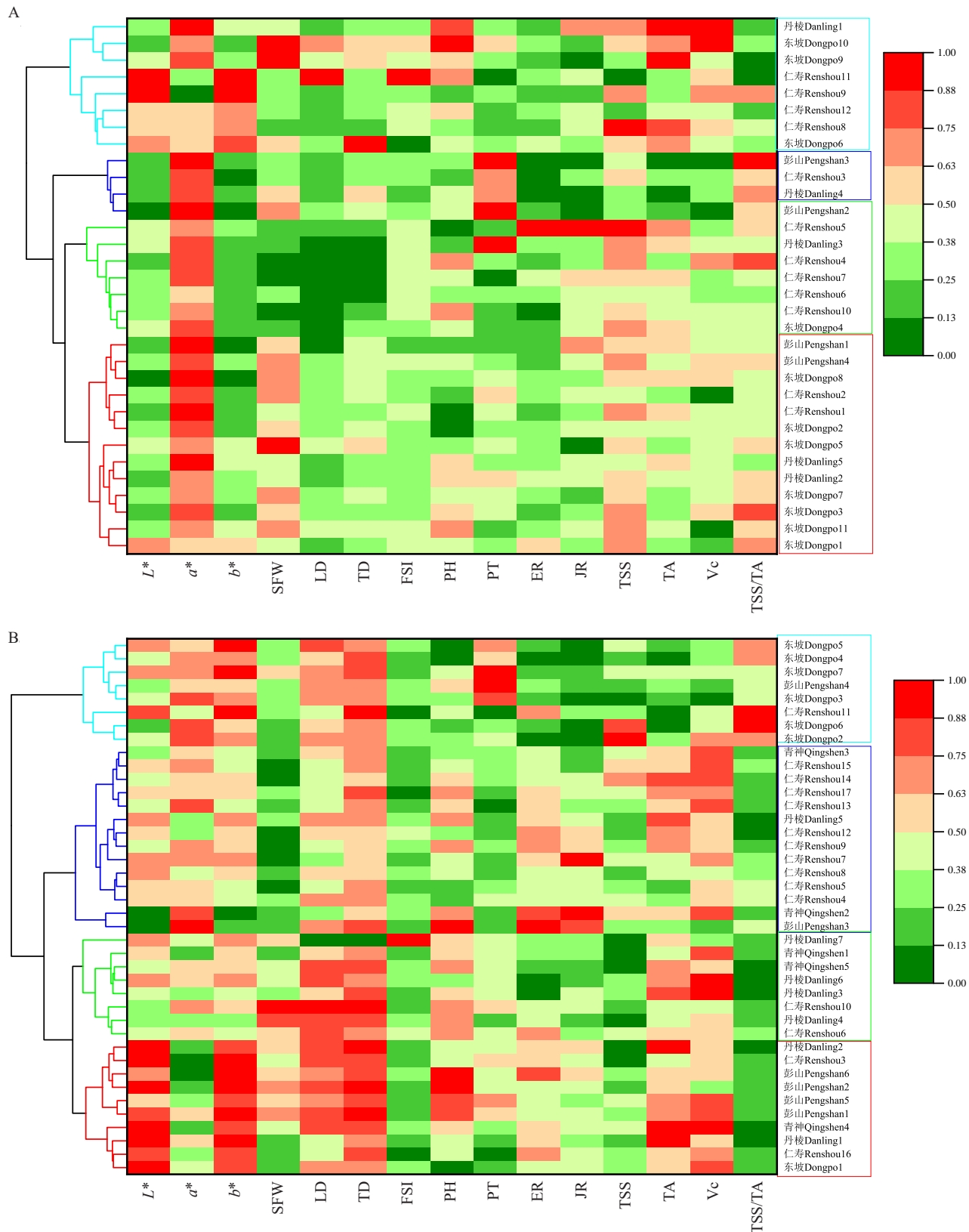


图 5 不同区县爱媛 28 和春见果实综合品质聚类分析

Fig. 5 Cluster analysis of fruit quality of Ehime 28 and Harumi in different counties

2.4 眉山市爱媛28和春见果实品质主成分分析及综合评价

上述分析表明不同区县间各品种果实品质存在差异和相似性,但是各区县果实综合品质如何排序,还需要进行主成分分析及综合评价。选取爱媛28共11个果实品质指标数据转化后进行主成分提取,按特征值大于1的原则共提取4个主成分,累积方差贡献率75.646%(表1),在PC1中单果质量和出汁率载荷较高,在PC2中纵径载荷较高,在PC3中CCI载荷较高,在PC4中可食率载荷较高。同样的对春见11个果实品质指标数据转化后进行主成分提取,按特征值大于1的原则共提取4个主成分,累积方差贡

