

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.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2025.03.015

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

吴雨卓¹, 刘媛¹, 孙锋², 伍国红², 秦伟^{1,3}, 刘立强¹, 赵梓琪¹, 祖拜依热木·亚森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: 为筛选优质的葡萄种质资源, 本研究以新疆吐鲁番-哈密地区的 110 份葡萄种质资源为试验材料, 系统分析了这些葡萄种质资源的表型性状多样性, 并进行了综合评价。研究结果表明, 55 个质量性状的多样性指数 (H') 为 0.149~2.867, 其中果粒形状多样性指数最高; 24 个数量性状的变异系数为 7.77%~48.96%, 其中果粒鲜重的变异系数最大。通过主成分分析, 将 24 个数量性状简化为 7 个主成分, 这 7 个主成分的累计贡献率为 72.336%, 果粒横径、叶片面积、成龄叶叶柄长、穗梗直径、叶绿素相对含量、成熟枝条节间粗度、成熟枝条节间长度、果粒鲜重、成龄叶叶宽、穗梗长度、果穗长度、可溶性固形物、果梗长度和果皮厚度为主要贡献性状, 这些性状可用于更高效地开展葡萄种质资源评价和选育工作。通过隶属函数法计算综合得分 (D 值), 初步筛选出 4 个综合性状优异的品种, 分别为香妃无核白鸡心、黑葡萄(2022)、无核白鸡心和天山。本研究结果为葡萄种质资源的有效利用及遗传改良提供了科学依据。

关键词: 葡萄; 品种资源; 表型性状; 多样性

中图分类号: S663.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2025)03-0559-14

Diversity analysis and comprehensive evaluation of phenotypic traits of grape germplasm resources in the Turpan-Hami region of Xinjiang

WU Yuzhuo¹, LIU Ai¹, SUN Feng², WU Guohong², QIN Wei^{1,3}, LIU Liqiang¹, ZHAO Ziqi¹, YASEN Zubaiyiremu¹, ZHOU Wei-quan¹

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

Abstract: To screen high-quality grape germplasm resources, this study took 110 grape germplasm resources from the Turpan-Hami region in Xinjiang as experimental materials. The phenotypic trait diversity of these grape germplasm resources was systematically analyzed, and a comprehensive evaluation was carried out. The results showed that the diversity index (H') of the 55 qualitative traits ranged from 0.149 to 2.867, among which the diversity index of grape berry shape was the highest. The coefficients of variation of the 24 quantitative traits ranged from 7.77% to 48.96%, among which the coefficient of variation of fresh

收稿日期: 2024-07-25

基金项目: 第三次新疆综合科学考察课题(2022xjkk1201); 新疆维吾尔自治区重点研发任务专项(2022B02045-1)

作者简介: 吴雨卓(1999-), 男, 新疆克拉玛依人, 硕士研究生, 研究方向为种质资源收集与评价。(E-mail) 1183912563@qq.com

通讯作者: 周伟权, (E-mail) zhouwq1120@163.com

grape berry weight was the largest. Through principal component analysis, 24 quantitative traits were simplified into seven principal components. The cumulative contribution rate of these seven principal components reached 72.336%. The main contributing traits included berry transverse diameter, leaf area, petiole length of mature leaves, rachis width, relative chlorophyll content, internode thickness of mature branches, internode length of mature branches, berry fresh weight, leaf width of mature leaves, rachis length, cluster length, soluble solids content, pedicel length, and pericarp thickness. These traits were utilized to more efficiently conduct the evaluation and selection of grape germplasm resources. By calculating the comprehensive score (D value) using the subordinate function method, four varieties with excellent comprehensive traits were preliminarily screened out, namely Xiangfei Centennial Seedless, Black Grape (2022), Centennial Seedless and Tianshan. The results of this study provide a scientific basis for the effective utilization and genetic improvement of grape germplasm resources.

Key words: grape; variety resources; phenotypic traits; diversity

葡萄(*Vitis* L.)约在 11 000 年前起源于西亚和高加索地区,后经传播,在全球范围内广泛栽培。作为人类历史上最早驯化的果树之一,葡萄在酿酒、鲜食、制作干果、制作罐头食品、色素提取等方面具有广泛应用,为社会、生态和经济发展作出了重要贡献^[1-3]。新疆是中国七大葡萄主要栽培区之一,葡萄种质面积和产量均居全国首位^[4],其栽培区域主要集中在吐鲁番、哈密、巴州、伊犁、阿克苏等地,其中以吐鲁番-哈密地区(简称吐哈地区)的葡萄最为知名。吐哈地区光热资源丰富,气候条件独特,为葡萄的生长发育提供了得天独厚的自然环境,造就了当地葡萄的优良品质和丰富的种质资源^[5]。统计显示,吐哈地区现有葡萄品种超过 500 个,葡萄种植面积达 4.38×10^4 hm²,其中无核白是主栽品种,栽培面积占该地区葡萄种植面积的 60%以上。然而由于品种结构单一,果实成熟上市期较为集中,已难以满足市场的多元化需求^[6-8]。因此,开展吐哈地区葡萄种质资源的遗传多样性研究与评价,对于优异资源挖掘和新品种选育具有重要的理论意义和实际价值。

品种资源的分析评价对于植物优良种质创新、新品种培育以及高效生产具有重要意义。表型多样性分析是鉴定品种资源多样性和果实性状评价的最直观、快捷的方法^[9-11]。近年来,表型性状指标已被广泛应用于梨^[12]、山楂^[13]、猕猴桃^[14]、杏^[15]、李^[16]、枣^[17]等果树的遗传多样性研究。李红莉等^[18]以 98 个野生软枣猕猴桃资源为研究对象,对其表型性状进行分析,发现黑龙江野生软枣猕猴桃种质资源在叶片、果实、枝条等方面变异类型多且变异幅度较大。卢中科等^[19]以贵州省内 3 个山脉的 19 个核桃和泡核桃实生居群为研究对象,分析 29 个表型性状,结果表明核桃的表型性状多样性显著,

其表型性状变异主要来源于居群间的变异。尽管已有关于葡萄种质资源表型性状多样性鉴定的研究^[20-22],但大多集中于叶片^[23-25]或果实^[26-27]等单一器官,对枝条、叶片和果实表型性状的综合评价较少。此外,品种资源的遗传信息分析与综合评价仍不够全面,有待进一步完善。

本研究拟以 110 份葡萄种质资源为研究对象,对枝条、叶片和果实的质量性状及数量性状共 79 个指标进行调查测定,通过变异分析、聚类分析、相关性分析和主成分分析探究这些种质资源的变异特征及多样性,以期筛选出优异的葡萄种质资源,为葡萄品种改良和新品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2023 年 8-9 月在新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所葡萄种质资源圃进行。采用水平棚架多蔓栽培方式,柱高 2.0 m,株行距为 $4.0 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ 。研究对象为葡萄种质资源圃内保存的 110 份葡萄种质资源,具体名称及编号如表 1 所示。

1.2 性状指标调查和测定

每个品种选取 3 株无病虫害且长势一致的葡萄植株作为研究对象。在果实成熟期,每个品种随机选取健康、无病虫害的果实 10 份,随机选取枝条中部生长均匀、成熟的叶片 10 份。采收后,所有材料立即送回实验室进行处理,并对各项指标进行测定。依照《葡萄种质资源描述规范和数据标准》^[28],测定葡萄 55 个质量性状(表 2)和 24 个数量性状(表 3)并记录。

参照王庆莲等^[29]的方法对成熟枝条的节间长度和粗度进行测量;利用游标卡尺和直尺测量成龄

叶锯齿长度、成龄叶锯齿宽度、成龄叶叶柄长、成龄叶中脉长、成龄叶叶宽、叶片厚度、穗梗长度、穗梗直径、果穗长度、果穗宽度、果粒纵径、果粒横径、果梗长度、果蒂直径和果皮厚度;使用电子天平称量叶片

鲜重、果粒鲜重、果粒干重和果皮鲜重;使用 YMJ-B 叶片面积测量仪测量叶片面积;使用 SPAD-502 型叶绿素计测定叶绿素相对含量;使用 PAL-1 便携式数显折光仪测定可溶性固形物含量。

