网络出版时间:2025-10-31 DOI:10.13207/j.jnwafu.2026.04.012

新疆吐哈地区葡萄品种资源果实品质分析及综合评价

吴雨卓[1],刘媛[1],孙锋[2],伍国红[2],秦伟[1,3],刘立强[1],
买吾兰江·巴拉提[1],周伟权[1]

(1新疆农业大学 园艺学院,新疆 乌鲁木齐 830052;2新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所,新疆 鄯善 838200;
3新疆和田学院,新疆 和田 848000)

[摘 要] 【目的】综合评价新疆吐哈(吐鲁番-哈密)地区葡萄品种资源的果实品质,为葡萄良种选育及资源综合利用提供科学依据。【方法】以吐哈地区110份葡萄资源为研究对象,测定果实色泽、质地及营养成分等相关的20项品质指标,并结合相关性分析、聚类分析、主成分分析及隶属函数分析等方法,系统评估葡萄品种资源的综合品质。【结果】110份葡萄品种资源的果实色泽差异明显,果皮L^*值均值为29.07,果肉L^*值均值为28.13,其变异系数分别为16.22%和29.90%;果实硬度、咀嚼性、胶着性、弹性、黏聚性和回复性等6个果实质地指标的变异系数为5.52%~45.78%;各品种资源可溶性糖、可滴定酸和维生素C(V_C)含量分别为9.21%~21.74%,0.11%~0.64%和13.33~292.50 g/kg;果实酚类物质变异系数从大到小依次为总花青素、单宁、总黄酮、总酚;果穗质量为124.54~1 220.12 g。葡萄果皮和果肉的a^*、b^*值与酚类物质含量呈显著或极显著负相关;果实硬度、咀嚼性、胶着性及果穗质量之间呈极显著正相关;可滴定酸含量与果实弹性、黏聚性、回复性呈极显著正相关,与总花青素含量呈显著正相关,而与果实硬度呈极显著负相关;果实总酚、总黄酮、单宁及总花青素含量之间呈极显著正相关。依据果实品质性状聚类分析结果表明,110份葡萄品种资源可划分为7个类群,各类群分别具有不同的品质特征;主成分分析共提取了6个主成分,累计方差贡献率达73.97%,并筛选出果实硬度、胶着性、总花青素含量、V_C含量、回复性、可滴定酸含量、黏聚性和可溶性糖含量及果皮b^*、果肉L^*、果皮L^*、果肉b^*共12项关键性状作为葡萄资源评价的主要指标;葡萄资源果实综合评价得分(D)为0.207~0.721。【结论】新疆吐哈地区110份葡萄品种资源的果实品质性状表现出丰富的遗传多样性,果实色泽、质地、营养等指标间存在显著相关性;果实硬度、胶着性、总花青素含量等可作为葡萄品种资源评价的主要指标;'奥迪亚无核'、'黑奇无核'、'火州紫玉'、'波发尔'以及'克林巴马克(黄梢)'等可作为新疆吐哈地区葡萄品种改良的优先候选资源。

[关键词] 葡萄;品种资源;果实品质;综合评价;新疆吐哈地区

[中图分类号] S663.1 [文献标志码] A [文章编号] 1671-9387(2026)04-0100-13

Fruit quality analysis and comprehensive evaluation of grape cultivar resources in Turpan-Hami region of Xinjiang

WU Yuzhuo[1],LIU Ai[1],SUN Feng[2],WU Guohong[2],QIN Wei[1,3],LIU Liqiang[1],
BALATI Maiwulanjiang[1],ZHOU Weiquan[1]

(1 *College of Horticulture,Xinjiang Agricultural University,Urumqi,Xinjiang* 830052,*China*;2 *Research Institute of Grapes and Melons of Xinjiang Uygur Autonomous Region,Shanshan,Xinjiang* 838200,*China*;3 *Xinjiang Hetian College,Hetian,Xinjiang* 848000,*China*)

[收稿日期] 2025-01-26 [修回日期] 2025-04-11
[基金项目] 科技部第三次新疆综合科学考察项目(2022xjkk1201);新疆维吾尔自治区重点研发计划项目(2022B02045-1)
[作者简介] 吴雨卓(1999—),男,新疆克拉玛依人,在读硕士,主要从事果树种质资源收集与评价研究。
E-mail:wuyz19991112@163.com
[通信作者] 周伟权(1992—),男,甘肃武威人,讲师,硕士生导师,主要从事果树种质资源与栽培生理研究。
E-mail:zhouwq1120@163.com

中国知网 https://www.cnki.net

Abstract：【Objective】The study aims to comprehensively evaluate the fruit quality of grape cultivar resources in Turpan-Hami region of Xinjiang, to provide a scientific basis for the breeding of high-quality grape varieties and the comprehensive utilization of cultivar resources.【Method】110 grape cultivars from the Turpan-Hami region were adopted as research subject, and 20 quality indicators related to fruit color, texture, and nutritional content were measured. The correlation analysis, cluster analysis, principal component analysis (PCA), and fuzzy set analysis were used to systematically evaluate the comprehensive quality of the grape cultivar resources.【Result】Significant difference was observed in fruit color of 110 grape cultivars. The mean L^* value of the fruit peel was 29.07, while that of the fruit flesh was 28.13, with coefficients of variation (CV) being 16.22% and 29.90%, respectively. The coefficients of variation for the six fruit-texture parameters-hardness, chewiness, gumminess, springiness, cohesiveness, and resilience-ranged from 5.52% to 45.78%. The soluble sugar content of the 110 grape cultivars ranged from 9.21 % to 21.74 %, the titratable acid content from 0.11% to 0.64%, and the vitamin C (V_C) content from 13.33－292.50 g/kg. The CV for fruit phenolic substance ranked, in descending order, as follows: total anthocyanins, tannins, total flavonoids, and total phenols. The cluster weight ranged from 124.54 to 1 220.12 g. The a^* and b^* values of the grape fruit peel and pulp were significantly or highly significantly negatively correlated with the content of phenolic substances. Fruit hardness, chewiness, gumminess, and cluster weight were highly significantly positively correlated. The titratable acid content was highly significantly positively correlated with fruit springiness, cohesiveness, resilience, and significantly positively correlated with total anthocyanin content, but was highly significantly negatively correlated with fruit hardness. The contents of fruit total phenols, total flavonoids, tannins, and total anthocyanins were highly significantly positively correlated. According to the results of cluster analysis of fruit quality traits, 110 grape cultivars could be divided into 7 groups, and each group showed different quality characteristics. Six principal components were determined in PCA, with a cumulative variance contribution rate of 73.97%, and 12 key traits including fruit hardness, gumminess, total anthocyanin content, V_C content, resilience, titratable acid content, cohesiveness, and soluble sugar content, fruit peel b^*, fruit pulp L^*, fruit peel L^*, fruit pulp b^* were selected as the main indicators for evaluating grape resources. The comprehensive quality score (D) of the grape resources ranged from 0.207 to 0.721.【Conclusion】The fruit quality traits of 110 grape cultivar resources in the Turpan-Hami region of Xinjiang exhibit great genetic diversity, and there are significant correlations among indicators such as fruit color, texture, and nutrition. Fruit hardness, gumminess, total anthocyanin content, etc. could be selected as the main indicators for evaluating grape cultivar resources. 'Otilia seedless', 'Heiqi seedless', 'Huozhouziyu', 'Bofaer' and 'Kelinbamake (Huangshao)' can be considered as priority candidate resources for grape variety improvement in the Turpan-Hami region of Xinjiang.