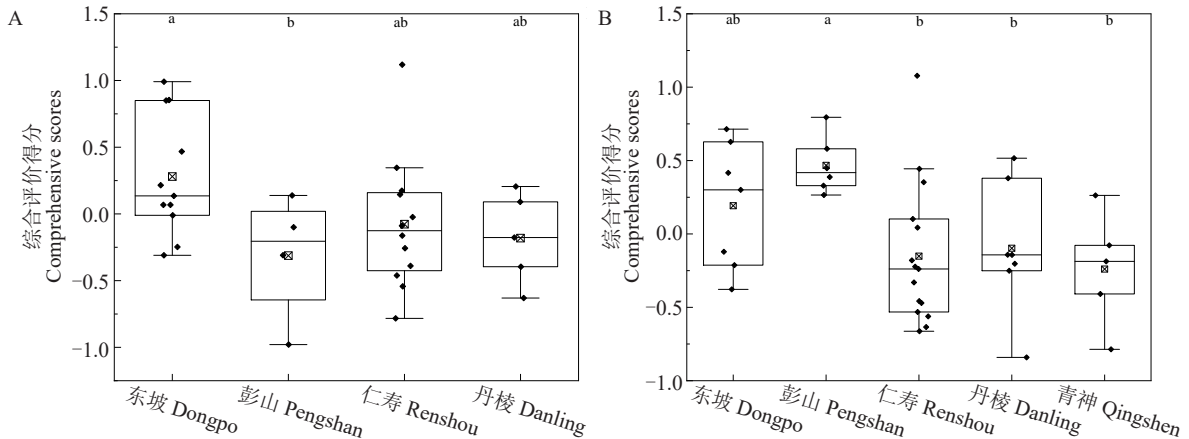
献率76.94%(表1)。在PC1中纵径、皮厚度、出汁率载荷较高,在PC2中果皮硬度载荷较高,在PC3中可滴定酸含量载荷较高,在PC4中CCI载荷较高。

依据主成分分析结果,参照1.3中提到的公式计算综合得分。结果表明爱媛28果实品质综合得分均值排列顺序为东坡区>仁寿县>丹棱县>彭山区,东坡区综合得分均值显著高于彭山区,与仁寿县和丹棱县无显著差异(图6-A)。春见果实品质综合得分均值排列顺序为彭山区>东坡区>丹棱县>仁寿县>青神县,彭山区综合得分均值显著高于仁寿、丹棱和青神县,与东坡区无显著差异(图6-B)。

将两品种各样本的果实品质综合得分从小到大

表1 爱媛28和春见果实品质主成分分析
Table 1 PCA of fruit quality of Ehime 28 and Harumi

指标 Index	爱媛28 Ehime 28				春见 Harumi			
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC1	PC2	PC3	PC4
CCI	0.164	-0.481	0.659	0.016	-0.091	-0.535	0.196	0.642
单果质量 Single fruit mass	0.712	0.368	0.358	0.367	0.595	0.619	0.088	0.006
纵径 Longitudinal diameter	0.529	0.661	-0.209	0.151	0.686	0.481	-0.163	0.290
横径 Transverse diameter	0.646	0.399	0.265	0.405	0.469	0.473	-0.234	0.484
硬度 Pericarp hardness	0.137	0.554	0.024	-0.498	-0.160	0.696	0.284	0.275
皮厚度 Peel thickness	0.565	-0.588	0.281	-0.039	0.801	-0.030	0.096	-0.013
可食率 Edible rate	-0.526	0.161	-0.117	0.677	-0.665	0.443	0.388	0.224
出汁率 Juice rate	-0.841	0.183	-0.005	0.197	-0.726	0.360	0.329	0.204
可溶性固形物含量 Total soluble solids content	-0.643	-0.206	0.488	0.153	-0.202	-0.378	-0.531	0.584
可滴定酸含量 Titratable acid content	0.528	-0.549	-0.440	-0.002	0.367	-0.610	0.430	0.286
维生素C含量 Vitamin C content	-0.242	0.571	0.436	-0.436	-0.523	0.248	-0.742	0.013
特征值 Eigenvalue	3.302	2.346	1.391	1.282	3.138	2.512	1.493	1.320
方差贡献率 Variance contribution rate/%	30.019	21.325	12.649	11.653	28.526	22.836	13.576	12.003
累积方差贡献率 The cumulative variance contribution rate/%	30.019	51.344	63.993	75.646	28.526	51.362	64.938	76.940



