

## 基于不同方法综合评价浙北平原地区 101 份鲜食葡萄果实品质

陈焯琦<sup>1,2</sup>, 庞柳<sup>1,2</sup>, 陈小央<sup>3</sup>, 郑婷<sup>2</sup>, 向江<sup>2</sup>, 魏灵珠<sup>2</sup>, 吴江<sup>2</sup>, 徐凯<sup>1</sup>, 程建徽<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>浙江农林大学园艺科学学院, 浙江杭州 311300; <sup>2</sup>浙江省农业科学院园艺研究所, 浙江杭州 310021;

<sup>3</sup>浙江省种子管理总站, 浙江杭州 310021)

**摘要:**【目的】用相关性分析、聚类分析与主成分分析法对浙北平原地区 101 份鲜食葡萄果实品质性状进行综合评价, 对其代表性品质进行表征, 为葡萄果实品质评价和优良种质筛选提供技术指导。【方法】以 101 份鲜食葡萄种质资源成熟期果实为试材, 对纵径、横径、粒质量、可溶性固形物含量、果实硬度、弹力、总酚含量、类黄酮含量、花色苷含量、总糖含量、总酸含量、裂果率、裂果指数等 26 个果实品质相关指标进行测定和分析, 采用相关性分析、聚类分析法与主成分分析进行综合评价。【结果】26 项品质性状间具有显著差异, 且多项指标存在相关性; 通过聚类分析可将 101 份鲜食葡萄种质资源在欧式距离 11.5 时分为 5 个类群; 主成分分析可将 14 个性状归为 5 个主成分, 累计贡献率为 82.178%, 分别反映葡萄的果实含糖量、营养物质含量、抗裂果能力、果肉质地和风味特征。结合不同评价方式, 在浙北平原地区, 综合评价结果为蜜光、黑珍珠、郑艳无核、金手指、09-42、黑色甜菜、13-653、15-115 等葡萄种质综合品质性状较优, 新郁、夜美人、里扎马特相对较差。【结论】不同葡萄种质资源间果实品质指标差异较大, 对 101 份鲜食葡萄种质进行品质评价, 筛选出可溶性固形物含量、总糖含量、总酚含量、类黄酮含量、弹力、凝聚性、咀嚼性、糖酸比、裂果率和裂果指数作为葡萄果实品质评价的核心指标, 以及 8 份综合品质优异的葡萄种质资源, 可作为浙江地区鲜食葡萄种质资源评价和品种选育鉴定工作的重要指标参考。

**关键词:** 鲜食葡萄; 果实品质; 相关性分析; 聚类分析; 主成分分析; 综合评价

中图分类号: S663.1 文献标志码: A 文章编号: 1009-9980(2024)11-0001-08

## Comprehensive evaluation of 101 table grape cultivars qualities in northern Zhejiang plain based on different methods

CHEN Yeqi<sup>1,2</sup>, PANG Liu<sup>1,2</sup>, CHEN Xiaoyang<sup>3</sup>, ZHENG Ting<sup>2</sup>, XIANG Jiang<sup>2</sup>, WEI Lingzhu<sup>2</sup>, WU Jiang<sup>2</sup>, XU Kai<sup>1</sup>, CHENG Jianhui<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>College of Horticultural Science, Zhejiang Agricultural and Forestry University, Hangzhou, 311300, China;

<sup>2</sup>Institute of Horticulture, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, Zhejiang,

China; <sup>3</sup>Zhejiang Station of Seed Management, Hangzhou 310020, Zhejiang, China)

**Abstract:** 【Objective】 There are various trait differences among different grape germplasm, which are valuable materials for cultivating excellent new varieties. The assessment of fruit characteristics plays a vital role in the assessment of grape genetic resources, and also serves as a crucial foundation for identifying superior genetic material. Therefore, this study aimed to comprehensively evaluate the fruit quality traits of 101 table grapes in the northern Zhejiang Plain

收稿日期: 2024-07-09

接受日期: 2024-9-12

基金项目: 浙江省“十四五”果品新品种选育专项(2021C02066-6); 浙江省现代种业发展项目

(2024R05A60D01); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-29-13)

作者简介: 陈焯琦, 女, 在读硕士研究生, 主要从事葡萄种质资源评价与利用研究。Tel: 15967599023,

E-mail: chenyeq@petalmail.com

\*通信作者 Author for correspondence. E-mail: jianhuicheng@126.com

using correlation analysis, cluster analysis and principal component analysis, characterize their representative qualities, and provide technical guidance for grape fruit quality evaluation and excellent germplasm screening. **【Methods】** A total of 101 table grape germplasm resources were used as test materials to investigate and analyze the fruit quality traits. In order to explore the fruit quality traits, this study measured 26 parameters including total organic acid content, cohesion, elastic index, chewiness, pericarp puncture strength, total phenols content, flavonoid content, proanthocyanidin, sucrose content, fructose content, glucose content, oxalic acid content, tartaric acid content, malic acid content, citric acid content, total sugar content, total organic acid content, the ratio of total sugar to total organic acid, fruit cracking rate and fruit cracking index. SPSS 27.0 was used to conduct correlation analysis, cluster analysis, and principal component analysis on the above indicators, and to analyze and evaluate the quality of grape fruits through comprehensive scoring ranking. **【Results】** The 26 quality indicators showed varying degrees of variation, with coefficients of variation ranging from 7.03% to 159.48%. Among all indicators, the proanthocyanidin had the largest variation and the elastic index had the smallest. According to cluster analysis, 101 grape germplasm resources were divided into 5 categories (I, II, III, IV, V) when the Euclidean distance was 11.5. The I category could be divided into 3 groups when the Euclidean distance was 8.5, among which the majority of grape germplasm is a hybrid population, the II category could be divided into 4 groups when the Euclidean distance was 8.5, among which the majority of grape germplasm is Eurasian population. After eliminating the fruit quality indexes with less variation, 14 traits of 101 grape germplasm resources were standardized by principal component analysis and then reduced in dimension. In the principal component analysis, five principal components were extracted with a total cumulative contribution of 82.178%. The contribution rate of principal component 1 was 26.008%, mainly representing soluble solids, total sugar content, and cohesion, reflecting the quality of fruit sugar content. The contribution rate of principal component 2 was 19.293%, mainly representing total phenols and flavonoids, reflecting fruit nutrients. The contribution rate of principal component 3 was 14.750%, mainly representing single fruit cracking rate, fruit cracking index, and sugar-acid ratio, reflecting the ability of fruit to resist cracking. The contribution rate of the fourth principal component was 13.420 %, and the main factors determining it were elasticity and cohesion, which reflected the fruit texture. The contribution rate of the principal component 5 was 8.707 %, and the main factors determining it were total acid and sugar-acid ratio, which reflected the fruit flavor. **【Conclusion】** In this study, 26 agronomic traits of 101 grape germplasm resources were analyzed and could be divided into 5 categories based on diversity analysis, cluster analysis and principal component analysis. Through the comprehensive analysis of the fruit quality, soluble solid, elasticity, cohesion, chewiness, total phenols content, flavonoid content, total sugar content, sugar-acid ratio, fruit cracking rate and fruit cracking index elements were selected as the core indicators for the evaluation of fruit quality traits. By principal component analysis, ‘Miguang’, ‘Pearl Noir’, ‘Zhengyan Wuhe’, ‘Jingshouzhi’, ‘09-42’, ‘Black Beet’, ‘13-653’ and ‘15-115’ get high scores. It

could be used as an important indicator reference for the evaluation of fresh grape germplasm resources and variety selection and identification in Zhejiang Province.