表 1 试验材料

Table 1 Test materials

序号	材料名称	材料来源	序号	材料名称	材料来源	序号	材料名称	材料来源
1	无核白	中国新疆	38	水晶无核	中国新疆	75	白哈什哈尔	中国新疆
2	BlackSeedless	美国	39	昆香无核	中国新疆	76	红木纳格	中国新疆
3	紫田无核	-	40	晶红宝	中国山西	77	赛勒克阿依	中国新疆
4	无核白鸡心	中国新疆	41	京可晶	中国北京	78	阿克塔那依	中国新疆
5	美丽无核	美国	42	京大晶	中国北京	79	贝加干	中国新疆
6	红脸无核	美国	43	爱神玫瑰	中国北京	80	白哈丽	中国新疆
7	底来特	美国	44	火州黑玉	中国新疆	81	伊犁香葡萄	中国新疆
8	波尔来特	中国河南	45	火州紫玉	中国新疆	82	黑哈丽	中国新疆
9	波发尔	中国河南	46	火州翠玉	中国新疆	83	晨香	中国上海
10	黎明无核	中国河南	47	杨格尔	中国河南	84	南太湖特早	中国江苏
11	优无核	美国	48	紧穗无籽露	中国河南	85	花叶哈什哈尔	中国新疆
12	早无核白	中国新疆	49	苏丹尼	中国河南	86	红马奶	中国新疆
13	康耐诺	中国河南	50	巴拉多	中国河南	87	大青葡萄	中国新疆
14	北京王波尔特	-	51	极高	中国山东	88	黑布瑞克	中国新疆
15	红宝石无核	美国	52	新葡 1 号	中国河南	89	桃克克努可	中国新疆
16	克瑞森无核	美国	53	绿洲宝石	中国新疆	90	白布瑞克	中国新疆
17	紫甜无核	中国河北	54	SP4614	中国新疆	91	其里干	中国新疆
18	丝路红无核	中国山东	55	SP2286	中国新疆	92	户太 10 号	中国陕西
19	奥迪亚无核	罗马尼亚	56	克林巴马克(黄梢)	乌兹别克斯坦	93	户太 9 号	中国陕西
20	87-1	中国辽宁	57	黑天鹅	日本	94	珍香	德国
21	白无核	-	58	粉红亚都密	日本	95	天山	中国新疆
22	粉红无核	中国河南	59	郑美	中国河南	96	阿里可克	乌兹别克斯坦
23	布朗无核	美国	60	白塞涅	中国河南	97	马奶子	中国新疆
24	火焰无核	美国	61	吐鲁番红葡萄	中国新疆	98	和田黄	中国新疆
25	红艳无核	-	62	和田红	中国新疆	99	温宿红葡萄	中国新疆
26	郑艳无核	中国河南	63	和田绿葡萄	中国新疆	100	紫马奶	中国新疆
27	秋无核	中国河南	64	墨玉葡萄	中国新疆	101	谢克兰格	中国新疆
28	艾麦那	中国河南	65	阿里戈特	法国	102	连木沁长无核	中国新疆
29	炎兴无核	中国新疆	66	绿葡萄	中国新疆	103	鲁克沁香蕉王无核	中国新疆
30	黑奇无核	美国	67	母契洛尼	俄罗斯	104	迪坎红马奶子	中国新疆
31	红标无核	中国河北	68	微红白	中国新疆	105	奥菲利亚	意大利
32	京早晶	中国北京	69	黑葡萄(2022)	中国新疆	106	香悦	中国辽宁
33	昆诺无核	中国河南	70	假黄葡萄	中国新疆	107	红思维特	中国新疆
34	紫乳无核	中国山东	71	伊犁大白葡萄	中国新疆	108	博乐红	中国新疆
35	香妃无核白鸡心	中国新疆	72	黑卡拉斯 2021	中国新疆	109	博乐白	中国新疆
36	无核紫	中国河南	73	喀什喀尔	中国新疆	110	也力阿克	中国新疆
37	紫香无核	中国新疆	74	绿木纳格	中国新疆			

1.3 数据统计

先将 55 个质量性状指标数据进行统计、分级和赋值,分级标准如表 2 所示。使用 Microsoft Excel 2021 软件对原始数据进行整理和分析,并计算质量性状的分布频率。参照文献[30]计算 55 个质量性状指标的多样性指数(H'),计算公式如下:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i \quad (1)$$

式中, P_i 为某性状指标第 i 级样品数占总样品数的百分比。

采用 Microsoft Excel 2021 软件计算 24 个数量性状的平均值、极差和变异系数。通过 Origin 2023 软件进行相关性分析、聚类分析和主成分分析,其中聚类分析采用系统聚类法、组间连接法、欧氏距离法。

依据文献[31]-[33]对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、权重值和综合评价值。

$$R(r_{ij}) = \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} \quad (2)$$

$$W_j = \frac{P_j}{\sum_{j=1}^n P_j} \quad (3)$$

$$D = \sum_{i,j=1}^n [R(r_{ij}) \cdot W_j] \quad (4)$$

式中, i 为品种, j 为指标, $R(r_{ij})$ 为第 i 个品种第 j 个指标的隶属函数值, X_{ij} 为指标测定值, $X_{j\max}$ 和 $X_{j\min}$ 分别为第 j 个指标测定值的最大值和最小值; W_j 为葡萄种质资源评价权重, P_j 为第 j 项指标的贡献度; D 为综合评价值。

表 2 质量性状分级

Table 2 Grading of qualitative traits

质量性状	分级标准
嫩梢梢尖形态	1:闭合;2:半开张;3:全开张
嫩梢梢尖茸毛着色	1:无或极浅;2:浅;3:中等;4:深;5:极深
嫩梢梢尖花青素分布	1:无;2:带状;3:全部覆盖
嫩梢梢尖匍匐茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
嫩梢梢尖直立茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
新梢卷须分布	1:间断;2:半连续或连续
新梢节上匍匐茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
新梢节上直立茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
新梢节间匍匐茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
新梢节间直立茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
新梢节间腹侧颜色	1:绿;2:绿带红条带;3:红
新梢节间背侧颜色	1:绿;2:绿带红条带;3:红
成熟枝条表面形状	1:光滑;2:罗纹;3:条纹;4:棱角
成熟枝条表面颜色	1:黄;2:黄褐;3:暗褐;4:红褐;5:紫
成熟枝条横截面形状	1:近圆形;2:椭圆形;3:扁椭圆形
幼叶花青素着色程度	1:无或极浅;2:浅;3:中等;4:深;5:极深
幼叶表面光泽	1:无;2:有
幼叶下表面叶脉间匍匐茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
幼叶下表面叶脉间直立茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
幼叶下表面主脉上匍匐茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
幼叶下表面主脉上直立茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
成龄叶形状	1:心脏形;2:楔形;3:五角形;4:近圆形;5:肾形
成龄叶上表面主脉花青素着色	1:无或极浅;2:浅;3:中等;4:深;5:极深
成龄叶下表面主脉花青素着色	1:无或极浅;2:浅;3:中等;4:深;5:极深
成龄叶裂片数	1:全缘;2:三裂;3:五裂;4:七裂;5:多于七裂
成龄叶上裂刻深度	1:极浅;2:浅;3:中等;4:深;5:极深
成龄叶上裂刻开叠类型	1:开张;2:闭合;3:轻度重叠;4:高度重叠

续表2 Continued2

质量性状	分级标准
成龄叶上裂刻基部形状	1:U形;2:V形
成龄叶叶柄洼开叠类型	1:极开张;2:开张;3:半开张;4:轻度开张;5:闭合;6:轻度重叠;7:中度重叠;8:高度重叠;9:极度重叠
成龄叶叶柄洼基部形状	1:U形;2:V形
成龄叶叶柄洼锯齿	1:无;2:有
成龄叶锯齿形状	1:双侧凹;2:双侧直;3:双侧凸;4:一侧凹一侧凸;5:两侧直与两侧凸皆有
成龄叶下表面叶脉间匍匐茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
成龄叶下表面叶脉间直立茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
成龄叶下表面主脉上匍匐茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
成龄叶下表面主脉上直立茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
叶柄匍匐茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
叶柄直立茸毛密度	1:无或极疏;2:稀疏;3:中等;4:浓密;5:极密
果穗基本形状	1:圆柱形;2:圆锥形;3:分枝形
果穗岐肩	1:无;2:单岐肩;3:双岐肩;4:多岐肩
果穗副穗	1:无;2:有
果穗紧密度	1:极疏;2:稀疏;3:中等;4:紧;5:极紧
全穗果粒成熟一致性	1:不一致;2:一致
果梗与果粒分离难易	1:难;2:易
果粒形状	1:长圆形;2:长椭圆形;3:椭圆形;4:圆形;5:扁圆形;6:鸡心形;7:钝卵圆形;8:倒卵形;9:弯形;10:束腰形(或瓶形)
果粉厚度	1:薄;2:中等;3:厚
果皮颜色	1:黄绿~绿;2:粉红;3:红;4:紫红~红紫;5:蓝黑
果粒整齐度	1:整齐;2:不整齐;3:有小青粒
果皮涩味	1:无;2:有
果汁颜色	1:无或极浅;2:浅;3:中等;4:深;5:极深
果肉颜色	1:无或极浅;2:浅;3:中等;4:深;5:极深
果肉汁液量	1:少;2:中等;3:多
果肉香味	1:无;2:玫瑰香味;3:草莓香味;4:狐臭味;5:青草味;6:其他
果肉香味程度	1:淡;2:中等;3:浓
果肉质地	1:软;2:较软;3:中等;4:较脆;5:脆;6:硬;7:有肉囊