A. 爱媛28; B. 春见。A. Ehime 28; B. Harumi.

图6 不同区县爱媛28和春见果实品质综合得分比较

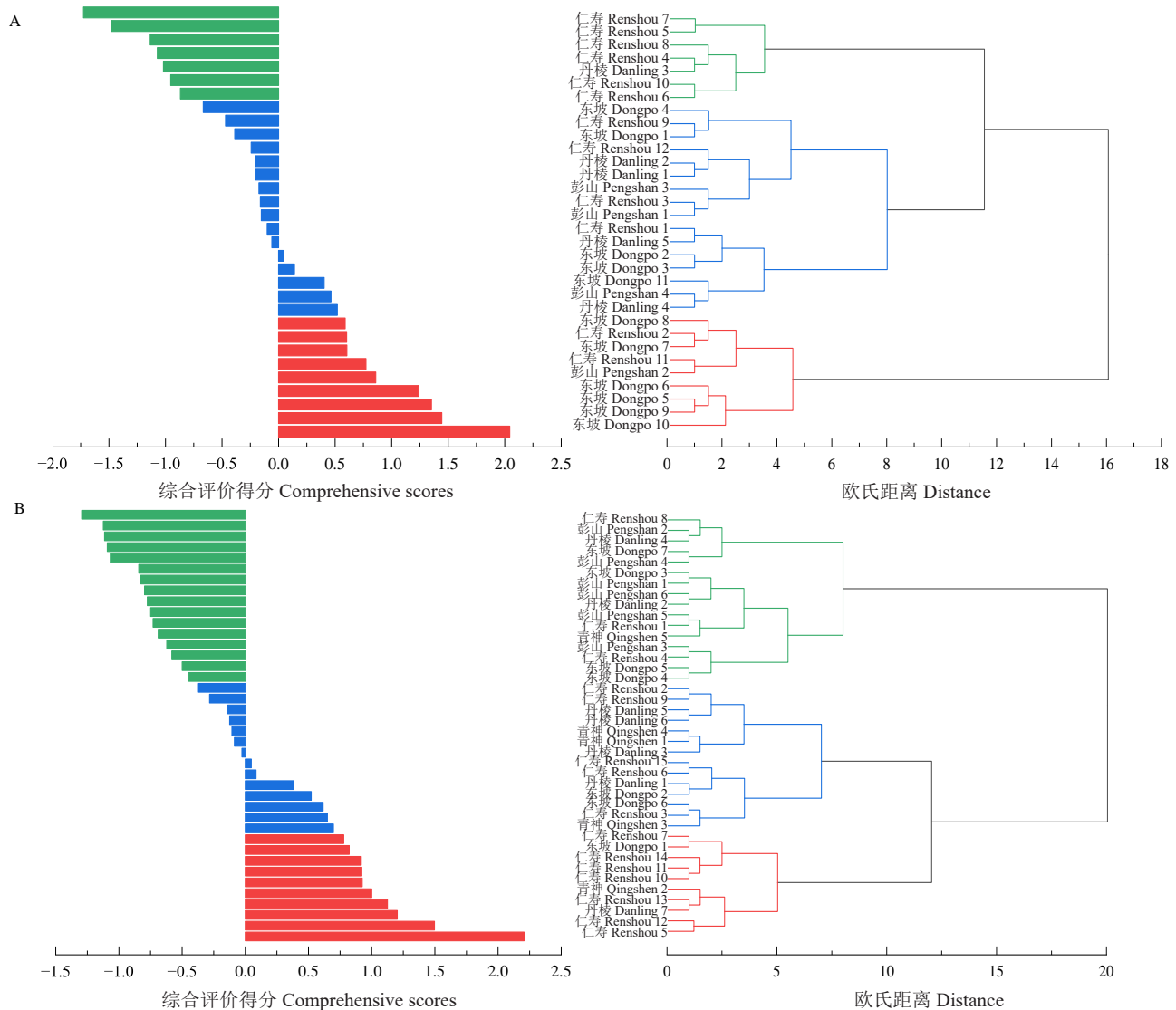
Fig. 6 Comparison of comprehensive scores for fruit quality of Ehime 28 and Harumi in different districts and counties

排序后进行聚类分析,可以分成3个类别,分别定义为普通果园、良好果园、优等果园(图7)。爱媛28(图7-A),仁寿县6个、丹棱县1个果园为普通果园,东坡区5个、仁寿县4个、丹棱县4个、彭山区3个为良好果园,东坡区6个、仁寿县2个、彭山区1个果园为优质果园。春见(图7-B),彭山县6个、东坡区4个、仁寿县3个、丹棱县2个、青神县1个果园为普通果园;仁寿县5个、丹棱县4个、青神县3个、东坡区2个果园为良好果园;仁寿县7个,东坡区、青神县、丹棱县各1个果园为优质果园。

2.5 眉山市爱媛28和春见品质评价指标的选择

为方便以后对果实品质快速检测分级,因此简化眉山市爱媛28和春见果实品质的评价因素,挑

选出最具代表性的几个指标^[7]。将各品质指标进行聚类分析(图8),聚为一类的指标相似性较高,结合PCA载荷矩阵,选择其中载荷最高的一项指标代替这类品质指标,单独为一类的指标相对独立。最终爱媛28选择单果质量、横径、出汁率、可溶性固形物含量、维生素C含量作为核心指标;春见选择CCI、纵径、皮厚度、出汁率、维生素C含量作为核心指标。随后对筛选出来的指标再次进行主成分分析,计算综合得分(表2)。结果表明爱媛28果实品质综合得分在筛选前后高度拟合($p < 0.001, R^2=0.95$),春见果实品质综合得分在筛选前后拟合也较好($p < 0.001, R^2=0.35$),可以反映大部分信息(图9)。