**Key words:** Table grape; Fruit quality; Correlation analysis; Cluster analysis; Principal component analysis; Comprehensive evaluation

葡萄 (*Vitis vinifera* L.) 为葡萄科葡萄属 (*Vitis* L.) 多年生落叶藤本植物, 也是世界上栽培历史最长、栽培面积最广、产量及经济价值最高的果树之一<sup>[1]</sup>。葡萄鲜果中富含矿物质、维生素、膳食纤维、氨基酸等多种营养物质, 外观风味均佳, 因此广受消费者亲睐, 在全球水果生产中有着重要地位。

果实品质是评价种质资源优劣的重要依据, 通常从外在品质和内在品质两方面进行综合分析<sup>[2]</sup>, 前者包括颜色、单果质量、纵横径等, 后者包括香气、口感、质地、糖酸组分及含量等。内在品质是评价鲜果商品食用价值的重要因素, 尤其是糖酸组分及含量是决定果实风味的关键指标<sup>[3-5]</sup>, 这些特征不仅反映了果树生长发育中的生理功能状况, 更与果品的味道与营养密切相关。因此, 果实品质由多方面指标综合评价而成, 不能只用单项指标和单种分析方法进行统计分析, 需明确各品质指标对鲜食葡萄品质的影响程度进行全面评价<sup>[6-7]</sup>。目前已有多项研究将不同的分析方法综合应用于果实品质评价, 如西洋梨<sup>[8]</sup>、柚<sup>[9]</sup>、荔枝<sup>[10]</sup>、猕猴桃<sup>[11]</sup>和苹果<sup>[12]</sup>等。既能较好地反映被评估对象的综合性状, 又能找到核心指标, 简化评价程序, 适用于对候选个体的全面评估<sup>[13]</sup>。笔者在本研究中主要结合相关性分析、聚类分析和主成分分析法, 选取浙北平原水网地区栽培条件下的 101 个不同葡萄种质资源进行果实品质分析, 剔除地理、气候等对果实品质的影响, 筛选出适宜本地区葡萄果实品质评价的核心指标, 为浙江地区鲜食葡萄种质资源品质评价和品种选育鉴定工作提供技术指导, 也为葡萄优良种质的进一步创新利用提供科学依据。

## 1. 材料和方法

### 1.1 材料

供试的 101 个葡萄种质资源 (表 1) 于 2023 年 7—9 月采自浙江省农业科学院杨渡科研创新基地, 基地位于杭嘉湖平原地带, 气候类型为亚热带季风气候。该地年均气温约 15.9 °C, 降雨量约 1187 mm, 日照时长约 2 002.9 h, 无霜期约 233.5 d。土壤类型为黄松田、壤砂土。分别在果实成熟期每种质资源采集 50 枚果实样品, 带回实验室进行后续测定。

表 1 101 份葡萄种质资源编号及名称

Table 1 Number and name of 101 grape germplasm resources

编号 No.	种质名称 Germplasm resources name	编号 No.	种质名称 Germplasm resources name	编号 No.	种质名称 Germplasm resources name
C1	夏黑 Summer Black	C36	香悦 Xiangyue	C71	13-241
C2	寒香蜜 Reliance	C37	美人指 Manicure Finger	C72	13-643
C3	天工墨玉 Tiangong Moyu	C38	无核巨玫瑰 Wuhe Jumeigui	C73	13-653
C4	天工翠香蜜 Tiangong Cuixiangmi	C39	秋贝儿 Qiubeier	C74	13-680
C5	京蜜 Jingmi	C40	14-17-7	C75	13-747
C6	无核黑提 Ribier	C41	绿亚历山大 Green Alexandria	C76	14-102

C7	红艳无核 Hongyan Wuhe	C42	新郁 Xinyu	C77	14-468
C8	郑艳无核 Zhengyan Wuhe	C43	紫甜无核 Zitian Seedless	C78	14-752
C9	醉金香 Zuijinxiang	C44	夜美人 Yemeiren	C79	14-767
C10	天工玉柱 Tiangong Yuzhu	C45	新雅 Xinya	C80	15-115
C11	黑色甜菜 Black Beet	C46	火州紫玉 Huozhouziyu	C81	15-169
C12	天工迷香 Tiangong Mixiang	C47	瑞都科美 Ruidukemei	C82	15-171
C13	天工彩玉 Tiangong Caiyu	C48	早生内玛斯 Zaosheng Neimasi	C83	15-350
C14	天工丽人 Tiangong Liren	C49	15-3-30	C84	26-9-1
C15	瑞都香玉 Ruidu Xiangyu	C50	HZ	C85	sp539
C16	早夏无核 Zaoxia Wuhe	C51	达米娜 Tamina	C86	富士之辉 Fuji Shine
C17	甜蜜蓝宝石 Sweet Sapphire	C52	红富士 Benni Fuji	C87	红手指 Hongshouzhi
C18	早甜 Zaoitian	C53	白香蕉 White Banana	C88	火焰无核 Flame Seedless
C19	玉手指 Yushouzhi	C54	红宝石无核 Ruby Seedless	C89	火州红玉 Huozhouhongyu
C20	翡翠无核 Feicui Wuhe	C55	黑珍珠 Pearl Noir	C90	金手指 Jingshouzhi
C21	天工翠玉 Tiangong Cuiyu	C56	摩尔多瓦 Moldova	C91	秦秀 Qinxiu
C22	里扎马特 Rizamat	C57	秋无核 Seedless Qiu	C92	申爱 Shenai
C23	红巴拉多 Red Balad	C58	天工紫玉 Tiangong Ziyu	C93	蜜光 Miguang
C24	巨峰 Kyoho	C59	黑皇 Black King	C94	申悦 Shenyue
C25	丛林玫瑰 Conglinmeigui	C60	土佐 Tosa	C95	天工碧玉 Tiangong Biyu
C26	23-8-5	C61	阳光玫瑰 Shine Muscat	C96	天工翡翠 Tiangong Feicui
C27	葡之梦 Puzhimeng	C62	09-153	C97	天工香玉 Tiangong Xiangyu
C28	信浓乐 Xinnongle	C63	09-161	C98	甜太郎 Sweet Taro
C29	无核翠宝 Wuhecuibao	C64	09-42	C99	阳光十三 Shine Thirteen
C30	京香玉 Jingxiangyu	C65	10-171	C100	鄞红 Yin hong
C31	天工初心 Tiangong Chuxin	C66	10-188	C101	月光无核 Yueguang Wuhe
C32	金皇后 Jinhuanghou	C67	10-216		
C33	甲州三尺 Koshu Sankei	C68	10-226		
C34	天工蜜 Tiangong Mi	C69	13-141		
C35	红亚历山大 Red Alexandria	C70	13-240		