2 结果与分析

2.1 表型性状的多样性

2.1.1 枝条、叶片质量性状的多样性 如图1、图2所示,110份葡萄种质资源的表型性状呈现出不同程度的变异。55个质量性状的总变异类型共有205种,表明110份葡萄种质资源的质量性状变异类型丰富。其中果粒形状的变异类型最多,共有10个;嫩梢梢尖形态、嫩梢梢尖花青素分布、新梢卷须分布、新梢节间背侧颜色、幼叶表面光泽、成龄叶上裂刻基部形状、成龄叶叶柄洼基部形状、成龄叶叶柄洼锯齿、果穗副穗、全穗果粒成熟一致性、果梗与果粒分离难易、果皮涩味变异类型较少,仅2种。55个

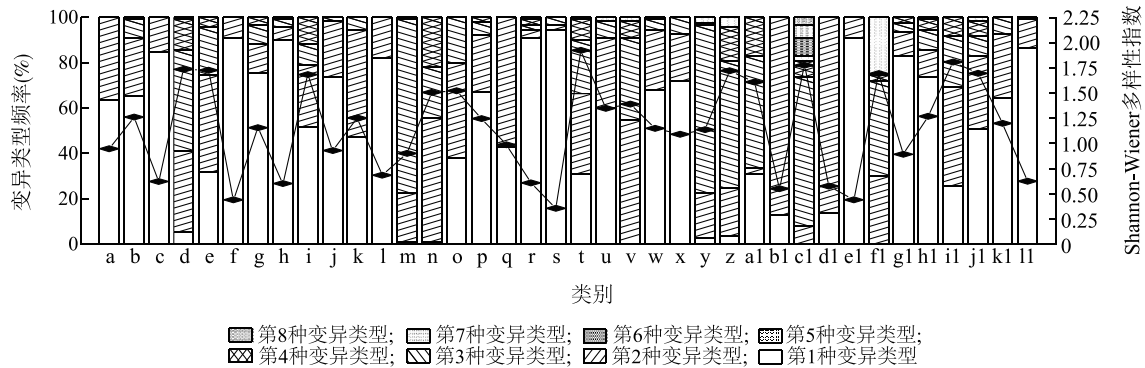
质量性状的多样性指数(H')为0.149~2.867,平均值为1.186。其中,果粒形状的遗传多样性指数最大,表明该性状具有丰富的遗传多样性,果粉厚度的遗传多样性指数最小。

对枝条的质量性状进行分析。在所调查的葡萄种质资源中,葡萄嫩梢梢尖形态以闭合为主,该性状品种数占总数的63.64%;嫩梢梢尖茸毛着色以无或极浅为主,该性状品种数占总数的65.45%;嫩梢梢尖花青素分布以无为主,占比84.55%;葡萄嫩梢梢尖匍匐茸毛密度以中等为主,占比44.55%,其次为稀疏,占比42.73%;葡萄新梢卷须分布以间断为主,该性状品种数占总数的90.91%;葡萄新梢节上匍匐茸毛密度以无或极疏为主,占比75.45%;新梢

节上直立茸毛密度以无或极疏为主,占比 90.00%;新梢节间匍匐茸毛密度以无或极疏为主,占比 51.82%;新梢节间直立茸毛密度以无或极疏为主,占比 73.64%;葡萄新梢节间腹侧颜色以绿和绿带红条带为主,两者占比均为 47.27%;新梢节间背侧颜色以绿为主,该性状品种数占总数的 81.82%;葡萄成熟枝条表面形状以条纹为主,占比 76.36%;成熟枝条表面颜色以黄褐为主,占比 54.55%;成熟枝条横截面形状以椭圆形为主,占比 41.82%。

对叶片的质量性状进行分析。在所调查的葡萄种质资源中,葡萄幼叶花青素着色程度以无或极浅为主,该性状品种数占总数的 67.00%;幼叶表面有光泽的品种数占总数的 57.27%;幼叶下表面叶脉间匍匐茸毛密度以无或极疏为主,占比 90.91%;幼叶下表面叶脉间直立茸毛密度以无或极疏为主,占比 94.55%;幼叶下表面主脉上匍匐茸毛密度以稀疏为主,占比 35.45%;幼叶下表面主脉上直立茸毛密度以无或极疏为主,占比 60.00%;成龄叶形状以楔形为主,占比

54.55%;成龄叶上表面主脉花青素着色以无或极浅为主,占比 68.18%;成龄叶下表面主脉花青素着色以无或极浅为主,占比 71.82%。成龄叶裂片数以五裂为主,占比 73.64%;成龄叶上裂刻深度以中等为主,占比 56.36%;成龄叶上裂刻开叠类型以轻度重叠为主,占比 49.09%;成龄叶上裂刻基部形状以 V 形为主,占比 87.27%;成龄叶叶柄洼开叠类型以半开张为主,占比 65.45%;成龄叶叶柄洼基部形状以 V 形为主,占比 86.36%;成龄叶叶柄洼没有锯齿的品种数占总数的 90.91%;成龄叶锯齿形状以双侧凸为主,占比 41.82%;成龄叶下表面叶脉间匍匐茸毛密度以无或极疏为主,占比 82.73%;成龄叶下表面叶脉间直立茸毛密度以无或极疏为主,占比 73.64%;成龄叶下表面主脉上直立茸毛密度以无或极疏为主,占比 50.91%;成龄叶下表面主脉上匍匐茸毛密度以稀疏为主,占比 43.64%。叶柄匍匐茸毛密度以无或极疏为主,占比 64.55%;叶柄直立茸毛密度以无或极疏为主,占比 86.36%。



a:嫩梢梢尖形态;b:嫩梢梢尖茸毛着色;c:嫩梢梢尖花青素分布;d:嫩梢梢尖匍匐茸毛密度;e:嫩梢梢尖直立茸毛密度;f:新梢卷须分布;g:新梢节上匍匐茸毛密度;h:新梢节上直立茸毛密度;i:新梢节间匍匐茸毛密度;j:新梢节间直立茸毛密度;k:新梢节间腹侧颜色;l:新梢节间背侧颜色;m:成熟枝条表面形状;n:成熟枝条表面颜色;o:成熟枝条横截面形状;p:幼叶花青素着色程度;q:幼叶表面光泽;r:幼叶下表面叶脉间匍匐茸毛;s:幼叶下表面叶脉间直立茸毛;t:幼叶下表面主脉上匍匐茸毛;u:幼叶下表面主脉上直立茸毛;v:成龄叶形状;w:成龄叶上表面主脉花青素着色;x:成龄叶下表面主脉花青素着色;y:成龄叶裂片数;z:成龄叶上裂刻深度;a1:成龄叶上裂刻开叠类型;b1:成龄叶上裂刻基部形状;c1:成龄叶叶柄洼开叠类型;d1:成龄叶叶柄洼基部形状;e1:成龄叶叶柄洼锯齿;f1:成龄叶锯齿形状;g1:成龄叶下表面叶脉间匍匐茸毛密度;h1:成龄叶下表面叶脉间直立茸毛密度;i1:成龄叶下表面主脉上匍匐茸毛密度;j1:成龄叶下表面主脉上直立茸毛密度;k1:叶柄匍匐茸毛密度;l1:叶柄直立茸毛密度。变异类型分级标准见表 2。