A. 爱媛 28; B. 春见。 A. Ehime 28; B. Harumi.

图 7 爱媛 28 和春见果实品质综合得分与聚类分析

Fig. 7 Comprehensive score and cluster analysis of fruit quality of Ehime 28 and Harumi

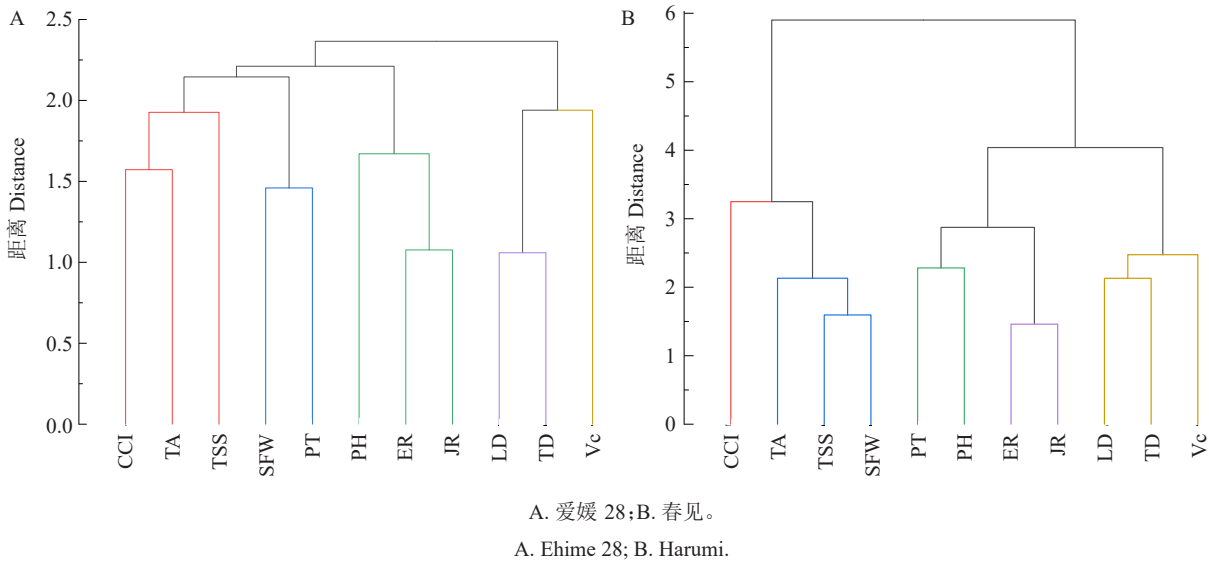


图8 爱媛28和春见果实品质指标的聚类分析

Fig. 8 Cluster analysis of fruit quality of Ehime 28 and Harumi

表2 筛选指标后爱媛28和春见果实品质主成分分析

Table 2 PCA of fruit quality of Ehime 28 and Harumi after screening index

指标 Index	爱媛28 Ehime 28		指标 Index	春见 Harumi	
	PC1	PC2		PC1	PC2
单果质量 Single fruit mass	0.853	0.320	CCI	-0.041	0.867
横径 Transverse diameter	0.836	0.336	纵径 Longitudinal diameter	0.639	-0.427
出汁率 Juice rate	-0.734	0.224	皮厚度 Peel thickness	0.853	0.071
可溶性固形物含量 Total soluble solids content	-0.609	0.426	出汁率 Juice rate	-0.698	0.084
维生素C含量 Vitamin C content	-0.154	0.845	维生素C含量 Vitamin C content	-0.622	-0.494
特征值 Eigenvalue	2.360	1.160	特征值 Eigenvalue	2.013	1.189
方差贡献率 Variance contribution rate/%	47.192	23.207	方差贡献率 Variance contribution rate/%	40.255	23.782
累积方差贡献率 The cumulative variance contribution rate/%	47.192	70.399	累积方差贡献率 The cumulative variance contribution rate/%	40.255	64.036

