

# 30个猕猴桃品种(单株)主要果实品质特征的综合评价

刘磊, 李争艳, 雷华, 高本旺, 赵佳, 李薇\*

(三峡植物园管理处, 湖北宜昌 443000)

**摘要:**【目的】通过开展猕猴桃品种(单株)果实品质特征的综合评价,为本地野生猕猴桃资源开发利用、品种选择和品种选育提供科学依据。【方法】以30个猕猴桃品种(单株)果实为材料,测定单果质量、果形指数,以及干物质、可溶性固形物、维生素C、总糖、总酸含量等主要果实品质性状,对其进行主成分分析、综合得分排序和系统聚类分析。【结果】不同猕猴桃品种(单株)果实品质性状差异明显,变异系数为10.95%~53.89%,其中维生素C含量变异程度最大,可溶性固形物含量变异程度最小。主成分分析提取了3个主成分,其累积贡献率为75.675%,根据主成分分析结果计算各品种(单株)综合得分并排序。聚类分析将30个猕猴桃品种(单株)分为5个类群,且主成分分析和聚类分析结果基本一致,红阳、翠玉、晚红、金红50、金桃、米良1号、东红、桂海4号、SZ-07、金艳的综合分值排名靠前,果实品质综合表现较好。【结论】30个猕猴桃品种(单株)的果实品质存在差异,此结果为宜昌猕猴桃产业可持续发展奠定了理论基础。

**关键词:**猕猴桃;果实品质;主成分分析;聚类分析;综合评价

中图分类号:S663.4

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2021)04-0530-08

## Comprehensive evaluation of main fruit quality characteristics with 30 kiwifruit cultivars (strains)

LIU Lei, LI Zhengyan, LEI Hua, GAO Benwang, ZHAO Jia, LI Wei\*

(Three Gorges Botanical Garden Management Office, Yichang 443000, Hubei, China)

**Abstract:** 【Objective】The genus *Actinidia* comprises approximately 54 species and 21 varieties, in total 75 taxa, and most species are distributed in China. Among them, *A. deliciosa*, *A. chinensis*, *A. arguta* and *A. eriantha* have been successfully domesticated and cultivated. The cultivars of kiwifruit in China are diverse, but the fruit quality is uneven. Even if the same cultivar is planted in different areas, the fruit quality is also different. However, there is little knowledge of the comprehensive evaluation of fruit quality of cultispecies in different planting areas, and the comprehensive evaluation of several cultivars in the same planting area is scarce. Understanding the fruit quality traits of different cultivars can provide valuable information and assessment tools to breeders. Therefore, the objectives of this study were to investigate the variation in fruit quality of 30 kiwifruit cultivars (strains), and to carry out comprehensive evaluation of fruit quality. 【Methods】A total of 30 kiwifruit cultivars (strains) were collected from kiwifruit germplasm resource garden in the management office of Three Gorges Botanical Garden, comprising 12 *A. chinensis* cultivars, 3 *A. deliciosa* cultivars, 2 *A. arguta* cultivars, 10 *A. chinensis* strains and 3 *A. deliciosa* strains (the strains are wild resources that were collected from Yichang city, Hubei province). To elucidate the fruit quality, we measured important fruit quality indicators such as fruit weight, fruit shape index, dry matter content, soluble solid content, vitamin C content, total sugar content and total acid contents. SPSS 23 statistical software was used for one-way analysis, principal

收稿日期:2020-06-22 接受日期:2021-01-03

作者简介:刘磊,女,硕士,研究方向为猕猴桃资源开发利用及品种选育。Tel:13886748723, E-mail:liulei4950@163.com

\*通信作者 Author for correspondence. Tel:13872652802, E-mail:236773846@qq.com

component analysis (PCA), cluster analysis, and comprehensive score ranking to analyze and evaluate the fruit quality of different cultivars (strains). **【Results】** The results showed that the fruit quality traits of different kiwifruit cultivars (strains) were significantly different, with the coefficient of variation ranging from 10.95% to 53.89%. Among all the measurement indicators, the vitamin C content had the largest variation and the soluble solids content had the smallest variation. Three principle components with characteristic roots greater than 1 were extracted by PCA, and the cumulative contribution rate was 75.675%. The first principle component explained 41.909% of trait information that had high correlation with dry matter content, soluble solid content, total sugar content, total acid content, and sugar/acid ratio. The second principle component showed high correlation with fruit weight and fruit shape index could explain 19.904% of trait information. And the third principle component explained 13.863% of trait information that had high correlation with fruit weight, dry matter content and vitamin C content. According to the comprehensive score, the trend of fruit quality among 30 kiwifruit cultivars was as follows: Hongyang>Cuiyu>Wanhong>Jinhong 50>Jintao>Miliang No. 1 > Donghong>Guihai No. 4>SZ-07>Jinyan>Jinyang>Mizao No. 2>Kuילו>Huayou>SZ-54-1>SZ-21>SZ-15>SZ-06>Guichang>Wuzhi No. 3>Xianglü>SZ-22>SZ-11>Jinnong>SZ-47>SZ-20>SZ-13>SZ-10>SZ-12>SZ-14. The results of cluster analysis indicated that 30 kiwifruit cultivars (strains) could be clustered into five groups with Euclidean distance of 10. Group I included 8 cultivars and 1 strain with the bigger fruit weight and higher dry matter content, soluble solid content and total sugar content; while group III included 2 cultivars belonging to *A. arguta* with smaller fruit weight, higher dry matter content and sugar/acid ratio, lower vitamin C content and total acid content. Five cultivars with bigger fruit, higher dry matter content and fruit shape index, lower soluble solid content were clustered together (Group IV). The majority of cultivars were clustered into the above three groups. Group II contained 1 cultivar and 7 strains, in which all the cultivar (strains) contained higher dry matter content and soluble solid content. Group V comprised 1 cultivar and 7 strains, with higher total acid content, lower dry matter content, soluble solid content and sugar/acid ratio. The most of the strains were clustered into the Group II and Group V. And the results of cluster analysis were basically consistent with the results of PCA. Based on these findings, we concluded that Hongyang, Cuiyu, Wanhong, Jinhong 50, Jintao, Miliang No. 1, Donghong, Guihai No. 4, SZ-07 and Jinyan performed well in Yichang, Hubei province, while the fruit quality of Xianglü, SZ-22, SZ-11, Jinnong, SZ-47, SZ-20, SZ-13, SZ-10, SZ-12 and SZ-14 was poor. **【Conclusion】** The present research revealed that large variations in fruit quality were found among 30 kiwifruit cultivars (strains). Fruit quality comprehensive evaluation of kiwifruit was well evaluated by PCA combined with cluster analysis. It may therefore provide the theoretical basis for sustainable development of Yichang kiwifruit industry. However, the actual observation results of SZ-06 and SZ-15 were inconsistent with the comprehensive evaluation results, and more research should be conducted in the future. Moreover, pollen xenia also affected the quality of fruit, and we have conducted the study on the effect of pollen xenia on kiwifruit combined with the male plant breeding.