## 1.2 方法

用电子天平测定果实单粒质量，用游标卡尺测定果粒纵横径，计算果形指数=果粒纵径/横径；果实的质构测定用 CT-3 质构仪进行整果质地多面分析（TPA）和穿刺试验，将果实赤道位置放在探头的正下方进行测定，3 次重复；总酚、类黄酮和花色苷测定：参照曹建康等<sup>[14]</sup>的方法进行测定；用 ATAGO 便携式糖度折射计，测定可溶性固形物含量；果实中糖酸组分与含量的参照 Komatsu 等<sup>[15]</sup>的方法，用液相色谱仪（Waters 公司，美国）测定。使用蒸馏水将果实进行浸泡处理，参照张川<sup>[16]</sup>的方法，浸泡 60 h 后，以裂果率和裂果指数这两个指标评价果实裂果能力。

## 1.3 数据处理

使用 Excel 2021 对数据进行统计与整理，用 SPSS27.0 进行相关性分析、聚类分析及主成分分析。采用 Origin2021 作图，综合评价不同鲜食葡萄果实品质。

## 2. 结果与分析

### 2.1 鲜食葡萄果实主要品质性状分析

从表 2 可见,不同葡萄果实质量和外观的同一性状间存在显著差异,单粒质量平均值 5.72 g,变化范围为 1.66~13.10 g,变异系数 41.25%,其中,黑色甜菜粒质量最大,火州红玉最小。果形指数的变化范围在 0.69~3.03 之间,变异系数 27.91%。纵径的变化范围为 14.00~55.10 mm,平均 25.93 mm,变异系数 23.86%;横径的变化范围为 13.00~29.00 mm,平均 20.47 mm,变异系数 16.49%,多数果实的纵径大于横径。纵径最小的材料是火州红玉和火焰无核,最大是甜蜜蓝宝石;横径最小的材料是 13-653,最大是新郁。花色苷的含量变化范围为 0.00~2.36 OD·g<sup>-1</sup>,变异系数最高,达 159.48%,不同皮色的葡萄差异较大,其中 09-42 最高,而绿色葡萄均较低。

从表 2 可见,不同葡萄质地指标中,果实硬度、弹力、凝聚性、弹性指数、咀嚼性、果皮硬度平均值分别为 10.78 N、0.25、0.43、0.83、3.70 mJ、5.02 N,变异系数分别为 46.90%、18.39%、17.52%、7.03%、36.35%、30.85%,变化范围分布分别为 4.20 N(甜太郎)~30.41 N(甜蜜蓝宝石)、0.16(13-643)~0.38(天工玉柱)、0.29(banana)~0.63(天工玉柱)、0.70(banana)~1.00(红巴拉多)、1.52 mJ(申爱)~9.02 mJ(甜蜜蓝宝石)、1.75(甜太郎)~8.35 N(信浓乐)。

从表 2 可见,不同葡萄果实糖酸组分和酚类物质含量差异较大,可溶性固形物含量平均值 18.55%、变异范围 12.67%~24.17%、变异系数 11.66%,可溶性固形物含量 22%以上的材料有:金手指(24.17%)、15-115(24.00%)、郑艳无核(23.20%)、红手指(23.30%)、月光无核(22.67%)。总糖含量范围为 97.11~223.25 mg·g<sup>-1</sup>,平均 161.83 mg·g<sup>-1</sup>,最高的材料为火州红玉,最低的为摩尔多瓦;其中蔗糖含量范围在 2.55~26.22 mg·g<sup>-1</sup>,占总糖含量的 1/4 左右,明显低于葡萄糖(47.52~109.20 mg·g<sup>-1</sup>)和果糖(44.55~107.60 mg·g<sup>-1</sup>)。总酸含量范围在 2.62~9.32 mg·g<sup>-1</sup>,平均 5.30 mg·g<sup>-1</sup>,最高的材料为 09-42,最低为新雅;其中,草酸含量为 0.00~0.72 mg·g<sup>-1</sup>,酒石酸含量为 1.15~4.52 mg·g<sup>-1</sup>,苹果酸 0.14~3.99 mg·g<sup>-1</sup>,柠檬酸含量为 0.29~3.01 mg·g<sup>-1</sup>,酒石酸和苹果酸含量占总酸含量的 80%以上。糖酸比是果实风味的直接体现,平均值为 32.06,变异系数 25.49%,分布范围 15.93~58.99,最高的材料为 26-9-1,最低的为 09-42。总酚含量的分布范围为 0.17~1.30 mg·g<sup>-1</sup>,平均 0.48 mg·g<sup>-1</sup>,变异系数 47.52%,最高的是 09-42,最低的是绿亚历山大;类黄酮含量为 0.07~0.90 mg·g<sup>-1</sup>,平均 0.26 mg·g<sup>-1</sup>,变异系数 64.00%,最高的也是 09-42,最低的是新雅,不同皮色的葡萄差异也较大。

从表 2 可见,经浸水诱导裂果表现,101 份葡萄果实裂果率的平均值为 35.11%,裂果指数的平均值为 25.33,二者的变异范围均在 0.00%~100.00%,前者变异系数为 104.65%,后者为 123.86%。裂果率和裂果指数都是 0%的种质有:郑艳无核、醉金香、玉手指、天工翠玉、天工碧玉、10-171、15-115、阳光玫瑰、鄞红等,裂果率和裂果指数都是 100%的种质

是里扎马特、葡之梦和美人指。

表 2 101 份葡萄种质资源 26 个性状多样性统计分析

Table 2 Statistical analysis of the diversity of 26 traits in 101 grape germplasm resources

性状 Trait	最小值 Min	最大值 Max	极差 Range	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV/%
纵径 Vertical diameter (VD) /mm	14.00	55.10	41.10	25.93	6.19	23.86
横径 Transverse diameter (TD) /mm	13.00	29.00	16.00	20.47	3.38	16.49
果形指数 Fruit shape index (FSI)	0.69	3.03	2.34	1.29	0.36	27.91
粒质量 Average weight (AW) /g	1.66	13.10	11.44	5.72	2.36	41.25
w (可溶性固形物) Total soluble solid content (TSS)/%	12.67	24.17	11.50	18.55	2.16	11.66
果实硬度 Hardness (H) /N	4.20	30.41	26.22	10.78	5.06	46.90
弹力 Elasticity (E)	0.16	0.38	0.21	0.25	0.05	18.39
凝聚性 Cohesion (CO)	0.29	0.63	0.34	0.43	0.08	17.52
弹性指数 Elastic index (EI)	0.70	1.00	0.30	0.83	0.06	7.03
咀嚼性 Chewiness (CH) /mJ	1.52	9.02	7.50	3.70	1.35	36.35
果皮硬度 Pericarp puncture strength (PPS) /N	1.75	8.35	6.61	5.02	1.55	30.85
w (总酚) Total phenols content (TP) / (mg·g <sup>-1</sup> )	0.17	1.30	1.13	0.48	0.23	47.52
w (类黄酮) Flavonoid content (FL) / (mg·g <sup>-1</sup> )	0.07	0.90	0.83	0.26	0.16	64.00
w (花色苷) Proanthocyanidin content (P) / (OD·g <sup>-1</sup> )	0.00	2.36	2.36	0.30	0.47	159.48
w (蔗糖) Sucrose content (S) / (mg·g <sup>-1</sup> )	2.55	26.22	23.67	6.31	3.11	49.38
w (葡萄糖) Glucose content (G) / (mg·g <sup>-1</sup> )	47.51	109.20	61.69	78.55	12.86	16.37
w (果糖) Fructose content (F) / (mg·g <sup>-1</sup> )	44.55	107.60	63.05	76.97	12.33	16.02
w (草酸) Oxalic acid content (OA) / (mg·g <sup>-1</sup> )	0.00	0.72	0.72	0.17	0.09	50.04
w (酒石酸) Tartaric acid content (TAA) / (mg·g <sup>-1</sup> )	1.15	4.52	3.37	2.48	0.67	27.20
w (苹果酸) Malic acid content (MA) / (mg·g <sup>-1</sup> )	0.14	3.99	3.85	1.65	0.75	45.13
w (柠檬酸) Citric acid content (CA) / (mg·g <sup>-1</sup> )	0.29	3.01	2.72	1.00	0.62	65.62
w (总糖) Total sugar content (TS) / (mg·g <sup>-1</sup> )	97.11	223.25	126.15	161.83	25.93	16.02
w (总酸) Total acid content (TA) / (mg·g <sup>-1</sup> )	2.62	9.32	66.71	5.30	1.33	25.11
糖酸比 Sugar-acid ratio (SAR)	15.93	58.99	43.06	32.06	8.17	25.49
裂果率 Fruit cracking rate (FCR) /%	0.00	100.00	100.00	35.11	36.75	104.65
裂果指数 Fruit cracking index (FCI) /%	0.00	100.00	100.00	25.33	31.38	123.86

