

库尔勒香梨及其芽变和杂交品种（系）果实品质评价因子的选择

位 杰, 蒋 媛, 林彩霞*

(新疆生产建设兵团第二师农业科学研究所, 新疆 铁门关 841005)

摘 要: 采用主成分分析法和聚类分析法对库尔勒香梨及其芽变和杂交的13个品种(系)果实的主要品质性状(单果质量、果肉硬度、果形指数、心果比、可溶性固形物含量、可溶性糖含量、可滴定酸含量、石细胞含量、VC含量、糖酸比、汁液含量)进行了分析,以简化库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质的评价指标。结果表明:不同品种(系)的果实品质存在明显差异,果实石细胞含量和单果质量的变异系数较大,果实汁液含量变异系数较小,部分品质性状之间存在简单的相关性;主成分分析提取出5个主成分,累计方差贡献率为88.964 5%,可以在一定程度上概括这些性状的总体信息量;依据不同品种(系)的主成分得分,筛选出的5个代表性的品种(系)分别为84-1-1、84-1-15、新梨9号、新梨8号、84-4-72。经聚类分析,可将库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质评价指标简化为单果质量、果形指数、石细胞含量、可溶性固形物含量和汁液含量5个主要指标。综合运用主成分分析和聚类分析方法,可以简化库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质的评价指标,有助于库尔勒香梨优良果实性状品种的评价与筛选。

关键词: 库尔勒香梨;果实品质;主成分分析;聚类分析;评价因子

Selection of Quality Evaluation Factors for Korla Fragrant Pear, Bud Mutants and Hybrid Varieties (Strains)

WEI Jie, JIANG Yuan, LIN Caixia*

(Agricultural Scientific Institute of 2nd Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Tiemenguan 841005, China)

Abstract: In order to simplify the quality evaluation of Korla fragrant pear and its bud mutants as well as hybrid varieties (strains), the main quality traits of 13 fruit samples from Korla fragrant pear and its bud mutants as well as hybrid varieties (strains) including single fruit weight, flesh firmness, fruit shape index, core/fruit ratio, soluble solid content, soluble sugar content, titratable acidity, stone cell content, vitamin C content, and sugar/acid ratio and juice content were analyzed by principal component analysis (PCA) and cluster analysis. The results showed significant differences in fruit quality parameters among these varieties (strains). The variation (CV) coefficients of stone cell content and single fruit weight were larger, whereas the CV of juice content was smaller than that of other quality parameters. There was a simple correlation between some quality traits. In PCA, 5 principal components were extracted and explained cumulatively 88.964 5% of the total variance. These principal components were sufficient to represent the quality characteristics of Korla fragrant pear. Five varieties (strains) were selected based on their principal component scores, including 84-1-1, 84-1-15, Xinli No. 9, Xinli No. 8 and 84-4-72. The five most important fruit quality parameters were single fruit weight, fruit shape index, stone cell content, soluble solid content and juice content according to cluster analysis. In conclusion, principal component analysis and cluster analysis are useful for the evaluation and selection of fruit quality traits of Korla fragrant pear and its bud mutations as well as hybrid varieties (strains).

Keywords: Korla fragrant pear; fruit quality; principal component analysis; cluster analysis; evaluation factor

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201811011

中图分类号: S661.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2018)11-0069-06

收稿日期: 2017-02-13

基金项目: 河北省科技计划项目(16246327D); 新疆生产建设兵团第二师科技计划项目(2015NYGG10)

第一作者简介: 位杰(1987—), 男, 助理研究员, 硕士, 研究方向为果树栽培生理生态。E-mail: 627weijie@sina.com

*通信作者简介: 林彩霞(1967—), 女, 高级农艺师, 学士, 研究方向为果树生理和果树育种种质资源收集整理。

E-mail: n.lcx@163.com

引文格式:

位杰, 蒋媛, 林彩霞. 库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质评价因子的选择[J]. 食品科学, 2018, 39(11): 69-74.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201811011. <http://www.spkx.net.cn>

WEI Jie, JIANG Yuan, LIN Caixia. Selection of quality evaluation factors for Korla fragrant pear, bud mutants and hybrid varieties (strains)[J]. Food Science, 2018, 39(11): 69-74. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201811011. <http://www.spkx.net.cn>

库尔勒香梨(以下简称香梨)(*Pyrus sinkiangensis* Yü)属于蔷薇科(Rosaceae)梨亚科(Pomoideae)梨属(*Pyrus*)植物,是新疆著名的名、优、特产果品,具有香味浓郁、皮薄肉细、酥脆多汁等特点,品质优良,深受国内外消费者喜爱,在新疆园艺作物中占有重要地位。香梨的栽培地域性极强,栽培区域有限,是新疆林果业产品中的特色果品之一,在促进农业增效、果农增收和出口创汇方面起着不可替代的作用,市场潜力很大,发展前景很好^[1-3]。在梨产业育种上,香梨也作为一种优良的亲本材料被广泛应用,国内已有多家单位以香梨为亲本选育出了许多新品种及优良品系,如新梨6号^[4]、新梨7号^[5]、新梨9号^[6]等,生产上还发现了许多香梨芽变新品种,如新梨2号^[7]、沙01号^[8]等。果实品质是决定市场竞争力的重要因素,也是其适应性评价及能否推广栽培的基础和前提。对香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质进行科学、客观、准确的分析及评价,是香梨育种亲本选择及果品选优过程中的重要环节。但是繁杂而大量的测定工作以及品质因子之间的独立性和相关性给果实的综合评价带来了不便,因此,建立和寻求一种快速评价香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质的方法成为首要任务。