**Key words:** Kiwifruit; Fruit characteristic; Principal component analysis; Cluster analysis; Comprehensive evaluation

猕猴桃隶属于猕猴桃科(Actinidiaceae)猕猴桃属(*Actinidia* Lindl.),为多年生功能性雌雄异株木质藤本植物。猕猴桃属现有54个种和21个变种,共约75个分类群<sup>[1]</sup>,绝大多数物种分布于中国。猕猴桃

驯化栽培被认为是近代果树史上由野生到人工商品化栽培最成功的植物驯化范例<sup>[2]</sup>。其中中华猕猴桃(*A. chinensis*)、美味猕猴桃(*A. deliciosa*)、软枣猕猴桃(*A. arguta*)、毛花猕猴桃(*A. eriantha*)已成功驯化

栽培。目前国内猕猴桃品种多样化,果实品质参差不齐,果实品质的优劣直接影响其经济价值。近年来,随着人民生活水平和生活质量的提高,果实品质越来越受重视。

猕猴桃果实品质是新品种选育的目标之一,包括单果质量、果形指数,干物质、可溶性固形物、维生素C、总糖、总酸含量,以及糖酸比、固酸比等多项评价指标。如何可观、准确、科学的评价猕猴桃果实品质是需要解决的问题。近年来,许多学者采用了主成分分析和聚类分析对蓝莓<sup>[3-4]</sup>、葡萄<sup>[5]</sup>、西洋梨<sup>[6]</sup>、杨梅<sup>[7]</sup>、杏<sup>[8]</sup>等果实品质进行了分析和综合评价。在猕猴桃果实品质分析和综合评价方面,已有学者就红心猕猴桃品种<sup>[9]</sup>、黄肉猕猴桃品种<sup>[10]</sup>、绿肉美味猕猴桃品种<sup>[11]</sup>、软枣猕猴桃品种<sup>[12]</sup>和野生毛花猕猴桃<sup>[13]</sup>的果实品质进行了基于主成分分析和聚类分析的综合评价。然而,目前主栽的中华猕猴桃、美味猕猴桃及软枣猕猴桃的栽培品种(单株)果实品质在不同种植区域的综合评价较少,几个栽培种放在一起的综合评价尚未报道。因此,作者以宜昌市引种和收集的30个猕猴桃品种(单株)为材料,通过测定上述果实品质性状指标,结合主成分分析法和聚类分析法综合评价果实品质表现,为今后品种选育和优势种质推广应用提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试材料采自湖北省宜昌市三峡植物园猕猴桃资源圃,选择资源圃目前引进栽培的中华猕猴桃栽培品种东红、金农、金桃、华优、翠玉、武植3号、金艳、晚红、桂海4号、金红50、红阳、金阳,美味猕猴桃栽培品种米良1号、贵长、香绿,软枣猕猴桃栽培品种魁绿、猕枣2号,共17个品种,以及近年来在宜昌境内收集的野生美味猕猴桃单株SZ-06、SZ-13、SZ-20,中华猕猴桃单株SZ-07、SZ-10、SZ-11、SZ-12、SZ-14、SZ-15、SZ-21、SZ-22、SZ-47、SZ-54-1,共13个单株。供试材料为嫁接苗,树龄为3~4 a,砧木为美味猕猴桃实生苗,选择无机械损伤、无病虫害的成熟期果实,采后立即运回实验室进行样品处理。每个品种(单株)采果30个,每个果实品质指标检测10个果实。

### 1.2 方法

供试果实采回后用电子天平称量单果质量;用

游标卡尺测定果实纵径和横径并计算出果形指数;采用烘干法测定干物质,在果实中部位置横切约3 mm带皮果实切片,于60℃恒温烘箱中烘干至恒重,干质量和鲜质量比值即为干物质含量;其他果实性状指标待果实软熟后(除金农和猕枣2号果实硬度为0.34 kg·cm<sup>-2</sup>左右,其余品种单株果实硬度在0.5~1.0 kg·cm<sup>-2</sup>内)测定,可溶性固形物含量(SSC)用ATAGO(PAL-1)手持数显式糖度计测定,维生素C采用国标(GB 5009.86-2006)中的2,6-二氯酚酚滴定法测定,以柠檬酸含量表示;总酸采用国标GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》的酸碱滴定法测定;总糖含量采用国标GB 5009.7—2016食品安全国家标准《食品中还原糖测定》的直接滴定法测定。总糖和总酸的比值为糖酸比。