Key words：grape; cultivars resources; fruit quality; comprehensive evaluation; Turpan-Hami region of Xinjiang

葡萄是人类历史上驯化时间最早且消费量极大的水果之一，其果实富含维生素与矿物质，在增强人体免疫力、维持骨骼健康方面发挥着重要作用[1-2]。吐鲁番-哈密地区（简称吐哈地区）葡萄种植面积占新疆葡萄种植面积的28.4%，总产量更是达到新疆葡萄总产量的40.0%[3]，在该地区农村经济发展和农民增收过程中占据支柱性地位，不仅有力推动了生态农业的发展，还在带动葡萄酒、葡萄干等葡萄加工产业出口创汇方面成效显著，为新疆乡村振兴和可持续发展提供了强大助力[4]。据统计，吐哈地区现有葡萄品种500余个，其中'无核白'作为主栽品种，栽培面积占吐哈地区葡萄种植总面积的60%以上，但由于该地区种植葡萄品种结构单一，果实成熟上市期过于集中，目前已不能满足多元化的市场需求，严重制约了当地葡萄产业的多元化发展和长期稳定增长[5-6]。因此，筛选品质优异的葡萄资源对吐哈地区葡萄品种结构优化及产业升级至关重要。

近年来，关于葡萄资源的研究呈现出多方面发展的态势。丁思悦等[7]以来源于美洲种、欧美杂种、

中国知网　https://www.cnki.net

欧山杂种和欧亚种的66份葡萄品种作为研究材料，通过对一年生枝条的多个生理指标进行综合鉴定，发现美洲种的抗寒性最强，欧亚种的抗寒性最弱。杨鑫等[8]对342个葡萄品种的成熟叶片进行调查发现，叶片质量性状的多样性十分丰富，其中叶片形状以楔形和五角形为主，裂刻深度以中为主，上裂刻形状以轻微重叠为主。张雯等[9]的研究成果表明，果实硬度、胶着度和咀嚼性可以作为评价葡萄果肉质地的关键量化指标。王季姣等[10]对110份新疆主要酿酒葡萄种质资源进行的聚类分析表明，这些葡萄被分为6个组别，且可根据聚类结果区分不同组别葡萄的引种来源。目前，已有的研究多是关于葡萄资源分类[11]、表型多样性分析[12-13]和抗性分析[14-15]，虽然研究群体数量较大，但评价指标比较单一，仍然存在一定的局限性。就吐哈地区而言，虽然已有部分关于葡萄果实品质评价的报道[16-17]，但针对多品种进行综合评价，尤其是基于果实品质性状的品种选优研究仍相对较少，在评价的全面性和系统性方面还有较大的提升空间。深入进行吐哈地区葡萄品种资源的多样性分析和全面综合评价，并挖掘具有重要经济价值的品种资源，对于调整该地区葡萄种植结构，促进葡萄产业的可持续发展，提升葡萄产业整体竞争力具有重要意义。

为此，本研究以新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所葡萄种质资源圃内的110份葡萄品种资源为材料，针对20个关键果实品质性状，深入开展多样性分析、相关性分析和聚类分析，运用主成分分析与隶属函数法相结合的技术手段对这些葡萄品种资源进行综合评价和分类，全面解析不同葡萄品种资源的果实品质差异，筛选吐哈地区具有优异性状的葡萄资源，以期为新疆吐哈地区葡萄品种改良、新品种选育和种植结构调整提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2024年7—9月，以保存在新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所葡萄资源圃中的110份葡萄品种资源为研究对象，其品种名称及编号详见表1。为了确保试验的一致性和准确性，选取树龄和长势一致、无病虫害、挂果正常、主干粗度相对一致的葡萄植株进行挂牌标记。所有试验材料均采用水平棚架多蔓栽培方式，柱高2.0 m，株行距为4.0 m×0.5 m。葡萄试验地土壤质地为壤土，其基本理化性质详见表2。试验期间各资源采用统一的田间管理方式，并对不同品种葡萄的20个果实品质性状进行全面观测与数据采集。

表1 供试110份葡萄品种的名称及来源

Table 1 Names and origins of 110 grape cultivars tested

编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source
1	无核白 Thompson seedless	中国新疆 Xinjiang,China	38	水晶无核 Crystal seedless	中国新疆 Xinjiang,China	75	白哈什哈尔 White hashihaer	中国新疆 Xinjiang,China
2	Black Seedless	美国 America	39	昆香无核 Kunxiang seedless	中国新疆 Xinjiang,China	76	红木纳格 Red munage	中国新疆 Xinjiang,China
3	紫田无核 Zitian seedless	不详 Variety unknown	40	晶红宝 Jinghongbao	中国山西 Shanxi,China	77	赛勒克阿依 Sailekeayi	中国新疆 Xinjiang,China
4	无核白鸡心 Centennial seedless	中国新疆 Xinjiang,China	41	京可晶 Jingkejing	中国北京 Beijing,China	78	阿克塔那依 Aketanayi	中国新疆 Xinjiang,China
5	美丽无核 Beauty seedless	美国 America	42	京大晶 Jingdajing	中国北京 Beijing,China	79	贝加干 Beijiagan	中国新疆 Xinjiang,China
6	红脸无核 Blush seedless	美国 America	43	爱神玫瑰 Aishenmeigui	中国北京 Beijing,China	80	白哈丽 Baihali	中国新疆 Xinjiang,China
7	底来特 Delight	美国 America	44	火州黑玉 Huozhouheiyu	中国新疆 Xinjiang,China	81	伊犁香葡萄 Yilixiang grape	中国新疆 Xinjiang,China
8	波尔来特 Perlette	中国河南 Henan,China	45	火州紫玉 Huozhouziyu	中国新疆 Xinjiang,China	82	黑哈丽 Heihali	中国新疆 Xinjiang,China
9	波发尔 Bofaer	中国河南 Henan,China	46	火州翠玉 Huozhoucuiyu	中国新疆 Xinjiang,China	83	晨香 Chenxiang	中国上海 Shanghai,China
10	黎明无核 Dawn seedless	中国河南 Henan,China	47	杨格尔 Youngle	中国河南 Henan,China	84	南太湖特早 Nantaihutezao	中国江苏 Jiangsu,China
11	优无核 Superior seedless	美国 America	48	紧穗无籽露 Jinsuiwuzilu	中国河南 Henan,China	85	花叶哈什哈尔 Huayehashihaer	中国新疆 Xinjiang,China

中国知网 https://www.cnki.net

表 1（续） Table 1(continued)

