果 树 学 报 2022,39(11):2019-2027
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20210706

云南野生猕猴桃资源果实性状的多元统计分析

王连润,万 红,陶 磅,李坤明,陈 霞,丁仁展,沙毓沧*

(云南省农业科学院园艺作物研究所,昆明 650205)

摘 要:【目的】通过对76份云南野生猕猴桃果实性状开展多元统计分析,探明果实性状的遗传差异、相关性和聚类情况,为加快云南猕猴桃资源的研究利用提供参考。**【方法】**对76份资源的12个果实性状进行了变异度分析、因子分析、相关性分析和聚类分析等多元统计分析。**【结果】**12个果实性状的变异系数为23.96%~117.01%,变异系数居前二位的性状为被毛类型和被毛密度,达117.01%和113.49%,果肉颜色、单果质量、果形和果点的变异系数较大,均超过50%,果实纵径、横径、侧径、果形指数、果皮颜色和风味的变异系数均在50%以下,变异系数最小的为风味。因子分析得到3个主要因子,累积贡献率达73.843%。相关性分析结果表明,有25对性状间呈极显著正相关,7对性状间呈极显著负相关,有3对性状间呈显著正相关,5对性状间呈显著负相关。通过系统聚类分析,可把76份资源划分为3大类,可选择第3大类的材料进行鲜食新品种选育。**【结论】**76份资源果实性状表现存在显著的遗传差异,遗传多样性比较丰富。

关键词:猕猴桃;云南;种质资源;果实性状;多元统计分析

中图分类号:S663.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-9980(2022)11-2019-09

Multivariate statistical analyses of fruit characteristics of wild kiwifruit germplasm resources in different ecological regions of Yunnan

WANG Lianrun, WAN Hong, TAO Pang, LI Kunming, CHEN Xia, DING Renzhan, SHA Yucang*

(Horticultural Research Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, Yunnan, China)

Abstract:【Objective】Yunnan province is located in the southwest frontier of China, with rich and diverse climate types, which provide different ecological environment and living conditions for different kinds of kiwifruit, so that Yunnan province is enriched with kiwifruit resources. At present, some related studies such as sensory traits, morphological indicators, nutrient contents and nutritional quality have been carried out on kiwifruit resources in Yunnan. In order to find out the genetic differences and genetic diversity, provide reference for future genetic breeding of kiwifruit, guide the screening of new germplasm and accelerate the research and utilization of germplasm resources of the genus kiwifruit in Yunnan, we surveyed and collected local wild kiwifruit germplasm resources in Yunnan from 2019 to 2021, and investigated the genetic differences, taxonomic status, and correlations among the 12 traits examined, which were based on the morphological identification analysis, by conducting multivariate statistical analysis of fruit traits in 76 wild kiwifruit germplasm resources collected from five regions in northeastern, southeastern, southern, northwestern, and eastern Yunnan.【Methods】Multivariate statistical analyses, such as variation analysis, factor analysis, correlation analysis and cluster analysis, were performed on 12 fruit traits including fruit shape, longitudinal diameter, transverse diameter, side diameter, fruit shape index, single fruit weight, fruit skin color, fruit dots, hair density, hair type, flesh color and flavor of 76 Yunnan kiwifruit germplasm resources.【Results】The coefficients of variation of 12 traits ranged from 23.96% to 117.01%, and among the traits, the largest coefficients of variation were hair

收稿日期:2022-04-21 **接受日期:**2022-06-14

基金项目:国家自然科学基金项目(31960579)

作者简介:王连润,女,副研究员,硕士,主要从事果树栽培及育种工作。Tel:0871-5892704,E-mail:lianrweiwang@163.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel:0871-5892704,E-mail:rjssyc@126.com