### 1.3 数据处理及分析

利用Excel软件对数据进行预处理,利用SPSS 23统计软件进行单因素方差分析、主成分分析和聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同猕猴桃品种(单株)果实品质性状变异分析

30个猕猴桃品种(单株)果实品质性状和变异分析结果见表1。果实单果质量的变化范围在7.49~102.83 g,其中SZ-06单果质量最大,为美味猕猴桃,魁绿及猕枣2号单果质量较小,为软枣猕猴桃,与其他品种(单株)差异显著,变异系数为39.81%,在8个果实品质性状中变异程度位居第3。果形指数在0.99~1.79范围内变化,最大的是金桃,最小的是SZ-12。干物质含量变化范围在14.04%~23.28%,可溶性固形物含量变化范围在11.84%~19.95%,其中SZ-13的干物质含量和可溶性固形物含量均为最低,干物质含量最高的为SZ-07,可溶性固形物含量最高的为SZ-15。果形指数、干物质含量和可溶性固形物含量的变异系数较小,分别为15.04%、11.29%和10.95%。就维生素C而言,维生素C含量(w,后同)最高的是SZ-47,为266.31 mg·100 g<sup>-1</sup>,含量最低的是猕枣2号,为30.60 mg·100 g<sup>-1</sup>,与其他品种(单株)差异显著,变异系数为53.89%,在8个果实品质性状中变异程度位居第1。总糖含量在3.69~14.37 g·100 g<sup>-1</sup>变化,最高的为红阳,最低的为SZ-13,其变异系数为27.70%。总酸含量在

表1 30个猕猴桃品种(单株)主要果实性状差异分析

Table 1 Analysis on the main fruit characters of 30 cultivars (strains) of kiwifruit

品种(单株) Cultivars (strains)	单果质量 Single fruit mass/g	果形指数 Fruit shape index	w(干物质) Dry matter content/%	w(可溶性 固形物) Soluble solid content/%	w(维生素C) Vitamin C content/ (mg·100 g <sup>-1</sup> )	w(总糖) Total sugar content/ (g·100 g <sup>-1</sup> )	w(总酸) Total acid content/ (g·100 g <sup>-1</sup> )	糖酸比 Sugar-acid ratio
金桃 Jintao	89.33 bc	1.79 a	19.19 defghij	15.16 no	147.61 f	8.90 gh	1.18 op	7.54
金艳 Jinyan	79.13 cde	1.31 ghijk	19.24 defghij	17.57 efghi	45.11 op	11.27 bcd	1.49 gh	7.56
东红 Donghong	62.60 fgh	1.47 cd	17.40 ijklm	18.91 abcd	124.25 g	11.67 bc	1.38 ijk	8.46
红阳 Hongyang	83.67 cd	1.34 efghi	21.26 abcd	19.41 ab	83.35 klm	14.37 a	1.16 p	12.38
翠玉 Cuiyu	86.35 bc	1.28 hijkl	20.13 cdefg	18.16 cdef	165.82 e	11.93 bc	1.23 nop	9.70
华优 Huayou	82.07 cd	1.25 ijklmn	19.96 cdefgh	17.58 efghi	146.96 f	9.55 fgh	1.52 fg	6.28
金农 Jinnong	43.88 jkl	1.26 ijklm	16.95 jklm	15.57 lmno	126.38 g	10.77 cdef	1.63 d	6.61
金阳 Jinyang	89.46 bc	1.44 cde	16.76 klm	14.57 o	102.73 h	8.90 gh	0.91 q	9.78
晚红 Wanhong	54.86 hij	1.41 cdefg	21.05 bcde	19.10 abc	89.51 jkl	11.50 bc	1.34 jklm	8.58
桂海4号 Guihai No.4	77.06 cde	1.37 defgh	19.30 defghij	17.16 fghij	70.36 n	12.40 b	1.60 def	7.75
武植3号 Wuzhi No.3	77.69 cde	1.21 klmno	17.57 hijklm	15.58 lmno	226.23 c	10.63 cdef	1.27 mno	8.37
金红50 Jinhong 50	68.79 efg	1.38 defgh	22.62 ab	18.84 abcd	81.64 lm	11.00 bcde	1.61 de	6.83
米良1号 Miliang No.1	96.80 ab	1.79 a	20.28 cdefg	16.65 hijkl	98.20 hij	7.09 ij	1.45 ghi	4.89
香绿 Xianglü	57.04 ghi	1.60 b	18.06 ghijkl	15.88 klmn	121.58 g	6.95 j	1.30 klmn	5.35
贵长 Guichang	73.26 def	1.68 b	18.19 ghijkl	15.22 mno	102.21 h	8.47 h	1.50 gh	5.65
魁绿 Kuilü	7.49 n	1.17 mno	19.61 cdefghi	18.81 abcd	38.14 pq	9.82 efgh	0.92 q	10.67
猕枣2号 Mizao No.2	8.83 n	1.19l mno	19.62 cdefghi	16.08 jklmn	30.60 q	11.07 bcde	0.85 q	13.02
SZ-06	102.83 a	1.32 fghij	18.67 efghijkl	16.85 ghijk	49.71 o	8.39 hi	1.54 efg	5.45
SZ-07	68.38 efg	1.34 efghi	23.28 a	18.89 abcd	100.09 hi	10.02 defg	1.85 c	5.42
SZ-10	46.72 ijkl	1.00 q	17.54 hijklm	14.48 o	76.15 mn	5.69 jk	1.92 c	2.96
SZ-11	29.86 m	1.23 jklmn	18.50 fghijkl	17.85 defgh	39.41 pq	8.62 gh	1.48 gh	5.82
SZ-12	48.38 ijk	0.99 q	16.39 lm	15.23 mno	148.31 f	5.85 jk	2.02 b	2.90
SZ-13	87.10 bc	1.40 cdefg	14.04 n	11.84 p	45.87 op	3.69 l	1.64 d	2.25
SZ-14	36.25 lm	1.03 pq	15.27 mn	14.99 no	229.18 c	4.65 kl	2.36 a	1.97
SZ-15	55.71 hij	1.11 op	19.86 cdefgh	19.95 a	108.24 h	8.55 h	1.28 lmn	6.68
SZ-20	51.24 hij	1.50 c	15.70 mn	15.96 no	123.37 g	5.85 jk	1.92 c	3.05
SZ-21	35.06 lm	1.43 cdef	20.88 bcdef	17.83 defgh	177.24 d	9.12 gh	1.41 hij	6.47
SZ-22	37.57 klm	1.23 jklmn	20.46 bcdefg	18.04 cdefg	92.18 ijk	8.79 gh	1.67 d	5.26
SZ-47	50.13 ij	1.19 lmno	18.93 defghijk	16.39 ijklm	266.31 a	5.92 jk	1.37 ijkl	4.32
SZ-54-1	58.08 ghi	1.14 no	21.73 abc	18.42 bcde	241.34 b	8.35 hi	1.24 nop	6.73
均值 Mean	61.52	1.33	18.95	16.90	116.60	8.99	1.47	6.62
最小值 Min	7.49	0.99	14.04	11.84	30.60	3.69	0.85	1.97
最大值 Max	102.83	1.79	23.28	19.95	266.31	14.37	2.36	13.02
标准差 SD	24.49	0.20	2.14	1.85	62.83	2.49	0.33	2.76
变异系数 CV/%	39.81	15.04	11.29	10.95	53.89	27.70	22.45	41.69