## 2.2 各品质性状间相关性分析

对 101 种葡萄果实性状的 26 个品质性状进行相关性分析 (表 3)。果实纵径、横径、粒质量、果实硬度、咀嚼性呈极显著正相关, 纵径、果形指数、裂果率和裂果指数呈极显著或显著正相关, 横径与果形指数、可溶性固形物含量、蔗糖、葡萄糖、果糖、总糖含量呈极显著负相关。可溶性固形物含量、果实硬度、蔗糖、果糖、葡萄糖、总糖含量互呈极显著正相关, 总酚、类黄酮、花色苷含量和酒石酸、柠檬酸、总酸含量两两互呈极显著正相关。裂果率和裂果指数与可溶性固形物含量、果实硬度、类黄酮含量、糖含量、凝聚性以及果皮硬度呈现出显著或极显著负相关。弹力和凝聚性呈极显著正相关。果实硬度和可溶性固形物含量、弹力、凝聚性以及糖含量呈极显著或显著负相关, 糖酸比和酒石酸、苹果酸、柠檬酸、总酸含量呈极显著负相关。

表 3 果实品质指标相关性分析

Table 3 Correlation analysis of fruit quality indicators

	VD	TD	FSI	AW	TSS	H	E	CO	EI	CH	PPS	TP	FL
VD	1.00												
TD	0.27**	1.00											
FSI	0.78**	-0.38**	1.00										
AW	0.57**	0.71**	0.08	1.00									
TSS	-0.18	-0.40**	0.11	-0.24*	1.00								
H	0.60**	0.34**	0.33**	0.52**	-0.28**	1.00							
E	-0.11	-0.10	-0.05	-0.13	0.05	-0.49**	1.00						
CO	-0.19	-0.07	-0.13	-0.12	0.16	-0.59**	0.92**	1.00					
EI	-0.21*	-0.07	-0.16	-0.08	0.20*	-0.30**	0.44**	0.50**	1.00				
CH	0.56**	0.43**	0.24*	0.59**	-0.23*	0.87**	-0.14	-0.19	0.07	1.00			
PPS	0.13	0.31**	-0.10	0.28**	-0.11	0.37**	-0.16	-0.01	0.05	0.51**	1.00		
TP	-0.12	-0.06	-0.06	0.03	0.27**	0.02	0.06	0.06	0.13	0.11	-0.02	1.00	
FL	-0.17	-0.07	-0.11	0.03	0.30**	-0.07	0.05	0.09	0.16	0.03	0.00	0.94**	1.00
P	-0.04	0.01	-0.05	0.11	0.13	0.11	0.05	0.02	0.12	0.220*	0.03	0.88**	0.83**
S	-0.29**	-0.33**	-0.07	-0.28**	0.48**	-0.15	-0.04	0.01	0.14	-0.16	-0.05	0.26**	0.25*
G	-0.14	-0.41**	0.15	-0.16	0.74**	-0.25*	0.02	0.11	0.23*	-0.23*	-0.06	0.22*	0.26*
F	-0.21*	-0.41**	0.08	-0.20*	0.78**	-0.28**	-0.01	0.10	0.24*	-0.27**	-0.09	0.20*	0.24*
OA	0.19	-0.17	0.27**	0.02	0.25*	0.15	-0.12	-0.16	-0.06	0.10	0.01	0.17	0.07
TAA	-0.15	-0.20*	0.00	-0.14	0.46**	-0.06	-0.05	-0.11	0.08	-0.06	-0.19	0.45**	0.41**
MA	0.17	-0.07	0.22*	0.03	-0.02	-0.03	0.15	0.16	-0.03	0.00	0.10	-0.08	-0.10
CA	0.11	0.03	0.08	0.20*	0.21*	-0.01	0.14	0.16	0.11	0.12	0.07	0.36**	0.38**
TS	-0.20*	-0.43**	0.10	-0.21*	0.80**	-0.28**	0.00	0.11	0.24*	-0.26**	-0.08	0.25*	0.27**
TA	0.09	-0.13	0.18	0.04	0.33**	-0.04	0.12	0.10	0.07	0.03	-0.01	0.36**	0.33**
SAR	-0.20	-0.11	-0.12	-0.11	0.15	-0.12	-0.09	0.00	0.13	-0.16	-0.06	-0.18	-0.13
FCR	0.22*	-0.14	0.29**	-0.13	-0.27**	0.23*	-0.05	-0.25*	-0.22*	0.07	-0.27**	-0.09	-0.19
FCI	0.29**	-0.07	0.30**	-0.04	-0.27**	0.27**	-0.06	-0.26**	-0.25*	0.10	-0.26**	-0.10	-0.20*
	P	S	G	F	OA	TAA	MA	CA	TS	TA	SAR	FCR	FCI
VD													
TD													
FSI													
BW													
TSS													
H													
E													
CO													
EI													
CH													
PPS													
TP													
FL													
P	1.00												
S	0.16	1.00											
G	0.12	0.35**	1.00										
F	0.08	0.41**	0.90**	1.00									
OA	0.18	0.12	0.23*	0.25*	1.00								
TAA	0.39**	0.25*	0.32**	0.35**	0.31**	1.00							

MA	-0.10	-0.17	0.17	0.04	0.01	-0.09	1.00						
CA	0.36**	0.02	0.21*	0.21*	0.07	0.28**	0.19	1.00					
TS	0.12	0.49**	0.97**	0.97**	0.24*	0.36**	0.09	0.13	1.00				
TA	0.32**	0.05	0.38**	0.31**	0.26*	0.61**	0.61**	0.72**	0.34**	1.00			
SAR	-0.19	0.23*	0.25*	0.31**	-0.10	-0.37**	-0.57**	-0.49**	0.30**	-0.75**	1.00		
FCR	0.02	-0.19	-0.22*	-0.28**	0.12	0.00	0.00	-0.12	-0.26**	-0.05	-0.11	1.00	
FCI	0.00	-0.22*	-0.27**	-0.33**	0.12	-0.02	-0.06	-0.12	-0.31**	-0.10	-0.10	0.96**	1.00

注：\*表示差异显著 ( $p < 0.05$ )；\*\*表示差异极显著 ( $p < 0.01$ )。

Note: \* indicates significant difference at  $p < 0.05$ ; \*\* indicates extremely significant difference at  $p < 0.01$ .