type and hair density, with coefficients of variation of 117.01% and 113.49%, respectively. Morphological identification analysis showed that 76 Yunnan wild kiwifruit germplasm resources were with all kinds of hair type, for example, some fruits were densely covered with short woolly hairs, some fruits were densely covered with long woolly hairs, some fruits were densely covered with rough hairs, and some fruits were hairless. The coefficients of variation of flesh color, fruit weight, fruit shape and fruit dots were larger, exceeding 50%, by 78.57%, 67.94%, 62.52% and 51.90%, respectively. Morphological identification analysis showed that 76 Yunnan wild kiwifruit germplasm resources possessed all kinds of flesh color, fruit weight and fruit shape. However, many types had fruit dots, while some of them did not have obvious fruit dots. Six traits whose coefficients of variation were below 50% were longitudinal diameter, transverse diameter, side diameter, skin color and flavor, and the smallest coefficient of variation was flavor. Morphological identification analysis showed that most germplasm resources had sweet flavor, a small part of germplasm resources had sour flavor, and a small part of germplasm resources had a slightly sour flavor. Factor analysis yielded three main factors with a cumulative contribution of 73.843%. Factor 1 had high loading value of 0.948 and 0.935 for transverse diameter and side diameter, respectively, which can be called the fruit weight factor, and transverse diameter and side diameter were closely related to the fruit weight. Factor 2 had a maximum loading value of 0.74 for fruit shape index, which can be called the fruit shape factor, and shape index was closely related to the appearance of fruit. Factor 3 had larger loading value of 0.689 and 0.551 for fruit dots and fruit shape, respectively, which can be called the appearance factor, and fruit dots and fruit shape were related to the appearance of fruit. The results of correlation analysis showed that 25 pairs of traits were highly significantly and positively correlated with each other, 7 pairs of traits were highly significantly and negatively correlated with each other, 3 pairs of traits were significantly and positively correlated with each other, and 5 pairs of traits were significantly and negatively correlated with each other. Through cluster analysis, the 76 germplasm resources collected from five different geographical regions in Yunnan province could be classified into three major categories. The first category included 38 materials with the shortest longitudinal diameter, transverse diameter and side diameter, and the smallest weight per fruit and minimum fruit, most of which are hairless dotted fruit unsuitable for materials of dotused to breed fresh-eating varieties. The second category included 28 materials with the moderate longitudinal diameter, transverse diameter and side diameter, most of which were covered with long woolly hairs and the weight per fruit was nearly 30 g. The third category included 10 materials with the longest longitudinal diameter, transverse diameter and side diameter, and weight per fruit were the largest with the weight per fruit being nearly 50 g. Morphological identification analysis showed that most of resources were sweet and delicious with smaller value of hair density and they were suitable for materials used to breed medium fresh-eating varieties.【Conclusions】This study showed that there were significant genetic differences and rich genetic diversity among the fruit traits of 76 wild kiwifruit germplasm resources from different ecological regions of Yunnan, and this study can provide reference for future genetic breeding of kiwifruit, guide the screening of new germplasm and accelerate the research and utilization of germplasm resources of the genus kiwifruit in Yunnan.

Key words: Kiwifruit; Yunnan; Germplasm resources; Fruit characteristics; Multivariate statistical analysis

猕猴桃（*Actinidia chinensis* Planch.）为猕猴桃科（Actinidiaceae）猕猴桃属（*Actinidia* Lindl.）的落叶、半落叶或常绿木质藤本植物[1]。猕猴桃属全世界有66种、约118个种下分类单位（变种、变型），目前栽培利用的主要为美味猕猴桃[A. *chinensis* var. *deliciosa*（A. Chev.）A. Chev.]和中华猕猴桃（*A. chinensis* var. *chinensis*）[2-3]。中国是猕猴桃的起源中心[4]，明代李时珍在《本草纲目》中记载：猕猴桃“其形如梨，其色如桃，而猕猴喜食，故有诸名。”[5]。2019年，中国的猕猴桃种植面积约18.3万hm^2，总产量为219.67万t，种植面积和产量居世界第一位（《2021年猕猴桃产业发展报告》）。

云南省是猕猴桃种质资源分布最为丰富的省份，分布有野生猕猴桃属56个种、变种及变型[6-7]。目前，云南栽培的猕猴桃品种主要从外地引入，以红阳、Hort16A、东红、金艳等品种为主。就果肉类型来看，品种较为单一，品种结构优化缓慢，影响和制约了云南猕猴桃产业的发展，生产中缺乏具有云南本地特色的品种，地区优势不突出，尚未充分发挥云南省丰富的野生猕猴桃资源优势[1]。因此，选育适宜云南栽培的特色新品种是云南猕猴桃可持续发展的重要工作。