注:表内同列数字后不同小写字母表示差异达到显著水平,  $p \leq 0.05$ 。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference,  $p \leq 0.05$ .

0.85~2.36 g·100 g<sup>-1</sup>变化,含量最高的为SZ-14,最低的为猕枣2号,其变异系数为22.45%。糖酸比的变化范围为1.97~13.02,最大的为猕枣2号,最小为SZ-14,在8个果实品质性状中变异程度位居第2,为41.69%。

通过对30个猕猴桃品种(单株)果实主要果实性状进行差异分析和变异分析,结果显示不同猕猴

桃品种(单株)的果实品质性状在0.05的显著水平上存在着很大差异,遗传变异程度大、范围广,具有较丰富的遗传信息和开发潜力。为更好地对猕猴桃品种(单株)果实品质进行综合分析和评价,需对性状指标进行归类 and 简化,以提高果实品质评价的客观性和准确度。



## 2.2 不同猕猴桃品种(单株)果实品质的主成分分析

通过对30个猕猴桃品种(单株)的8个果实品质性状进行主成分分析,各主成分的特征值、贡献率及累积贡献率见表2。第1主成分的特征值为3.353,贡献率为41.909%,主要由干物质、可溶性固形物、总糖、总酸含量和糖酸比决定;第2主成分的特征值

为1.592,贡献率为19.904%,主要由单果质量和果形指数决定;第3主成分的特征值为1.109,贡献率为13.863,主要由单果质量、干物质含量和维生素C含量决定。前3个主成分(特征值>1.0)的累积贡献率达到75.675%,说明前3个主成分能够反映所测猕猴桃果实品质的75.675%的信息。因此,选取这3个主成分进行分析以代表猕猴桃8个果实品质性状评

表2 8个主成分的特征向量、特征值、贡献率及累积贡献率

Table 2 The eigenvectors, eigenvalues, contribution rates and cumulative contribution rates of 8 PCAs

果实性状指标 Fruit characters index	主成分 Principal component							
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
单果质量 Single fruit mass	0.018	0.613	0.412	-0.025	0.558	-0.341	-0.135	0.084
果形指数 Fruit shape index	0.092	0.664	0.127	-0.077	-0.592	0.417	-0.030	0.065
干物质含量 Dry matter	0.409	-0.149	0.440	-0.208	-0.283	-0.389	0.585	0.024
可溶性固形物含量 Soluble solid content	0.408	-0.314	0.349	-0.232	-0.101	0.048	-0.731	0.106
维生素C含量 Vitamin C	-0.150	-0.169	0.551	0.775	-0.055	0.200	0.028	0.013
总糖含量 Total sugar	0.490	0.009	0.030	-0.031	0.404	0.533	0.197	-0.518
总酸含量 Total acid	-0.396	-0.183	0.327	-0.468	0.227	0.466	0.221	0.405
糖酸比 Sugar-acid ratio	0.488	0.031	-0.295	0.273	0.174	0.124	0.122	0.729
特征值 Eigenvalue	3.353	1.592	1.109	0.879	0.551	0.312	0.177	0.028
贡献率 Contribution rate/%	41.909	19.904	13.863	10.981	6.883	3.904	2.211	0.345
累积贡献率 Cumulative contribution rate/%	41.909	61.812	75.675	86.657	93.539	97.444	99.655	100.000