目前对梨果实品质分析方法的研究报道较多,如多因子模糊评审法^[9-10]、赋值多维价值理论^[11-12]、合理-满意度^[13-14]、主成分分析法^[15]等。前3种方法需要对不同的指标人为赋予权重,不可避免地带有一定的主观性;主成分分析法是将多变量数据在尽可能保留原有信息的基础上通过降维处理,根据需要从多变量中选取几个较少的变量指标来综合的描述原来多种指标或因素之间的关系,从而简化数据结构,准确了解各性状的综合表现^[16-17]。主成分分析法侧重于客观数据,以各主成分的方差贡献率和特征值为权重,重在解释原始变量之间的关系,最大地保留原始信息量,是一种客观赋权法,避免了人为主观因素的影响^[18],其优越性越来越得到人们的重视。近年来,该方法在桃^[19]、欧李^[20]、苹果^[21]、柑橘^[22]、核桃^[23]、药桑^[24-25]、葡萄^[26]、枸杞^[27]、猕猴桃^[28-29]及枣^[30-31]等果实品质的综合分析评价上取得了较好的结果。目前,主成分分析在新疆梨种质资源尤其是库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质性状上的应用报道较少,多数研究主要集中在单一指标的分析或比较上^[8,32-33]。本研究

以13个香梨及其芽变和杂交品种(系)为研究对象,采用主成分分析和聚类分析对影响果实品质的11个主要品质性状进行测定、评价,旨在简化香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质的评价指标,为香梨种质资源评价提供一定的参考依据,同时也为香梨产业发展中品种结构的调整、新品种(系)选育及其采后加工利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试材料取自新疆生产建设兵团第二师农业科学研究所梨种质资源保存圃中,果园地势平坦、园相整齐,土肥水管理一致。砧木为杜梨,树龄18~20年,株行距3 m×5 m。供试品种包括香梨、新梨1号、新梨2号、新梨6号、新梨7号、新梨8号、新梨9号、新梨10号、84-4-163、84-4-114、84-1-1、84-1-15、84-4-72。除香梨外,新梨2号为香梨芽变品种,其余品种(系)均为杂交选育而成,母本均是香梨,新梨1号父本是砀山梨,新梨6号、新梨9号、新梨10号、84-1-1的父本为苹果梨,新梨7号的父本为早酥梨,新梨8号、84-4-163、84-4-114、84-1-15、84-4-72的父本为鸭梨。每个品种(系)选取3株具有代表性的树作为重复,在每株树冠外围中部沿东、南、西、北4个方位随机选取成熟度相对一致、大小适中、无机械伤和病虫害的果实样品各3个,每个品种(系)共采集36个果实样品,混合装袋,带回实验室内低温(-1~0℃)保存,分别采用随机抽样的方法抽取其中30个果实并随机分成3组,每组10个,进行相关品质指标的测定。

蒽酮、浓硫酸、乙醇、蔗糖、氢氧化钠、磷酸、酚酞、钼酸铵、乙二胺四乙酸二钠、偏磷酸、草酸、VC、冰醋酸均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

GY-1型指针式水果硬度计 浙江托普仪器有限公司; 0%~80%WYT糖度计 成都豪创光电仪器有限公司; 0~150 mm电子数显卡尺 宁波世纪波斯工具有限公司; HH-8数显恒温水浴锅 常州国华电器有限公司; JJ-2组织捣碎匀浆机 江苏金坛市三和仪器有限公司; JA2003C电子天平 上海越平科学仪器有限公司;

UV1600比例双光束紫外-可见分光光度计 浙江福立分析仪器有限公司; MultifugeX1R高速冷冻离心机 德国 Heraeus公司; DHG-9202-2SA电热恒温红外干燥箱 上海鸿都电子科技有限公司。

1.3 方法

单果质量采用电子天平测定; 用数显游标卡尺测定果实纵径/cm、横径/cm, 计算果形指数(果形指数=纵径/横径); 果肉硬度用GY-1型指针式水果硬度计测定; 用数显游标卡尺测量果心横径/cm, 计算心果比(心果比=果心横径/果实横径)^[34]。

可溶性固形物含量采用手持折射仪测定, 可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法^[35], 蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝G-250法, 可滴定酸含量的测定采用酸碱中和滴定法, VC含量的测定采用钼蓝比色法^[36], 石细胞含量采用冷冻法测定^[37], 汁液含量采用烘干法测定, 糖酸比以可溶性糖含量和可滴定酸含量的比值表示。重复3次, 取平均值。