### 2.3 不同种质资源葡萄果实性状的聚类分析

利用 SPSS27.0 的系统聚类功能进行了聚类分析。如图 1 和表 4 所示,在欧氏距离为 11.5 处可将 101 个材料聚为 5 个群体,分别为 I、II、III、IV、V。

第 I 群体数量最多,包含夏黑、寒香蜜、巨峰、阳光玫瑰、蜜光、13-240 等 66 份种质,主要为杂交种群,该群体根据欧氏距离 8.5 为分界线可划分为 3 组,各组 47、18、1 份种质资源。该类群平均种质果实硬度、裂果率和裂果指数较低,果皮硬度较第 II 群体高,蔗糖、葡萄糖、果糖和总糖含量最高。第 II 群体包含里扎马特、葡之梦、天工初心、新郁、09-153 等 27 份种质,以欧亚种群为主,该群体根据欧氏距离 8.5 为分界线也可划分为 4 组,各组 2、6、18 和 1 份种质资源。其主要特征是糖酸含量都较低,果实硬度高而果皮硬度低,裂果率和裂果指数高。第 III 群体包含 5 份种质,分别为天工墨玉、黑珍珠、申悦、15-171 和 09-42,该群体种质的咀嚼性、总酚、类黄酮和花色苷含量突出,且柠檬酸含量较高。第 IV 群体只包含天工翠香蜜、天工玉柱 2 份种质,花色苷含量低。第 V 群体只包含甜蜜蓝宝石 1 份种质,该种质纵径最长,果形指数、果实硬度、果皮硬度和咀嚼性均最高。



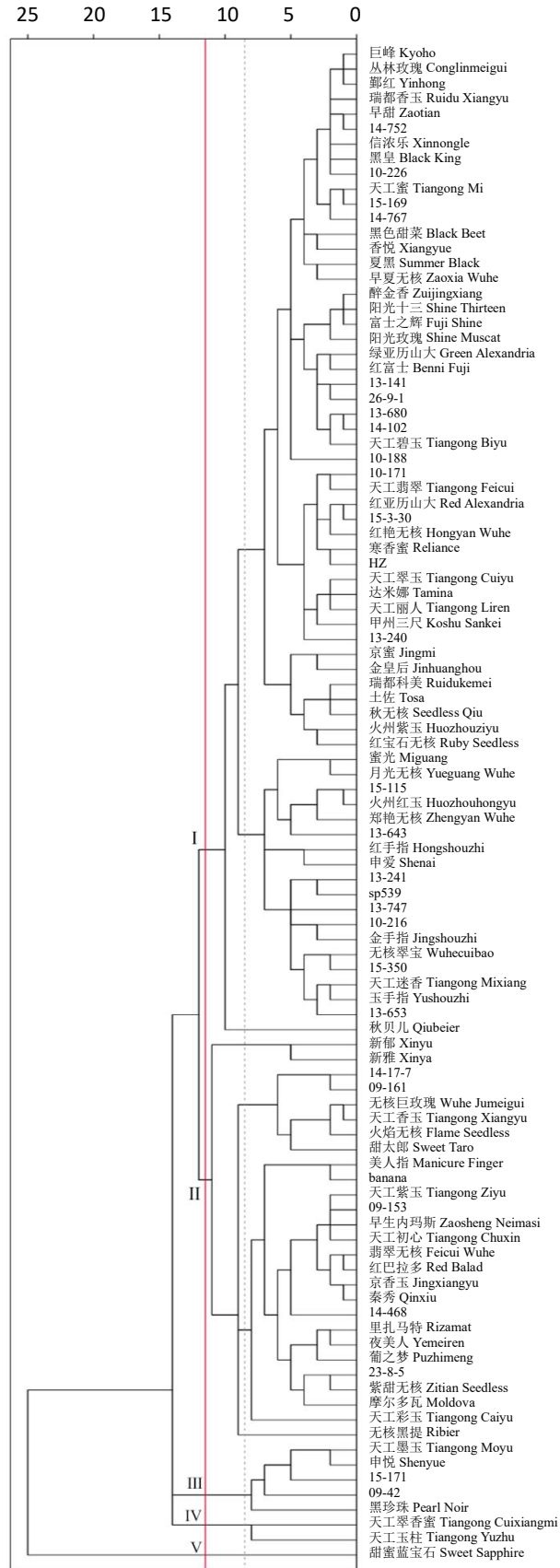


图 1 101 个葡萄种质资源树状聚类图

Fig. 1 Dendritic clustering of 101 grape germplasm resources

## 2.4 不同种质资源葡萄果实性状的主成分分析

依据以上分析结果，剔除变异程度较小的果实品质指标，对 101 个不同葡萄种质的 14 个性状，采用主成分分析法对 14 个指标标准化后进行降维处理结果显示（表 4），14 个性状的主要信息集中在前 5 个主成分中，累计贡献率达 82.178%，表明这 5 个主成分已可以反映出果实品质性状的大部分信息。

第一主成分方差贡献率为 26.008%，其特征向量中，可溶性固形物含量（0.658）、总糖含量（0.643）和凝聚性（0.610）正向数值较大，对 PC1 产生正向影响，果实硬度（-0.805）负系数值大，主要反映的是果实含糖量的品质性状。第二主成分方差贡献率为 19.293%，载荷较高的正值性状包括总酚含量（0.654）和类黄酮含量（0.644），主要反映了果实营养物质性状。第三主成分方差贡献率为 14.750%，表现出与裂果率（0.682）、裂果指数（0.652）和糖酸比（0.603）较高的正相关，反映出果实抗裂果的能力。第四主成分方差贡献率为 13.420%，弹力（0.702）和凝聚性（0.694）有较大的正向数值，PC4 可称为果肉质度指标。第五主成分方差贡献率为 8.707%，主要与总酸含量（0.539）和糖酸比（0.538）的正向数值较大，它们对 PC5 产生正向影响，说明当 PC5 大时，果实总酸含量低且糖酸比上升，PC5 可称为果实风味指标。确定主成分后，计算 101 份葡萄种质资源的主成分综合得分，综合得分越大，表明该种质的综合表现越优。