价指标信息。

## 2.3 不同猕猴桃品种(单株)果实品质的综合评价

由特征向量与各果实品质指标标准化后的数值可以得出3个主成分得分的表达式分别为:

$$PC1=0.018X_1 + 0.092X_2 + 0.409X_3 + 0.408X_4 - 0.150X_5 + 0.490X_6 - 0.396X_7 + 0.488X_8$$

$$PC2= 0.613X_1 + 0.664X_2 - 0.149X_3 - 0.314X_4 - 0.169X_5 + 0.009X_6 - 0.183X_7 + 0.031X_8$$

$$PC3= 0.412X_1 + 0.127X_2 + 0.440X_3 + 0.349X_4 + 0.551X_5 + 0.030X_6 + 0.327X_7 - 0.295X_8$$

(其中: $X_1$ 为单果质量, $X_2$ 为果形指数, $X_3$ 为干物质含量, $X_4$ 为可溶性固形物含量, $X_5$ 为维生素C含量, $X_6$ 为总糖含量, $X_7$ 为总酸含量, $X_8$ 为糖酸比)

以各主成分对应的贡献率为权重,可以得出猕猴桃各品种(单株)果实品质综合评价得分( $D_n$ ),其表达式为: $D_n=0.41909PC1 + 0.19904PC2 + 0.13863PC3$ 。

30个猕猴桃品种(单株)果实品质性状的主成分得分及综合评价见表3。综合得分分值越高,综合品质表现越好。可见,红阳、翠玉、晚红、金红50金桃、米良1号、东红、桂海4号、SZ-07、金艳的综合分值排名前10位,其中红阳综合分值位居第1位,说

明这些品种(单株)的果实综合品质表现较好;金阳、猕枣2号、魁绿、华优、SZ-54-1、SZ-21、SZ-15、SZ-06、贵长、武植3号的综合得分居中,果实综合品质表现一般;而香绿、SZ-22、SZ-11、金农、SZ-47、SZ-20、SZ-13、SZ-10、SZ-12、SZ-14的综合得分较低,说明这些品种(单株)果实综合品质表现较差。

## 2.4 不同猕猴桃品种(单株)果实品质的聚类分析

基于30个猕猴桃品种(单株)的8个果实性状指标,原始数据用SPSS 23统计软件采用Z标准化方法标准化后进行聚类分析,结果显示(图1),在遗传距离为10处,可将30个猕猴桃品种(单株)分为5个类群,类群I包含金艳、桂海4号、SZ-06、翠玉、华优、武植3号、东红、晚红和红阳9个猕猴桃品种(单株),该类群单果质量、干物质含量、可溶性固形物含量及总糖含量较高;类群II包含SZ-21、SZ-54-1、SZ-47、金红50、SZ-07、SZ-11、SZ-22和SZ-15共8个猕猴桃品种(单株),该类群干物质含量和可溶性固形物含量较高;类群III包含魁绿、猕枣2号,其单果质量最小,干物质含量、糖酸比较高,维生素C含量、总酸含量低,该类别均属于软枣猕猴桃系列;类群IV包含香绿、贵长、金桃、米良1号、金阳,此类群单果质量、干物质含量、果形指数较高,可溶性固形物含量

表3 不同猕猴桃品种(单株)果实品质性状的主成分得分及综合评价

Table 3 Principal component score and comprehensive evaluation of main fruit characteristics of different kiwifruit cultivars (strains)

品种(单株) Cultivars (strains)	主成分得分 Principal component score			综合得分 Comprehensive core	排名 Ranking	品种(单株) Cultivars (strains)	主成分得分 Principal component score			综合得分 Comprehensive core	排名 Ranking
	PC1	PC2	PC3				PC1	PC2	PC3		
金桃 Jintao	0.30	2.56	0.37	0.69	5	魁绿 Kuilü	2.15	-1.67	-2.16	0.27	13
金艳 Jinyan	0.97	0.45	-0.21	0.46	10	猕枣2号 Mizao No.2	2.33	-1.02	-3.01	0.35	12
东红 Donghong	1.15	0.31	-0.02	0.54	7	SZ-06	-0.29	1.16	0.23	0.14	18
红阳 Hongyang	3.54	0.35	0.18	1.58	1	SZ-07	0.85	-0.60	1.76	0.48	9
翠玉 Cuiyu	1.79	0.21	0.77	0.90	2	SZ-10	-2.70	-1.12	-0.76	-1.46	28
华优 Huayou	0.24	-0.04	0.99	0.23	14	SZ-11	0.01	-1.05	-1.09	-0.36	23
金农 Jinnong	-0.59	-0.41	-0.73	-0.43	24	SZ-12	-3.03	-1.41	-0.09	-1.56	29
金阳 Jinyang	0.38	1.99	-1.36	0.37	11	SZ-13	-3.85	2.10	-1.53	-1.41	27
晚红 Wanhong	1.97	-0.25	0.24	0.81	3	SZ-14	-4.28	-1.88	0.58	-2.09	30
桂海4号 Guihai No.4	0.98	0.53	0.05	0.52	8	SZ-15	0.91	-1.31	0.26	0.16	17
武植3号 Wuzhi No.3	0.01	0.18	0.27	0.08	20	SZ-20	-2.56	0.37	-0.06	-1.01	26
金红50 Jinhong 50	1.50	-0.21	1.11	0.74	4	SZ-21	0.52	-0.76	0.68	0.16	16
米良1号 Miliang No.1	-0.18	2.36	1.09	0.54	6	SZ-22	0.02	-1.28	0.19	-0.22	22
香绿 Xianglü	-0.71	1.06	-0.29	-0.13	21	SZ-47	-1.44	-1.03	1.05	-0.66	25
贵长 Guichang	-0.63	1.78	-0.05	0.08	19	SZ-54-1	0.64	-1.36	1.53	0.21	15