图 1 枝条、叶片性状频率分布及多样性指数

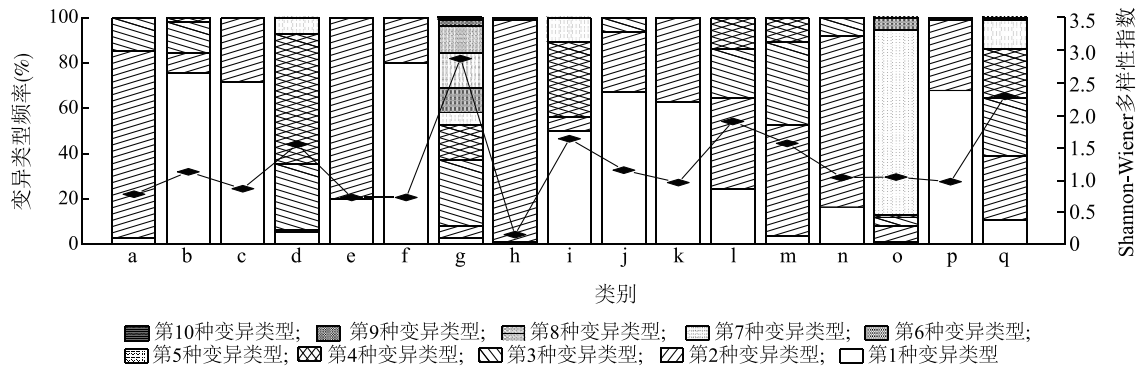
Fig.1 Frequency distribution and diversity index of branch and leaf traits

2.1.2 果实质量性状的多样性 在所调查的葡萄种质资源中,葡萄果穗基本形状以圆锥形为主,该性状品种数占总数的 82.73%;果穗没有岐肩的品种数占总数的 75.45%,果穗没有副穗的品种数占总数的 71.82%。葡萄果穗紧密度以紧为主,该性状

品种数占总数的 57.27%;全穗果粒成熟一致性以一致为主,占比 80.00%;果梗与果粒分离难易以难为主,占比 80.00%。葡萄果粒形状以椭圆形为主,占比 29.09%;果粉厚度以中等为主,占比 98.18%;果皮颜色以黄绿~绿为主,占比 50.00%;果粒整齐

度以整齐为主,占比 67.27%。葡萄果皮没有涩味的品种数占总数的 62.73%;果汁颜色以浅为主,占比 40.00%;果肉颜色以浅为主,占比 49.09%;果肉汁液量以中等为主,占比 75.45%;葡萄果肉香味以

青草味为主,占比 81.82%;果肉香味程度以淡为主,占比 67.89%;果肉质地以较软为主,该性状品种数占总品种数的 28.18%。



a: 果穗基本形状; b: 果穗歧肩; c: 果穗副穗; d: 果穗紧密度; e: 全穗果粒成熟一致性; f: 果梗与果粒分离难易; g: 果粒形状; h: 果粉厚度; i: 果皮颜色; j: 果粒整齐度; k: 果皮涩味; l: 果汁颜色; m: 果肉颜色; n: 果肉汁液; o: 果肉香味; p: 果肉香味程度; q: 果肉质地。变异类型分级标准见表 2。

图 2 果实性状频率分布及多样性指数

Fig.2 Frequency distribution and diversity index of fruit traits

2.1.3 数量性状的多样性 如表 3 所示,24 个数量性状的变异系数为 7.77%~48.96%,遗传多样性较为丰富。其中,果粒鲜重的变异系数最大(48.96%),叶绿素相对含量的变异系数最小(7.77%)。

葡萄枝条性状中,成熟枝条节间长度、成熟枝条节间粗度的平均值分别为 83.19 mm 和 6.77 mm,变异系数分别为 19.22% 和 12.78%。葡萄成熟枝条节间长度最大的品种为昆诺无核(123.94 mm),最小的品种为南太湖特早(48.60 mm)。成熟枝条节间粗度最大的品种为无核白(9.33 mm),最小的品种为户太 9 号(4.68 mm)。

葡萄叶片性状中,成龄叶锯齿长度、成龄叶锯齿宽度的平均值分别为 4.97 mm 和 8.50 mm。成龄叶叶柄长、成龄叶中脉长、成龄叶叶宽、叶片厚度变异系数分别为 15.10%、12.79%、12.21%、14.03%。叶片鲜重和叶片面积最大的品种均为香妃无核白鸡心(8.73 g, 335.80 cm²),叶片鲜重和叶片面积最小的品种均为温宿红葡萄(1.54 g, 56.11 cm²)。叶绿素相对含量的平均值为 45.53,叶绿素相对含量最高的品种为桃克努努可(54.52),最低品种为布朗无核(34.80)。

葡萄果实性状中,穗梗长度和直径的平均值分

别为 34.34 mm 和 4.18 mm。果穗长度、果穗宽度、果粒鲜重、果粒干重、果粒纵径、果粒横径是反映葡萄经济性状的重要指标,平均值分别为 21.39 cm、11.44 cm、3.32 g、0.69 g、19.15 mm 和 15.78 mm,其中果粒鲜重变异系数最大(48.96%)。果穗长度最大的品种为天山(33.58 cm),最小的品种为温宿红葡萄(11.04 cm)。果穗宽度最大的品种为吐鲁番红葡萄(18.35 cm),最小的品种为南太湖特早(7.51 cm)。果粒鲜重最大的品种为户太 9 号(10.76 g),最小的品种为粉红无核(0.99 g)。果粒纵径最大的品种为贝加干(29.56 mm),最小的品种为温宿红葡萄(11.81 mm)。果粒横径最大的品种为户太 9 号(25.38 mm),最小的品种为粉红无核(10.42 mm)。果梗长度、果蒂直径的平均值分别为 7.04 mm 和 2.37 mm。果皮厚度和果皮鲜重的变异系数分别为 44.62%、45.50%。可溶性固形物含量的平均值为 21.33%,可溶性固形物含量最高的品种为水晶无核(27.38%),含量最低品种为天山(15.76%)。

2.1.4 数量性状的相关性 对 110 份葡萄种质资源的 24 个数量性状进行相关性分析。如图 3 所示,成熟枝条节间长度与成龄叶叶柄长呈极显著正相关($P < 0.01$),与果粒鲜重、果粒干重、果粒横径、果皮

鲜重呈极显著负相关($P<0.01$)。成熟枝条节间粗度与成熟枝条节间长度、成龄叶叶柄长、穗梗直径呈显著正相关($P<0.05$),与成龄叶中脉长、成龄叶叶宽、叶片鲜重、叶片面积呈极显著正相关($P<0.01$),与果蒂直径呈极显著负相关($P<0.01$)。叶片厚度与成龄叶锯齿长度、成龄叶中脉长、成龄叶叶宽、叶片鲜重、叶片面积呈极显著正相关($P<0.01$)。果穗长度与穗梗长度、穗梗直径、果穗宽度呈极显著正相关($P<0.01$)。果穗宽度与果粒鲜重、果粒干重、果粒纵径、果粒横径和果蒂直径呈极显著的正相关

($P<0.01$),与果皮鲜重呈显著正相关($P<0.05$)。果粒鲜重、果粒干重、果粒纵径、果粒横径、果蒂直径间两两呈极显著正相关($P<0.01$)。果皮厚度与成龄叶叶柄长呈极显著负相关($P<0.01$),与成龄叶叶宽、叶片面积呈显著负相关($P<0.05$),与叶绿素相对含量、果皮鲜重呈显著正相关($P<0.05$)。可溶性固形物含量与成龄叶锯齿长度、成龄叶锯齿宽度呈显著负相关($P<0.05$),与果穗宽度、果粒鲜重、果粒干重、果粒纵径、果粒横径、果梗长度、果蒂直径呈极显著负相关($P<0.01$)。