编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source
12	早无核白 Zaowuhebai	中国新疆 Xinjiang,China	49	苏丹尼 Sultana	中国河南 Henan,China	86	红马奶 Hongmanai	中国新疆 Xinjiang,China
13	康耐诺 Kangnainuo	中国河南 Henan,China	50	巴拉多 Ballado	中国河南 Henan,China	87	大青葡萄 Daqing grape	中国新疆 Xinjiang,China
14	北京王波尔特 Beijingwangboerte	不详 Variety unknown	51	极高 Jigao	中国山东 Shandong,China	88	黑布瑞克 Heiburuike	中国新疆 Xinjiang,China
15	红宝石无核 Ruby seedless	美国 America	52	新葡1号 Xinpu No. 1	中国河南 Henan,China	89	桃克克努可 Taokekenuke	中国新疆 Xinjiang,China
16	克瑞森无核 Crimson seedless	美国 America	53	绿洲宝石 Lüzhoubaoshi	中国新疆 Xinjiang,China	90	白布瑞克 Baiburuike	中国新疆 Xinjiang,China
17	紫甜无核 Purple sweet seedless	中国河北 Hebei,China	54	SP4614	中国新疆 Xinjiang,China	91	其里干 Qiligan	中国新疆 Xinjiang,China
18	丝路红无核 Siluhong seedless	中国山东 Shandong,China	55	SP2286	中国新疆 Xinjiang,China	92	户太10号 Hutai No. 10	中国陕西 Shaanxi,China
19	奥迪亚无核 Otilia seedless	罗马尼亚 Romania	56	克林巴马克(黄梢) Kelinbamake (Huangshao)	乌兹别克斯坦 Uzbekistan	93	户太9号 Hutai No. 9	中国陕西 Shaanxi,China
20	87-1	中国辽宁 Liaoning, China	57	黑天鹅 Black swan	日本 Japan	94	珍香 Zhenxiang	德国 Germany
21	白无核 White seedless	不详 Variety unknown	58	粉红亚都密 Yatomi rosa	日本 Japan	95	天山 Tianshan	中国新疆 Xinjiang,China
22	粉红无核 Kichmich rose	中国河南 Henan, China	59	郑美 Zhengmei	中国河南 Henan,China	96	阿里可克 Alikeke	乌兹别克斯坦 Uzbekistan
23	布朗无核 Bronx seedless	美国 America	60	白塞涅 Baisainie	中国河南 Henan,China	97	马奶子 Manaizi	中国新疆 Xinjiang,China
24	火焰无核 Flame seedless	美国 America	61	吐鲁番红葡萄 Turpan red grape	中国新疆 Xinjiang,China	98	和田黄 Hetianhuang	中国新疆 Xinjiang,China
25	红艳无核 Brilliant seedless	不详 Variety unknown	62	和田红 Hetianhong	中国新疆 Xinjiang,China	99	温宿红葡萄 Wensu red grape	中国新疆 Xinjiang,China
26	郑艳无核 Zhengyan seedless	中国河南 Henan, China	63	和田绿葡萄 Hetian green grape	中国新疆 Xinjiang,China	100	紫马奶 Zimanai	中国新疆 Xinjiang,China
27	秋无核 Autumn seedless	中国河南 Henan,China	64	墨玉葡萄 Moyu grape	中国新疆 Xinjiang,China	101	谢克兰格 Xiekelange	中国新疆 Xinjiang,China
28	艾麦那 Aimaina	中国河南 Henan,China	65	阿里戈特 Aligote	法国 France	102	连木沁长无核 Lianmuqinchang seedless	中国新疆 Xinjiang,China
29	炎兴无核 Yanxing seedless	中国新疆 Xinjiang,China	66	绿葡萄 Green grape	中国新疆 Xinjiang,China	103	鲁克沁香蕉王无核 Lukeqinxiang-jiaowang seedless	中国新疆 Xinjiang,China
30	黑奇无核 Heiqi seedless	美国 America	67	母契洛尼 Muqiluoni	俄罗斯 Russia	104	迪坎红马奶子 Dikanhongma-naizi	中国新疆 Xinjiang,China
31	红标无核 Hongbiao seedless	中国河北 Hebei,China	68	微红白 Weihongbai	中国新疆 Xinjiang,China	105	奥菲利亚 Aofeiliya	意大利 Italy
32	京早晶 Jingzaojing	中国北京 Beijing,China	69	黑葡萄(2022) Black grape (2022)	中国新疆 Xinjiang,China	106	香悦 Xiangyue	中国辽宁 Liaoning,China
33	昆诺无核 Kunnuo seedless	中国河南 Henan,China	70	假黄葡萄 Jiahuang grape	中国新疆 Xinjiang,China	107	红思维特 Hongsiweite	中国新疆 Xinjiang,China
34	紫乳无核 Ziru seedless	中国山东 Shandong,China	71	伊犁大白葡萄 Yilidabai grape	中国新疆 Xinjiang,China	108	博乐红 Bolehong	中国新疆 Xinjiang, China
35	香妃无核白鸡心 Xiangfei centennial seedless	中国新疆 Xinjiang,China	72	黑卡拉斯2021 Heikalasi 2021	中国新疆 Xinjiang,China	109	博乐白 Bolebai	中国新疆 Xinjiang,China
36	无核紫 Black monukka	中国河南 Henan,China	73	喀什喀尔 Kashikaer	中国新疆 Xinjiang,China	110	也力阿克 Yeliake	中国新疆 Xinjiang,China
37	紫香无核 Zixiang seedless	中国新疆 Xinjiang,China	74	绿木纳格 Green munage	中国新疆 Xinjiang,China			

中国知网 https://www.cnki.net

表2 试验地土壤理化性质

Table 2 Physicochemical properties of soil in experimental site

土层/cm Soil layer	pH	有机质/(g·kg^{-1}) Organic matter	碱解氮/(mg·kg^{-1}) Alkaline hydrolysis N	全氮/(g·kg^{-1}) Total nitrogen	全磷/(g·kg^{-1}) Total phosphorus	全钾/(g·kg^{-1}) Total potassium	速效磷/(mg·kg^{-1}) Readily available phosphorus	速效钾/(mg·kg^{-1}) Available potassium
0～20	8.13	11.65	44.57	3.13	0.61	1.67	2.02	104.33
20～40	8.04	11.89	47.09	3.06	0.59	1.73	6.32	115.33

1.2 指标测定

在各品种中挑选3株树势中庸、无病虫害且生长状况基本一致的葡萄植株作为试验对象。待果实达到成熟期后,随机选取3穗健康、无病虫害的果实。测定以下指标:

(1)外观品质。使用电子天平测定果穗质量;采用三恩时便携式色差仪(深圳市三恩时科技有限公司)测定果实赤道处带皮及去皮后的色泽。色泽通过L^*(亮度值)、a^*(红绿值)、b^*(黄蓝值)3项指标表示,且a^*、b^*的绝对值越大,表明颜色越深[18]。

(2)内在品质。利用TA.PORTABLE便携式质构仪(上海保圣实业发展有限公司)测定葡萄果实的硬度、咀嚼性、胶着性、弹性、黏聚性以及回复性等质地相关指标。采用TA/36柱形探头(直径为36 mm),将其置于葡萄果实赤道位置进行全质构分析(texture profile analysis,TPA)。具体测试设置如下:测试前速度为2.0 mm/s,测试时和测试后速度为1.0 mm/s;触发类型设定为压力,数值为5.0 N,目标模式设定为形变,数值为25.0%;间隔时间设置为2 s,循环2次。

参考《植物生理生化实验原理和技术》[19]中的方法测量葡萄果实各项生理指标。可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定,可滴定酸含量采用氢氧化钠滴定法测定,维生素C(V_C)含量采用2,6-二氯靛酚滴定法测定,其中可溶性糖和可滴定酸含量以质量分数(%)表示;果皮中总酚、总黄酮、单宁以及总花青素含量分别采用Folin酚法、硝酸铝-氢氧化钠显色法、钨酸钠-磷钼酸比色法和pH示差法测定。

1.3 数据处理

采用Microsoft Excel 2021软件对原始数据进行整理和分析,使用Origin 2023软件进行多样性分析、相关性分析、聚类分析和主成分分析,其中聚类分析法采用的是系统聚类、组间连接、欧氏距离法。

参照文献[20]和[21],采用标准化处理后的数据进行主成分分析,并计算综合指标的隶属函数值(R)、权重值(W)和综合评价值(D),其计算公式分别为:

$$R(r_{ij})=\frac{X_{ij}-X_{j\min}}{X_{j\max}-X_{j\min}},\ i=1,2,\cdots,m;\ j=1,2,\cdots,n; \tag{1}$$

$$W_j=\frac{P_j}{\sum_{j=1}^{n}P_j},j=1,2,\cdots,n; \tag{2}$$

$$D_i=\sum_{j=1}^{n}[R(r_{ij})\cdot W_j]。 \tag{3}$$

式中:i表示品种资源,j表示品质指标,m=110,n=20;$R(r_{ij})$表示第i个资源第j个指标的隶属函数值,X_{ij}为第i个资源第j个指标的测定值,$X_{j\max}$和$X_{j\min}$分别为所有参试资源中第j个指标测定值的最大值和最小值;W_j为葡萄资源指标评价权重,P_j表示第j个指标的贡献度;D_i表示葡萄资源的综合评价值。

2 结果与分析

2.1 不同葡萄品种资源果实外观的多样性分析

对110份葡萄品种资源果实外观指标进行分析,结果(表3)显示,其果皮外观指标的变异系数为16.22%～574.88%。其中,果皮L^*值的均值为29.07,以'红木纳格'最高,果皮a^*值为－14.62～10.02,果皮b^*值为－9.13～9.57;果肉颜色的变异系数为29.90%～9 509.40%,果肉L^*值的均值为28.13,果肉a^*值为－17.55～14.69,果肉b^*值为－3.57～9.78。该结果表明,110份葡萄品种资源在果实亮度和颜色上存在明显差异。

2.2 不同葡萄品种资源果实质地指标的多样性分析

不同葡萄品种资源果实质地的分析结果(表4)表明,果实各质地指标的变异系数为5.52%～45.78%,从大到小依次为硬度、胶着性、咀嚼性、回复性、黏聚性、弹性,以果实硬度的变异程度最大,而果实弹性相对稳定。其中'优无核'果实的硬度、咀嚼性和胶着性均最大,分别为18.35,7.21和9.12 N;'桃克