种质资源是选育新品种的物质基础，对种质资源的鉴定评价显得尤为重要[8]。猕猴桃果实性状与产量组成、果实质量等密切相关。多元统计分析是研究多个随机变量之间相互依赖关系以及内在统计规律的一门统计科学，它能够在多个对象和多个指标互相关联的情况下分析它们的统计规律，比较适合农业科学研究的特点。由于其能有效简化数据、揭示数据内在结构、挖掘数据内在规律，已被广泛应用于作物品种分类和育种材料的筛选中[9-10]。

自20世纪80年代末起，云南省丰富的野生猕猴桃种质资源受到广泛关注，科技人员相继开展了相关调查收集工作[11-13]。近年来，对云南省猕猴桃种质资源主要表型性状及营养成分含量方面已开展了一些研究[14-17]。基于主成分分析和聚类分析的猕猴桃果实品质分析和综合评价方面已有一些报道[18-24]，而对云南省丰富的猕猴桃种质资源开展果实性状的多元统计分析方面的研究鲜见报道。笔者所在课题组对2019—2021年云南省农业科学院园艺作物研究所收集的76份猕猴桃种质资源的12个果实性状进行考察，通过变异度分析、因子分析、相关性分析和聚类分析等多元统计分析方法，对资源进行分析和整理，筛选出一些适合作为育种的材料或直接用于开发利用的资源，为加快云南猕猴桃属种质资源的研究利用提供参考。

1　材料和方法

1.1　材料

供试材料为2019—2021年从滇东北、滇东、滇东南、滇南和滇西北不同地区收集的76份野生猕猴桃种质材料，编号及采集地见表1和表2。

1.2　果实形态指标测定方法

果实成熟期，参照《猕猴桃种质资源描述规范和数据标准》[25]的要求，观测果形、果点、果皮颜色、被毛等性状指标；用天平测定果实的单果质量，用游标卡尺测定果实纵径、果实横径、果实侧径，计算果形指数[17]，果形指数=果实纵径/果实横径。

