



环塔盆地不同山葡萄品种果实品质间的差异

潘越^{1,2}, 蒋腾¹, 王旭¹, 王季姣^{1,3}, 马勇^{1,3},
虎海防^{1,2}, 王宝庆^{1,4}, 孙刚¹

(1. 新疆林业科学院, 乌鲁木齐 830000; 2. 新疆林科院佳木国家重点林木良种基地, 新疆温宿 843100; 3. 新疆农业大学
林学与风景园林学院, 乌鲁木齐 830052; 4. 新疆阿克苏森林生态系统国家定位观测研究站, 新疆温宿 843100)

摘要 为山葡萄在环塔盆地生态区域的选育、推广应用提供科学理论依据, 建立 8 个新疆山葡萄果实综合评价体系。以 2019—2021 年田间表现良好的山葡萄‘北冰红’‘双红’‘左优红’‘雪兰红’‘双丰’‘北国红’‘左山 1’和‘左山 2’为试材, 测量果实 23 项外观及理化品质指标, 按照测量结果进行描述性统计和主成分分析, 根据综合得分进行排名。结果表明, 23 项果实品质指标变异程度不同, 其中白藜芦醇、果形指数、Zn 含量和花色苷变异程度较大, 超过 50%; 果穗质量、原花青素、固酸比和 Fe 含量变异程度一般, 为 30%~50%; 其他果实品质指标变异程度较小 (<30%)。因子分析提取出 6 个特征根 >1 的公因子, 累计方差贡献率达 97.839%, 公因子 PC₁ 贡献率达 22.154%, 主要由 pH、果实纵径、横径、单果质量、单果体积和果穗质量决定, 主要反映果实外观品质; 公因子 PC₂ 贡献率达 20.987%, 由可溶性固形物、总糖、糖酸比、固酸比和 Mn 含量 5 个因子决定, 主要反映果汁的糖度; 公因子 PC₃ 贡献率为 19.820%, 由 Ca、Mg 和 Cu 含量 3 个因子决定, 主要反映矿质元素含量。公因子 PC₄ 贡献率为 19.117%, 由花色苷、总酸和果形指数 3 个因子决定, 主要反映果汁色泽、酸度和果实形状; 公因子 PC₅ 贡献率为 8.293%, 由原花青素和总黄酮 2 个因子决定, 主要反映果实的营养状况; 公因子 PC₆ 贡献率为 7.467%, 由白藜芦醇和 Zn 含量 2 个因子决定, 主要反映白藜芦醇和 Zn 含量的高低情况。山葡萄果实品质综合得分排序由高到低依次是: ‘北冰红’‘左优红’‘雪兰红’‘左山 2’‘北国红’‘双丰’‘双红’‘左山 1’。

关键词 山葡萄; 主成分分析; 外观品质; 理化品质; 综合评价

山葡萄是葡萄属中最抗寒的一个种, 枝蔓能耐 -40℃ 的低温, 根系能耐 -14~-16℃ 低温, 具备生长期短, 抗寒能力极强的特点^[1]。新疆地处北纬 41~46° 酿酒葡萄黄金种植带, 光照充裕, 空气干燥, 大气透明度高, 昼夜温差大, 十分有利于糖分积累, 且降雨量少, 病虫害不易发生^[2]。近年来, 新疆“十四五”葡萄酒产业成为自治区十四五期间构建现代化产业体系的十大产业之一, 发展前景良好, 然而, 受地理环境因素影响, 大多种植在荒滩戈壁, 土壤保墒、保温能力不足, 同时埋土用工成本的逐年递增, 果农种植热情受到影响^[2-3]。基于此, 引进并筛选品质优良且抗寒能力强的酿酒葡萄品种已成为新疆特色林果业可持续发展亟需解决的问题。

目前, 国内围绕山葡萄开展的研究多集中于逆境生理^[4-6]、种质资源评价^[7]、营养成分^[8-10]、葡萄酒理化评定^[11-12]和基因分子^[13-14]等方面, 对山葡萄果实品质评价的研究较少。刘欢等^[15]对吉林省通化市主栽的 4 个山葡萄品种品质指标评价时发现, 果实品质中的单果质量、总糖、有机酸、花色苷、总酚、Zn、Mn、Fe、Ca 含量等指标达到显著差异, 而果实体积、果形指数、Cu、Mg 含量差异不显著。涂正顺等^[16]以吉林地区的代表山葡萄品种‘双优’‘双红’和‘左优红’为研究对象, 对果实的香气成分进行检测发现, 3 个品种分别含有 45、47 和 48 种香气物质, 主要香气成分以乙酸乙酯、己酸乙酯和橙花醇乙酸酯等为主。但是, 基于新疆地区山葡萄果实品质性状的研究鲜见报道。

收稿日期: 2022-06-19 修回日期: 2022-07-19

基金项目: 新疆维吾尔自治区林果种质资源创新项目(LGX202107); 新疆维吾尔自治区重点研发项目(2020B01003-1)。

第一作者: 潘越, 男, 硕士, 助理研究员, 从事葡萄栽培及遗传育种研究。E-mail: 18690187637@163.com

通信作者: 孙刚, 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事园林绿化规划设计研究。E-mail: 292690111@qq.com

不同品种的山葡萄风味口感差异较大,‘北冰红’穗形紧实、单果较大;‘双红’矿物质元素丰富,果汁颜色深。本研究以 2019—2021 年田间长势良好的 8 个山葡萄品种为试材,测定果实外观和理化品质两个层面 23 项指标,基于主成分分析,以期找到影响果实品质的关键因子,综合评价山葡萄果实品质的优劣,为山葡萄在新疆环塔盆地的推广及高效种植提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 样地概况

采样点位于新疆阿克苏地区新疆林科院佳木国家重点林木良种基地,基地海拔 1 103.8 m,地下水埋深 2.8~3.3 m;属暖温带干旱气候,昼夜温差大;年均降水量不足 100 mm;年均气温 10.1 ℃,历史极端低温 -27.4 ℃,近 3 a(2019—2021 年)最低气温 -18 ℃,年均日照时数 2 747.7 h,≥10 ℃ 积温 2 916.8~3 198.6 ℃,无霜期 205~219 d。