表 3 24 个数量性状多样性分析

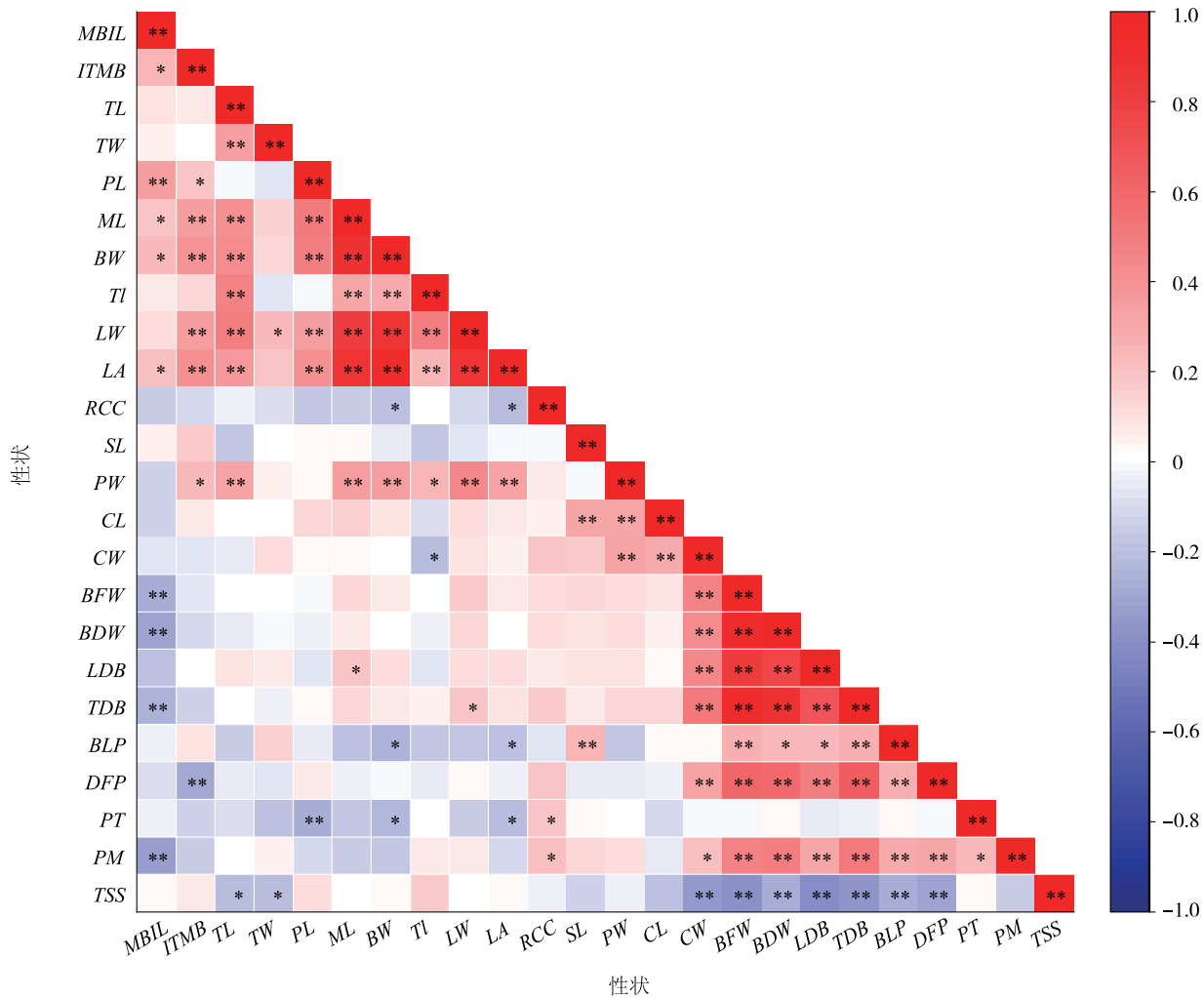
Table 3 Diversity analysis of 24 quantitative traits

数量性状	均值	最大值	最小值	性状	变异系数(%)
成熟枝条节间长度(mm)	83.19±15.99	123.94	48.60	成熟枝条节间长度	19.22
成熟枝条节间粗度(mm)	6.77±0.86	9.33	4.68	成熟枝条节间粗度	12.78
成龄叶锯齿长度(mm)	4.97±1.19	10.42	2.53	成龄叶锯齿长度	23.87
成龄叶锯齿宽度(mm)	8.50±1.29	15.26	5.37	成龄叶锯齿宽度	15.19
成龄叶叶柄长(mm)	112.62±17.01	166.79	73.29	成龄叶叶柄长	15.10
成龄叶中脉长(mm)	135.09±17.28	190.53	100.14	成龄叶中脉长	12.79
成龄叶叶宽(mm)	173.65±21.20	249.28	113.19	成龄叶叶宽	12.21
叶片厚度(mm)	0.16±0.02	0.22	0.11	叶片厚度	14.03
叶片鲜重(g)	4.48±1.29	8.73	1.54	叶片鲜重	28.80
叶片面积(cm ²)	155.46±42.92	335.80	56.11	叶片面积	27.60
叶绿素相对含量	45.53±3.54	54.52	34.80	叶绿素相对含量	7.77
穗梗长度(mm)	34.34±9.21	67.35	19.19	穗梗长度	26.81
穗梗直径(mm)	4.18±0.76	7.17	2.42	穗梗直径	18.30
果穗长度(cm)	21.39±3.50	33.58	11.04	果穗长度	16.36
果穗宽度(cm)	11.44±2.07	18.35	7.51	果穗宽度	18.10
果粒鲜重(g)	3.32±1.62	10.76	0.99	果粒鲜重	48.96
果粒干重(g)	0.69±0.32	2.32	0.22	果粒干重	47.26
果粒纵径(mm)	19.15±3.92	29.56	11.81	果粒纵径	20.45
果粒横径(mm)	15.78±2.58	25.38	10.42	果粒横径	16.36
果梗长度(mm)	7.04±1.24	10.04	4.11	果梗长度	17.62
果蒂直径(mm)	2.37±0.68	4.81	0.86	果蒂直径	28.67
果皮厚度(mm)	0.03±0.01	0.07	0.01	果皮厚度	44.62
果皮鲜重(g)	0.22±0.10	0.49	0.06	果皮鲜重	45.50
可溶性固形物含量(%)	21.33±1.99	27.38	15.76	可溶性固形物含量	9.34

2.2 葡萄种质资源基于数量性状的聚类分析

基于 24 个数量性状对 110 份葡萄种质资源进行聚类分析。如图 4 所示,110 份葡萄种质资源被

分为 7 类。I 类包括 102 份种质资源,可进一步划分为 4 个亚类, I 1 亚类主要包括无核白、底来特、火洲紫玉等 11 份种质资源,均为无核品种; I 2 亚



MBIL:成熟枝条节间长度;ITMB:成熟枝条节间粗度;TL:成龄叶锯齿长度;TW:成龄叶锯齿宽度;PL:成龄叶叶柄长;ML:成龄叶中脉长;BW:成龄叶叶宽;TI:叶片厚度;LW:叶片鲜重;LA:叶片面积;RCC:叶绿素相对含量;SL:穗梗长度;PW:穗梗直径;CL:果穗长度;CW:果穗宽度;BFW:果粒鲜重;BDW:果粒干重;LDB:果粒纵径;TDB:果粒横径;BLP:果梗长度;DFP:果蒂直径;PT:果皮厚度;PM:果皮鲜重;TSS:可溶性固形物含量。*表示在0.05水平上相关性显著;**表示在0.01水平上相关性极显著。

图3 24个数量性状的相关性分析结果
Fig.3 Correlation analysis of 24 quantitative traits

类包括82份种质资源;I3亚类共包括6份种质资源,分别是巴拉多、极高、伊犁大白葡萄、珍香、户太10号和香悦;I4亚类包括3份种质资源,分别是黑葡萄(2022)、假黄葡萄和红木纳格。