对材料的果形、果皮颜色、果肉颜色、被毛状况等果实相关质量性状进行数量化赋值，具体标准如下[26]：

（1）果形：短圆=1，梯形=2，短圆柱=3，长圆柱=4，圆球形=5，扁圆形=6，卵形=7，圆柱形=8，倒卵形=9，椭圆形=10，短椭圆形=11，长椭圆形=12。

（2）果皮颜色：浅绿=1，绿=2，深绿=3，浅褐=4，褐色=5，深褐=6，浅红=7，红=8，紫红=9。

（3）果点：不明显=0，明显=1。

（4）被毛密度：无=0，稀=1，中=2，密=3，极密=4。

（5）被毛类型：无=0，短茸毛=1，长茸毛=2，硬毛=3，刚毛=4，糙毛=5，毡毛=6。

（6）果肉颜色：浅绿=1，绿=2，翠绿=3，深绿=4，黄绿=5，浅黄=6，黄=7，金黄=8，橙色=9，浅红=10，紫红=11，浅绿+紫红=12。

（7）风味：涩=1，苦=2，酸=3，微酸=4，甜酸=5，酸甜=6，甜=7。

1.3　数据统计分析

利用软件Excel 2003对果实相关性状数据的变异度进行计算分析，利用SPSS 17.0软件进行性状的相关性分析、因子分析和聚类分析等多元统计分析[27]。

2　结果与分析

2.1　变异度分析

变异度分析结果表明（表3），12个果实性状的

表1　76份野生猕猴桃资源的编号

Table 1　Number of 76 wild kiwifruit resources

序号 Number	资源编号 Resource number	采集地 Collection site	序号 Number	资源编号 Resource number	采集地 Collection site	序号 Number	资源编号 Resource number	采集地 Collection site
1	MLP001	麻栗坡 Malipo	27	TC-10	云龙 Yunlong	53	XCB-7	彝良 Yiliang
2	MLP013	麻栗坡 Malipo	28	CJ-2	云龙 Yunlong	54	HWC-1	绥江 Suijiang
3	PB006	屏边 Pingbian	29	CJ-12	云龙 Yunlong	55	HWC-5	绥江 Suijiang
4	PB007	屏边 Pingbian	30	CJ-13	云龙 Yunlong	56	HJP-1	绥江 Suijiang
5	PB017	屏边 Pingbian	31	CJ-16	云龙 Yunlong	57	HJP-4	绥江 Suijiang
6	PB019	屏边 Pingbian	32	LK-4	镇雄 Zhenxiong	58	HJP-5	绥江 Suijiang
7	SK-1	威信 Weixin	33	LK-5	镇雄 Zhenxiong	59	STC-1	绥江 Suijiang
8	SK-3	威信 Weixin	34	WDXZ-1	镇雄 Zhenxiong	60	STC-4	绥江 Suijiang
9	SHNM-1	威信 Weixin	35	WDXZ-3	镇雄 Zhenxiong	61	STC-5	绥江 Suijiang
10	SHNM-2	威信 Weixin	36	WD-1	镇雄 Zhenxiong	62	TJHS-1	永善 Yongshan
11	SHNM-6	威信 Weixin	37	KS-1	镇雄 Zhenxiong	63	TJHS-2	永善 Yongshan
12	XSD-1	威信 Weixin	38	KS-2	镇雄 Zhenxiong	64	TJHS-4	永善 Yongshan
13	XSD-4	威信 Weixin	39	KS-3	镇雄 Zhenxiong	65	TJHS-5	永善 Yongshan
14	XSD-5	威信 Weixin	40	KS-5	镇雄 Zhenxiong	66	TJHS-6	永善 Yongshan
15	XSD-13	威信 Weixin	41	KS-6	镇雄 Zhenxiong	67	JZS-2	师宗 Shizong
16	MJG-2	彝良 Yiliang	42	MG-4	威信 Weixin	68	JZS-4	师宗 Shizong
17	LHDZ-7	彝良 Yiliang	43	MG-8	威信 Weixin	69	JZS-5	师宗 Shizong
18	LHDZ-8	彝良 Yiliang	44	MG-11	威信 Weixin	70	JZS-9	师宗 Shizong
19	YH-3	镇雄 Zhenxiong	45	MG-14	威信 Weixin	71	JZS-10	师宗 Shizong
20	YH-6	镇雄 Zhenxiong	46	DXS-1	威信 Weixin	72	JZS-13	师宗 Shizong
21	DHD-1	镇雄 Zhenxiong	47	DXS-4	威信 Weixin	73	TSH-1	西畴 Xichou
22	MP-1	镇雄 Zhenxiong	48	DXS-6	威信 Weixin	74	TSH-4	西畴 Xichou
23	MP-5	镇雄 Zhenxiong	49	MZ-1	镇雄 Zhenxiong	75	XCFD-1	西畴 Xichou
24	MP-6	镇雄 Zhenxiong	50	MZ-3	镇雄 Zhenxiong	76	XPS-1	西畴 Xichou
25	MP-7	镇雄 Zhenxiong	51	ZX-1	威信 Weixin			
26	TC-1	云龙 Yunlong	52	ZX-3	威信 Weixin			

表2　野生猕猴桃资源采集地生态环境

Table 2　Ecological environment of wild kiwifruit resources collection sites

采集地 Collection site	经度 Longitude	纬度 Latitude	气候 Climate	采集份数 Collection number
麻栗坡 Malipo	104°33'~105°18'	22°48'~23°34'	亚热带季风气候 Subtropical monsoon climate	2
屏边 Pingbian	103°24'~103°58'	22°49'~23°23'	亚热带湿润山地季风气候 Subtropical humid mountain monsoon climate	4
威信 Weixin	104°41'~105°18'	27°42'~28°07'	亚热带季风气候 Subtropical monsoon climate	18
镇雄 Zhenxiong	104°18'~105°19'	27°17'~27°50'	亚热带季风气候 Subtropical monsoon climate	19
彝良 Yiliang	103°51'~104°45'	27°16'~27°57'	中亚热带湿润气候 Subtropical humid climate	4
绥江 Suijiang	103°47'~104°16'	28°21'~28°40'	高原季风立体气候 Plateau monsoon stereoscopic climate	8
永善 Yongshan	103°15'~104°01'	27°31'~28°32'	温带季风气候 Temperate monsoon climate	5
西畴 Xichou	104°22'~104°58'	23°06'~23°37'	亚热带季风气候 Subtropical monsoon climate	4
师宗 Shizong	103°42'~104°34'	24°20'~25°00'	亚热带季风气候 Subtropical monsoon climate	6
云龙 Yunlong	98°52'~99°46'	25°28'~26°23'	温带季风气候 Temperate monsoon climate	6