1.2 主要仪器设备与试剂

Mitutoyo 游标卡尺(量程 0~150 mm,精度 0.02 mm),日本三丰公司;AE323C 千分之一天平,奥豪斯仪器(上海)有限公司;FW80-1 型粉碎机,天津市泰斯特仪器有限公司;877 Titrino plus 电位滴定仪,瑞士万通公司;UV2600 紫外分光光度计,日本岛津公司;2695 高效液相色谱仪,美国 Waters 公司;900T PE 原子吸收光谱仪,美国 Perkin Elmer 公司。

氯化铝、硫酸铜、硫酸铵、碳酸钠、氢氧化钠、双氧水、四水合酒石酸钾钠,天津市博迪化工有限公司;葡萄糖、蒽酮、邻苯二甲酸氢钾、酚酞指示剂,上海谱振生物科技有限公司;s 酸铵、草酸、偏磷酸-醋酸,国药集团化学试剂有限公司,以上试剂均为分析纯。

1.3 方法

1.3.1 果实样品采集与处理 8 个山葡萄品种分别为:‘北冰红’‘双红’‘左优红’‘雪兰红’‘双丰’‘北国红’‘左山 1’‘左山 2’,树龄 4 a,南北行向,株行距为 1 m×3.5 m,单臂篱架,田间正常肥水管理。经 2020—2021 年不下架自然越冬,于 2021 年 10 月 20 日(果实成熟期)采样,每个品种随机挑选 10 株山葡萄,摘取阴面和阳面上、中、下部各一穗,保证所取山葡萄穗形整齐一致、无病虫害,混合后即刻测量外观品质性状;其余山葡萄带

回实验室,随机摘取 600 粒果实,带皮压榨成汁,并用纱布过滤保存。

1.3.2 山葡萄外观指标测定 果径及果形指数:每个品种随机选取成熟度一致的 45 粒山葡萄,采用游标卡尺测量果实的纵径、横径,计算其平均值,结果以 mm 显示;果形指数=果实纵径/果实横径。

果穗质量、单果质量、单果体积和密度:每一品种随机选取 3 穗山葡萄,用千分之一天平称量果穗质量,取其平均值,结果以克表示;随机选取 45 粒山葡萄,称量后取平均值,单果质量以 g 表示;称质量后的山葡萄,用排水法分别测量体积,结果取平均值,以毫升表示。

1.3.3 山葡萄理化指标测定 总糖根据 GB/T15038-2006 测定;总酸根据 GB/T12456-2008 测定;糖酸比=总糖/总酸;可溶性固形物根据 GB/T12295-1990 测定;固酸比=可溶性固形物/总酸;pH 测定采用酸度计法^[17];总酚、总花色苷和白藜芦醇测定采用 HPLC 液相色谱法^[18];总黄酮含量测定采用芦丁比色法^[19];原花青素含量采用分光光度计测定;各类矿质元素采用原子吸收光谱仪测定^[20]。

1.4 数据处理与分析

采用 Excel 2010 进行数据整理,SPSS 21.0 进行方差分析^[20]、描述性分析^[21]和主成分分析^[20-22]。

2 结果与分析

2.1 山葡萄品质描述性分析

由表 1 可知,8 个山葡萄品种,可溶性固形物、总黄酮、pH、总酸、总糖、总酚、Ca、Mg、Mn、Cu、果实纵径、横径、单果质量、单果体积、糖酸比的变异系数分别是 25.71%、26.95%、8.58%、21.61%、21.40%、28.69%、22.54%、26.73%、21.43%、29.50% 和 2.81%、3.59%、9.37%、8.79% 和 28.71%,均<30%,变异程度较小。果形指数越接近于 1,果实越接近正圆,反之则接近于扁圆,8 个山葡萄品种的果形指数变异系数较大,与山葡萄果形差异较大有关。其他 8 项指标变异程度较大,白藜芦醇含量变异系数达到 106.69%,主要是‘北国红’白藜芦醇含量较高,使得整体变化浮动范围较大。比较均值和中位数发现,除白藜芦醇、花色苷含量和果形指数外,其他品质指标平均值均接近中位数,说明该类指标的

离群点较少,试验所选的山葡萄品种各指标测定 值均在可接受范围内。

表 1 8 个山葡萄品种理化性质描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of physico-chemical characterization of eight *Vitis amurensis* Rupr. varieties

指标 Indicator	变化范围 Range	均值 Mean	变异系数/% Coefficient of variation	中位数 Median
可溶性固形物/% Total soluble solids	13.80~30.60	20.95	25.71	19.14
白藜芦醇/(mg·kg ⁻¹) Resveratrol	0.34~5.73	1.42	106.69	0.93
原花青素/(g·hg ⁻¹) OPC	0.20~0.71	0.38	43.78	0.32
花色苷/(mg·hg ⁻¹) Anthocyanin	41.90~214.90	118.02	54.34	94.57
总黄酮/(mg·hg ⁻¹) Total flavones	209.70~515.70	309.11	26.95	299.96
pH	2.97~4.10	3.48	8.58	3.49
总酸/(g·kg ⁻¹) Total acids	7.56~14.57	10.28	21.61	9.53
总糖/(g·hg ⁻¹) Total candies	10.07~21.90	16.45	21.40	16.22
总酚/(mg·hg ⁻¹) Total phenols	127.40~361.50	268.50	28.69	288.65
钙/(mg·kg ⁻¹) Ca	207.00~432.00	320.00	22.54	330.50
镁/(mg·kg ⁻¹) Mg	189.00~498.00	311.63	26.73	308.00
铁/(mg·kg ⁻¹) Fe	10.70~32.40	19.08	32.89	17.93
锰/(mg·kg ⁻¹) Mn	1.35~2.83	1.83	21.43	1.76
锌/(mg·kg ⁻¹) Zn	0.14~3.40	1.65	56.68	1.60
铜/(mg·kg ⁻¹) Cu	1.40~3.50	2.24	29.50	2.09
果实纵径/mm Fruit vertical diameter	9.52~10.57	9.98	2.81	9.93
果实横径/mm Fruit transverse diameter	8.93~10.80	10.15	3.59	10.15
单果质量/g Fruit mass	0.61~0.86	0.72	9.37	0.72
单果体积/mL Fruit volume	0.64~0.87	0.72	8.79	0.70
果穗质量/g Grain mass	10.80~56.70	23.11	49.08	20.89
果形指数 Fruit shape index	0.91~1.00	0.93	78.29	0.98
糖酸比 Total sugar/Titratable acid	0.96~2.36	1.79	28.71	2.04
固酸比 Solublesolids/Titratable acid	1.14~3.05	1.97	36.49	1.89