中国知网 https://www.cnki.net

克努可'的硬度最小,为1.85 N,'杨格尔'的咀嚼性和胶着性最小,分别为0.63和0.90 N。果实弹性、黏聚性和回复性分别为0.67～0.93,0.35～0.74和0.21～0.48,并均以'温宿红葡萄'最大,'杨格尔'最小。

表3　不同葡萄品种资源果实色泽指标的多样性分析

Table 3　Diversity analysis of fruit color indicators among different grape cultivars

指标 Index	果皮 L^* Fruit peel L^*	果皮 a^* Fruit peel a^*	果皮 b^* Fruit peel b^*	果肉 L^* Fruit pulp L^*	果肉 a^* Fruit pulp a^*	果肉 b^* Fruit pulp b^*
最大值 Maximum value	45.78	10.02	9.57	38.93	14.69	9.78
最小值 Minimum value	11.58	−14.62	−9.13	6.51	−17.55	−3.57
均值 Mean value	29.07±4.71	−2.82±5.04	−0.73±4.19	28.13±8.41	0.00±6.41	1.76±2.35
变异系数/% Coefficient of variation	16.22	178.63	574.88	29.90	9 509.40	133.89

表4　不同葡萄品种资源果实质地指标的多样性分析

Table 4　Diversity analysis of fruit texture indicators among different grape cultivars

指标 Index	硬度/N Hardness	咀嚼性/N Chewiness	胶着性/N Gumminess	弹性 Springiness	黏聚性 Cohesiveness	回复性 Resilience
最大值 Maximum value	18.35	7.21	9.12	0.93	0.74	0.48
最小值 Minimum value	1.85	0.63	0.90	0.67	0.35	0.21
均值 Mean value	7.56±3.46	3.07±1.14	3.84±1.53	0.81±0.04	0.53±0.08	0.3±0.05
变异系数/% Coefficient of variation	45.78	36.96	39.82	5.52	15.28	16.75

2.3　不同葡萄品种资源果实营养物质含量的多样性分析

供试110份葡萄品种资源果实营养成分的测定结果(表5)显示,可溶性糖、可滴定酸和V_C含量的均值分别为15.82%,0.28%和71.09 g/kg。可溶性糖含量最高的品种为'博乐白',其次是'无核白'(21.34%)和'迪坎红马奶子'(21.12%),最低的品种为'贝加干'(9.21%);V_C含量排名前三的品种依次为'南太湖特早'(292.50 g/kg)、'贝加干'(250.00 g/kg)和'波尔来特'(240.00 g/kg)。供试110份葡萄品种资源果实的总酚、总黄酮、单宁和总花青素含量分别为1.80～13.62,1.36～21.09,0.59～7.62和0.00～11.34 mg/g,其变异系数分别为42.68%,46.27%,57.56%和197.88%,说明不同葡萄品种间酚类物质含量具有显著差异。110份葡萄品种资源的果穗质量为124.54～1 220.12 g,变异系数为39.47%,最小值与最大值之间差距明显。

表5　不同葡萄品种资源果实营养物质指标的多样性分析

Table 5　Diversity analysis of nutritional indicators in fruits among different grape cultivars

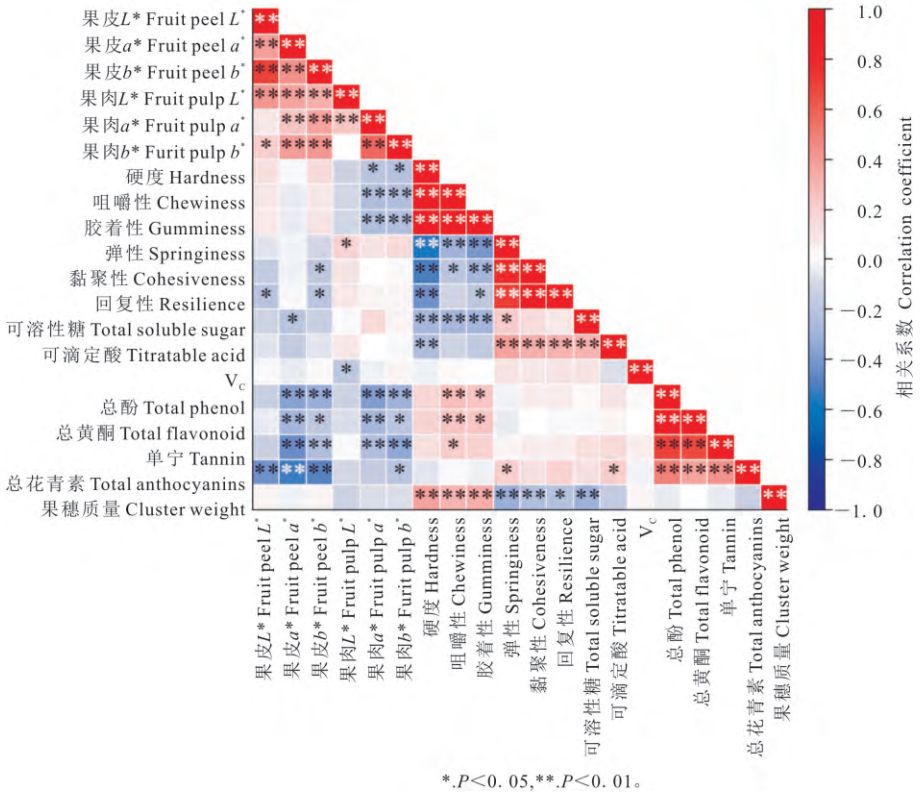
指标 Index	可溶性糖/% Total soluble sugar	可滴定酸/% Titratable acid	V_C/($g \cdot kg^{-1}$)	总酚/($mg \cdot g^{-1}$) Total phenol	总黄酮/($mg \cdot g^{-1}$) Total flavonoid	单宁/($mg \cdot g^{-1}$) Tannin	总花青素/($mg \cdot g^{-1}$) Total anthocyanins	果穗质量/g Cluster weight
最大值 Maximum value	21.74	0.64	292.50	13.62	21.09	7.62	11.34	1 220.12
最小值 Minimum value	9.21	0.11	13.33	1.80	1.36	0.59	0	124.54
均值 Mean value	15.82±2.56	0.28±0.11	71.09±45.18	5.78±2.47	8.67±4.01	3.28±1.89	0.87±1.73	455.19±179.67
变异系数/% Coefficient of variation	16.17	38.00	63.56	42.68	46.27	57.56	197.88	39.47

2.4　不同葡萄品种资源果实品质指标的相关性分析

不同葡萄品种资源果实品质性状相关性分析结果见图1。图1表明,在110份葡萄品种资源中,20个品质性状之间大多呈现出显著或极显著相关性。在果实外观指标之间,果皮L^*值与果肉a^*值、果

中国知网　https://www.cnki.net

肉L^*值与果肉b^*值相关不显著,果皮L^*值与果肉b^*值呈显著正相关($P<0.05$),其余指标两两之间均呈现极显著正相关($P<0.01$);在外观指标与质地指标之间,果皮L^*值与果实回复性,果皮b^*值与果实回复性、黏聚性,以及果肉a^*值和果肉b^*值分别与果实硬度、咀嚼性、胶着性均呈显著或者极显著负相关,而果肉L^*值与果实弹性呈显著正相关;在外观指标与营养指标之间,果皮a^*值、果皮b^*值、果肉a^*值和果肉b^*值与总酚、总黄酮、单宁以及总花青素含量间,果皮L^*值与总花青素含量间,果皮a^*值与可溶性糖含量,果肉L^*值与V_C含量间均呈显著或极显著负相关。同时,在质地相关指标之间,果实硬度、咀嚼性、胶着性、果穗质量两两之间,以及果实弹性、黏聚性、回复性两两之间均呈极显著正相关,而果实硬度、咀嚼性、胶着性、果穗质量与果实弹性、黏聚性、回复性之间多呈显著或者极显著负相关;在质地指标与营养指标之间,果实硬度、咀嚼性、胶着性、果穗质量与可溶性糖含量,以及果实硬度与可滴定酸含量呈极显著负相关,果实咀嚼性、胶着性与总酚、总黄酮、单宁含量,果实弹性与可溶性糖、可滴定酸、总花青素含量,以及果实黏聚性、回复性与可滴定酸含量之间均呈显著或极显著正相关。另外,在营养指标之间,果实可滴定酸含量与总花青素含量呈显著正相关,果实总酚、总黄酮、单宁和总花青素含量两两之间均呈极显著正相关。