平均变异系数为55.88%，其中被毛密度和被毛类型的变异系数居前二位，达113.49%和117.01%，变幅分别为0.00~4.00和0.00~6.00；果肉颜色、单果质量、果形和果点的变异系数较大，分别为78.57%、67.94%、62.52%和51.90%；果实纵径、果实横径、果实侧径、果形指数、果皮颜色和风味的变异系数都在50%以下，变异系数最小的性状为风味，仅为23.96%。表明，采自不同生态区域的76份野生猕猴

表3　供试材料果实性状变异情况

Table 3　Variations of fruit characters in the tested materials

性状 Character	平均值 Mean	最大值 Maximum	最小值 Minimum	极差 Range	标准差 Std.	变异系数 *CV*/%
果形 Shape of fruit	5.95	12.00	1.00	11.00	3.72	62.52
果实纵径 Longitudinal diameter of fruit/mm	38.18	66.12	20.32	45.80	10.10	26.45
果实横径 Transverse diameter of fruit/mm	29.44	44.71	8.91	35.80	8.49	28.84
果实侧径 Side diameter/mm	27.36	41.01	7.73	33.28	7.62	27.85
果形指数 Fruit shape index	1.36	2.61	0.84	1.77	0.38	27.94
单果质量 Single fruit weight/g	21.24	58.34	0.76	57.58	14.43	67.94
果皮颜色 Colour of fruit skin	4.17	9.00	1.00	8.00	1.84	44.13
果点 Fruit spots	0.79	1.00	0.00	1.00	0.41	51.90
被毛密度 Hair density	1.26	4.00	0.00	4.00	1.43	113.49
被毛类型 Hair type	1.47	6.00	0.00	6.00	1.72	117.01
果肉颜色 Colour of fruit flesh	3.22	12.00	1.00	11.00	2.53	78.57
风味 Flavor	6.22	7.00	1.00	6.00	1.49	23.96

桃果实性状的表现存在显著的遗传差异，考察的12个果实性状在不同材料间表现出不同程度的多样性。

2.2　因子分析

对76份供试材料的果实性状进行了因子分析，结果表明，前3个因子的累积贡献率达73.843%，利用最大方差旋转法得到因子特征值和特征向量的因子载荷值（表4）。由表4可知，因子1的果实横径和果实侧径有较高的载荷值，分别为0.948和0.935，这两个性状反映了野生猕猴桃果实的质量，可视为果实质量因子，表明在猕猴桃育种中，若要提高果实质量，则需要重点考虑果实横径和侧径；因子2中果形指数的载荷值最高，为0.740，该性状与果实形状有关，可视为果形因子；因子3的果点和果形的载荷值较高，分别为0.689和0.551，这2个性状与果实外观有密切关系，可称为外观因子。

表4　因子载荷矩阵

Table 4　Loading matrix of factors

性状 Factors	因子1 Factor 1	因子2 Factor 2	因子3 Factor 3
果形 Shape of fruit	−0.301	0.492	0.551
果实纵径 Longitudinal diameter of fruit	0.768	0.388	0.369
果实横径 Transverse diameter of fruit	0.948	−0.199	0.080
果实侧径 Side diameter	0.935	−0.212	0.137
果形指数 Fruit shape index	−0.465	0.740	0.205
单果质量 Single fruit weight	0.899	0.061	0.251
果皮颜色 Color of fruit skin	0.498	0.573	−0.305
果点 Fruit spots	−0.364	−0.320	0.689
被毛密度 Hair density	0.804	0.294	−0.115
被毛类型 Hair type	0.796	0.233	−0.105
果肉颜色 Color of fruit flesh	−0.207	0.134	−0.588
风味 Fruit flavor	0.586	−0.458	0.008
特征值 Eigenvalues	5.526	1.828	1.507
贡献率 Contributive rate/%	46.052	15.230	12.561
累计贡献率 Cumulative contributive rate/%	46.052	61.282	73.843