2.2 主成分分析

在对山葡萄进行综合评价前,考虑各品质指标的数量纲不一致,其中外观品质指标(果实纵径、果实横径、单果质量、单果体积、果穗质量)、理化品质指标(可溶性固形物、白藜芦醇、原花青素、总黄酮、总糖、总酚、钙、镁、铁、锰、锌、铜元素)均为值越大,品质越好;总酸值越小越好;果形指数、糖酸比、固酸比为越接近 1 越好;pH 为 3.0~3.6 最佳^[23]。为此,在进行主成分分析前,采用隶属函数法对品质指标进行标准化处理(表 2)。

主成分分析是将多项复杂指标简化为少数综合指标的统计学方法^[21],在保证原始信息损失少且减少变量数目的前提下,采用少数变量反映原始信息^[22],设 $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$, 设 n 为随机向量,它的线性关系式如下:

$$PC_1 = a'_1 X = a_{11} X_1 + a_{21} X_2 + \dots + a_{p1} X_p$$

$$PC_2 = a'_2 X = a_{12} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{p2} X_p$$

$$PC_p = a'_p X = a_{1p} X_1 + a_{2p} X_2 + \dots + a_{pp} X_p$$

将 PC_1 代替原来 p 个变量 X_1, X_2, \dots, X_p , PC_1 会尽可能多地反映原始变量的信息,如若 PC_1 不足以反映原始的绝大多数信息,则考虑引入 PC_2 ,据此类推。主成分分析成分个数 m 需依据各个成分的累计方差贡献率最终确定。

$$\text{方差累计贡献率} = \frac{\sum_{k=1}^m \lambda_k}{\sum_{i=1}^p \lambda_i}$$

式中, λ 为各成分所对应的特征值; k 为选定的成分数; i 为全部成分数。

由表 3 可知,从 23 项果实品质指标中提取出 6 个特征根 > 1 的成分,累计贡献率达 97.839%,综合山葡萄的绝大部分信息,为避免 PC_5 和 PC_6 对综合评价带来干扰,为此选用 $PC_1 \sim PC_4$ 进行因子分析。

表 2 果实品质指标标准化结果

Table 2 Data normalization value on fruit quality characters index of *Vitis amurensis* Rupr.

指标 Indicator	北冰红 Beibinghong	双红 Shuanghong	左优红 Zuoyouhong	雪兰红 Xuelanhong	双丰 Shuangfeng	北国红 Beiguohong	左山 1 Zuoshan 1	左山 2 Zuoshan 2
可溶性固形物 Total soluble solids	0.527	0.088	1.000	0.730	0.189	0.824	0.236	0.000
白藜芦醇 Resveratrol	0.097	0.046	0.000	0.138	0.233	1.000	0.126	0.076
原花青素 OPC	0.053	1.000	0.297	0.319	0.039	0.000	0.024	0.935
花色苷 Anthocyanin	0.197	0.935	0.804	0.086	0.000	0.183	1.000	0.399
总黄酮 Total flavones	0.241	1.000	0.065	0.000	0.375	0.443	0.324	0.215
pH	0.000	1.000	1.000	0.769	1.000	0.949	1.000	1.000
总酸 Total acids	1.000	0.168	0.749	0.760	0.966	0.786	0.000	0.494
总糖 Total candies	0.629	0.629	0.906	0.961	0.247	1.000	0.330	0.000
总酚 Total phenols	0.137	0.713	1.000	0.679	0.000	0.906	0.836	0.626
钙 Ca	0.433	0.571	1.000	0.581	0.000	0.005	0.621	0.926
镁 Mg	0.416	0.342	0.523	0.399	0.046	0.000	0.338	1.000
铁 Fe	0.548	0.035	0.382	0.583	1.000	0.226	0.271	0.000
锰 Mn	0.282	0.073	0.755	1.000	0.127	0.318	0.000	0.491
锌 Zn	0.128	0.723	0.619	0.377	1.000	0.000	0.412	0.723
铜 Cu	0.375	0.250	1.000	0.250	0.000	0.000	0.313	1.000
果实纵径 Fruit vertical diameter	1.000	0.410	0.670	0.610	0.230	0.321	0.000	0.440
果实横径 Fruit transverse diameter	1.000	0.939	0.663	0.426	0.163	0.000	0.478	0.470
单果质量 Fruit mass	1.000	0.448	0.758	0.420	0.000	0.062	0.151	0.106
单果体积 Fruit volume	1.000	0.213	0.758	0.440	0.000	0.067	0.067	0.143
果穗质量 Grain mass	1.000	0.258	0.298	0.053	0.382	0.155	0.010	0.000
果形指数 Fruit shape index	1.000	0.124	0.881	0.996	0.779	0.930	0.000	0.741
糖酸比 Total sugar/Titratable acid	0.725	0.248	0.879	0.937	0.530	1.000	0.005	0.000
固酸比 Solublesolids/Titratable acid	0.854	0.000	1.000	0.786	0.488	0.891	0.036	0.054

表 3 6 个成分的提取平方载荷值和旋转平方载荷值

Table 3 Contribution rate and cumulative contribution rate of 6 principal component