*.$P<0.05$,**.$P<0.01$。

图1 不同葡萄品种资源果实品质性状相关性分析

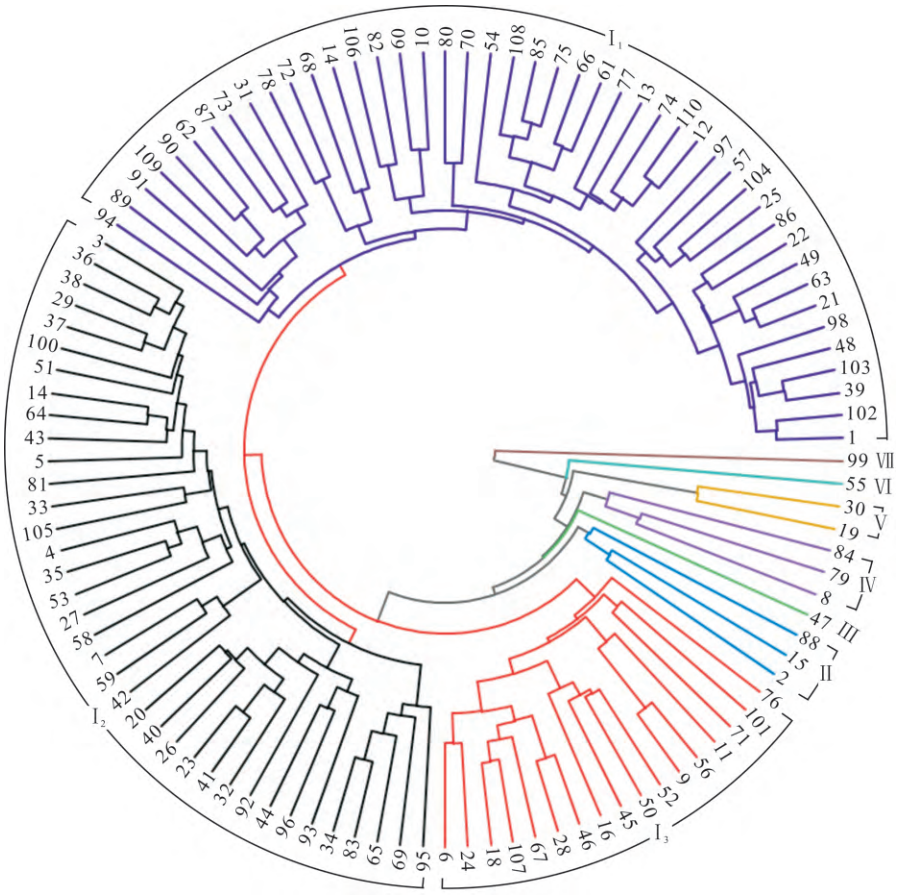
Fig. 1 Correlation analysis of fruit quality traits among different grape cultivars

2.5 不同葡萄品种资源果实品质的聚类分析

依据葡萄品种资源果实的品质性状聚类分析结果(图2),可将110份葡萄品种清晰地划分为7个类别。Ⅰ类包括99份资源,该类群葡萄果实果肉的L^*值较高,仅低于第Ⅶ类群,可进一步细分为3个亚类。其中,$Ⅰ_1$亚类涵盖了45份资源,果肉L^*和可溶性糖含量均高于其余2个亚类,且能再划分为4个类群;$Ⅰ_2$亚类包含'紫田无核'、'无核紫'和'水晶无核'等37个品种,其可滴定酸、V_C及酚类物质含量均高于$Ⅰ_1$、$Ⅰ_3$亚类;$Ⅰ_3$亚类包含'红脸无核'、'火焰无核'和'丝路红无核'等17份资源,该亚类果实硬度大、果穗质量高。Ⅱ类包含3份资源,即'Black Seedless'、'红宝石无核'和'黑布瑞克',该类群的可溶性糖含量较高,仅低于第Ⅶ类群。Ⅲ类仅包含'杨格尔'1份资源,其可滴定酸含量在所有类群中最低。Ⅳ类包含3份资源,分别是'波尔来特'、'贝加干'和'南太湖特早',此类群V_C含量最高,总黄酮含量也较高,仅低于第Ⅴ类群。Ⅴ类由'奥迪亚无核'和'黑奇无核'2份资源构成,该类群的葡萄果实硬度较

中国知网 https://www.cnki.net

大，总黄酮含量居于首位。Ⅵ类和Ⅶ类均各自包含 1 份资源，分别是‘SP2286’和‘温宿红葡萄’。其中，Ⅵ类资源果实的硬度、果穗质量最大；而Ⅶ类资源果实的可溶性糖含量和可滴定酸含量最高。



图中数字代表葡萄品种资源编号，具体见表 1。下图同。

The numbers in the figure represent grape variety resource number, as shown in table 1. The same below.

图 2　不同葡萄品种资源果实品质性状的聚类分析

Fig. 2　Cluster analysis of fruit quality traits among different grape cultivars

2.6　不同葡萄品种资源果实品质的主成分分析

由于葡萄果实各品质性状间存在着不同程度的相关性，因此对 110 份葡萄品种资源的 20 个果实品质性状进行主成分分析，可筛选出有效反映葡萄品种资源遗传多样性的关键性状。依据最小特征值＞1 的原则，最终筛选出 6 个主成分（PC1～PC6），累计方差贡献率达 73.97%。表明这 6 个主成分基本能够涵盖原始因子 73.97% 的信息，能够较为全面地反映葡萄果实品质的主要特征。

6 个主成分中，PC1 的特征值为 4.591，方差贡献率达到 22.96%，依据特征向量绝对值大小判断，果实硬度、胶着性等性状对 PC1 起着决定性作用；PC2 的特征值为 4.248，方差贡献率为 21.24%，总花青素含量、果皮 b^* 等性状对 PC2 起着决定性作用；PC3 的特征值为 1.991，方差贡献率为 9.96%，果皮 L^*、果肉 L^* 等性状对 PC3 起决定性作用；PC4 的特征值为 1.623，方差贡献率为 8.11%，果实回复性、黏聚性等性状对 PC4 起决定性作用；PC5 的特征值为 1.225，方差贡献率为 6.12%，果实 V_C 含量、果肉 b^* 等性状对 PC5 起决定性作用；PC6 的特征值为 1.116，方差贡献率为 5.58%，可溶性糖、可滴定酸含量等性状对 PC6 起决定性作用。为进一步筛选出关键指标，将主成分按照特征向量绝对值由高到低排列，在各主成分中选取前 2 个指标。经统计，6 个主成分包括重复指标共筛选出 12 个具有代表性的指标，分别是果实硬度、胶着性、总花青素含量、V_C 含量、果皮 b^*、果肉 L^*、果皮 L^*、果肉 b^*、回复性、可滴定酸含量、黏聚性、可溶性糖含量。这些指标能够较为全面地反映葡萄果实品质的多方面特征，为后续深入研究葡萄品种资源的遗传多样性及果实品质评价提供了重要的数据支持。

为深入剖析 110 份葡萄资源的果实品质特征及相互差异，基于 PC1、PC2 绘制了 110 份葡萄品种资源主成分值样点图（图 3）以及 20 个果实品质性状主

中国知网　https://www.cnki.net

成分值散点图(图4)。

图3清晰地展示了110份葡萄品种资源之间的差异。其中,类群Ⅰ的各资源主要分布于第一象限,这一分布特征表明,类群Ⅰ的葡萄资源普遍具有果实硬度较大、酚类物质含量较高的特点。类群Ⅱ的各葡萄资源大多分布在第二象限,此区域分布特性主要体现出葡萄果实硬度低、酚类物质含量高的特征。类群Ⅲ的各葡萄资源主要聚集在第三象限,说明该类群葡萄果实硬度较低、酚类物质含量也较低。类群Ⅳ的各葡萄资源主要处于第四象限,该类群葡萄果实的质地性状特征,如果实硬度、胶着性、咀嚼性、弹性等相对较高。