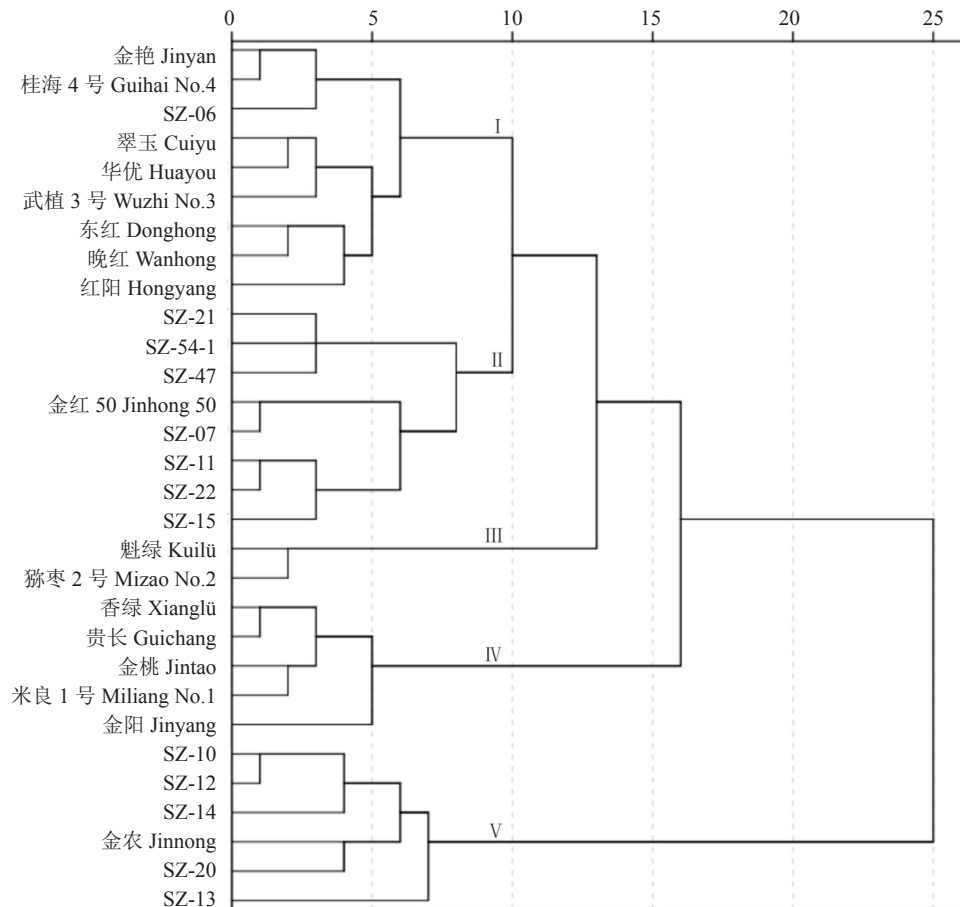


图1 不同猕猴桃品种(单株)主要果实品质性状的聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of main fruit characteristics of different kiwifruit cultivars (strains)

较低;类群V包含SZ-10、SZ-12、SZ-14、金农、SZ-20、SZ-13,干物质含量、可溶性固形物含量、糖酸比较低,总酸含量较高,且与主成分分析综合评价得分排在后面的品种较为一致,果实品质表现相对较差。类群I、类群III和类群IV,聚集的多为现有的栽培品种,且与主成分分析综合评价得分排在前面的品种较为一致,果实品质表现相对较好。类群II果实品质对照主成分分析综合评价得分情况,该类群果实品质表现中等且多为野生单株,今后育种工作需进一步改良。类群V聚集的多为野生单株,果实品质综合评价得分排序较靠后,是综合果实品质表现较差的一个类群。

### 3 讨 论

果实品质的优劣是猕猴桃产业可持续发展的关键,是品种选择和品种选育的基础。本研究的结果表明,不同猕猴桃品种(单株)果实品质的性状指标差异较大,与陈璐等<sup>[10]</sup>对21个黄肉猕猴桃品种(系)果实品质差异分析结果一致,但试材相同的金桃、金艳、翠玉和华优的果实品质某些性状指标存在差异,可能是由不同的气候条件导致。赵治兵等<sup>[14]</sup>研究表明,不同基地的贵长猕猴桃果实的外观形态、理化特性和营养成分差异极显著( $p < 0.01$ ),说明气候条件是决定作物分布和品质形成的重要环境因子<sup>[15]</sup>。在果实品质变异分析中,维生素C含量的变异系数最大为53.89%,可溶性固形物含量的变异系数最小为10.95%。维生素C作为猕猴桃重要的营养成分之一,遗传变异大且遗传力高,可用于选育高维生素C含量的猕猴桃品种<sup>[16]</sup>。