成分 Principal component	提取平方载荷值 Extracting the square of the value load			旋转平方载荷值 The sum of the square of the rotation load		
	特征值 Characteristic root	方差贡献率/% Variance contribution	累计贡献率/% Cumulative contribution	特征值 Characteristic root	方差贡献率/% Variance contribution	累计贡献率/% Cumulative contribution
PC ₁	8.289	36.039	36.039	5.096	22.154	22.154
PC ₂	5.667	24.639	60.679	4.827	20.987	43.142
PC ₃	3.595	15.630	76.309	4.559	19.820	62.962
PC ₄	2.660	11.567	87.875	4.397	19.117	82.079
PC ₅	1.231	5.354	93.229	1.907	8.293	90.372
PC ₆	1.060	4.610	97.839	1.717	7.467	97.839

成分矩阵经 8 次迭代后收敛取得旋转成分矩阵(表 4),PC₁ 综合了 pH、果实纵径、果实横径、单果质量、单果体积和果穗质量的信息,其中果实纵径、果实横径、单果质量、单果体积和果穗质量在第一成分上呈正向分布,pH 呈负向分布,即 PC₁ 越大,单果质量越大、穗质量越大,pH 越低,PC₁ 可命名为外观品质因子。第二成分 PC₂ 主要综合可溶性固形物、总糖、糖酸比、固酸比和 Mn 含量的信息,上述指标均呈正向分布,PC₂ 命名为甜度因子。第三成分 PC₃ 主要综合 Ca、Mg

和 Cu 含量的信息,上述指标均呈正向分布,为此 PC₃ 命名为矿质元素因子。第四主成分 PC₄ 包含花色苷、总酸和果形指数 3 项指标,其中花色苷和果形指数呈负向分布,总酸呈正向分布,即 PC₄ 越大,总酸和花色苷含量越低,果实越接近于扁圆。第五主成分 PC₅ 包含原花青素和总黄酮 2 项指标,均呈正向分布,可命名为营养因子。第六主成分 PC₆ 仅包含白藜芦醇和 Zn 含量 2 项指标,前者呈负向分布,后者呈正向分布。

表 4 旋转后的成分载荷矩阵

Table 4 Rotated principal component loading matrix

指标 Indicator	PC ₁	PC ₂	PC ₃	PC ₄
可溶性固形物 Total soluble solids	0.110	0.921	0.047	0.121
白藜芦醇 Resveratrol	-0.426	0.283	-0.520	0.252
原花青素 OPC	-0.045	-0.247	0.457	-0.155
花色苷 Anthocyanin	0.031	-0.044	0.225	-0.950
总黄酮 Total flavones	0.014	-0.260	-0.554	-0.415
pH	-0.862	0.042	0.075	-0.317
总酸 Total acids	0.271	0.327	-0.128	0.854
总糖 Total candies	0.154	0.938	-0.194	-0.033
总酚 Total phenols	-0.388	0.517	0.362	-0.575
钙 Ca	0.154	0.027	0.903	-0.370
镁 Mg	0.120	-0.310	0.923	-0.001
铁 Fe	0.120	0.088	-0.399	0.500
锰 Mn	-0.040	0.625	0.604	0.389
锌 Zn	-0.251	-0.375	0.139	-0.001
铜 Cu	0.122	-0.010	0.926	-0.095
果实纵径 Fruit vertical diameter	0.791	0.328	0.293	0.401
果实横径 Fruit transverse diameter	0.835	-0.106	0.253	-0.362
单果质量 Fruit mass	0.905	0.347	0.230	-0.075
单果体积 Fruit volume	0.855	0.372	0.313	0.106
果穗质量 Grain mass	0.883	-0.026	-0.290	0.275
果形指数 Fruit shape index	0.166	0.437	0.155	0.851
糖酸比 Total sugar/Titratable acid	0.159	0.847	-0.216	0.439
固酸比 Solublesolids/Titratable acid	0.266	0.768	-0.061	0.458

2.3 山葡萄果实品质的公因子得分及综合评价

将旋转载荷矩阵除以相对应主成分的特征根,即可得出得分矩阵,再对得分矩阵的载荷值开算数平方根,即可得出每组指标相对应的载荷系数,将载荷系数与标准化后的数据作乘,可得出每组主成分的算数表达式:

$$PC_1 = 0.147 ZX_1 - 0.289 ZX_2 - 0.094 ZX_3 + 0.079 ZX_4 + 0.053 ZX_5 - 0.411 ZX_6 + 0.231 ZX_7 + 0.174 ZX_8 - 0.276 ZX_9 + 0.174 ZX_{10} + 0.154 ZX_{11} + 0.154 ZX_{12} - 0.089 ZX_{13} - 0.222$$

$$ZX_{14} + 0.155 ZX_{15} + 0.394 ZX_{16} + 0.405 ZX_{17} + 0.422 ZX_{18} + 0.410 ZX_{19} + 0.416 ZX_{20} + 0.180 ZX_{21} + 0.177 ZX_{22} + 0.229 ZX_{23}$$

$$PC_2 = 0.437 ZX_1 + 0.242 ZX_2 - 0.226 ZX_3 - 0.096 ZX_4 - 0.232 ZX_5 + 0.093 ZX_6 + 0.260 ZX_7 + 0.441 ZX_8 + 0.327 ZX_9 + 0.075 ZX_{10} - 0.254 ZX_{11} + 0.135 ZX_{12} + 0.360 ZX_{13} - 0.279 ZX_{14} - 0.045 ZX_{15} + 0.261 ZX_{16} - 0.148 ZX_{17} + 0.268 ZX_{18} + 0.278 ZX_{19} - 0.074 ZX_{20} + 0.301 ZX_{21} + 0.419 ZX_{22} + 0.399 ZX_{23}$$

$$PC_3 = 0.102 ZX_1 - 0.338 ZX_2 + 0.317 ZX_3 + 0.222 ZX_4 - 0.349 ZX_5 + 0.128 ZX_6 - 0.167 ZX_7 - 0.206 ZX_8 + 0.282 ZX_9 + 0.445 ZX_{10} + 0.450 ZX_{11} - 0.296 ZX_{12} + 0.364 ZX_{13} + 0.174 ZX_{14} + 0.451 ZX_{15} + 0.254 ZX_{16} + 0.236 ZX_{17} + 0.225 ZX_{18} + 0.262 ZX_{19} - 0.252 ZX_{20} + 0.185 ZX_{21} - 0.218 ZX_{22} - 0.116 ZX_{23}$$