1.4 数据处理与分析

应用SPSS 18.0软件对这些品质性状指标的原始数据采用Duncan新复极差法进行差异显著性分析和相关性分析。进行主成分分析和聚类分析时, 因11个果实品质性状有不同的量纲和数量级, 为了避免量纲和数量级的影响, 需要对原始数据进行标准化处理。标准化方法为每一变量与其平均值之差除以该变量的标准差, 将各指标数据转化为均值为0、标准差为1的无量纲数据^[27]。然后进行主成分分析和聚类分析, 计算出各性状的特征值和方差贡献率, 以累计方差贡献率不小于85%为依据, 确定主成分的个数^[31,38]。根据各品质性状指标的特征向量, 列出主成分的函数表达式, 最后计算香梨及其芽变和杂交品种(系)的各主成分得分, 确定排名次序, 选择出表现优异的品种(系)。

2 结果与分析

2.1 不同品种(系)果实的主要品质性状

由表1可知, 香梨及其芽变和杂交品种(系)之间果实品质性状的变异幅度在1.39%~46.89%之间, 除汁液含量、可溶性固形物含量、果形指数和可溶性糖含量的变异系数较小外, 其余7个果实品质性状的变异系数均超过10%。果实表型性状中以单果质量的变异程度最大(变异系数为28.26%), 其次为果肉硬度(变异系数为19.15%)和心果比(变异系数为14.68%); 果实内在品质性状中石细胞含量的变异程度最大(变异系数为46.89%), 其次为可滴定酸含量(变异系数为23.08%)、糖酸比(变异系数为20.79%)、VC含量(变异系数为12.73%)。以上结果表明香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质性状之间差异较大。

表1 库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实的主要品质性状
Table 1 Major fruit quality traits of Korla fragrant pear and its bud mutations as well as hybrid varieties (strains)

品种(系)	单果质量/g	果形指数	心果比	果肉硬度/(kg/cm ²)	可溶性固形物含量/%	可溶性糖含量/%	可滴定酸含量/%	VC含量/(mg/100g)	糖酸比	石细胞含量/%	汁液含量/%
香梨	142.30 ^f	1.16 ^e	0.50 ^f	6.41 ^{cd}	13.00 ^{cd}	9.59 ^b	0.14 ^{abc}	4.25 ^d	69.28 ^a	0.42 ^e	86.72 ^b
新梨1号	171.43 ^d	1.01 ^d	0.33 ^e	7.09 ^b	11.93 ^d	9.10 ^{cd}	0.12 ^{abc}	3.63 ^{de}	73.30 ^b	0.25 ^{fg}	87.37 ^b
新梨2号	226.83 ^c	1.16 ^e	0.46 ^d	4.63 ^d	11.33 ^d	8.77 ^{de}	0.11 ^{abc}	3.74 ^{cd}	78.49 ^b	0.21 ^{fg}	87.52 ^b
新梨6号	288.13 ^c	0.90 ^f	0.38 ^e	4.99 ^d	13.10 ^{cd}	9.58 ^b	0.14 ^{abc}	4.41 ^{ab}	67.57 ^{bc}	0.14 ^g	85.75 ^{bc}
新梨7号	230.29 ^c	1.16 ^e	0.45 ^d	4.59 ^d	12.79 ^{cd}	8.36 ^e	0.09 ^f	3.41 ^e	88.06 ^{bc}	0.15 ^g	87.38 ^b
新梨8号	391.00 ^b	1.04 ^d	0.40 ^d	4.80 ^d	13.13 ^{cd}	9.57 ^b	0.09 ^f	3.03 ^f	105.46 ^c	0.29 ^{fg}	85.75 ^{bc}
新梨9号	269.79 ^c	0.89 ^f	0.29 ^e	6.80 ^{bc}	13.21 ^{cd}	10.07 ^a	0.11 ^{abc}	4.29 ^d	91.81 ^a	0.37 ^{fg}	86.81 ^b
新梨10号	177.76 ^e	1.11 ^b	0.50 ^f	6.17 ^{cd}	11.85 ^d	8.52 ^{de}	0.13 ^{abc}	3.92 ^d	66.76 ^{bc}	0.22 ^{fg}	85.14 ^d
84-4-163	228.69 ^c	1.04 ^d	0.45 ^d	5.95 ^{cd}	13.62 ^{bc}	8.76 ^{de}	0.14 ^{abc}	4.19 ^{bc}	63.87 ^{bc}	0.54 ^g	84.23 ^d
84-4-114	192.80 ^d	1.17 ^b	0.46 ^d	5.69 ^{cd}	14.13 ^b	9.67 ^{bc}	0.16 ^{ab}	4.54 ^d	62.80 ^{bc}	0.32 ^{fg}	84.12 ^d
84-1-1	247.00 ^c	0.98 ^e	0.41 ^e	8.13 ^a	13.35 ^{cd}	10.08 ^a	0.15 ^{abc}	3.02 ^f	65.82 ^{bc}	0.67 ^g	85.31 ^d
84-1-15	265.47 ^c	1.07 ^c	0.40 ^d	6.42 ^{cd}	14.13 ^b	9.43 ^{bc}	0.19 ^{ab}	3.94 ^d	50.06 ^{cd}	0.31 ^{fg}	85.04 ^d
84-4-72	338.67 ^b	1.02 ^d	0.40 ^d	7.86 ^c	12.65 ^d	9.36 ^{bc}	0.10 ^{bc}	3.76 ^{cd}	95.23 ^{ab}	0.46 ^g	84.88 ^d
平均值	243.86	1.05	0.42	6.12	12.94	9.30	0.13	3.86	75.27	0.33	85.85
标准差	68.91	0.09	0.06	1.17	0.84	0.56	0.03	0.49	15.65	0.16	1.20
变异系数/%	28.26	9.00	14.68	19.15	6.51	5.98	23.08	12.73	20.79	46.89	1.39