表 4 101 份葡萄种质资源部分性状的主成分分析

**Table 4 Principal component analysis of some traits of 101 grape germplasm resources**

性状 Trait	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2	主成分 3 PC3	主成分 4 PC4	主成分 5 PC5
AW	-0.449	0.480	0.183	0.279	0.087
TSS	0.658	0.236	0.045	-0.431	-0.108
H	-0.805	0.463	0.046	-0.123	0.051
E	0.490	-0.221	-0.233	0.702	0.227
CO	0.610	-0.145	-0.040	0.694	0.204
CH	-0.620	0.578	0.083	0.227	0.173
PPS	-0.265	0.467	0.433	0.268	-0.065
TP	0.338	0.654	-0.384	-0.143	0.466
FL	0.409	0.644	-0.292	-0.147	0.458
TS	0.643	0.214	0.130	-0.492	-0.099
TA	-0.306	-0.538	0.522	-0.075	0.539
SAR	0.096	-0.368	0.603	-0.370	0.538
FCR	0.473	0.371	0.682	0.204	-0.148
FCI	0.519	0.358	0.652	0.183	-0.180
特征值 Eigenvalues	3.641	2.701	2.065	1.879	1.219
贡献率 Contribution rates/%	26.008	19.293	14.750	13.420	8.707
累积贡献率 Cumulative contribution rates/%	26.008	45.300	60.051	73.471	82.178

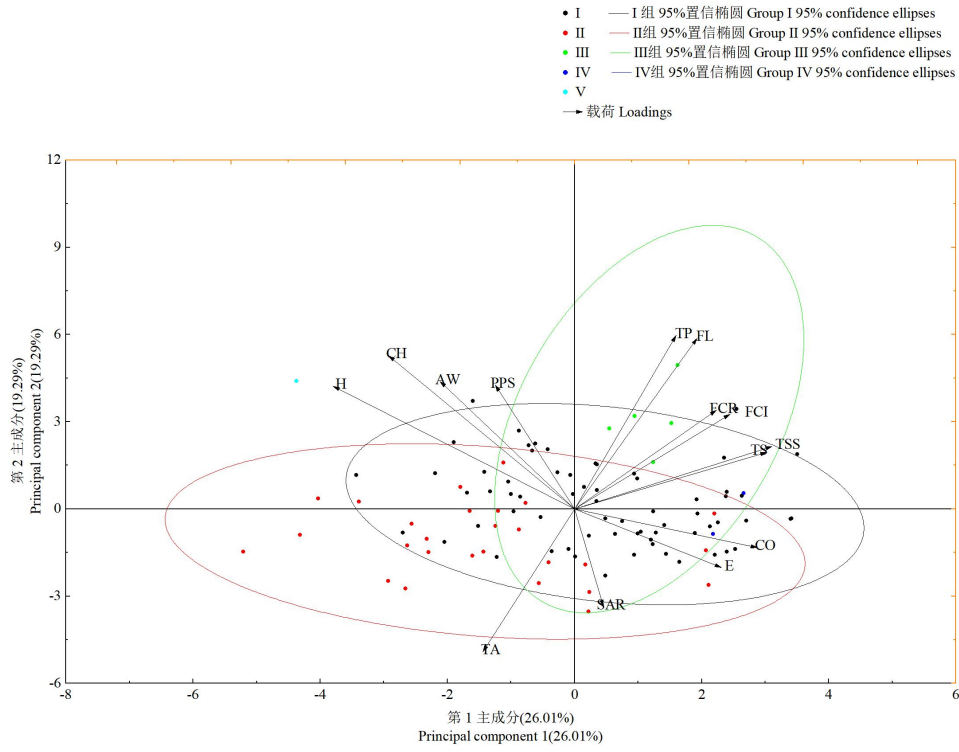


图2 101份葡萄种质资源的第1、第2主成分得分与果实性状载荷的双标图

Fig. 2 Biplot of factor scores and loadings based on 1st and 2nd principal components of 101 grape germplasm

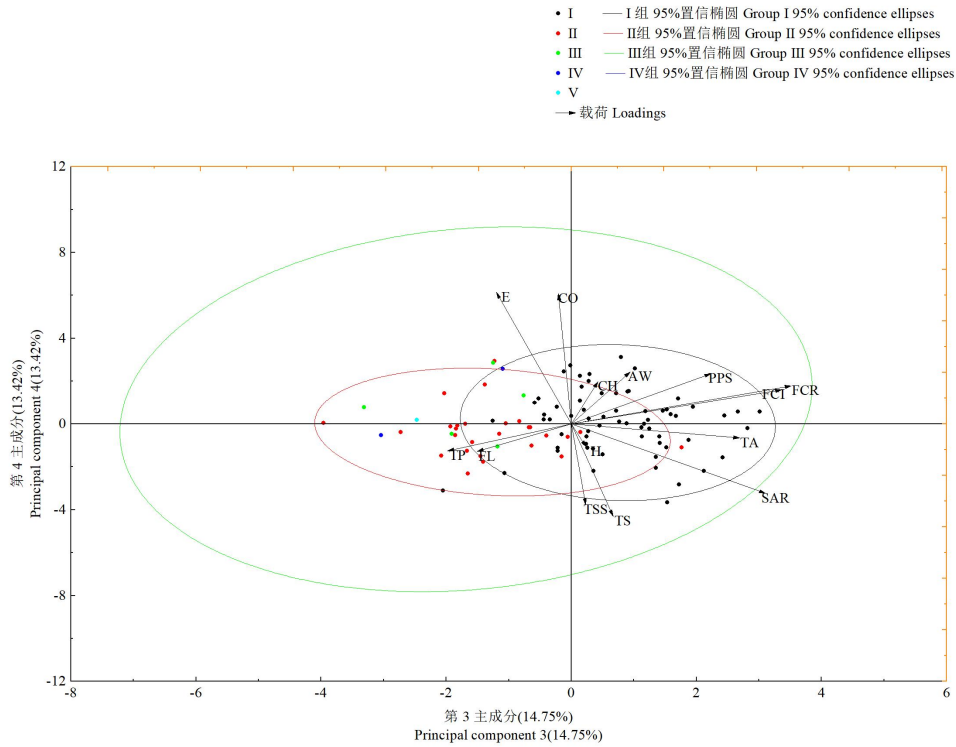


图3 101份葡萄种质资源的第3、第4主成分得分与果实性状载荷的双标图

Fig. 3 Biplot of factor scores and loadings based on 3rd and 4th principal components of 101 grape

## germplasm

以主成分分析为基础，分别以第 1、第 3 主成分作为横坐标，第 2、第 4 主成分作为纵坐标，构建 101 份葡萄种质资源的二维平面散点图（图 2、3），结合聚类分析的结果，从而能直观的反映出不同群体果实品质的分布情况。其中类群 I 主要分布于原点左侧，主要体现了第 1 主成分正向的可溶性固形物含量、糖含量等性状特征，其糖酸比高于其他 4 个类群；类群 II 各种质资源主要分布于原点左下方，主要体现了第 2、3 主成分酚类物质和裂果等性状特征，其总酚、类黄酮、总糖、总酸含量和果皮硬度在 5 个类群中均最小；类群 III 各种质资源主要分布在原点上方，主要体现了营养物质含量高、糖酸比低和咀嚼性高的特征。

### 2.5 不同种质资源葡萄果实性状的综合评价

由于各主成分方差贡献率有差异，因此在进行综合评价时，应考虑其主成分的不同贡献率，以各主成分相对方差贡献率为权重，对不同种质的前 5 个主成分得分及其相应权重进行加权求和构建葡萄果实品质综合评价函数，即： $F = (0.3165F_1 + 0.2348F_2 + 0.1795F_3 + 0.16334F_4 + 0.1060F_5) / 0.8218$ 。根据以上综合评价函数计算出 101 个葡萄种质资源果实品质的综合得分，结果见表 5。