对30个猕猴桃品种(单株)果实的主要性状指标通过主成分分析进行综合和简化,从8个指标中提取3个主成分的累积贡献率为75.675%,反映了四分之三原始信息,用这3个主成分可代替8个果实品质性状进行分析。根据主成分分析结果计算每个品种(单株)的综合得分,反映不同品种(单株)综合果实品质情况,得分由高到低分别为:红阳、翠玉、晚红、金红50、金桃、米良1号、东红、桂海4号、SZ-07、金艳、金阳、猕枣2号、魁绿、华优、SZ-54-1、SZ-21、SZ-15、SZ-06、贵长、武植3号、香绿、SZ-22、SZ-11、金农、SZ-47、SZ-20、SZ-13、SZ-10、SZ-12、SZ-14。王依等<sup>[11]</sup>对西安地区的12个美味猕猴桃果实品质性状进行了综合分析,其中贵长表现较米良1号强;张

龄元等<sup>[17]</sup>对云南6个中华猕猴桃果实品质进行综合分析,其中金艳表现强于金桃;陈璐等<sup>[10]</sup>分析结果表明华优>翠玉>金艳>金桃,相同猕猴桃品种在不同地区种植,其果实品质综合分析排名有差异,本研究结果为宜昌地区猕猴桃产业发展中品种选择提供了理论依据。

30个猕猴桃品种(单株)在遗传距离10处分成5个类群,类群I、III和IV聚集的基本是现有的栽培品种,说明经人工驯化栽培的猕猴桃品种果实品质较为相似,且与野生单株猕猴桃果实(类群II和类群V)的品质存在较大差异。结合主成分分析综合评价和聚类分析结果,聚类分析与主成分分析综合得分排名对30个猕猴桃品种(单株)的判定结果较为一致,说明可以利用主成分分析和聚类分析进行果实品质的综合评价。对于野生单株果实品质,综合评价与实际观测结果存在不一致现象,比如SZ-06和SZ-15实际观测中果实外观和口感较好,但在综合评价中排名中等或靠后。所以今后在栽培品种推广应用和品种选育中,还需对品种的感官评价、适应性、抗病性、丰产性和果实的贮藏性等方面进行详尽研究,后续将对园区内的猕猴桃品种(单株)进行更为全面、详尽的持续鉴定。果实的品质除了受品种本身和环境因素的影响外,花粉直感效应也会影响果实品质<sup>[18-19]</sup>,目前已结合雄株选育工作开展相关花粉直感效应的研究。

### 4 结 论

通过对30个猕猴桃品种(单株)果实品质性状指标进行差异分析、主成分分析和聚类分析,对不同猕猴桃(单株)果实品质进行综合评价,聚类分析和主成分分析结果基本一致,将参试品种(单株)果实品质优劣情况进行综合得分排序,为本地猕猴桃品种选择、品种选育奠定了理论基础。

#### 参考文献 References:

- [1] LI J Q, LI X W, SOEJARTO D D. Actinidiaceae[J]. Flora of China, 2007, 12: 334-360.
- [2] 黄宏文, 钟彩红, 姜正旺, 李新伟, 姚小洪, 李大卫, 王圣梅, 李作洲, 龚俊杰, 刘义飞, 石涛, 张蕾, 贾硕威, 陈彬. 猕猴桃属: 分类·资源·驯化·栽培[M]. 北京: 科学出版社, 2013. HUANG Hongwen, ZHONG Caihong, JIANG Zhengwang, LI Xinwei, YAO Xiaohong, LI Dawei, WANG Shengmei, LI Zuo-zhou, GONG Junjie, LIU Yifei, SHI Tao, ZHANG Lei, JIA Shuwei, CHEN Bin. *Actinidia*: classification · resource · domestication · cultivation[M]. Beijing: Science Press, 2013.