注: 同列肩标小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

2.2 不同品种(系)果实品质性状的相关性分析

表2 库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质性状之间的相关性
Table 2 Correlation coefficients among fruit quality traits of Korla fragrant pear and its bud mutations as well as hybrid varieties (strains)

相关系数	单果质量	果形指数	心果比	果肉硬度	可溶性固形物含量	可溶性糖含量	可滴定酸含量	VC含量	糖酸比	石细胞含量	汁液含量
单果质量	1.00										
果形指数	-0.46	1.00									
心果比	-0.41	0.81**	1.00								
果肉硬度	-0.08	-0.37	-0.31	1.00							
可溶性固形物含量	0.20	-0.15	-0.10	0.12	1.00						
可溶性糖含量	0.28	-0.53*	-0.49	0.46	0.52	1.00					
可滴定酸含量	-0.35	0.04	0.16	0.25	0.57*	0.29	1.00				
VC含量	-0.38	-0.01	0.06	-0.10	0.26	0.09	0.42	1.00			
糖酸比	0.60*	-0.16	-0.31	-0.15	-0.32	0.02	-0.92**	-0.42	1.00		
石细胞含量	0.04	-0.20	-0.01	0.71**	0.39	0.46	0.25	-0.16	-0.12	1.00	
汁液含量	-0.20	0.05	-0.23	-0.25	-0.62*	-0.19	-0.52	-0.25	0.37	-0.45	1.00

注: *.显著相关(P<0.05); **.极显著相关(P<0.01)。

由表2可知, 香梨及其芽变和杂交品种(系)的部分果实品质性状彼此之间存在着密切的关系, 其中单果质量与糖酸比呈显著正相关, 可溶性固形物含量与可滴定酸含量呈显著正相关, 果形指数与心果比呈极显著正相关, 果肉硬度与石细胞含量呈极显著正相关; 果形指数与可溶性糖含量存在显著的负相关, 可溶性固形物含量与汁液含量存在显著的负相关, 可滴定酸含量与糖酸比存在极显著的负相关。由于这些果实品质性状之间相关性的存在, 若直接利用这些指标进行香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质状况的评价会因指标信息的重叠而使评价结果出现一定的偏差, 导致评价结果不理想。

2.3 不同品种(系)果实品质性状的主成分分析

表3 库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质的主成分方差贡献率

Table 3 Variance contribution rates of principal components to the fruit quality characteristics of Korla fragrant pear and its bud mutations as well as hybrid varieties (strains)

主成分	初始特征值		
	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
1	3.460 5	31.459 3	31.459 3
2	3.077 7	27.978 8	59.438 0
3	1.356 9	12.335 6	71.773 7
4	1.305 0	11.863 7	83.637 4
5	0.586 0	5.327 1	88.964 5
6	0.569 0	5.173 2	94.137 6
7	0.262 9	2.390 4	96.528 0
8	0.215 7	1.960 6	98.488 6
9	0.094 3	0.857 5	99.346 1
10	0.068 0	0.618 5	99.964 6
11	0.003 9	0.035 4	100.000 0

将表1中的11个果实品质性状指标进行数据标准化处理后进行主成分分析。由表3知,第1主成分的特征值为3.460 5,方差贡献率为31.459 3%,是最重要的主成分;第2、3、4、5主成分的重要性依次降低,前5个主成分的累计方差贡献率已达到88.964 5%,即这5个主成分已经把香梨及其芽变和杂交品种(系)的11个品质性状指标的绝大部分信息反映出来,因此可以选取这5个主成分作为香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质性状的综合评价指标。

表4 库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质相关矩阵的特征向量

Table 4 Eigenvectors of matrix for fruit characteristics of Korla fragrant pear and its bud mutations as well as hybrid varieties (strains)

品质性状	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
单果质量(X_1)	-0.049 4	0.417 1	-0.110 5	0.521 8	-0.068 8
果形指数(X_2)	-0.149 0	-0.444 9	0.251 4	0.205 3	-0.093 2
心果比(X_3)	-0.029 1	-0.455 1	0.316 1	0.311 5	0.127 1
果肉硬度(X_4)	0.304 9	0.204 5	0.434 6	-0.372 8	0.210 7
可溶性固形物含量(X_5)	0.404 7	0.040 8	-0.205 9	0.380 3	-0.199 8
可溶性糖含量(X_6)	0.323 9	0.322 9	-0.108 4	-0.080 2	-0.153 4
可滴定酸含量(X_7)	0.442 1	-0.242 1	-0.121 6	-0.071 5	-0.380 6
VC含量(X_8)	0.199 8	-0.227 7	-0.521 2	-0.154 5	0.680 9
糖酸比(X_9)	-0.338 7	0.365 8	0.071 6	0.205 6	0.316 6
石细胞含量(X_{10})	0.344 8	0.160 5	0.534 6	0.007 3	0.166 4
汁液含量(X_{11})	-0.379 3	0.056 2	-0.065 7	-0.476 7	-0.355 2