$$PC_4 = 0.166 ZX_1 + 0.240 ZX_2 - 0.188 ZX_3 - 0.465 ZX_4 - 0.307 ZX_5 - 0.268 ZX_6 + 0.441 ZX_7 - 0.087 ZX_8 - 0.362 ZX_9 - 0.290 ZX_{10} - 0.018 ZX_{11} + 0.337 ZX_{12} + 0.298 ZX_{13} - 0.017 ZX_{14} - 0.147 ZX_{15} + 0.302 ZX_{16} - 0.287 ZX_{17} - 0.130 ZX_{18} + 0.155 ZX_{19} + 0.250 ZX_{20} + 0.440 ZX_{21} + 0.316 ZX_{22} + 0.323 ZX_{23}$$

$$PC_5 = -0.388 ZX_1 + 0.140 ZX_2 + 0.654 ZX_3 + 0.241 ZX_4 + 0.589 ZX_5 + 0.306 ZX_6 - 0.311 ZX_7 + 0.177 ZX_8 + 0.274 ZX_9 + 0.203 ZX_{10} + 0.316 ZX_{11} - 0.541 ZX_{12} - 0.112 ZX_{13} + 0.298 ZX_{14} + 0.158 ZX_{15} + 0.266 ZX_{16} + 0.368 ZX_{17} - 0.099 ZX_{18} - 0.271 ZX_{19} - 0.233 ZX_{20} - 0.247 ZX_{21} - 0.240 ZX_{22} - 0.397 ZX_{23}$$

$$PC_6 = -0.320 ZX_1 - 0.594 ZX_2 + 0.327 ZX_3 + 0.205 ZX_4 + 0.159 ZX_5 + 0.416 ZX_6 + 0.205 ZX_7 - 0.324 ZX_8 - 0.426 ZX_9 + 0.275 ZX_{10} - 0.134 ZX_{11} + 0.538 ZX_{12} + 0.215 ZX_{13} + 0.704 ZX_{14} + 0.207 ZX_{15} - 0.173 ZX_{16} + 0.294 ZX_{17} + 0.147 ZX_{18} - 0.083 ZX_{19} + 0.096 ZX_{20} - 0.251 ZX_{21} - 0.210 ZX_{22} - 0.250 ZX_{23}$$

用特征根除以各个主成分的特征根之和,得出山葡萄果实综合评价函数 $PC_z = A_1 PC_1 +$

$A_2 PC_2 + A_3 PC_3 + A_4 PC_4 + A_5 PC_5 + A_6 PC_6$,其中 $A_1 = \lambda_1 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)$, $A_2 = \lambda_2 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)$, $A_3 = \lambda_3 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)$, $A_4 = \lambda_4 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)$, $A_5 = \lambda_5 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)$, $A_6 = \lambda_6 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)$ 。式中, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6$ 分别为 6 个主成分的特征根。

表 5 结果表明,山葡萄果实品质指标排名前 3 的分别是‘北冰红’、‘左优红’和‘雪兰红’,其中‘北冰红’分别在 PC_1 和 PC_4 两个主成分排名第 1,而在 PC_3, PC_5 和 PC_6 上排名靠后,说明其优势主要表现在果实最接近正圆,产量最高且单果体积最大,糖酸比和固酸比较高,而矿质元素、总黄酮和原花青素含量较低,属于商品率高、丰产、糖酸比较高,但营养价值较低的类型,综合排名第 1;‘左优红’综合在 PC_1, PC_2 和 PC_3 排名位居前列,其主要优势体现在可溶性固形物、总糖、原花青素和花色苷含量较高,缺点在于花期落花落果严重,生产上宜通过提高栽培手段以增加产量;‘雪兰红’在 PC_1, PC_2 和 PC_4 上排名靠前,果实可溶性固形物、总糖含量较高,总酸含量较低,果形匀称,但原花青素、白藜芦醇等营养物质含量较低,果汁颜色较浅;‘左山 2’矿质元素极为丰富,原花青素含量高,适合与其他品种混酿,以增加风味和保健功效;‘北国红’综合排名第 5,优势在于糖酸比、固酸比高,但果个较小、产量较低,只适宜酿造冰酒;‘双红’排名第 7,‘左山 1’排名第 8,分列最后两位,产量、糖酸比和固酸比均较低,优势在于花色苷含量较高,作为优质葡萄酒原料风味欠佳。

表 5 不同山葡萄品种直立越冬及其对照果实品质的公因子得分、综合得分及优度比较

Table 5 Scores of each principal component, composite scores and sequence of erect overwintering and control of *Vitis amurensis* Rupr.

品种 Variety	PC_1	排序 Sequence	PC_2	排序 Sequence	PC_3	排序 Sequence	PC_4	排序 Sequence	PC_5	排序 Sequence	PC_6	排序 Sequence	PC_z	排序 Sequence
北冰红 Beibinghong	3.153	1	2.329	4	0.903	6	1.584	1	-0.867	8	0.063	6	1.637	1
双红 Shuanghong	0.593	4	0.192	8	1.388	3	-1.573	8	2.658	1	1.467	1	0.486	7
左优红 Zuoyouhong	1.921	2	2.840	1	2.325	2	0.327	5	0.215	4	0.519	5	1.637	2
雪兰红 Xuelanhong	1.348	3	2.784	3	1.260	4	1.205	3	-0.346	5	0.041	7	1.367	3
双丰 Shuangfeng	0.420	5	1.046	5	-0.344	7	1.244	2	-0.468	7	1.286	3	0.551	6
北国红 Beiguohong	0.385	6	2.819	2	-0.353	8	1.152	4	-0.357	6	-1.416	8	0.707	5
左山 1 Zuoshan 1	-0.036	8	0.342	6	1.111	5	-1.378	7	1.352	3	0.841	4	0.200	8
左山 2 Zuoshan 2	0.341	7	0.249	7	2.538	1	-0.636	6	2.028	2	1.436	2	0.802	4