2.3　相关性分析

相关性分析是将2个或多个具备相关性的变量元素进行分析，从而衡量2个变量因素的相关密切程度。农作物产量等重要农艺性状则由多基因控制，且基因之间相互关联，适合进行相关性分析[28]。由表5可知，有25对性状间呈极显著正相关，有7对性状间呈极显著负相关，有3对性状间呈显著正相关，5对性状之间呈显著负相关，其中单果质量与果实侧径、横径和纵径3个性状呈极显著正相关，其相关程度大小依次为果实侧径（0.910）、果实横径（0.906）和果实纵径（0.867）。果实风味与果实侧径、横径和纵径3个性状也呈极显著正相关，其相关程度大小依次为果实侧径（0.574）、果实横径（0.563）和果实纵径（0.349），此外，相关系数在0.700以上呈极显著正相关的性状有果实侧径与果实纵径、果实侧径与横径，以及被毛类型与被毛密度。从相关性来看，果实侧径与横径、单果质量与果实侧径和果实横径的关系更为密切，果实风味与果实质量因子即果实侧径、果实横径和果实纵径密切相关，表明在猕猴桃育种中，以提高单果质量和果实风味为目标时，需要重点考虑果实质量因子。

2.4　聚类分析

采用系统聚类（Hierarchical clustering）中的组间联接法（Average linkage between groups），以欧氏距离（Euclidean distance）为遗传距离对76份材料进

表5 不同果实性状间的相关系数

Table 5 Correlation coefficient of different fruit characters

性状 Character	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.000											
2	0.095	1.000										
3	−0.293*	0.693**	1.000									
4	−0.263*	0.705**	0.986**	1.000								
5	0.424**	0.092	−0.607**	−0.595**	1.000							
6	−0.122	0.867**	0.906**	0.910**	−0.287*	1.000						
7	−0.071	0.489**	0.310**	0.285*	0.097	0.378**	1.000					
8	0.211	−0.131	−0.223	−0.176	0.102	−0.152	−0.412**	1.000				
9	−0.208	0.611**	0.639**	0.615**	−0.192	0.606**	0.527**	−0.473**	1.000			
10	−0.161	0.536**	0.677**	0.639**	−0.265*	0.622**	0.465**	−0.424**	0.798**	1.000		
11	−0.074	−0.185	−0.165	−0.187	0.083	−0.148	0.141	−0.198	−0.257*	−0.200	1.000	
12	−0.362**	0.349**	0.563**	0.574**	−0.488**	0.456**	0.146	−0.074	0.291*	0.255*	−0.158	1.000

注：*表示 $p<0.05$ 显著水平；**表示 $p<0.01$ 极显著水平。1. 果形；2. 纵径；3. 横径；4. 侧径；5. 果形指数；6. 单果质量；7. 果皮颜色；8. 果点；9. 被毛密度；10. 被毛类型；11. 果肉颜色；12. 风味。

Note: * significant level at $p<0.05$; ** very significant level at $p<0.01$. 1. Shape of Fruit; 2. Longitudinal diameter of fruit; 3. Transverse diameter of fruit; 4. Side diameter of fruit; 5. Fruit shape index; 6. Weight per fruit; 7. Color of fruit skin; 8. Fruit spots; 9. Hair density; 10. Hair type; 11. Color of fruit flesh; 12. Fruit flavor.