表 5 101 份葡萄种质资源品质综合得分与排名

Table 5 Composite score and ranking of quality of 101 grape germplasm resources

编号 No.	综合评价得分 Comprehensive evaluation score	排名 Ranking	编号 No.	综合评价得分 Comprehensive evaluation score	排名 Ranking	编号 No.	综合评价得分 Comprehensive evaluation score	排名 Ranking
C93	1.149	1	C34	0.346	36	C36	-0.137	71
C55	1.133	2	C52	0.337	37	C97	-0.180	72
C8	0.818	3	C81	0.318	38	C77	-0.187	73
C90	0.810	4	C85	0.282	39	C57	-0.196	74
C64	0.750	5	C25	0.266	40	C40	-0.199	75
C11	0.747	6	C12	0.256	41	C62	-0.232	76
C73	0.729	7	C16	0.253	42	C58	-0.264	77
C80	0.666	8	C15	0.249	43	C6	-0.277	78
C87	0.665	9	C100	0.248	44	C17	-0.283	79
C101	0.664	10	C10	0.221	45	C31	-0.336	80
C72	0.615	11	C83	0.214	46	C38	-0.344	81
C95	0.601	12	C41	0.211	47	C47	-0.345	82
C92	0.575	13	C19	0.207	48	C54	-0.350	83
C94	0.547	14	C7	0.205	49	C48	-0.369	84
C68	0.528	15	C89	0.204	50	C13	-0.378	85
C74	0.523	16	C5	0.187	51	C98	-0.393	86
C35	0.515	17	C84	0.175	52	C53	-0.406	87
C50	0.514	18	C18	0.172	53	C56	-0.417	88
C65	0.509	19	C69	0.141	54	C30	-0.418	89
C3	0.492	20	C51	0.132	55	C23	-0.448	90
C96	0.487	21	C24	0.122	56	C26	-0.451	91
C71	0.468	22	C49	0.115	57	C91	-0.501	92
C70	0.463	23	C28	0.096	58	C20	-0.562	93
C78	0.452	24	C21	0.093	59	C43	-0.617	94
C79	0.448	25	C2	0.090	60	C32	-0.631	95
C59	0.444	26	C4	0.069	61	C37	-0.685	96
C76	0.440	27	C82	0.064	62	C27	-0.730	97
C75	0.438	28	C86	0.045	63	C45	-0.762	98
C9	0.431	29	C63	-0.038	64	C22	-0.936	99
C61	0.412	30	C88	-0.044	65	C44	-0.947	100
C39	0.406	31	C14	-0.052	66	C42	-1.094	101
C66	0.386	32	C46	-0.067	67			
C99	0.380	33	C29	-0.070	68			
C67	0.369	34	C60	-0.086	69			
C1	0.357	35	C33	-0.120	70			

### 3. 讨论

进行果实品质性状的评价是筛选优异品种的主要依据之一,可通过果实大小、色泽等外观品质以及糖、酸、质地等内在品质的综合评估来分析其整体品质。同样,葡萄果实品质的优劣直接影响消费者的选择和其在市场上的竞争力,因此,使葡萄果实品质得到提升是国内

外葡萄育种者的重要育种目标。

本研究中葡萄果实 26 个代表性品质性状的变异系数范围为 7.03%~159.48%，其中花色苷、裂果率、裂果指数的变异系数超过 100%，弹性指数、可溶性固形物含量、横径和总糖含量等指标的变异系数较小。相关性分析结果表明，裂果率和裂果指数与纵径和果形指数呈极显著或显著正相关，与可溶性固形物含量、糖含量、果实硬度、凝聚性以及果皮硬度呈现极显著负相关，这与 Correia 等<sup>[17]</sup>和王旭旭等<sup>[18]</sup>的研究结果一致。说明葡萄果实的纵径、果形指数、果实硬度、果皮硬度、弹性和含糖量为影响裂果主要性状，当果实纵径长、果形指数大、果实硬度高、果皮薄、口感脆、糖度低时更易裂果。

不同葡萄种质果实品质之间差异大，用科学、系统、合理的评价方法是对其进行综合评价是必要前提的。在果实品质评价中，由于各性状指标无明显主次之分，单纯选择某一种或少数相关的指标对其进行评判并不可取，因此需要结合不同的分析方法和分析指标进行全面的评价。用于果实品质综合评价的分析方法有多种，牟红梅等<sup>[8]</sup>通过主成分分析的方法，对 27 个西洋梨果实品质的各项指标进行了转化、分析和综合排序。史星雲等<sup>[9]</sup>以粤椹大 10 果实为材料，筛选出了花色苷、维生素 C、单果干质量等 6 项有效参考指标，以用于粤椹大 10 品质的预测。陈丽娟等<sup>[20]</sup>通过硬度、可溶性固形物含量等 13 项指标来评价 30 份中国樱桃果实品质，通过主成分分析表明，硬度、可溶性固形物、维生素 C、单果质量、总酚、可溶性糖、Fe、 $\beta$ -胡萝卜素含量可以作为中国樱桃果实品质的正向指标。在本研究中，在欧式距离为 11.5 时，聚类分析将 101 个种质分为 5 个类群，本研究聚类分析结合主成分综合得分可知，各类群综合排名依次为：III > I > IV > V > II。对这些种质资源的粒质量、可溶性固形物含量、果实硬度、弹力、凝聚性、咀嚼性、果皮硬度、总酚含量、类黄酮含量、总糖含量、总酸含量、糖酸比、裂果率、裂果指数等 14 个果实品质性状进行主成分分析法评价，可转化为 5 个综合指标，其特征值均 > 1，累计贡献率达 82.178%，综合评价得分总体排名前列为蜜光、黑珍珠、郑艳无核、金手指、09-42、黑色甜菜、13-653、15-115 等果实综合品质表现佳，可在产业中直接应用或作为进一步种质创新选育的材料。

#### 4. 结论

不同葡萄种质资源间果实品质指标差异较大，采用相关性分析、聚类分析与主成分分析法综合评价结果表明，蜜光、黑珍珠、郑艳无核、金手指、09-42、黑色甜菜、13-653、15-115 等种质综合表现优异，筛选出可溶性固形物含量、总糖含量、总酚含量、类黄酮含量、弹力、凝聚性、咀嚼性、糖酸比、裂果率和裂果指数作为葡萄果实品质评价的核心指标，一些品质指标之间也具有高度的相关性，可作为浙江地区鲜食葡萄种质资源评价和品种选育鉴定工作的品质代表性评价指标。