由初始因子载荷矩阵及表3中各主成分的特征值可计算得到香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质性状相关矩阵的特征向量(表4),以特征向量为权重,与标准化的数据相乘,即可得到5个主成分的函数表达式(式(1)~(5))。

$$F_1 = -0.049 4Z_{X_1} - 0.149 0Z_{X_2} - 0.029 1Z_{X_3} + 0.304 9Z_{X_4} + 0.404 7Z_{X_5} + 0.323 9Z_{X_6} + 0.442 1Z_{X_7} + 0.199 8Z_{X_8} - 0.338 7Z_{X_9} + 0.344 8Z_{X_{10}} - 0.379 3Z_{X_{11}} \quad (1)$$

$$F_2 = 0.417 1Z_{X_1} - 0.444 9Z_{X_2} - 0.455 1Z_{X_3} + 0.204 5Z_{X_4} + 0.040 8Z_{X_5} + 0.322 9Z_{X_6} - 0.242 1Z_{X_7} - 0.227 7Z_{X_8} + 0.365 8Z_{X_9} + 0.160 5Z_{X_{10}} + 0.056 2Z_{X_{11}} \quad (2)$$

$$F_3 = -0.110 5Z_{X_1} + 0.251 4Z_{X_2} + 0.316 1Z_{X_3} + 0.434 6Z_{X_4} - 0.205 9Z_{X_5} - 0.108 4Z_{X_6} - 0.121 6Z_{X_7} - 0.521 2Z_{X_8} + 0.071 6Z_{X_9} + 0.534 6Z_{X_{10}} - 0.065 7Z_{X_{11}} \quad (3)$$

$$F_4 = 0.521 8Z_{X_1} + 0.205 3Z_{X_2} + 0.311 5Z_{X_3} - 0.372 8Z_{X_4} + 0.380 3Z_{X_5} - 0.080 2Z_{X_6} - 0.071 5Z_{X_7} - 0.154 5Z_{X_8} + 0.205 6Z_{X_9} - 0.007 3Z_{X_{10}} - 0.476 7Z_{X_{11}} \quad (4)$$

$$F_5 = -0.068 8Z_{X_1} - 0.093 2Z_{X_2} + 0.127 1Z_{X_3} + 0.210 7Z_{X_4} - 0.199 8Z_{X_5} - 0.153 4Z_{X_6} - 0.380 6Z_{X_7} + 0.680 9Z_{X_8} + 0.316 6Z_{X_9} + 0.166 4Z_{X_{10}} - 0.355 2Z_{X_{11}} \quad (5)$$

式中: ZX 表示标准化后的数据; Z 表示Z-score法数据标准化。

由表4可知,在第1主成分中,可溶性固形物含量、可溶性糖含量和可滴定酸含量具有较大的正系数值,它们对第1主成分产生正向影响,说明第1主成分大时,可溶性固形物含量、可溶性糖含量和可滴定酸含量会增大。第一主成分主要反映了果实的风味,因此可将第1主成分称为果实风味指标。

第2主成分中糖酸比具有较大的正系数值,它对第2主成分产生正向影响,果形指数和心果比具有较大的负系数值,它们对第2主成分产生负向影响;说明第2主成分大时,果实糖酸比增大,果形指数和心果比减小。第2主成分主要反映了果实的形状,因此可将第2主成分称为果实形状指标。

第3主成分中果肉硬度和石细胞含量具有较大的正系数值,它们对第3主成分产生正向影响,VC含量具有较大的负系数值,它对第3主成分产生负向影响;说明第3主成分大时,果实VC含量降低,果肉硬度和石细胞含量升高。第3主成分主要反映了果肉质地酥脆和粗糙程度,因此可将第3主成分称为果实肉质指标。

第4主成分中单果质量具有较大的正系数值,它对第4主成分产生正向影响,汁液含量具有较大的负系数值,它对第4主成分产生负向影响;说明第4主成分大时,果实单果质量增大,汁液含量减小。第4主成分主要反映了果实的质量和汁液量,因此可将第4主成分称为果实质量及汁液指标。

第5主成分中VC含量具有较大的正系数值,它对第5主成分产生正向影响,说明第5主成分大时,果实中VC含量增大,因此可将第5主成分称为果实VC指标。

2.4 不同品种(系)果实品质性状的主成分得分

根据各主成分的函数表达式计算出香梨及其芽变和

杂交品种(系)各主成分的得分值及排序结果(表5)。由各主成分得分结果看出,13个品种(系)中,84-1-1在第1主成分中得分最高,其次为84-1-15;新梨9号在第2主成分中得分最高;84-1-1在第3主成分中得分也最高,其次为84-4-72;新梨8号在第4主成分中得分最高;84-4-72在第5主成分中得分最高,表明利用这些品种(系)作为香梨品质育种的亲本材料优势较大。