行聚类分析，结果见图1。由图1可知，在欧氏距离大约为19时，可将76份猕猴桃材料划分为3大类。结合图1和表6，第Ⅰ类包括38份材料，果实纵径、横径和侧径均比第Ⅱ类和第Ⅲ类短，单果质量最小，果实最小，大多数为无毛的斑果类型，大部分材料不适合作为选育鲜食类型品种的材料，但其中的如紫果猕猴桃等少数种类材料可作为选育小果型的鲜食猕猴桃品种材料；第Ⅱ类包括28份材料，被毛多为长绒毛，果实纵径、横径、侧径和单果质量介于第Ⅰ类和第Ⅲ类之间，单果质量接近30 g；第Ⅲ类包括10份材料，果形为倒卵形和长圆柱形，果实纵径、横径和侧径均比第Ⅰ类和第Ⅱ类长，果实最大，单果质量也最大，且被毛密度平均值比第Ⅱ类小，单果质量约达50 g，形态学鉴定结果也表明，第Ⅲ类材料大部分风味甜，适合用于选育中果型鲜食品种材料。

3 讨 论

种质资源的遗传多样性是育种的基础[29]，猕猴桃育种的实践表明，每次新品种的突破均有赖于优良基因的发现和利用，因此，猕猴桃品种改良的关键是种质资源的发掘和有效利用。尽管分子标记已经被广泛应用于植物种质资源的鉴定和分类研究中，但是农艺性状的鉴定和描述仍然是种质资源研究的最基本的方法和途径，农艺性状数据是种以上或种内分类不可缺少的重要依据之一[8,30]。本研究通过变异度分析，查明76份来自云南不同生态区域的野生猕猴桃种质资源果实性状的表现存在显著的遗传差异，遗传多样性比较丰富，这为猕猴桃新品种选育提供了丰富的遗传种质材料。从因子分析结果来看，前3个因子的累积贡献率为73.843%，表明这3个主因子对12个果实性状具有较好的代表性，能较好地反映这些性状所包含的大部分信息。相关性分析结果表明，单果质量与果实侧径和果实横径的关系更为密切，而果实风味与果实质量因子即果实侧径、果实横径、果实纵径密切相关，为下一步育种工作中优异资源的选择提供了参考依据，在猕猴桃育种过程中，选择育种材料需要重视这些果实质量因子的相关性状。

聚类分析以稳定性状的数据统计为基础，进行等权处理后以数据或聚类分析图的形式反映农艺性状间的相似性和相关度，明确种质间的亲缘关系，为资源的利用提供参考依据[31]。通过系统聚类分析，把76份材料划分为3大类，根据育种目标可选择第3类中的材料作为鲜食新品种选育的材料，而第1类材料果实最小，虽然大部分材料不太适合作为鲜食品种选育的材料，但这些材料多数采自滇南、滇东南等地区，特殊的生态气候条件可能使这些材料蕴含有一些抗旱、抗病、耐热等优良基因，通过进一步研究，有望发掘出一些具有抗性的材料作为抗性品种选育的特异性亲本材料或作为砧木加以利用。通过果实形态学鉴定分析，本研究初步筛选出TC-1、