- [3] 刘丙花,孙锐,王开芳,舒秀阁,孙蕾.不同蓝莓品种果实品质比较与综合评价[J].食品科学,2019,40(1):70-76.  
LIU Binghua, SUN Rui, WANG Kaifang, SHU Xiuge, SUN Lei. Comparison and comprehensive evaluation of fruit quality of different blueberry (*Vaccinium* spp.) varieties[J]. Food Science, 2019, 40(1): 70-76.
- [4] 刘艺,李冰,鲁宝君,刘海广,张晶.多指标综合评价不同产区蓝莓的品质[J].北方园艺,2020(8):15-23.  
LIU Yi, LI Bing, LU Baojun, LIU Haiguang, ZHANG Jing. Comprehensive evaluation of fruit quality of blueberry in different production areas with multi-index[J]. Northern Horticulture, 2020(8): 15-23.
- [5] 林蝉蝉,何舟阳,单文龙,刘旭,杨晨露,王华,李华.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 Chanchan, HE Zhouyang, SHAN Wenlong, LIU Xu, YANG Chenlu, WANG Hua, LI Hua. 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.
- [6] 牟红梅,于强,李庆余,王义菊,姜福东,李元军,薛敏,王兆龙.基于主成分分析的烟台地区西洋梨果实品质综合评价[J].果树学报,2019,36(8):1084-1092.  
MU Hongmei, YU Qiang, LI Qingyu, WANG Yiju, JIANG Fudong, LI Yuanjun, XUE Min, WANG Zhaolong. Synthetic evaluation of fruit quality of common pears (*Pyrus communis* L.) based on principal component analysis in Yantai areas[J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(8): 1084-1092.
- [7] 张淑文,梁森苗,郑锡良,任海英,朱婷婷,戚行江.杨梅优株果实品质的主成分分析及综合评价[J].果树学报,2018,35(8):977-986.  
ZHANG Shuwen, LIANG Senmiao, ZHENG Xiliang, REN Haiying, ZHU Tingting, QI Xingjiang. Principal component analysis and comprehensive evaluation of fruit quality in some advanced selections of Chinese bayberry[J]. Journal of Fruit Science, 2018, 35(8): 977-986.
- [8] 董胜君,孙永强,陈建华,卢彩云,刘权钢,刘立新.野杏无性系表型性状多样性分析及综合评价[J].植物遗传资源学报,2020,21(5):1155-1166.  
DONG Shengjun, SUN Yongqiang, CHEN Jianhua, LU Caiyun, LIU Quanguang, LIU Lixin. Phenotypic traits diversity analysis and comprehensive evaluation of *Armeniaca vulgaris* var. *ansu* Clones[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2020, 21(5): 1155-1166.
- [9] 徐孟怀,游元丁,李志,冉茂乾,焦彦朝,李跃红,赵阳.六盘水红心猕猴桃果实品质与内在品质分析[J].安徽农业科学,2019,47(5):199-202.  
XU Menghuai, YOU Yuanding, LI Zhi, RAN Maoqian, JIAO Yanzhao, LI Yuehong, ZHAO Yang. Analysis on fruit quality and intrinsic quality of Liupanshui red-centred kiwifruit[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(5): 199-202.
- [10] 陈璐,廖光联,杨聪,黄春辉,钟敏,陶俊杰,曲雪艳,徐小彪.基于主成分分析与聚类分析的黄肉猕猴桃品种(系)主要果实性状的综合评价[J].江西农业大学学报,2018,40(6):1231-1240.  
CHEN Lu, LIAO Guanglian, YANG Cong, HUANG Chunhui, ZHONG Min, TAO Junjie, QU Xueyan, XU Xiaobiao. Comprehensive evaluation of main fruit characters of yellow flesh kiwifruit cultivars (strains) based on principal component analysis and cluster analysis[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2018, 40(6): 1231-1240.
- [11] 王依,雷靖,陈成,徐明,邢昊阳,雷玉山.美味猕猴桃新品种‘瑞玉’果实品质综合评价[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2018,46(10):101-107+125.  
WANG Yi, LEI Jing, CHEN Cheng, XU Ming, BING Haoyang, LEI Yushan. Comprehensive evaluation of fruit quality of a new delicious kiwifruit variety ‘Ruiyu’ [J]. Journal of Northwest A&F University (Nature Science Edition), 2018, 46(10): 101-107+125.
- [12] 仇占南,张茹阳,彭明朗,张文,李天忠,朱元娣.北京野生软枣猕猴桃果实品质综合评价体系[J].中国农业大学学报,2017,22(2):45-53.  
QIU Zhannan, ZHANG Ruyang, PENG Minglang, ZHANG Wen, LI Tianzhong, ZHU Yuandi. Comprehensive evaluation system of the fruit quality of wild *Actinidia arguta* in Beijing[J]. Journal of China Agricultural University, 2017, 22(2): 45-53.
- [13] 曲雪艳,郎彬彬,钟敏,朱博,陶俊杰,黄春辉,徐小彪.野生毛花猕猴桃果实品质主成分分析及综合评价[J].中国农学通报,2016,32(1):92-96.  
QU Xueyan, LANG Binbin, ZHONG Min, ZHU Bo, TAO Junjie, HUANG Chunhui, XU Xiaobiao. Principal component analysis and comprehensive evaluation of fruit quality of *Actinidia eriantha*[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(1): 92-96.
- [14] 赵治兵,谢国芳,曹森,马立志.基于主成分分析评价不同基地‘贵长’猕猴桃品质特性[J].保鲜与加工,2019,19(5):144-148.  
ZHAO Zhibing, XIE Guofang, CAO Sen, MA Lizhi. Evaluation of quality characteristics of ‘Guichang’ kiwifruit from different producing regions based on principal component analysis[J]. Storage and Process, 2019, 19(5): 144-148.
- [15] 周广胜,王玉辉.全球变化与气候-植被分类研究和展望[J].科学通报,1999,44(24):2587-2593.  
ZHOU Guangsheng, WANG Yuhui. Study and preview of global change and vegetation-climatic classification[J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(24): 2587-2593.
- [16] CHENG C H, SEAL, A G, BOLDINGH H L, MARSH K B, MACRAE E A, MURPHY S J, FERGUSON A R. Inheritance of taste characters and fruit size and number in a diploid *Actinidia chinensis* (kiwifruit) population[J]. Euphytica, 2004, 138(2): 185-195.
- [17] 张龄元,邓浪,刘惠民,王连春.6个猕猴桃品种在云南的引种表现[J].现代园艺,2018(9):32-35.  
ZHANG Lingyuan, DENG Lang, LIU Huimin, WANG Lianchun. Introduction performance of six kiwifruit cultivars in Yunnan province[J]. Modern Horticulture, 2018(9): 32-35.
- [18] 齐秀娟,韩礼星,李明,徐善坤,朱英山,李文贤,乔书瑞.3个猕猴桃品种花粉直感效应研究[J].果树学报,2007,24(6):774-777.  
QI Xiujian, HAN Lixing, LI Ming, XU Shankun, ZHU Yingshan, LI Wenxian, QIAO Shurui. Studies on pollen xenia of kiwifruit[J]. Journal of Fruit Science, 2007, 24(6): 774-777.
- [19] 薛辉,曹尚银,牛娟,李好先,张富红,赵弟广.花粉直感对‘突尼斯’石榴坐果及果实品质的影响[J].果树学报,2016,33(2):196-201.  
XUE Hui, CAO Shangyin, NIU Juan, LI Haoxian, ZHANG Fuhong, ZHAO Diguang. Effects of xenia on fruit setting and quality in ‘Tunisia’ pomegranate[J]. Journal of Fruit Science, 2016, 33(2): 196-201.