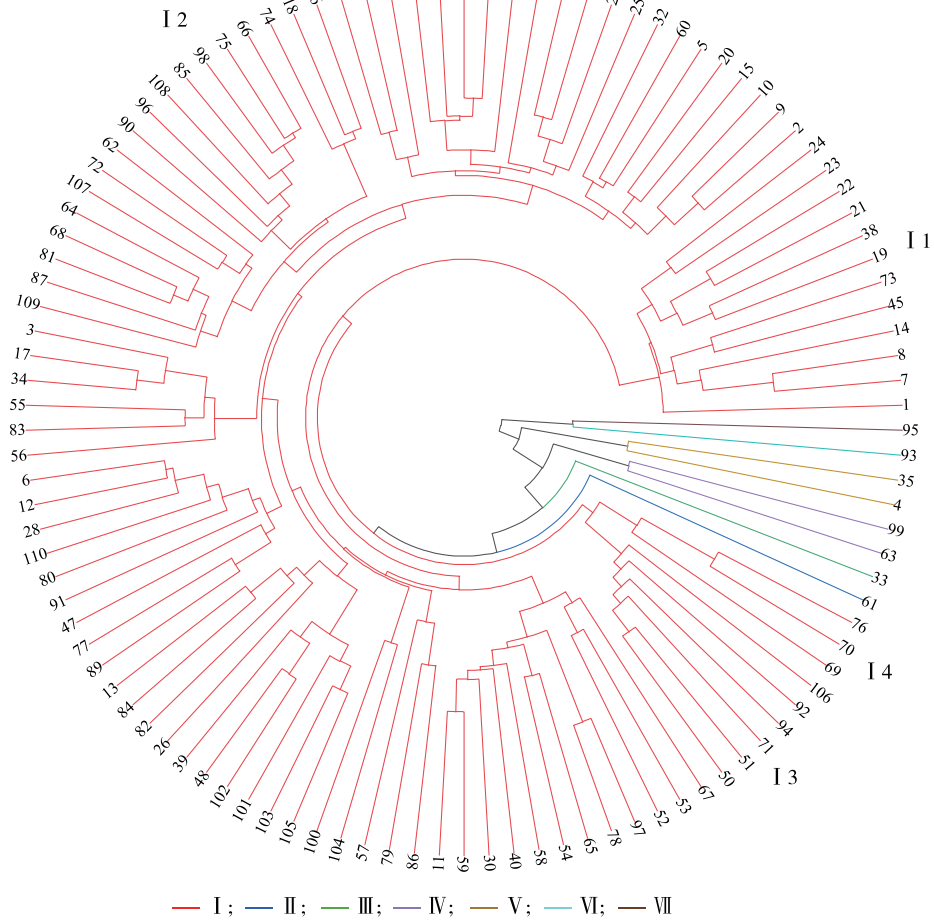
II类只有吐鲁番红葡萄;III类只有昆诺无核;IV类包括和田绿葡萄和温宿红葡萄2份种质资源;V类包括无核白鸡心和香妃无核白鸡心2份种质资源。VI类只有户太9号;VII类只有天山。

2.3 数量性状的主成分分析

对110份葡萄种质资源的24个数量性状进行主成分分析,以筛选出反映遗传多样性的关键性状。

按照最小特征值>1的原则,筛选出PC1~PC7 7个主成分,特征值分别为5.120、4.938、1.875、1.610、1.477、1.267和1.074,累计贡献率为72.336%,表明这7个主成分能够较全面地反映原始数据的72.336%信息,满足分析要求。

其中,主成分1(PC1)特征值为5.120,贡献率达21.334%,根据特征向量绝对值大小得出,果粒鲜重、果粒横径等性状的特征值最大,表明PC1主要反映果粒大小。主成分2(PC2)特征值为4.938,贡献率为20.574%,成龄叶叶宽的特征值最大,其次是叶片面积等性状,表明PC2主要反映叶片大



葡萄种质资源 1~110 见表 1。

图 4 葡萄种质资源基于数量性状的聚类分析结果

Fig.4 Cluster analysis of grape germplasm resources based on quantitative traits

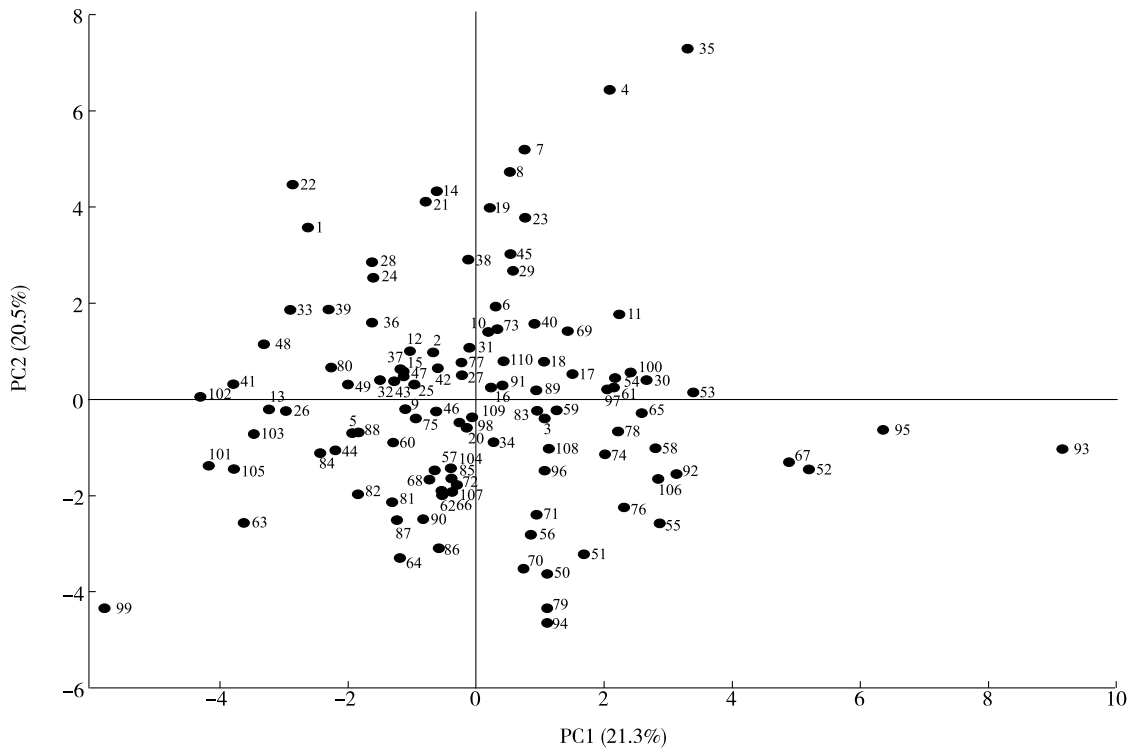
小;主成分 3 (PC3) 特征值为 1.875, 贡献率为 7.813%, 穗梗长度和成龄叶叶柄长为 主要贡献性状;主成分 4 (PC4) 特征值为 1.610, 贡献率为 6.707%, 果穗长度的特征值最大, 其次是穗梗直径等性状, 表明 PC4 主要反映果穗大小;主成分 5 (PC5) 特征值为 1.477, 贡献率为 6.157%, 可溶性固形物和叶绿素相对含量为主要贡献性状;主成分 6 (PC6) 特征值为 1.267, 贡献率为 5.278%, 果梗长度和成熟枝条节间粗度为主要贡献性状;主成分 7 (PC7) 特征值为 1.047, 贡献率为 4.476%, 成熟枝条节间长度和果皮厚度等性状为主要贡献性状。

依据主成分分析结果, 按照特征向量绝对值由高到低进行排序, 从每个主成分中选取排名前 2 的指标, 最终筛选出 14 个代表性指标: 果粒横径、叶片面积、成龄叶叶柄长、穗梗直径、叶绿素相对含量、成

熟枝条节间粗度、成熟枝条节间长度、果粒鲜重、成龄叶叶宽、穗梗长度、果穗长度、可溶性固形物、果梗长度和果皮厚度。这些指标可用于更高效地开展葡萄种质资源评价和选育工作。

如图 5 所示, 110 份葡萄种质资源可分为 4 个类群。其中类群 I 的各种质资源主要分布在原点右上方, 表明该类群种质资源叶片较大、果实较大;类群 II 的各种质资源主要分布在原点左上方, 表明该类群种质资源叶片较大、果实较小;类群 III 的种质资源主要分布在原点左下方, 表明该类群种质资源叶片较小、果实较小;类群 IV 的各种质资源主要分布在原点右下方, 表明该类群种质资源叶片较小、果实较大。

如图 6 所示, 在 PC2 轴上, 成熟枝条节间粗度与成龄叶锯齿长度、成龄叶叶柄长的分布基本一致;