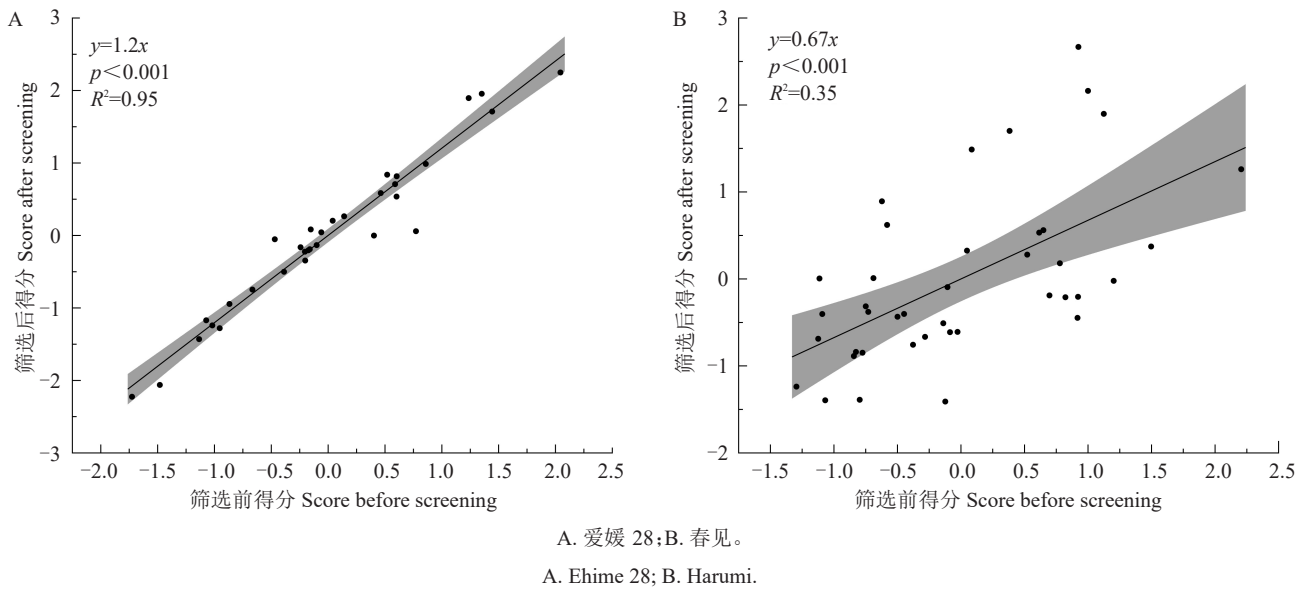


图9 筛选指标后爱媛28和春见果实品质综合得分的线性拟合

Fig. 9 Linear fitting of comprehensive scores of Ehime 28 and Harumi fruit quality after screening indicators

3 讨 论

眉山市属于川渝高湿寡照区,秋冬季阴雨绵绵,空气湿度大,光照不足,早、中熟柑橘糖酸含量低,风味差,无法与广西、江西、湖南、云南等地的柑橘主产区相比^[18]。但在四川盆地黄龙病和溃疡病发生率较低,加上春季晴天较多,气温回升快,又为眉山市发展晚熟柑橘提供了得天独厚的条件,适合种植2—4月成熟的晚熟柑橘^[5,19]。眉山市现在种植的柑橘品种,春见占据较大比例,其次是爱媛28。并且中国鲜食柑橘品种结构中,中熟品种较多,扩大早、晚熟品种比例有利于提高柑橘市场竞争力。完成对眉山市这两个柑橘品种的品质检测,可在眉山市内建立优质果示范园、发展优势品种、调整各区县的柑橘品种结构,以提高眉山柑橘整体竞争力,这对提高中国早、晚熟柑橘品种比例也有积极作用。

在本研究中,样品采集时间为2022年10月和2023年2月,2022年夏季的高温干旱会对柑橘果实品质造成一定影响^[20],在采样和检测时已经尽量排除了受干旱和日灼影响较大的果园和果实个体。品种对柑橘的品质表现起着决定性作用,不同品种果实品质存在显著差异,温度、水分、日照、纬度、海拔、土壤条件等^[21]都会对柑橘果实品质造成影响。爱媛28和春见这两个品种内在品质特征与林媚等^[13]在浙江的研究结果一致。四川与重庆同属于川渝高湿寡照区,气候条件相似,爱媛28在重庆10月中下旬采摘,平均可溶性固形物含量为11%,酸含量为0.89%^[22]。孙娟^[23]在成都浦江县进行杂柑引种试验,结果为春见平均单果质量为165.74 g、皮厚度3.6 mm、固酸比14.16,与眉山春见品质相比,浦江春见单果质量低32%,内在品质很接近。11月10日在浙江东部地区采收的枳砧红美人可溶性固形物含量为13.80%、总酸含量为0.78%^[24]。陈细羽^[25]比较不同产地红美人营养成分含量差异,结果为象山>忠县>眉山。以上结果表明浙江爱媛28果实品质优于眉山,这可能与两地使用的砧木类型和气候条件有关,以枳为砧木可提高爱媛28的可溶性固形物含量,降低可滴定酸含量^[26],在浙江东部年均日照时数1800~2037 h,年降水量1185~2029 mm,多年平均降水量1632 mm^[24],四川年日照时间1000~1400 h,年降水量1000~1200 mm^[27]。王程宽等^[28]的研究也表明适宜的降水、光照时间的延长,有利于红美人柑橘果实品质