3 讨论与结论

本试验采用隶属函数法,按照直立越冬方式,对8个山葡萄品种的23项果实品质指标进行了标准化处理,基于主成分分析对原始信息进行压缩,提取出6个可以代替原始信息的公因子,累计方差贡献率达97.839%,公因子间相互独立,避免重复信息对最终排序所造成的干扰。综合看来,‘北冰红’得分最高,兼具口感风味优和丰产性强的特点,可用作开发特色山葡萄加工制品;‘左优红’和‘雪兰红’次之,矿质元素、总糖含量较高,风味独特,口感偏甜,既适合作为陈酿型干红葡萄酒原料,还适合酿造优质冰葡萄酒;‘双红’和‘左山1’排名最后,花色苷含量丰富,果汁颜色极深,与其他品种混酿时作为抗氧化剂和增色剂。

在主成分评价前,考虑到果实品质指标的数量纲不一致,为此采用数学方法对果品指标结果标准化处理。果树学果实评价常见方法多集中在感觉评定^[23]、方差分析^[24-25]、层次分析^[26-27]等,这类评价方法受主观因素干扰,评价结果往往具有主观性、片面性及不确定性。付宝春等^[28]对玉簪的耐旱性评价时,通过隶属函数法对评价对象加权平均求和,根据得分高低综合排序。王益民等^[29]根据归一化标准差法和零均值法对枸杞的营养成分数据结果进行转化。在果品分析时,部分指标对综合评价结果有负影响,为此在标准化时应充分考虑这些因素,采用隶属函数法对数据进行科学转化,可兼顾综合评价结果有正、负两方面指标,使得评价结果更为客观合理。

本研究对指标正、负相关性的定义依据品种特性和选育目标而定,对指标的衡量标准亦不尽相同。穗形整齐紧致、单果体积大是山葡萄外观品质评价的首要目标,也是确保果农收益的重要前提。糖分对葡萄酒的风味、色泽具有重要影响,同时也是葡萄酒酒精发酵的基质^[30],含糖量越高,葡萄酒品质越好^[31]。果实营养成分越高越好,包括白藜芦醇、原花青素、花色苷、可溶性固形物、总黄酮、总酚和矿质元素,医药保健价值很高,此外,总酚、花色苷和矿质元素含量越高,葡萄酒风味越佳,酿造出的葡萄酒更加浓郁醇厚,馥香爽口。pH控制在3.0~3.6,超出这一范围会导致葡萄酒酸涩平淡,还会增加酿造工艺的难度^[32]。果形以近圆形为准,果形指数越接近1越好。

选育高糖、低酸、营养价值高的山葡萄品种,

是业界同行的共同目标^[33]。本研究中的8个山葡萄品种均来自东北地区,在隶属函数法统一数量纲的基础上进行主成分分析,得出影响山葡萄果实品质综合评价的关键因子是:单果质量、可溶性固形物、总糖、矿质元素含量、花色苷。最后按照各主成分的权重进行评分,有利于区别各品种间的差异,在生产中结合不同品种的优势,有选择性地推广发展。

参考文献 Reference:

- [1] 杨欢,张庆田,刘洪章,等.东北山葡萄区域化及酿酒特性研究概况[J].北方果树,2016(3):1-14.
YANG H, ZHANG Q T, LIU H ZH, *et al.* The research situation of northeast *Vitis amurensis* regionalization and vinification characteristics[J]. *Northern Fruits*, 2016(3): 1-14.
- [2] 岳泰新.不同生态区酿酒葡萄与葡萄酒品质的研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2015.
YUE T X. Study on wine grape and wine quality from different ecological regions[D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2015.
- [3] 刘阳阳,潘越,王世伟,等.不同山葡萄品种光响应模型拟合及综合评价[J].中国农业科技导报,2022,24(2):104-114.
LIU Y Y, PAN Y, WANG SH W, *et al.* Light response model fitting and comprehensive evaluation for *Vitis amurensis*[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2022, 24(2): 104-114.
- [4] 袁军伟,李敏敏,贾楠,等.21份葡萄砧木品种资源耐盐性鉴定[J].西北农业学报,2019,28(4):602-606.
YUAN J W, LI M M, JIA N, *et al.* Salt tolerance identification of 21 grape rootstock variety resources[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2019, 28(4): 602-606.
- [5] 徐美隆,乔改霞,全倩,等.山葡萄砧木对‘黑比诺’葡萄耐旱寒的影响研究[J].中外葡萄与葡萄酒,2021(6):66-70.
XU M L, QIAO G X, TONG Q, *et al.* Effect of *Vitis amurensis* rootstock on drought and cold tolerance of ‘Pinot Noir’ grapevine [J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2021(6): 66-70.
- [6] 许一博,王西平,宋长冰,等.中国野生复叶葡萄‘固原-1’抗寒性研究与利用[J].北方园艺,2021(21):24-30.
XU Y B, WANG X P, SONG CH B, *et al.* Exploit and research on cold resistance of Chinese wild *Vitis piasezkii* ‘Guyuan-1’ [J]. *Northern Horticulture*, 2021(21): 24-30.
- [7] 朱磊,武欣,刘云清,等.葡萄种质资源鉴别研究进展[J].黑龙江八一农垦大学学报,2021,33(4):45-52,92.
ZHU L, WU X, LIU Y Q, *et al.* Research progress on the identification and evaluation of grape germplasm[J]. *Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural University*, 2021,