图4清晰地呈现出20个葡萄果实品质性状之间的内在联系。从图4可以直观地看出,葡萄果实的黏聚性和回复性在PC2主成分值上几乎处于同一水平,表明这两个性状在PC2维度下具有高度相似性;总酚与总黄酮含量等在PC1主成分值上基本一致,体现出这些性状在PC1维度上的紧密联系;而总酚、单宁以及总花青素含量等性状在PC2主成分值方面比较接近,显示出其在PC2维度下存在较强的相关性。以上结果与2.4节相关性分析结果高度吻合,进一步证明了不同葡萄果实的品质性状之间确实存在着密切的相关性。

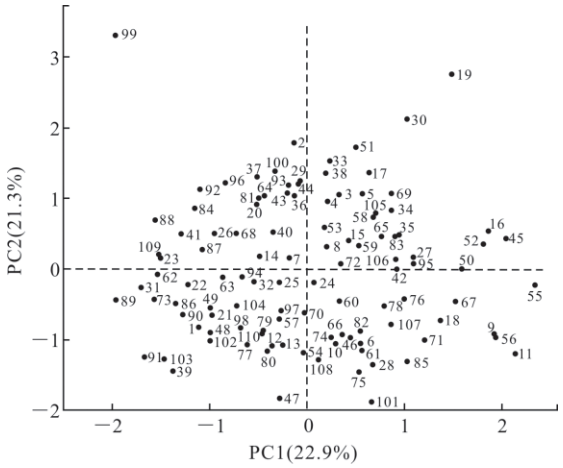


图3 110份葡萄品种资源的二维主坐标样点图

Fig. 3 Principal coordinate two-dimensional plot of 110 grape cultivars

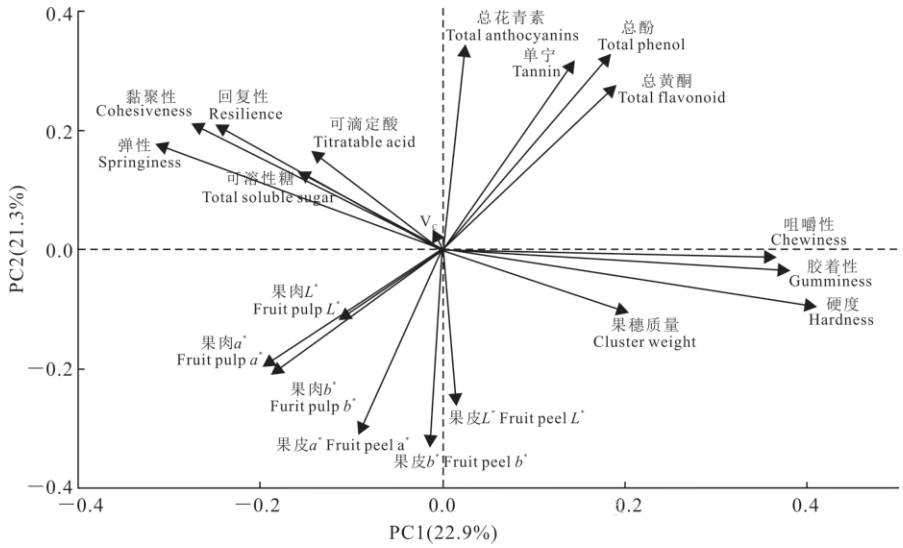


图4 110份葡萄品种资源20个果实品质性状的二维主坐标散点图

Fig. 4 Principal coordinate two-dimensional plot of 20 fruit quality traits in 110 grape cultivars

2.7 葡萄品种资源果实品质综合评价

为全面且客观地评估110份葡萄品种资源的果实品质,首先对其20个品质性状指标数据进行标准化处理,并计算每份资源的综合评价D值,结果见表6。在综合评价体系中,依据D值大小对这110份葡萄资源的果实品质性状进行评价,其中D值越大,则意味着该葡萄资源的综合品质性状越优良。

由表6可知,110份葡萄资源的平均D值为0.441。在所有资源中,'奥迪亚无核'的D值最高(0.721),说明该品种的果实品质性状极为优异,结合聚类分析和主成分分析结果发现其果实硬度、总酚和总黄酮含量较高;其次是'黑奇无核',D值为0.672,其果实硬度较大、酚类物质含量较高;'桃克克努可'的D值仅为0.207,说明该品种果实品质综合表现欠佳,各项指标在综合考量下存在明显不足,其果实较软,酚类物质含量较低。

中国知网 https://www.cnki.net

表 6　110 份葡萄品种资源果实品质综合评价得分及排名

Table 6　Comprehensive evaluation score and ranking of fruit quality of 110 grape cultivars

品种名称 Name of cultivar	综合得分 Comprehensive score	排名 Ranking	品种名称 Name of cultivar	综合得分 Comprehensive score	排名 Ranking
奥迪亚无核 Otilia seedless	0.721	1	微红白 Weihongbai	0.429	56
黑奇无核 Heiqi seedless	0.672	2	红脸无核 Blush seedless	0.428	57
火州紫玉 Huozhouziyu	0.627	3	马奶子 Manaizi	0.428	58
波发尔 Bofaer	0.611	4	底来特 Delight	0.426	59
克林巴马克(黄梢) Kelinbamake (Huangshao)	0.607	5	大青葡萄 Daqing grape	0.426	60
克瑞森无核 Crimson seedless	0.595	6	花叶哈什哈尔 Huayehashihaer	0.424	61
极高 Jigao	0.592	7	户太 10 号 Hutai No. 10	0.423	62
优无核 Superior seedless	0.579	8	红思维特 Hongsiweite	0.416	63
水晶无核 Crystal seedless	0.571	9	红宝石无核 Ruby seedless	0.415	64
紫田无核 Zitian seedless	0.560	10	和田绿葡萄 Hetian green grape	0.414	65
昆诺无核 Queenora seedless	0.556	11	红艳无核 Brilliant seedless	0.412	66
黑葡萄(2022)Black grape (2022)	0.555	12	绿木纳格 Green munage	0.405	67
粉红亚都蜜 Yatomi rosa	0.555	13	火州翠玉 Huozhoucuiyu	0.404	68
美丽无核 Beauty seedless	0.554	14	苏丹尼 Sultana	0.404	69
新葡 1 号 Xinpu No. 1	0.553	15	白哈什哈尔 White hashihaer	0.400	70
紫甜无核 Purple sweet seedless	0.551	16	艾麦那 Aimaina	0.400	71
奥菲利亚 Aofeiliya	0.551	17	假黄葡萄 Jiahuang grape	0.400	72
无核白鸡心 Centennial seedless	0.546	18	绿葡萄 Green grape	0.399	73
香悦 Xiangyue	0.541	19	87-1	0.396	74
巴拉多 Ballado	0.538	20	北京王波尔特 Beijingwangboerte	0.395	75
炎兴无核 Yanxing seedless	0.536	21	晶红宝 Jinghongbao	0.392	76
晨香 Chenxiang	0.530	22	博乐白 Bolebai	0.389	77
伊犁香葡萄 Yilixiang grape	0.527	23	郑艳无核 Zhengyan seedless	0.388	78
阿里戈特 Aligote	0.526	24	康耐诺 Kangnainuo	0.373	79
秋无核 Autumn seedless	0.525	25	喀什喀尔 Kashikaer	0.369	80
红木纳格 Red munage	0.525	26	吐鲁番红葡萄 Turpan red grape	0.364	81
香妃无核白鸡心 Xiangfei centennial seedless	0.521	27	阿里可克 Alikeke	0.363	82
紫乳无核 Ziru seedless	0.521	28	京早晶 Jingzaojing	0.359	83
郑美 Zhengmei	0.520	29	贝加干 Beijiagan	0.354	84
紫香无核 Zixiang seedless	0.515	30	白无核 White seedless	0.353	85
母契洛尼 Muqiluoni	0.514	31	无核白 Thompson seedless	0.352	86
温宿红葡萄 Wensu red grape	0.510	32	和田黄 Hetianhuang	0.351	87
SP2286	0.508	33	博乐红 Bolehong	0.351	88
伊犁大白葡萄 Yilidabai grape	0.507	34	SP4614	0.347	89
Black Seedless	0.507	35	迪坎红马奶子 Dikanhongmanaizi	0.347	90
阿克塔那依 Aketanayi	0.506	36	连木沁长无核 Lianmuqinchang seedless	0.342	91
紫马奶 Zimanai	0.501	37	黑天鹅 Black swan	0.339	92
白塞浑 Baisainie	0.500	38	白布瑞克 Baiburuike	0.336	93
无核紫 Black monukka	0.490	39	粉红无核 Kichmich rose	0.335	94
黎明无核 Dawn seedless	0.475	40	和田红 Hetianhong	0.333	95
天山 Tianshan	0.474	41	红马奶 Hongmanai	0.331	96
南太湖特早 Nantaihutezao	0.474	42	黑布瑞克 Heiburuike	0.328	97
户太 9 号 Hutai No. 9	0.472	43	早无核白 Zaowuhebai	0.325	98
京大晶 Jingdajing	0.469	44	紧穗无籽露 Jinsuiwuzilu	0.323	99
波尔来特 Perlette	0.467	45	京可晶 Jingkejing	0.318	100
墨玉葡萄 Moyu grape	0.466	46	也力阿克 Yeliake	0.313	101
绿洲宝石 Lüzhoubaoshi	0.463	47	白哈丽 Baihali	0.311	102
火州黑玉 Huozhouheiyu	0.460	48	红标无核 Hongbiao seedless	0.288	103
黑卡拉斯 2021 Heikalasi 2021	0.454	49	鲁克沁香蕉王无核 Lukeqinxiangjiaowang seedless	0.282	104