表5 库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质的主成分因子得分
Table 5 Scores of principal components of fruit quality of Korla fragrant pear and its bud mutations as well as hybrid varieties (strains)

品种(系)	F ₁	排序	F ₂	排序	F ₃	排序	F ₄	排序	F ₅	排序
香梨	0.479 1	5	-1.815 4	11	0.698 8	3	-0.776 5	11	0.245 4	6
新梨1号	-1.035 3	9	0.578 0	5	0.112 1	8	-2.381 6	13	-0.374 7	9
新梨2号	-2.859 8	12	-1.312 7	10	0.198 2	6	-0.408 9	9	-0.238 2	8
新梨6号	0.326 9	7	0.561 9	6	-2.505 2	13	-0.087 2	7	0.007 0	7
新梨7号	-3.127 7	13	-0.910 6	8	0.118 9	7	0.621 1	4	-0.525 4	10
新梨8号	-1.819 3	11	2.424 2	2	0.060 7	9	2.226 2	1	-0.597 3	11
新梨9号	0.370 3	6	2.929 4	1	-1.334 3	12	-1.287 4	12	0.648 1	4
新梨10号	-0.866 9	10	-2.163 3	13	0.673 7	4	-0.211 0	8	0.654 0	3
84-4-163	1.475 6	4	-0.916 1	9	0.355 5	5	0.822 2	3	0.840 9	2
84-4-114	2.008 3	3	-1.950 3	12	-0.735 9	11	0.954 6	2	0.363 3	5
84-1-1	2.362 8	1	1.620 6	4	2.161 8	1	-0.449 1	10	-0.994 1	12
84-1-15	2.352 0	2	-0.863 9	7	-0.729 5	10	0.388 5	6	-1.278 1	13
84-4-72	0.003 8	8	2.045 0	3	1.154 2	2	0.593 3	5	1.335 5	1

2.5 不同品种(系)果实品质性状的聚类分析

表1中的数据经过标准化处理后,采用欧氏距离和类平均法(unweighted pair-group method with arithmetic means, UPGMA)对香梨及其芽变和杂交品种(系)各品质性状指标进行聚类,聚类结果如图1所示。在距离约为3.95时11项品质指标被聚成5类。由聚类距离和聚类的先后顺序可以看出果形指数与心果比首先聚为一类;果肉硬度和石细胞含量先聚为一类,再与可溶性糖含量聚为一类;单果质量与糖酸比聚为一类;可溶性固形物含量与可滴定酸含量先聚为一类,再与VC聚为一类;汁液含量单独聚为一类,说明该指标具有相对独立性。由此,11个果实品质指标可以选出5个指标予以简化,简化后的评价因子是:果形指数或心果比、果肉硬度或石细胞或可溶性糖含量、单果质量或糖酸比、可溶性固形物含量或可滴定酸含量或VC含量、汁液含量。

同一相似类别的果实品质指标之间具有较强的相关性,可选用1个指标代表其他指标,将11个品质指标予以简化,其中无相似项的果实品质指标具有相对独立性。果形指数和心果比反映了果实外观和可食率,二者极显著正相关,选择测定方便的果形指数作为代表指标;果肉硬度受贮藏因素影响较大,数据不稳定,选择石细胞含量作为代表指标更为客观;可溶性固形物主要由可溶性糖、可滴定酸组成,可以作为代表指标;单果质量与糖酸比显著正相关,选择单果质量作为代表指

标,避免与可溶性固形物含量的信息重叠,汁液含量作为一个独立代表指标。综合主成分分析结果和聚类分析结果,将11个果实品质指标简化为单果质量、果形指数、石细胞含量、可溶性固形物含量、汁液含量5个指标,这5个指标即可在很大程度上反映库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质状况。

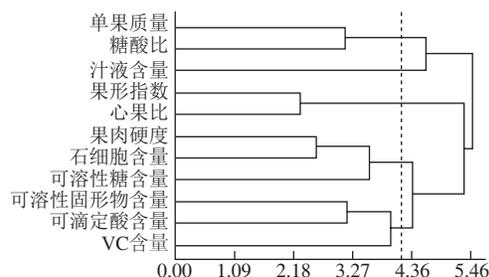


图1 库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)11个果实品质指标的聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis for the selection of 11 fruit quality indicators of Korla fragrant pear and its bud mutations as well as hybrid varieties (strains)