优化,较高的环境温度有助于果实糖分累积。除此之外,浙江柑橘多采用设施栽培^[29],可提早物候期、控制采收期水分,也能显著提高果实品质^[30]。

利用主成分分析法分别对2个柑橘品种的11个果实品质指标降维,主成分累积方差贡献率均在75%以上。爱媛28果实品质综合得分均值排列顺序为东坡区>仁寿县>丹棱县>彭山区;春见果实品质综合得分均值排列顺序为彭山区>东坡区>丹棱县>仁寿县>青神县。东坡区种植的爱媛28和春见果实品质均较好,东坡区地势较为平坦,人才技术优势明显,取得了标准化建园、高光效修剪、高接换种、绿色防控、生草栽培、安全越冬等技术成果,是全国晚熟柑橘种植优势区^[19]。笔者在本研究中还对所有果实样品的综合评价得分由小到大排序,再对得分进行系统聚类,将其划分为3个等级,筛选出普通果园、良好果园和优质果园,可以为品种示范和技术推广提供依据。张海英等^[31]为了给桃品质评价指标的确定提供理论依据,通过系统聚类分析把多个品质指标分成了5类,最终将品质指标简化为单果质量、硬度、水分含量、固酸比和风味5个具代表性的指标。陈志敏等^[4]利用主成分分析结合聚类分析筛选出5个核心指标(综合色泽指数、单果质量、可溶性固形物含量、固酸比、维生素C含量),建立中国不同组荷尔脐橙产区果实品质综合评价模型。笔者在本研究中利用同样的方法对爱媛28筛选出单果质量、横径、出汁率、可溶性固形物含量、维生素C含量,对春见筛选出CCI、纵径、皮厚度、出汁率、维生素C含量作为核心指标,包含了果实的大小、外观、内在品质的各方面。本研究中的几个区县地理环境、自然资源相似,对果实品质造成影响的因子可能是土壤条件或管理水平。不同品种有着各自的栽培特性、土质要求和养分需求规律^[32],综合评价得分出现了不同的趋势,后续需要结合全面的土壤和叶片营养诊断,通过分析果实品质和营养元素的相关关系,针对各区县两品种果实品质特征,定向补充某种肥料,以提高果实品质。

4 结 论

对眉山市不同区县的主栽品种爱媛28和春见的果实品质进行了测定和分析,明确了眉山市主栽柑橘品种的品质表现和不同区县间的差异,爱媛28果实品质综合得分均值排列顺序为东坡区>仁寿县>丹

棱县>彭山区,春见果实品质综合得分均值排列顺序为彭山区>东坡区>丹棱县>仁寿县>青神县。对爱媛28果实品质分析可以选择单果质量、横径、出汁率、可溶性固形物含量、维生素C含量,对春见选择CCI、纵径、皮厚度、出汁率、维生素C含量作为核心评价指标,对调整优化眉山市柑橘品种结构和完善品质检测标准具有一定的参考意义。