- 33(4):45-52,92.
- [8] 张晓利,刘崇怀,刘 强,等.葡萄果实有机酸组分及其含量特性[J].食品科学,1-12[2022-02-24].
ZHANG X L,LIU CH H,LIU Q,*et al.* Organic acid components and content characteristics of grape berry[J]. *Food Science*:1-12[2022-01-14].
- [9] 金宇宁.东北葡萄产区不同产地及树龄对‘北冰红’酒质影响的研究[D].北京:中国农业科学院,2021.
JIN Y N. Study on the effects of different places and tree age on the wine quality of ‘Beibinghong’ in northeast grape production area[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences,2021.
- [10] 王 鑫,韩茜宇,薛宏坤.山葡萄皮花色苷提取工艺优化及其组分分析[J].食品工业,2020,41(6):55-59.
WANG X,HAN Q Y,XUE H K. Optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins from *Vitis amurensis* Rupr skins of ‘Shuangfeng’ and analysis of its components[J]. *The Food Industry*, 2020,41(6):55-59.
- [11] 裴辰玉,张 薇,李 悦,等. CO₂ 浸渍法对北冰红山葡萄酒中成分影响的研究[J].食品工业,2019,40(3):315-319.
PEI CH Y,ZHANG W,LI Y,*et al.* Study on the effect of maceration carbonique composition of Beibinghong grape wine[J]. *The Food Industry*,2019,40(3):315-319.
- [12] 吴树坤,邓 杰,范 勇,等.山葡萄酒发酵动力学及抗氧化活性研究[J].食品与发酵工业,2018,44(4):42-48.
WU SH K,DENG J,FAN Y,*et al.* Fermentation kinetics and antioxidant activity of mountain *Vitis amurensis* wine[J]. *Food and Fermentation Industries*,2018,44(4):42-48.
- [13] 张 宇,徐智慧,任邵琦,等.山葡萄 F3’H 基因及其启动子的克隆与表达分析[J].农业生物技术学报,2021,29(11):2099-2108.
ZHANG Y,XU ZH H,REN SH Q,*et al.* Cloning and expression analysis of F3’H gene and promoter from *Vitis amurensis*[J]. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2021,29(11):2099-2108.
- [14] 柴生樾.中国野生山葡萄抗灰霉病转录因子 VaERF99 功能及其作用机理[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2021.
CHAI SH Y. Study on the function and mechanism of the transcription factor VaERF99 for botrytis cinerea resistance in *Vitis amurensis*[D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University,2021.
- [15] 刘 欢,何文兵,李 乔,等.通化葡萄产区主栽 4 个品种品质的比较[J].食品科学,2017,38(17):107-113.
LIU H,HE W B,LI Q,*et al.* Comparison of quality traits of four major grape cultivars planted in Tonghua[J]. *Food Science*,2017,38(17):107-113.
- [16] 涂正顺,薛 洁,常 伟,等.吉林地区山葡萄果实香气成分的 GC/MS 分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(10):66-70.
TU ZH SH,XUE J,CHANG W,*et al.* Analysis of aromatic composition of wildgrape from Jilin by gas chromatography-mass spectrometry[J]. *Journal of Northwest A & F University(Natural Science Edition)*,2007,35(10):66-70.
- [17] 王 华.葡萄与葡萄酒实验技术操作规范[M].西安:西安地图出版社,1999.
WANG H. Operation Specification of Grape and Wine Experiment Technology[M]. Xi’an:Xi’an Map Press,1999.
- [18] 李艳春.果实成熟期光照对赤霞珠葡萄光合作用、果实品质及养分积累的影响[D].河北保定:河北农业大学,2009.
LI Y CH. The effect of light on photosynthesis,fruit quality and nutrient accumulation during Cabernet Sauvignon maturation period[D]. Baoding Hebei: Hebei Agricultural University,2009.
- [19] 苏鹏飞.宁夏青铜峡产区主栽红色酿酒葡萄成熟度控制指标的研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2016.
SU P F. Study of maturity control indexes of major red wine grapes from Qingtongxia City in Ningxia[D]. Yangling Shaanxi:Northwest A&F University,2016.
- [20] 公丽艳,孟宪军,刘乃侨,等.基于主成分与聚类分析的苹果加工品质评价[J].农业工程学报,2014,30(13):276-285.
GONG L Y,MENG X J,LIU N Q,*et al.* Evaluation of apple quality based on principal component and hierarchical cluster analysis[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*,2014,30(13):276-285.
- [21] 潘 越,史彦江,陈淑英,等.喷施叶面肥对平欧杂种榛‘新榛 1 号’嫩枝扦插的影响[J].江西农业大学学报,2016,38(5):920-926.
PAN Y,SHI Y J,CHEN SH Y,*et al.* Effect of foliar fertilizers on the hybrid hazel ‘New hazel one’ twig cutting[J]. *Acta Agirculturae Universitatis Jiangxiensis*,2016,38(5):920-926.
- [22] 冯会丽,吴正保,史彦江,等.基于因子分析的灰枣优良无性系果实品质评价[J].食品科学,2016,37(9):77-81.
FENG H L,WU ZH B,SHI Y J,*et al.* Fruit quality evaluation of superior clones of *Zizyphus jujube* cv. Huizao based on factor analysis[J]. *Food Science*,2016,37(9):77-81.
- [23] 马庆华,续九如,王贵禧,等.河北和山东冬枣果实品质评价及 AFLP 分子标记的研究[J].林业科学研究,2009,22(1):48-54.
MA Q H,XU J R,WANG G X,*et al.* Studies on the fruit quality and AFLP markers of *Zizyphus jujuba* cv. dongzao from Hebei and Shandong provenances[J]. *Forest Research*,2009,22(1):48-54.
- [24] 马庆华,续九如,姚立新,等.不同产地冬枣果实品质差异的研究[J].河北农业大学学报,2007(2):57-60.
MA Q H,XU J R,YAO L X,*et al.* Studies on the quality difference of *Dongzao jujube* from different sources[J]. *Journal of Hebei Agricultural University*,2007(2):57-60.

[25] 高文海,李新岗,王长柱. 木枣优良株系的选择研究[J]. 果树学报,2009,26(4):481-486.
GAO W H, LI X G, WANG CH ZH. Superior clones selected from Muzao cultivar(*Ziziphus jujuba*) [J]. *Journal of Fruit Science*, 2009, 26(4): 481-486.

[26] PATRAS A, BRUNTON N P, DOWNEY G, et al. Application of principal component and hierarchical cluster analysis to classify fruits and vegetables commonly consumed in Ireland based on in vitro antioxidant activity[J]. *Journal of Food Composition & Analysis*, 2011, 24(2): 250-256.