3 讨论

库尔勒香梨作为一种宝贵的资源,是发掘优异基因和选种、育种的源基础。对果实品质性状的多样性进行评价不仅有助于完善香梨种质资源分类技术体系,而且可拓宽梨育种资源的遗传选择范围,为以品质改良作为目标的育种工作提供优异的材料。在对果实品质性状进行评价时,确定合理的评价因子和方法是进行品质评价的基础,评价因子的选择直接影响着最终的评价效果。本研究选用了香梨及其芽变和杂交品种(系)常见的11个果实品质性状指标,既有一定的相对独立性,又存在着相关性,若简单采用单一指标或多个指标都很难对不同品种(系)的果实品质做出正确评判。而利用主成分分析可以将多个单一指标转化为少数几个涵盖主要信息的综合指标,将主成分分析的结果进一步用于聚类分析,还可以分析各指标的相似性和差异性。赵琼玲等^[38]用主成分分析法和聚类分析法对余甘子的品质评价指标进行简化,最终将品质指标简化为4个具有代表性的指标;雷莹等^[39]也采用主成分分析和聚类分析对18项夏橙果实品质指标进行简化,确定了果形指数、囊瓣数、果肉色调角、可溶性固形物含量、抗坏血酸含量及总可溶性糖含量6个代表性评价指标;冯娟等^[40]利用主成分分析法和聚类分析法对10个不同产地富士苹果的12个主要果实品质指标进行了分析,将苹果品质评价指标简化为单果质量、果形指数、可溶性固形物含量、可溶性酸含量和出汁率,客观、科学地对不同产地富士苹果品质进行了比较和分类。

香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质主要分为感官品质和营养品质,由果品外观和众多内在因子构成,除本研究所测指标外还需要结合口感、果肉质地、香气等指标,所以很难直接利用这些指标对各个梨品种(系)进行综合得分评价排序。但经主成分分析提取出主成分,与各品种(系)在各个主成分中的得分相结合,可以基本判定哪些品种(系)在所提取的主成分中具有明显的优势,从而针对具体的指标和品种(系)进行分析评价。本研究利用主成分分析方法,依据累计方差贡献率大小,将11个果实品质指标提炼归纳为5个主成分,保留了原始变量88.9645%的信息量。结合聚类分析,最终确定香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质评价因子为5个,即单果质量、果形指数、石细胞含量、可溶性固形物含量和汁液含量。这5个指标即具有较好的代表性,可作为库尔勒香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质性状评价指标的标准。通过对13个香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质性状指标的主成分分析,选出了5个主成分得分较高的品种(系)分别为84-1-1、84-1-15、新梨9号、新梨8号、84-4-72,说明这些品种(系)用作品质育种的亲本材料潜力较大。本研究结果简化了香梨及其芽变和杂交品种(系)品质评价指标,进而增加了香梨选育种指标的针对性,减少了其品质选优的工作量,为科学评价香梨及其芽变和杂交品种(系)果实品质及加快品种改良的进程提供了理论参考。

参考文献:

- [1] 何子顺,李芳芳,张绍铃,等.‘库尔勒香梨’果实中脂肪酸和氨基酸变化及受套袋的影响[J].果树学报,2016,33(3):1-14. DOI:10.13925/j.cnki.gsx.20150510.
- [2] 赵晓敏,杨玉荣,李建鲲,等.1-MCP处理对库尔勒香梨采后果皮蜡质变化的影响[J].食品科学,2015,36(18):262-266. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201518049.
- [3] 徐超,王雪梅,陈波浪,等.不同树龄‘库尔勒香梨’园土壤养分的特征[J].果树学报,2016,33(3):275-282. DOI:10.13925/j.cnki.gsx.20150222.
- [4] 董延年,周进,刘艳,等.抗寒优质梨新品种:新梨6号[J].中国果树,1998(2):6-7.
- [5] 刘建萍,阎春雨,程奇,等.早熟、优质、耐贮藏新品种新梨7号选育研究[J].果树学报,2002,19(1):36-38. DOI:10.3969/j.issn.1009-9980.2002.01.010.
- [6] 杨玉琼,刘艳,董延年.香梨:新梨9号[J].新疆农垦科技,2013,36(2):32-33.
- [7] 吴忠华,张洪平,韩奇桥,等.香梨芽变新品种新梨2号[J].新疆农业科学,1994(4):175.
- [8] 陈月,刘永杰,覃伟铭,等.库尔勒香梨及其不同芽变类型果实发育动态和品质比较[J].新疆农业科学,2014,51(5):817-823. DOI:10.6048/j.issn.1001-4330.2014.05.005.
- [9] 张四普,牛佳佳,郭献平,等.郑州地区21个梨品种评价[J].河南农业科学,2015,44(9):86-90. DOI:10.15933/j.cnki.1004-3268.2015.09.021.
- [10] 杨莹莹,王冬艳.土壤微量元素与苹果梨品质相关研究[J].吉林农业大学学报,2016,38(1):45-52. DOI:10.13327/j.jlau.2016.2796.
- [11] 黄曙光,杨谷良,方传锦.运用多维价值理论对40个梨品种果实品质的评价[J].湖南林业科技,2003,30(4):26-27. DOI:10.3969/j.issn.1003-5710.2003.04.009.
- [12] 赵思东,袁德义,张琳,等.16个砂梨品种丰产性及果实品质比较研究[J].中国南方果树,2006,35(6):49-51. DOI:10.13938/j.issn.1007-1431.2006.028.
- [13] 陈启亮,杨晓平,田瑞,等.梨品种果实品质的分析与评价[J].湖北农业科学,2012,51(22):5068-5071;5104. DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2012.22.058.
- [14] 田瑞,胡红菊,杨晓平,等.梨果实品质评价因子的选择[J].长江大学学报(自然科学版),2009,6(3):8-11;110. DOI:10.3969/j.issn.1673-1409(S).2009.03.003.
- [15] 张起,安华明.贵州地方梨种果实品质性状多样性分析[J].热带亚热带植物学报,2014,22(6):601-609. DOI:10.11926/j.issn.1005-3395.2014.06.008.
- [16] GUILLEN-CASLA V, ROSALES-CONRADO N, LEON-GONZALEZ M E, et al. Principal component analysis (PCA) and multiple linear regression (MLR) statistical tools to evaluate the effect of E-beam irradiation on ready-to-eat food[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2011, 24(3): 456-464. DOI:10.1016/j.jfca.2010.11.010.
- [17] 徐吉花,赵政阳,王雷存,等.苹果果实品质评价因子的选择研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(6):269-274.
- [18] 孙亚强,吴翠云,王德,等.野生酸枣资源果实品质因子分析及评价指标选择[J].食品科学,2016,37(9):29-34. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201609006.
- [19] 徐臣善,高东升.基于主成分分析的设施桃果实品质综合评价[J].食品工业科技,2014,35(23):84-88;94. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.23.008.
- [20] 李卫东,李欧,和银霞,等.基于TXRF法的欧李果肉中微量元素特征分析[J].食品科学,2015,36(4):164-167. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201504031.
- [21] 孟宪军,公丽艳,毕金峰,等.中早熟苹果果实品质因子的选择[J].食品科学,2013,34(23):72-76. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201323016.
- [22] 郑洁,江东,张耀海,等.我国主要金柑品种果皮中挥发性成分比较[J].食品科学,2015,36(6):145-150. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201506027.
- [23] 潘学军,张文娥,李琴琴,等.核桃感官和营养品质的主成分及聚类分析[J].食品科学,2013,34(8):195-198. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201308041.
- [24] 李俊芳,马永昆,张荣,等.不同果桑品种成熟桑椹的游离氨基酸主成分分析和综合评价[J].食品科学,2016,37(14):132-137. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201614023.
- [25] 王贺,韩爱芝,贾清华,等.新疆药桑和黑桑营养成分及活性成分分析[J].食品科学,2016,37(8):91-96. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201608016.
- [26] 法洁琼,张振文.甘肃河西走廊产区主栽酿酒葡萄品质比较研究[J].北方园艺,2013(3):26-30.
- [27] 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. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201401007.
- [28] 秦红艳,许培磊,艾军,等.软枣猕猴桃种质资源果实品质、表型性状多样性及主成分分析[J].中国农学通报,2015,31(1):160-165. DOI:10.11924/j.issn.1000-6850-2014-1873.
- [29] 刘科鹏,黄春辉,冷建华,等.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. DOI:10.13925/j.cnki.gsx.2012.05.029.
- [30] 辜夕容,陈勇,李洪飞,等.武隆猪腰枣优良单株果实品质的主成分分析及综合评选[J].食品科学,2012,33(15):79-82.
- [31] 蒋卉,丁慧萍,白红进.新疆南疆引进鲜食枣品种品质性状的综合评价[J].食品科学,2016,37(3):55-59. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201603011.
- [32] 阿衣古力·阿布都瓦依提,阿不来克·尼亚孜,阿布都热合曼·吾买尔,等.新疆产5个品种梨果实品质比较[J].新疆农业大学学报,2010,33(6):509-512.
- [33] 阿依古丽·铁木儿,玉素甫·阿不力提甫,帕提曼·阿布都热合曼,等.新疆主要栽培梨品种果实品质分析与评价[J].新疆农业科学,2014,51(3):417-422. DOI:10.6048/j.issn.1001-4330.2014.03.004.
- [34] 钟林炳,华爱君,刘文,等.优质早熟梨若光在浙江桐庐的表现[J].中国果业信息,2008,25(3):54. DOI:10.3969/j.issn.1673-1514.2008.03.024.
- [35] 位杰,吴翠云,蒋媛,等.蔗糖法测定红枣可溶性糖含量条件的优化[J].食品科学,2014,35(24):136-140. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201424026.
- [36] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版社,2000:137-138;145-148;160-163.
- [37] 聂继云,李静,杨振锋,等.冷冻法测定梨的石细胞含量[J].果树学报,2006,23(1):133-135. DOI:10.13925/j.cnki.gsx.2006.01.032.
- [38] 赵琼玲,马开华,张永辉,等.余甘子果实品质评价因子的选择[J].中国农学通报,2015,31(16):140-145. DOI:10.11924/j.issn.1000-6850.2014-2406.
- [39] 雷莹,张红艳,宋文华,等.利用多元统计法简化夏橙果实品质的评价指标[J].果树学报,2008,25(5):640-645. DOI:10.13925/j.cnki.gsx.2008.05.006.
- [40] 冯娟,任小林,田建文,等.不同产地富士苹果品质分析与比较[J].食品工业科技,2013,34(14):108-112. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2013.14.008.