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] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[EB/OL]. (2022)[2023-08-09]. <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2022/indexch.htm>. National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. China Statistical Yearbook[EB/OL]. (2022)[2023-08-09]. <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2022/indexch.htm>.
- [3] 赖静,陈仲刚. 眉山市晚熟柑橘产业发展现状、问题及对策建议[J]. 四川农业与农机,2022(6):52-53.
LAI Jing, CHEN Zhonggang. Current situation, problems, and countermeasures for the development of late maturing citrus industry in Meishan City[J]. Sichuan Agriculture and Agricultural Machinery, 2022(6): 52-53.
- [4] 陈志敏,陈晓林,谭振华,陈兆星,谌丹丹,马岩岩,郑永强,易时来,吕强,谢让金. 不同产区纽荷尔脐橙橘园果实综合品质评价与适宜区域筛选[J]. 中国农业科学,2023,56(10):1949-1965.
CHEN Zhimin, CHEN Xiaolin, TAN Zhenhua, CHEN Zhaoxing, SHEN Dandan, MA Yanyan, ZHENG Yongqiang, YI Shilai, LÜ Qiang, XIE Rangjin. Comprehensive fruit quality evaluation and suitable areas selection of Newhall Navel Orange in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2023, 56(10): 1949-1965.
- [5] 朱攀攀. 不同气候区沃柑果实产量和品质比较研究[D]. 重庆:西南大学,2020.
ZHU Panpan. Study on fruit yield and quality of Orah Mandarin in different climatic regions[D]. Chongqing: Southwest University, 2020.
- [6] 李文广. 不同气候区金秋沙糖橘果实品质研究[D]. 重庆:西南大学,2022.
LI Wenguang. Study on fruit quality of Jinqiu Shatangju tangerine in different climatic regions of China[D]. Chongqing: Southwest University, 2022.
- [7] 张伟清,林媚,孙立方,冯先桔,平新亮. 不同产地‘红美人’杂柑的糖酸特征及品质比较[J]. 分子植物育种,2022,20(10):3386-3394.
ZHANG Weiqing, LIN Mei, SUN Lifang, FENG Xianju, PING Xinliang. Comparison of sugar and acid characteristics and fruit quality of ‘Hongmeiren’ hybrid citrus from different habitats[J]. Molecular Plant Breeding, 2022, 20(10): 3386-3394.
- [8] 李伟,郜海燕,陈杭君,吴伟杰,房祥军. 基于主成分分析的不同品种杨梅果实综合品质评价[J]. 中国食品学报,2017,17(6):161-171.
LI Wei, GAO Haiyan, CHEN Hangjun, WU Weijie, FANG Xiangjun. Evaluation of comprehensive quality of different varieties of bayberry based on principal components analysis[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(6): 161-171.
- [9] 林蝉蝉,何舟阳,单文龙,刘旭,杨晨露,王华,李华. 基于主成分与聚类分析综合评价杨凌地区红色鲜食葡萄果实品质[J]. 果树学报,2020,37(4):520-532.
LIN Chanchan, HE Zhouyang, SHAN Wenlong, LIU Xu, YANG Chenlu, WANG Hua, LI Hua. Comprehensive evaluation of fruit quality of 12 red table grape cultivars cultivated in Yangling area based on principal component and cluster analyses[J]. Journal of Fruit Science, 2020, 37(4): 520-532.
- [10] 刘科鹏,黄春辉,冷建华,陈葵,严玉平,辜青青,徐小彪. ‘金魁’猕猴桃果实品质的主成分分析与综合评价[J]. 果树学报,2012,29(5):867-871.
LIU Kepeng, HUANG Chunhui, LENG Jianhua, CHEN Kui, YAN Yuping, GU Qingqing, XU Xiaobiao. Principal component analysis and comprehensive evaluation of the fruit quality of ‘Jinkui’ kiwifruit[J]. Journal of Fruit Science, 2012, 29(5): 867-871.
- [11] 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.
- [12] 严鑫,吴巨友,贡鑫,焦玉茹,袁凯莉,鲁彬,王苗苗,陶书田,王然,张绍铃. 不同产地圆黄梨果实品质差异分析[J]. 果树学报,2021,38(12):2082-2090.
YAN Xin, WU Juyou, GONG Xin, JIAO Yuru, YUAN Kaili, LU Bin, WANG Miaomiao, TAO Shutian, WANG Ran, ZHANG Shaoling. Analysis of fruit quality of Wonhwang pear from different regions[J]. Journal of Fruit Science, 2021, 38(12): 2082-2090.
- [13] 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 on fruit quality of 12 citrus varieties[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2019, 60(6): 963-966.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 柑桔鲜果检验方法:GB/T 8210—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Citrus fresh fruit inspection methods: GB/T 8210—2011[S]. Beijing: Standards Press of China, 2011.
- [15] 国家技术监督局. 水果、蔬菜制品可滴定酸度测定:GB/T 12293—1990[S]. 北京:中国标准出版社,1990.
The State Bureau of Quality and Technical Supervision. Determination of titratable acidity of fruit and vegetable products: GB/T 12293—1990[S]. Beijing: Standards Press of China, 1990.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中抗坏血酸的测定:GB 5009.86—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.

- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Determination of ascorbic acid in food: GB 5009.86—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [17] 鲍江峰, 夏仁学, 邓秀新, 彭抒昂, 刘永忠, 马湘涛, 张红艳. 用主成分分析法选择纽荷尔脐橙品质的评价因素[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(6): 663-666.
BAO Jiangfeng, XIA Renxue, DENG Xiuxin, PENG Shu'ang, LIU Yongzhong, MA Xiangtao, ZHANG Hongyan. The quality evaluation factors selection of Newhall orange by the principal component analysis[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2004, 23(6): 663-666.
- [18] 张放, 李治飞, 易鹏, 李永安, 陈仲刚. 不负时代不负春, 东坡春橘别样红: 眉山市东坡区全力打造中国晚熟柑橘优势产区[J]. 中国果业信息, 2018, 35(11): 1-12.
ZHANG Fang, LI Zhifei, YI Peng, LI Yongan, CHEN Zhonggang. Live up to the times, live up to the spring, Dongpo District in Meishan, make every effort to build a competitive production area for late maturing citrus in China[J]. China Fruit News, 2018, 35(11): 1-12.
- [19] 廖敦平, 王川, 吴芋钢, 赵晓英, 张翠苹, 江勇. 眉山市东坡区晚熟柑橘产业区域优势、存在问题及对策分析[J]. 农业科技通讯, 2019(7): 58-61.
LIAO Dunping, WANG Chuan, WU Yugang, ZHAO Xiaoying, ZHANG Cuiping, JIANG Yong. Analysis on the regional advantages, existing problems, and countermeasures of late mature citrus industry in Dongpo District, Meishan City[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2019(7): 58-61.
- [20] 邓素枫, 杨水芝, 曾斌, 廖炜, 龚碧涯, 曹胜, 龙显耀. 2022年夏季高温干旱对湖南柑橘的影响[J]. 湖南农业科学, 2023(3): 71-76.
DENG Sufeng, YANG Shuizhi, ZENG Bin, LIAO Wei, GONG Biya, CAO Sheng, LONG Xianyao. Effects of high temperature and drought on Hunan citrus production in the summer of 2022[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2023(3): 71-76.
- [21] 李泽碧, 王正银. 柑橘品质的影响因素研究[J]. 广西农业科学, 2006(3): 307-310.
LI Zebi, WANG Zhengyin. Influential factors on the fruit quality of citrus[J]. Guangxi Agricultural Science, 2006(3): 307-310.
- [22] 杨蕾, 王振兴, 程籍, 洪林. 早熟杂柑‘爱媛 28’在重庆地区的引种栽培表现[J]. 果树资源学报, 2020, 1(5): 85-87.
YANG Lei, WANG Zhenxing, CHENG Ji, HONG Lin. Growth performance of early maturity hybrid citrus ‘Ehime 28’ in Chongqing[J]. Journal of Fruit Resources, 2020, 1(5): 85-87.
- [23] 孙娟. 四川成都地区杂交柑引种试验研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2008.
SUN Juan. Study on the hybrid citrus introduced to Chengdu, Sichuan Province[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2008.
- [24] 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.
- [25] 陈细羽. 我国主要杂柑品种的营养功能成分评价以及产地差异研究[D]. 重庆: 西南大学, 2021.
CHEN Xiyu. Nutritional functional components evaluation and traceability differences of main hybrid citrus in China[D]. Chongqing: Southwest University, 2021.
- [26] 洪丹丹, 张琮, 王鹏, 柯甫志, 徐阳. 不同砧木对浙东海涂地红美人柑橘生长发育和果实品质的影响[J]. 中国果树, 2023(7): 65-68.
HONG Dandan, ZHANG Cong, WANG Peng, KE Fuzhi, XU Yang. Effects of different rootstocks on the growth and fruit quality of ‘Hongmeiren’ citrus on the coastal soil of Eastern Zhejiang[J]. China Fruits, 2023(7): 65-68.
- [27] 林正雨, 陈强, 邓良基, 李晓, 何鹏, 熊鹰. 四川柑橘适宜分布及其对气候变化的响应研究[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(6): 845-859.
LIN Zhengyu, CHEN Qiang, DENG Liangji, LI Xiao, HE Peng, XIONG Ying. Response of suitable distribution of citrus in Sichuan Province to climate change[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2019, 27(6): 845-859.
- [28] 王程宽, 黄振东, 刘兴泉, 洪小玲. 气象因子对红美人柑橘品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2020, 32(10): 1798-1808.
WANG Chengkuan, HUANG Zhendong, LIU Xingquan, HONG Xiaoling. Effects of meteorological factors on fruit quality of Hongmeiren citrus[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2020, 32(10): 1798-1808.
- [29] 王鹏, 金龙飞, 黄贝, 曹明昇, 温明霞, 吴韶辉, 徐建国. 不同叶果比对设施红美人杂柑光合特性和果实品质的影响[J]. 果树学报, 2022, 39(10): 1857-1863.
WANG Peng, JIN Longfei, HUANG Bei, CAO Ming'ao, WEN Mingxia, WU Shaohui, XU Jianguo. Effects of different leaf/fruit ratio on photosynthetic characteristics and fruit quality of Hongmeiren citrus hybrid under protected cultivation[J]. Journal of Fruit Science, 2022, 39(10): 1857-1863.
- [30] 徐阳, 洪丹丹, 柯甫志, 张琮, 余朝旭, 林才有, 周慧芬. 6个杂柑品种在浙江象山地区设施完熟栽培的品质表现试验[J]. 浙江柑橘, 2022, 39(1): 14-17.
XU Yang, HONG Dandan, KE Fuzhi, ZHANG Cong, YU Chaoxu, LIN Caiyou, ZHOU Huifen. Quality performance experiments of six hybrid citrus varieties in facility maturation cultivation in Xiangshan, Zhejiang[J]. Zhejiang Citrus, 2022, 39(1): 14-17.
- [31] 张海英, 韩涛, 王有年, 李丽萍. 桃果实品质评价因子的选择[J]. 农业工程学报, 2006, 22(8): 235-239.
ZHANG Haiying, HAN Tao, WANG Younian, LI Liping. Selection of factors for evaluating peach (*Prunus persica*) fruit quality[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(8): 235-239.
- [32] 潘少香, 孟晓萌, 郑晓冬, 刘雪梅, 谭梦男, 曹宁, 李志成, 闫新焕. 基于 ICP-MS 的不同品种柑橘中矿物元素的差异性分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(8): 333-339.
PAN Shaoxiang, MENG Xiaomeng, ZHENG Xiaodong, LIU Xuemei, TAN Mengnan, CAO Ning, LI Zhicheng, YAN Xinhuan. Determination of trace elements in species of *Citrus* from different growing areas by microwave digestion-ICP-MS and their difference analysis[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(8): 333-339.