## 参考文献 References:

- [1] SEFC K M, STEINKELLNER H, GLÖSSL J, KAMPFER S, REGNER F. Reconstruction of a grapevine pedigree by microsatellite analysis[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 1998, 97(1): 227-231.
- [2] 任晓琴, 文昊, 杨静慧, 刘艳军, 李冰, 梁发辉. 8个葡萄品种果实品质的主成分分析[J]. *天津农学院学报*, 2023, 30(2): 7-10.
- REN Xiaoqin, WEN Hao, YANG Jinghui, LIU Yanjun, LI Bing, LIANG Fahui. Principal component analysis of fruit quality of 8 grape varieties[J]. *Journal of Tianjin Agricultural University*, 2023, 30(2): 7-10.
- [3] 张晓利. 301份不同葡萄种质糖酸组分的鉴定评价[D]. 新乡: 河南科技学院, 2022.
- ZHANG Xiaoli. Identification and evaluation of sugar and organic acid in 301 grape germplasm[D]. Xinxiang: Henan Institute of Science and Technology, 2022.
- [4] LI S C, SUN L, FAN X C, ZHANG Y, JIANG J F, LIU C H. Polymorphism of anthocyanin concentration and composition in Chinese wild grapes[J]. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2021, 27(1): 34-41.
- [5] 梁俊, 郭燕, 刘玉莲, 李敏敏, 赵政阳. 不同品种苹果果实中糖酸组成与含量分析[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2011, 39(10): 163-170.
- LIANG Jun, GUO Yan, LIU Yulian, LI Minmin, ZHAO Zhengyang. Analysis of contents and constituents of sugar and organic acid in different apple cultivars[J]. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 2011, 39(10): 163-170.
- [6] 程文强, 徐阳, 吴开云, 赵献民, 龚榜初. 3种综合评价方法在柿果品质评价中的应用[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2023, 47(4): 61-72.
- CHENG Wenqiang, XU Yang, WU Kaiyun, ZHAO Xianmin, GONG Bangchu. Comparison of three comprehensive evaluation methods to evaluate the quality of persimmon fruit[J]. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 2023, 47(4): 61-72.
- [7] 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.
- [8] 牟红梅, 于强, 李庆余, 王义菊, 姜福东, 李元军, 薛敏, 王兆龙. 基于主成分分析的烟台地区西洋梨果实品质综合评价[J]. *果树学报*, 2019, 36(8): 1084-1092.
- MU Hongmei, YU Qiang, LI Qingyu, WANG Yiju, JIANG Fudong, LI Yuanjun, XUE Min, WANG Zhaolong. Synthetic evaluation of fruit quality of common pears (*Pyrus communis* L.) based on principal component analysis in Yantai areas[J]. *Journal of Fruit Science*, 2019, 36(8): 1084-1092.
- [9] 赵东兴, 岳建伟, 赵志昆, 杨永智, 陈林杨, 陈鸿洁, 李春, 张荣琴, 毕光林. 47份青皮红心柚果实农艺性状的综合分析与优异种质筛选[J]. *果树学报*, 2022, 39(9): 1553-1561.
- ZHAO Dongxing, YUE Jianwei, ZHAO Zhikun, YANG Yongzhi, CHEN Linyang, CHEN Hongjie, LI Chun, ZHANG Rongqin, BI Guanglin. Comprehensive analysis of fruit agronomic traits of 47 pomelos with green skin and red pulp as well as screening of excellent germplasm[J]. *Journal of Fruit Science*, 2022, 39(9): 1553-1561.
- [10] 王思威, 孙海滨, 常虹, 钟声, 赵俊生, 王潇楠. 基于主成分分析综合评价白糖罍荔枝果实品质[J]. *果树学报*, 2022, 39(4): 610-620.

- WANG Siwei, SUN Haibin, CHANG Hong, ZHONG Sheng, ZHAO Junsheng, WANG Xiaonan. Comprehensive evaluation of fruit quality of Baitangying *Litchi* based on principal component analysis[J]. *Journal of Fruit Science*, 2022, 39(4): 610-620.
- [11] 郭琳琳, 庞荣丽, 王瑞萍, 乔成奎, 田发军, 王彩霞, 李君, 庞涛, 成昕, 谢汉忠. 猕猴桃营养品质综合评价[J]. *果树学报*, 2022, 39(10): 1864-1872.
- GUO Linlin, PANG Rongli, WANG Ruiping, QIAO Chengkui, TIAN Fajun, WANG Caixia, LI Jun, PANG Tao, CHENG Xin, XIE Hanzhong. Comprehensive trait evaluation for kiwifruit nutritional quality[J]. *Journal of Fruit Science*, 2022, 39(10): 1864-1872.
- [12] 聂继云, 李志霞, 李海飞, 李静, 王昆, 毋永龙, 徐国锋, 闫震, 吴锡, 覃兴. 苹果理化品质评价指标研究[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(14): 2895-2903.
- NIE Jiyun, LI Zhixia, LI Haifei, LI Jing, WANG Kun, WU Yonglong, XU Guofeng, YAN Zhen, WU Xi, QIN Xing. Evaluation indices for apple physicochemical quality[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(14): 2895-2903.
- [13] 宋江峰, 刘春泉, 姜晓青, 李大婧. 基于主成分与聚类分析的菜用大豆品质综合评价[J]. *食品科学*, 2015, 36(13): 12-17.
- SONG Jiangfeng, LIU Chunquan, JIANG Xiaoqing, LI Dajing. Comprehensive evaluation of vegetable soybean quality by principal component analysis and cluster analysis[J]. *Food Science*, 2015, 36(13): 12-17.
- [14] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- CAO Jiankang, JIANG Weibo, ZHAO Yumei. Experiment guidance of postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [15] KOMATSU A, TAKANOKURA Y, MORIGUCHI T, OMURA M, AKIHAMA T. Differential expression of three sucrose-phosphate synthase isoforms during sucrose accumulation in *Citrus* fruits (*Citrus unshiu* Marc.)[J]. *Plant Science*, 1999, 140(2): 169-178.
- [16] 张川. 葡萄种质资源裂果性评价和裂果相关候选基因鉴定[D]. 南京: 南京农业大学, 2020.
- ZHANG Chuan. Evaluation of berry-cracking in grape germplasm resources and identification of candidate genes related to berry-cracking[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2020.
- [17] CORREIA S, SCHOUTEN R, SILVA A P, GONÇALVES B. Sweet cherry fruit cracking mechanisms and prevention strategies: A review[J]. *Scientia Horticulturae*, 2018, 240: 369-377.
- [18] 王旭旭, 樊秀彩, 李傲, 张超博, 房经贵, 刘崇怀, 上官凌飞. 葡萄品种资源裂果性状调查与分析[J]. *园艺学报*, 2016, 43(11): 2099-2108.
- WANG Xuxu, FAN Xiucui, LI Ao, ZHANG Chaobo, FANG Jinggui, LIU Chonghuai, SHANGGUAN Lingfei. Investigation and analysis on cracking trait in grape berry[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2016, 43(11): 2099-2108.
- [19] 史星雲, 徐珊珊, 柳丽萍, 陶新中, 钱文春. 基于主成分分析果桑品质评价模型的建立[J]. *中国果树*, 2024(3): 54-59.
- SHI Xingyun, XU Shanshan, LIU Liping, TAO Xinzhong, QIAN Wenchun. Establishment of quality evaluation model of fruit mulberry based on principal component analysis[J]. *China Fruits*, 2024(3): 54-59.
- [20] 陈丽娟, 王东, 李洪雯, 刘佳, 张国薇. 中国樱桃不同品种(优系)果实品质分析[J]. *热带作物学报*, 2024, 45(3): 514-523.
- CHEN Lijuan, WANG Dong, LI Hongwen, LIU Jia, ZHANG Guowei. Fruit quality analysis of different Chinese cherry varieties (excellent lines)[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2024, 45(3): 514-523.