葡萄种质资源 1~110 见表 1。

图 5 葡萄种质资源主成分分析结果

Fig.5 Principal component analysis of grape germplasm resources

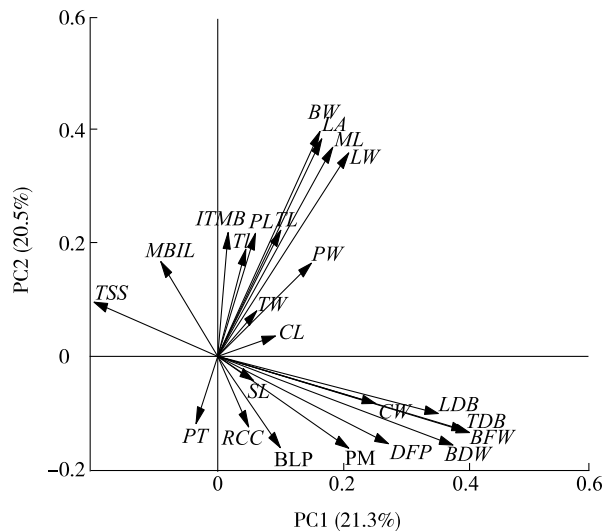
在 PC1 轴上,果粒鲜重与果粒干重、果粒横径的分布基本一致;在 PC2 轴上,叶片鲜重与成龄叶中脉长、成龄叶叶宽、叶片面积的分布较为接近。以上结果与相关性分析结果一致,进一步说明性状间存在显著的相关性。

2.4 葡萄种质资源综合评价

对 110 份葡萄种质资源的 24 个数量性状数据进行标准化处理,通过公式(2)计算 $R(r_{ij})$ 值,公式(3)计算 W_j 值,公式(4)计算 D 值,最后依据综合评价值(D 值)对 110 份葡萄种质资源表型性状进行综合评价,综合评价值越高表明其综合性状越好。如表 4 所示。110 份葡萄种质资源的平均 D 值为 0.445,其中香妃无核白鸡心的 D 值最高(0.665),表明其表型性状较好,该品种具有叶片大、果粒长、果皮薄的特点。其次是黑葡萄(2022)(0.619),该品种具有成熟较早、品质较好的特点。温宿红葡萄的 D 值最低(0.225),该品种的表型性状及果实品质相对较差。

3 讨论

植物的表型性状能够直观反映其遗传多样性,



MBIL:成熟枝条节间长度;*ITMB*:成熟枝条节间粗度;*TL*:成龄叶锯齿长度;*TW*:成龄叶锯齿宽度;*PL*:成龄叶叶柄长;*ML*:成龄叶中脉长;*BW*:成龄叶叶宽;*TL*:叶片厚度;*LW*:叶片鲜重;*LA*:叶片面积;*RCC*:叶绿素相对含量;*SL*:穗梗长度;*PW*:穗梗直径;*CL*:果穗长度;*CW*:果穗宽度;*BFW*:果粒鲜重;*BDW*:果粒干重;*LDB*:果粒纵径;*TDB*:果粒横径;*BLP*:果梗长度;*DFP*:果蒂直径;*PT*:果皮厚度;*PM*:果皮鲜重;*TSS*:可溶性固形物含量。

图 6 24 个数量性状主成分分析结果

Fig.6 Principal component analysis of 24 quantitative traits

表 4 110 份葡萄种质资源综合得分

Table 4 Composite scores of 110 grape germplasm resources

品种名称	综合得分	排名	品种名称	综合得分	排名	品种名称	综合得分	排名
香妃无核白鸡心	0.665	1	秋无核	0.474	38	红思维特	0.415	75
黑葡萄(2022)	0.619	2	博乐红	0.471	39	克林巴马克(黄梢)	0.414	76
无核白鸡心	0.614	3	昆诺无核	0.471	40	苏丹尼	0.410	77
天山	0.612	4	阿里戈特	0.471	41	黎明无核	0.409	78
紫马奶	0.580	5	火焰无核	0.470	42	香悦	0.408	79
底来特	0.576	6	克瑞森无核	0.470	43	早无核白	0.406	80
波尔来特	0.563	7	阿克塔那依	0.470	44	白塞涅	0.404	81
吐鲁番红葡萄	0.559	8	红脸无核	0.468	45	贝加干	0.403	82
户太 9 号	0.556	9	紫香无核	0.465	46	黑卡拉斯 2021	0.402	83
炎兴无核	0.553	10	喀什喀尔	0.464	47	爱神玫瑰	0.399	84
白无核	0.551	11	紫甜无核	0.461	48	波发尔	0.396	85
丝路红无核	0.538	12	晶红宝	0.461	49	87-1	0.393	86
母契洛尼	0.536	13	红宝石无核	0.459	50	极高	0.388	87
桃克克努可	0.535	14	艾麦那	0.458	51	京可晶	0.388	88
优无核	0.533	15	白哈什哈尔	0.455	52	白哈丽	0.383	89
无核白	0.529	16	也力阿克	0.454	53	微红白	0.380	90
马奶子	0.512	17	昆香无核	0.452	54	美丽无核	0.374	91
奥比亚无核	0.509	18	花叶哈什哈尔	0.450	55	黑天鹅	0.373	92
水晶无核	0.505	19	无核紫	0.449	56	墨玉葡萄	0.372	93
绿木纳格	0.505	20	假黄葡萄	0.448	57	和田绿葡萄	0.369	94
布朗无核	0.499	21	紫乳无核	0.444	58	黑布瑞克	0.369	95
粉红亚都密	0.497	22	迪坎红马奶子	0.442	59	火州黑玉	0.363	96
火州紫玉	0.496	23	火州翠玉	0.439	60	白布瑞克	0.361	97
红木纳格	0.496	24	绿葡萄	0.437	61	伊犁香葡萄	0.342	98
红标无核	0.495	25	晨香	0.436	62	鲁克沁香蕉王无核	0.340	99
北京王波尔特	0.494	26	BlackSeedless	0.436	63	巴拉多	0.337	100
阿里可克	0.489	27	京早晶	0.433	64	谢克兰格	0.336	101
赛勒克阿依	0.488	28	和田红	0.430	65	大青葡萄	0.318	102
黑奇无核	0.487	29	和田黄	0.429	66	红马奶	0.317	103
新葡 1 号	0.486	30	连木沁长无核	0.424	67	康耐诺	0.312	104
粉红无核	0.485	31	紫穗无籽露	0.421	68	郑艳无核	0.304	105
其里干	0.485	32	紫田无核	0.420	69	南太湖特早	0.293	106
SP4614	0.483	33	SP2286	0.420	70	奥菲利亚	0.283	107
绿洲宝石	0.482	34	红艳无核	0.419	71	黑哈丽	0.283	108
京大晶	0.481	35	博乐白	0.419	72	珍香	0.273	109
郑美	0.477	36	户太 10 号	0.416	73	温宿红葡萄	0.225	110
杨格尔	0.476	37	伊犁大白葡萄	0.415	74			

表型性状的变异是评价植物遗传多样性的重要特征指标,对于优异种质资源挖掘、优质品种培育具有重要意义^[34]。本研究选取保存于新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所葡萄种质资源圃的110份葡萄种质资源,系统调查并测定了葡萄枝条、叶片和果实的79个表型性状。本研究中,110份葡萄种质资源的24个数量性状变异系数为7.77%~48.96%,其中果粒鲜重的变异系数最大,表明该性状在不同品种间差异较大。而果穗相关性状(如穗梗长度、果穗长度和果穗宽度)的变异系数低于果粒鲜重、果粒干重等果实相关性状,表明果穗性状在不同品种间的差异较小,表明这些性状在不同品种间差异较小。这一现象可能源于育种工作者对果穗相关性状的选择偏好趋于一致,导致这些性状在种质资源中表现出较高的遗传稳定性。除了叶绿素相对含量和可溶性固形物含量的变异系数小于10%,其余22个性状的变异系数均大于10%,表明这22个性状具有丰富的遗传变异。果粒鲜重、果粒干重、果皮厚度、果皮鲜重的变异系数均超过40%,表明这4个性状在品种间的变异显著。马小河等^[35]、张雪等^[36]研究发现,果粒重量、果皮重量的变异系数较高,与本研究成果一致。

本研究对110份葡萄种质资源的24个数量性状进行相关性分析。相关性分析结果表明,各性状间存在相关性。果粒鲜重与果粒纵径、横径呈极显著相关($P < 0.01$),进一步表明果粒鲜重的差异是由果实大小引起的,这与袁启凤等^[37]的研究结果一致。果穗宽度与果穗长度、果粒鲜重、果粒纵径、横径间呈极显著正相关($P < 0.01$),表明果粒越大,果穗越大,这与孙维敏等^[38]的研究结果相似。与葡萄果实大小相关的性状之间相关性较强,枝条和叶片相关性状之间也存在较强的相关性。然而,果实性状与枝条或叶片性状之间的相关性较弱,表明它们在性状变异上较为独立。因此,在资源利用和育种工作中,需要综合考虑果实、枝条和叶片的各性状特征。