中国知网　https://www.cnki.net

表6(续) Table 6(continued)

品种名称 Name of cultivar	综合得分 Comprehensive score	排名 Ranking	品种名称 Name of cultivar	综合得分 Comprehensive score	排名 Ranking
黑哈丽 Heihali	0.450	50	布朗无核 Bronx seedless	0.279	105
丝路红无核 Siluhong seedless	0.447	51	赛勒克阿依 Sailekeayi	0.278	106
珍香 Zhenxiang	0.442	52	昆香无核 Kunxiang seedless	0.278	107
火焰无核 Flame seedless	0.439	53	其里干 Qiligan	0.277	108
爱神玫瑰 Aishenmeigui	0.439	54	杨格尔 Youngle	0.256	109
谢克兰格 Xiekelange	0.431	55	桃克克努可 Taokekenuke	0.207	110

3 讨 论

对吐哈地区110份葡萄品种资源20个果实品质性状的调查和测定结果显示,20个果实品质性状的变异系数,除果皮L^*和果实弹性、黏聚性、回复性以及可溶性糖含量外均大于20.00%,果皮a^*、果皮b^*、果肉a^*、果肉b^*和果实硬度以及V_C、总酚、单宁、总黄酮和总花青素含量的变异系数均超过了40.00%,表明不同葡萄品种资源间品质性状的变异程度较大,呈现出较为丰富的多样性,这与和雅妮等[22]、王小龙等[23]的研究结论高度一致。究其原因,这可能是由于葡萄果实品质性状易受到环境条件、资源类型等多种因素的综合影响所致。

在本研究中,110份葡萄品种资源20个果实品质性状之间存在着一定程度的相关性。其中,果皮和果肉的a^*、b^*值与酚类物质含量呈现出显著或极显著负相关关系,说明酚类物质含量的高低对果实色泽有显著影响。这一结论与黄亚萍[24]在苹果上的结论高度一致,充分表明了果实色泽与酚类物质含量之间的这种关联在不同水果种类中具有一定的普遍性。同时,供试葡萄资源的果实硬度、咀嚼性和胶着性与果穗质量呈极显著正相关,与可溶性糖含量呈极显著负相关,说明果穗质量越大,果实硬度越高,而较高的果实硬度会间接抑制果实可溶性糖含量的累积。这一发现与李晟之[25]的研究结果相似,进一步验证了果实质地、质量与糖分含量之间的内在联系。此外,葡萄资源果实其余指标间也存在较高的相关性,如硬度与可滴定酸含量呈极显著负相关,可滴定酸含量与总花青素含量呈显著正相关,果实总酚、总黄酮、单宁和总花青素含量两两之间均呈极显著正相关等。相关性分析结果能够较为全面地反映葡萄果实的品质特征,可作为吐哈地区葡萄品种资源评价、选育和开发利用的代表性指标。

聚类分析作为一种有效的数据分析方法,能够依据特征相似性对不同果树资源进行分类[26]。本研究基于20个果实品质性状,通过聚类分析将110份葡萄品种资源划分为7个类群,可较为直观地展现出资源间的遗传相似性。同时,进一步分析各类群的果实品质性状发现,不同类群具有显著的特征差异。例如,第Ⅴ类群主要包含果实酚类物质含量最高的资源,这类资源可作为优质酿酒葡萄品种培育的重要亲本;第Ⅵ类群果实硬度高,且果穗质量最大,对于果穗质量小的葡萄资源而言,通过与第Ⅵ类群的资源进行杂交等改良手段,可以有效增加果穗质量,提高葡萄的产量和商品价值。

本研究表明,110份葡萄品种资源的20个果实品质指标之间存在显著或极显著的相关性。这种相关性会导致综合评价时出现信息重叠的问题,使得评价结果不够准确和全面。而主成分分析作为一种有效的降维统计方法,能够从众多指标中筛选出代表性强、相关性小的综合指标,进而有效避免信息重叠问题[27]。基于此,本研究运用主成分分析确定了6个主成分,累计方差贡献率达到73.97%,并从6个主成分中选取了硬度、胶着性、总花青素含量、V_C含量等12个具有代表性的指标。利用隶属函数法对单项指标进行评估,计算相应权重系数,并通过加权得到综合权重值,从而可以得出综合评估值[28],这种方法充分考虑了各个指标在综合评价中的相对重要性,使得计算结果更加科学、可靠。本研究将主成分分析与隶属函数法相结合,对各葡萄资源进行综合评价,筛选出'奥迪亚无核'、'黑奇无核'、'火州紫玉'、'波发尔'和'克林巴马克(黄梢)'5份优异资源,为吐哈地区适生优质葡萄品种的选育和改良提供数据支持,有力地促进了当地葡萄资源的高效开发与利用。

4 结 论

新疆吐哈地区110份葡萄资源的20个果实品质指标在品种之间差异显著。果实硬度、胶着性、总花青素含量、V_C含量等12个指标能从质地、色泽、营养等维度反映果实的品质,可作为葡萄果实品质

中国知网 https://www.cnki.net

综合评价的核心指标。经主成分分析和隶属函数法综合评价，筛选出‘奥迪亚无核’、‘黑奇无核’、‘火州紫玉’、‘波发尔’和‘克林巴马克（黄梢）’5份优异资源，这些品种在吐哈地区品质表现优异，可优先作为该地区葡萄品种选育和改良的候选资源。

[参考文献]

[1] VO G T，LIU Z Y，CHOU O，et al. Screening of phenolic compounds in Australian grown grapes and their potential antioxidant activities[J]. Food Bioscience，2022，47：101644.

[2] 林蝉蝉，何舟阳，单文龙，等. 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 C C，HE Z Y，SHAN W L，et al. 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.

[3] 常宏达，吕德生，王振华，等. 滴灌量和有机无机肥等氮配施对葡萄产量及品质的影响[J]. 干旱地区农业研究，2022，40(4)：116-123.
CHANG H D，LÜ D S，WANG Z H，et al. Effects of drip irrigation water amount and equal nitrogen applicating organic-inorganic fertilizer ratios on grape yield and quality[J]. Agricultural Research in the Arid Areas，2022，40(4)：116-123.

[4] 马亚宁，日孜旺古力·阿不都热合曼，白世践，等. 新疆葡萄产业概况分析[J]. 中国果树，2024(9)：102-108.
MA Y N，RIZIWANGGULI A，BAI S J，et al. Analyze on development of grape industry in Xinjiang[J]. China Fruits，2024 (9)：102-108.