[27] 郭靖,张东亚,刘珩,等. 运用层次分析法优选新疆加工苹果[J]. 经济林研究,2015,33(3):26-32.
GUO J, ZHANG D Y, LIU H, et al. Selection of processed apples in Xinjiang by analytical hierarchy process[J]. *Non-wood Forest Research*, 2015, 33(3): 26-32.

[28] 付宝春,薄伟. 玉簪抗旱性隶属函数及主成分分析[J]. 草地学报,2014,22(6):1324-1330.
FU B CH, BO W. Analyses of the subordinate function and principal components of *Hosta* drought resistance[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2014, 22(6): 1324-1330.

[29] 王益民,张珂,许飞华,等. 不同品种枸杞子营养成分分析及评价[J]. 食品科学,2014,35(1):34-38.
WANG Y M, ZHANG K, XU F H, et al. Chemical analysis and nutritional evaluation of different varieties of goji berries (*Lycium barbarum* L.) [J]. *Food Science*, 2014, 35(1): 34-38.

[30] 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.

[31] 刘雪梅. 新疆玛纳斯河流域酿酒葡萄成熟度指标与葡萄酒质量关系的研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2008.
LIU X M. The research on wine quality and grape maturity in the basin of the manas river, Xinjiang [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2008.

[32] 刘晓梅. 源库调控对山葡萄结果特性及果实品质的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2014.
LIU X M. The Effects of Source-sink regulation on fruiting characteristics and fruit quality of *Vitis amurensis* Rupr. [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014.

[33] 宋润刚,艾军,李昌禹,等. 山葡萄不同生态区果实质量和产量的研究[J]. 特产研究,2002(2):8-11,15.
SONG R G, AI J, LI CH Y, et al. Study on quality and yield of *Vitis amurensis* Rupr. in different ecological region [J]. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, 2002(2): 8-11, 15.

The Difference of Fruit Quality on *Vitis amurensis* Rupr. around Tarim Basin

PAN Yue^{1,2}, JIANG Teng¹, WANG Xu¹, WANG Jijiao^{1,3}, MA Yong^{1,3},
HU Haifang^{1,2}, WANG Baoqing^{1,4} and SUN Gang¹

(1. Xinjiang Academy of Forestry Science, Urumqi 830000, China; 2. State Key Forest Seed Breeding Bases in Wensu, Xinjiang Academy of Forestry Science, Wensu Xinjiang 843100, China; 3. College of Forestry and Landscape Architecture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052; 4. Akesu National Observation and Research Station of Chinese Forest Ecosystem, Wensu Xinjiang 843100, China)

Abstract To provide a scientific theoretical basis for the breeding, popularization and application of *Vitis amurensis* Rupr. around the ecological region of Tarim Basin, eight comprehensive systems for the evaluation of Xinjiang *Vitis amurensis* Rupr was established, the grape varieties with good field performance, which included *Vitis amurensis* Rupr. ‘Beibinghong’ ‘Shuanghong’ ‘Zuoyouhong’ ‘Xuelanhong’ ‘Shuangfeng’ ‘Beiguohong’ ‘Zuoshan1’ and ‘Zuoshan 2’, were used as test materials from 2019—2021 to measure 23 appearance and physical and chemical quality indicators of the fruit, and then its fruit was ranked according to the comprehensive score by descriptive statistics and PCA. The results showed that the 23 fruit quality indicators had different degrees of variation, of which the resveratrol, fruit shape index, Zn content and anthocyanin had significant degree of variation, being more than 50%; cob mass, proanthocyanidins, solid acid ratio, and Fe content showed average variation, ranging from 30% to 50%; there were slight differences in other fruit quality indicators, being <

30%。Six common factors with characteristic root >1 were extracted by factor analysis and their cumulative variance contribution rate reached 97.839% and a common factor PC_1 contribution rate reached 22.154%, which were mainly determined by pH, fruit longitudinal diameter, transverse diameter, fruit mass per fruit, fruit volume per fruit and cob mass, and could mainly reflect the information of the fruit appearance quality. The common factor PC_2 contribution rate reached 20.987%, which was determined by five factors, namely, soluble solids, total sugar, sugar-acid ratio, solid-acid ratio, and Mn content, and could mainly reflect the information of the sugar content of fruit juice; the common factor PC_3 contribution rate reached 19.820%, which was determined by three factors, namely, Ca, Mg and Cu content, and could mainly reflect the content of mineral elements. The common factor PC_4 contribution rate reached 19.117%, which was determined by three factors, namely, anthocyanin, total acid, and fruit shape index, and could mainly reflect juice color, acidity, and fruit shape; the common factor PC_5 contribution rate reached 8.293%, which was determined by two factors, proanthocyanidins, and total flavonoids, could mainly reflect the nutritional status of the fruit. The common factor PC_6 contribution rate reached 7.467%, which was determined by two factors, namely resveratrol and Zn content, which could mainly reflect the level of resveratrol and Zn content. The comprehensive score of *Vitis amurensis* Rupr. fruit quality was in descending order as ‘Beibinghong’ ‘Zuoyouhong’ ‘Xuelanhong’ ‘Zuoshan2’ ‘Beiguohong’ ‘Shuangfeng’ ‘Shuanghong’ ‘Zuoshan1’.

Key words *Vitis amurensis* Rupr; PCA; Appearance quality; Physical and chemical quality; Comprehensive evaluation

Received 2022-06-19

Returned 2022-07-19

Foundation item The Xinjiang Fruit Germplasm Resource Innovation Project (No. LGXY202107); Key Research and Development Program of Xinjiang Uygur Autonomous Region (No. 2020B01003-1).

First author PAN Yue, male, master, assistant research fellow. Research area: forest genetics and breeding. E-mail: 18690187637@163.com

Corresponding author SUN Gang, male, master, senior engineers. Research area: landscape planning and design. E-mail: 292690111@qq.com

(责任编辑:顾玉兰 Responsible editor: GU Yulan)