主成分分析通过降维方法将多个指标综合为少数几个能反映较多信息的指标^[39]。本研究通过主成分分析筛选出7个主成分,累计贡献率为72.336%,最终选取出果粒横径、叶片面积、成龄叶叶柄长、穗梗直径、叶绿素相对含量、成熟枝条节间粗度、成熟枝条节间长度、果粒鲜重、成龄叶叶宽、穗

梗长度、果穗长度、可溶性固形物、果梗长度和果皮厚度14个关键性状,与张首伟^[40]、任晓琴等^[41]的研究结果基本一致。采用隶属函数法计算综合评价值,筛选出4个性状优异的品种,分别为香妃无核白鸡心、黑葡萄(2022)、无核白鸡心和天山。南太湖特早、奥菲利亚、黑哈丽、珍香和温宿红葡萄的综合评价值排名靠后,但是这些品种的某些单项性状表现突出,可作为原始育种材料用于目标性状的改良。

4 结论

本研究对吐哈地区的110份葡萄种质资源进行了表型性状分析。结果表明,55个质量性状的多样性指数(H')为0.149~2.867。其中,果粒形状的遗传多样性指数最大,表明该性状具有丰富的遗传多样性。24个数量性状的变异系数为7.77%~48.96%。其中,果粒鲜重的变异系数最大。通过主成分分析,将24个数量性状简化为7个主成分,这7个主成分的累计贡献率为72.336%,果粒横径、叶片面积、成龄叶叶柄长、穗梗直径、叶绿素相对含量、成熟枝条节间粗度、成熟枝条节间长度、果粒鲜重、成龄叶叶宽、穗梗长度、果穗长度、可溶性固形物、果梗长度和果皮厚度为主要贡献性状,这些性状可用于更高效地开展葡萄种质资源评价和选育工作。通过隶属函数法计算综合得分(D 值),初步筛选出4个综合性状优异的品种,分别为香妃无核白鸡心、黑葡萄(2022)、无核白鸡心和天山。

参考文献:

- [1] YANG D, SHENG C D, QIU J X, et al. Dual domestications and origin of traits in grapevine evolution[J]. *Science*, 2023, 379: 892-901.
- [2] 朱磊,武欣,刘云清,等. 葡萄种质资源鉴评研究进展[J]. *黑龙江八一农垦大学学报*, 2021, 33(4): 45-52.
- [3] 张天玥,赵若岑. 葡萄属植物遗传转化影响因素研究进展[J]. *果树资源学报*, 2023, 4(4): 67-72.
- [4] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [5] 蔡军社,刘洪波,白世践,等. 弥雾调控技术下微气候因子对葡萄品质的影响[J]. *新疆农业科学*, 2022, 59(2): 385-395.
- [6] 骆强伟,伍国红,孙锋,等. 新疆葡萄种质资源创新和利用[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2015(6): 61-63.
- [7] 薛锋,潘绪兵,魏登攀,等. 5个无核葡萄品种在吐鲁番地区的栽培性状及制干特性分析[J]. *新疆农业科学*, 2023, 60(1): 105-115.

- [8] 王瑞华,郭峰,李海峰. 吐鲁番葡萄干产业发展分析及再升级策略[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2015(6):58-60.
- [9] 王晓鸣,邱丽娟,景蕊莲,等. 作物种质资源表型性状鉴定评价;现状与趋势[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(1):12-20.
- [10] 吴昊,苏万龙,石美娟,等. 枣种质果实性状多样性分析与综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(6):1613-1625.
- [11] 李鹏,田嘉,李疆. 新疆扁桃表型指标多样性及育种方向分析[J]. 中南林业科技大学学报,2021,41(5):29-41.
- [12] 张莹,曹玉芬,霍宏亮,等. 基于枝条和叶片表型性状的梨种质资源多样性[J]. 中国农业科学,2018,51(17):3353-3369.
- [13] 秦宇,郝瑞鑫,李若晴,等. 山植种质资源表型性状多样性分析及评价[J]. 果树学报,2022,39(10):1759-1773.
- [14] 韩振诚,李苇洁,王加国,等. 贵州野生猕猴桃表型遗传多样性分析[J]. 西北植物学报,2023,43(8):1378-1395.
- [15] 任婷婷,张云程,陈建华,等. 69个东北杏(*Prunus mandshurica*)无性系果实表型多样性及优良无性系筛选[J]. 中南林业科技大学学报,2024,44(1):1-13.
- [16] 陈守一,王红林,罗昌国,等. 贵州晚熟李表型性状分析及优良种质筛选[J]. 经济林研究,2022,40(2):100-111.
- [17] 杨磊,贾平平,靳娟,等. 118个枣品种表型性状多样性分析[J]. 植物资源与环境学报,2023,32(1):50-60.
- [18] 李红莉,王澎,李雪,等. 黑龙江野生软枣猕猴桃种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 经济林研究,2022,40(1):150-158.
- [19] 卢中科,曾亚军,王港,等. 贵州核桃种质资源表型性状多样性研究[J]. 西北植物学报,2023,43(3):462-473.
- [20] 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.
- [21] VAFAEE Y, GHADERI N, KHADIBVI A. Morphological variation and marker-fruit trait associations in a collection of grape (*Vitis vinifera* L.) [J]. Scientia Horticulturae,2017,225:771-782.
- [22] ABIRI K, REZAEI M, TAHANIAN H, et al. Morphological and pomological variability of a grape (*Vitis vinifera* L.) germplasm collection [J]. Scientia Horticulturae,2020,266:109285.
- [23] 刘鑫铭,张国海,刘崇怀,等. 葡萄叶片表型多样性分析[J]. 北方园艺,2010(6):1-4.
- [24] 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.
- [25] MIN Z, LI R L, ZHAO X F, et al. Morphological variability in leaves of Chinese wild *Vitis* species [J]. Scientia Horticulturae,2018,238:138-146.
- [26] 葛孟清,董天宇,樊秀彩,等. 葡萄浆果质量、体积及相关性状的调查[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2020(1):22-30.
- [27] 张培安,樊秀彩,刘众杰,等. 葡萄种质资源果形性状的分析[J]. 园艺学报,2018,45(8):1456-1466.
- [28] 刘崇怀,沈育杰,陈俊. 葡萄种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [29] 王庆莲,吴伟民,赵密珍,等. 秋延后栽培对葡萄生长与果实品质的影响[J]. 江苏农业学报,2013,29(6):1438-1444.
- [30] 经建永,颜刚刚,欧阳丽婷,等. 新疆野生欧洲李表型性状多样性分析[J]. 植物资源与环境学报,2020,29(2):28-37.
- [31] 郭爱民,弓成林,汪小伟,等. 葡萄经济性状模糊综合评判[J]. 四川农业大学学报,2002(2):100-102.
- [32] 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.
- [33] 谢静,邱永生,吴建涛,等. 用模糊综合评判方法评价甘蔗杂交组合[J]. 甘蔗糖业,2018(3):1-8.
- [34] 曲凯伦,张云程,王海青,等. 不同种源酸枣表型多样性分析[J]. 植物资源与环境学报,2024,33(2):58-70.
- [35] 马小河,赵旗峰,董志刚,等. 鲜食葡萄品种资源果实数量性状变异及概率分级[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(6):1185-1189.
- [36] 张雪,何非,王羽西,等. 同一葡萄园不同‘赤霞珠’植株的浆果品质差异[J]. 西北农业学报,2016,25(4):568-579.
- [37] 袁启凤,王立娟,龙世方,等. 贵州从江黄金百香果果实品质评价[J]. 中国果树,2024(7):89-94,99.
- [38] 孙维敏,徐阳,龚榜初,等. 浙江省柿种质资源果实形状多样性研究[J]. 林业科学研究,2019,32(5):42-50.
- [39] 尹明宇,高福玲,乌云塔娜. 内蒙古西伯利亚杏种质资源表型多样性研究[J]. 植物遗传资源学报,2017,18(2):242-252.
- [40] 张首伟. 不同植物生长调节剂组合对‘阳光玫瑰’葡萄果实品质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2023.
- [41] 任晓琴,文昊,杨静慧,等. 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.

(责任编辑:成纾寒)