[5] 刘丽媛，何坤祖，周慧，等. 吐鲁番葡萄全产业链高质量发展现状及建议[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2023(4)：1-5.
LIU L Y，HE K Z，ZHOU H，et al. The high quality development status and suggestions for the whole grape industry chain in Turpan[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine，2023(4)：1-5.

[6] 户金鸽，白世践. 吐鲁番9个产地无核白葡萄干品质及多酚代谢组分析[J]. 食品科学，2025，46(2)：156-163.
HU J G，BAI S J. Analysis of quality and phenolic metabolome of Thompson seedless raisins from nine production areas in Turpan[J]. Food Science，2025，46(2)：156-163.

[7] 丁思悦，王雨婷，赵佳琪，等. 葡萄种质抗寒性鉴定及综合评价[J]. 西北农林科技大学学报（自然科学版），2024，52(6)：106-120.
DING S Y，WANG Y T，ZHAO J Q，et al. Identification and comprehensive evaluation of cold resistance among grape germplasm[J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed)，2024，52(6)：106-120.

[8] 杨鑫，孙宇杰，周碧江，等. 中国现有葡萄品种叶片形态评价与分析[J]. 北方园艺，2021(1)：23-29.
YANG X，SUN Y J，ZHOU B J，et al. Evaluation and analysis of leaf morphology of grape varieties cultivated in China[J]. Northern Horticulture，2021(1)：23-29.

[9] 张雯，马依努尔·加马力，王敏，等. 不同葡萄品种果肉质地和细胞结构及生理指标分析[J]. 西北植物学报，2022，42(11)：1870-1879.
ZHANG W，MAYINUER J，WANG M，et al. Analysis on the flesh texture，cell architecture and its physiological characteristics of different grape varieties[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica，2022，42(11)：1870-1879.

[10] 王季姣，王世伟，李亚兰，等. 新疆主要酿酒葡萄种质资源的SSR标记分析及数字指纹构建[J]. 西北农业学报，2025，34(1)：63-75.
WANG J J，WANG S W，LI Y L，et al. SSR marker analysis and digital fingerprinting of major wine grape germplasm resources in Xinjiang，China[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica，2025，34(1)：63-75.

[11] 陈烨锜，庞柳，陈小央，等. 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[J]. 果树学报，2024，41(12)：2377-2388.
CHEN Y Q，PANG L，CHEN X Y，et al. Comprehensive evaluation of berry qualities of 101 table grape cultivars cultivated in northern Zhejiang plain based on different methods [J]. Journal of Fruit Science，2024，41(12)：2377-2388.

[12] 吴雨卓，刘媛，孙锋，等. 新疆吐哈地区葡萄种质资源表型性状多样性分析及综合评价[J]. 江苏农业学报，2025，41(3)：559-572.
WU Y Z，LIU A，SUN F，et al. Diversity analysis and comprehensive evaluation of phenotypic traits of grape germplasm resources in the Turpan-Hami region of Xinjiang[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences，2025，41(3)：559-572.

[13] 刘鑫铭，刘崇怀，樊秀彩，等. 葡萄种质资源初级核心群的构建[J]. 植物遗传资源学报，2012，13(1)：72-76.
LIU X M，LIU C H，FAN X C，et al. Construction of primary core collection of grape genetic resources[J]. Journal of Plant Genetic Resources，2012，13(1)：72-76.

[14] 尹勇刚，孙艳，贾楠，等. 盐胁迫对37份葡萄幼苗生物量与离子含量的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2025(1)：31-37.
YIN Y G，SUN Y，JIA N，et al. Effects of salt stress on biomass and ion contents of seedlings of 37 grape genotypes[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine，2025(1)：31-37.

[15] 刘众杰，郑婷，赵方贵，等. 葡萄砧木对渗透胁迫的抗性差异及生理响应机理[J]. 园艺学报，2022，49(5)：984-994.
LIU Z J，ZHENG T，ZHAO F G，et al. Resistance difference and physiological response mechanism of grape rootstocks to osmotic stress[J]. Acta Horticulturae Sinica，2022，49(5)：984-994.

[16] 王勇，孙锋，李玉玲，等. 27份葡萄品种资源香味性状鉴定研究[J]. 植物遗传资源学报，2023，24(5)：1355-1366.
WANG Y，SUN F，LI Y L，et al. Deciphering the aroma profiles of 27 grape varieties resources[J]. Journal of Plant Genetic Resources，2023，24(5)：1355-1366.

[17] 白世践，李超，李欢，等. 8个无核葡萄品种在吐鲁番地区的栽培特性与品质分析[J]. 西北农林科技大学学报（自然科学

中国知网　https://www.cnki.net

版),2016,44(12):181-191.
BAI S J,LI C,LI H,et al. Quality and cultivation characteristics of eight seedless grapes in Turpan region[J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed),2016,44(12):181-191.

[18] 张琦,蒲婷婷,王艺儒,等. 不同柿种质果实品质多样性评价[J]. 中国农业大学学报,2025,30(2):61-71.
ZHANG Q,PU T T,WANG Y R,et al. Quality diversity evaluation of different persimmon fruits[J]. Journal of China Agricultural University,2025,30(2):61-71.

[19] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
WANG X K. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment[M]. Beijing:Higher Education Press,2006.

[20] 李建波,邓珂. 作物种质资源常用综合评价方法[J]. 江苏农业科学,2024,52(3):40-46.
LI J B,DENG K. Commonly used comprehensive evaluation method of crop germplasm resources[J]. Jiangsu Agricultural Sciences,2024,52(3):40-46.

[21] 赵昕玥,王晓敏,赵云雅,等. 不同地区小茴香苗期耐盐性综合评价及耐盐指标筛选[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2024,52(7):125-135.
ZHAO X Y,WANG X M,ZHAO Y Y,et al. Comprehensive evaluation of salt tolerance of fennel at seedling stage in different regions and screening of salt-tolerant indexes[J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed),2024,52(7):125-135.

[22] 和雅妮,奚晓军,查倩,等. 葡萄果实矿质元素与品质的相关性及通径分析[J]. 江苏农业科学,2022,50(2):154-160.
HE Y N,XI X J,ZHA Q,et al. Correlation and path analysis of mineral elements and berry quality of grape[J]. Jiangsu Agricultural Sciences,2022,50(2):154-160.

[23] 王小龙,史祥宾,冀晓昊,等. 基于主成分分析的酿酒葡萄杂交后代果实品质评价[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2021(5):8-13.
WANG X L,SHI X B,JI X H,et al. Fruit evaluation of hybrid progeny of wine grape based on principal component analysis[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine,2021(5):8-13.

[24] 黄亚萍. 苹果'俄矮2号'突变体果实花青苷形成机理研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2024.
HUANG Y P. Study on the mechanism of anthocyanin formation in the fruit of 'Oregon spur Ⅱ' mutant of apple[D]. Lanzhou:Gansu Agricultural University,2024.

[25] 李晟之. 葡萄新品种的引种评价及不同棚体对避雨栽培的影响[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2024.
LI S Z. Introduction and evaluation of new grape varieties and the effect of different rainout structure on rain-shelter cultivation[D]. Yangling,Shaanxi:Northwest A&F University,2024.

[26] 任潇,朱孟东,王立平,等. 苹果特征性营养品质指标筛选[J]. 中国农业大学学报,2024,29(11):12-22.
REN X,ZHU M D,WANG L P,et al. Screening study of apple nutritional quality indexes[J]. Journal of China Agricultural University,2024,29(11):12-22.

[27] 孙涛,甘海玲,周道明,等. 陕北有机基质栽培薄皮甜瓜品种筛选[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2022,50(12):128-136.
SUN T,GAN H L,ZHOU D M,et al. Selection of muskmelon varieties cultivated on organic substrate in northern Shaanxi[J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed),2022,50(12):128-136.

[28] 王晓俊,张斌斌,马瑞娟,等. 负载量对桃叶片光合特性及果实品质的影响[J]. 果树学报,2022,39(6):1004-1016.
WANG X J,ZHANG B B,MA R J,et al. Effects of fruit loads on photosynthetic characteristics of peach leaves and fruit quality[J]. Journal of Fruit Science,2022,39(6):1004-1016.

(责任编辑:温晓平)

中国知网 https://www.cnki.net