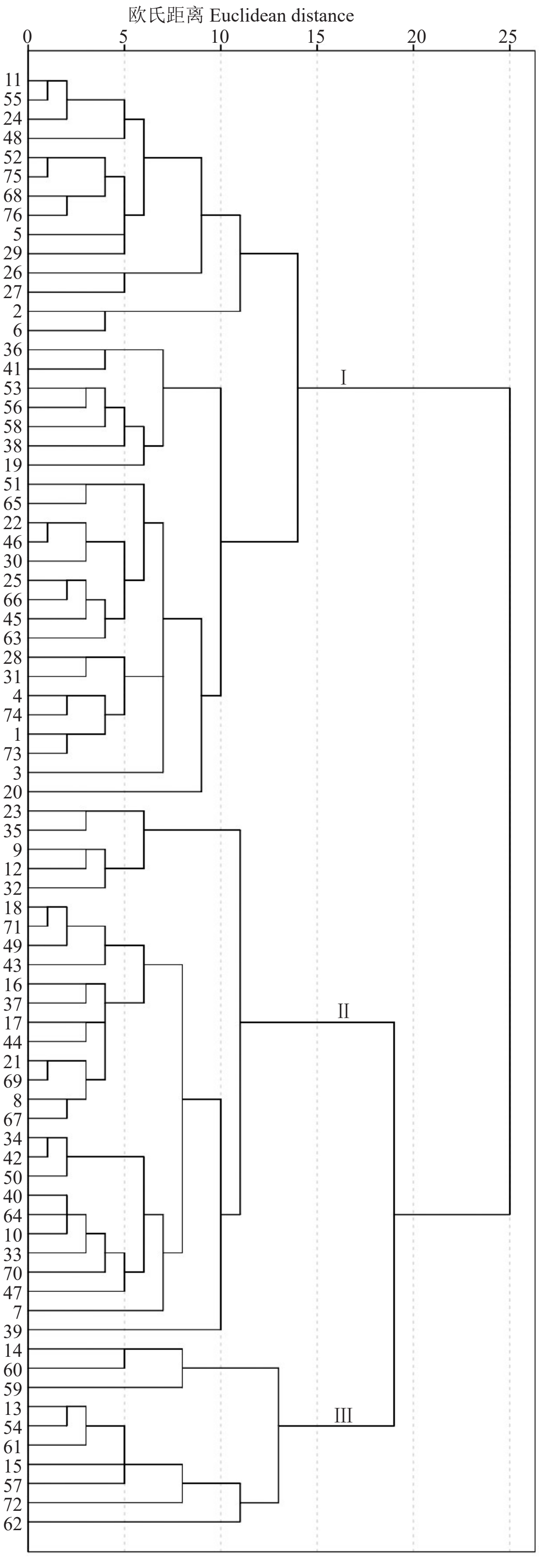

图1　基于果实相关性状的76份野生猕猴桃的聚类分析

Fig. 1　The clustering dendrogram of 76 wild kiwifruit based on fruit characters

表6　3大类群果实性状的平均值

Table 6　Mean of three groups

性状 Characters	I（38）	II（28）	III（10）	总平均值 Total average
果形 Shape of fruit	6.63	4.46	7.50	5.95
果实纵径 Longitudinal diameter of fruit/mm	30.49	42.57	55.16	38.18
果实横径 Transverse diameter of fruit/mm	22.54	35.22	39.47	29.44
果实侧径 Side diameter/mm	21.32	32.14	36.97	27.36
果形指数 Fruit shape index	1.46	1.22	1.41	1.36
单果质量 Weight per fruit/g	9.37	27.93	47.64	21.24
果皮颜色 Color of fruit skin	3.29	5.04	5.00	4.17
果点 Fruit spots	0.95	0.61	0.90	0.79
被毛密度 Hair density	0.32	2.79	2.20	1.47
被毛类型 Hair type	0.32	2.79	2.20	1.47
果肉颜色 Color of fruit flesh	3.42	2.75	3.40	3.22
风味 Fruit flavor	5.71	6.82	6.80	6.22

注：总平均值为各类加权平均值。

Note: The total average is the weighted mean.

XSD-5、XSD-13等部分具有较高开发利用价值的资源，拟作为鲜食猕猴桃品种选育的材料，同时还筛选出KS-3、CJ-2等少部分具有较高潜在利用价值的资源，如KS-3和XSD-13等少数特色资源可作为果肉颜色改良育种材料，XSD-5可作为提高果实香味的育种材料，这些特异资源在很大程度上丰富了猕猴桃育种种质基因库，拓宽了猕猴桃育种的种质基础。

本研究中发现带被毛的美味猕猴桃和中华猕猴桃主要分布于滇东北的威信、彝良、镇雄、绥江和永善等区域，滇西北的云龙主要分布有无被毛的紫果猕猴桃和贡山猕猴桃，滇东南的麻栗坡和西畴及滇南的屏边主要分布有无被毛且果实较小的中越猕猴桃、京梨猕猴桃、硬齿猕猴桃等种类，滇东地区的师宗主要分布有带被毛的美味猕猴桃，推测不同区域生态气候条件存在较大差异是造成不同区域种类分布存在较大差异的主要原因之一。此外，本研究资源调查收集过程中发现，随着地方道路通畅，农业开发进程进一步加快，一些野生猕猴桃资源原生境遭到极大的破坏，一般每个资源分布点仅有1~2株或少数几株资源，雄株极少，虽然滇东北地区的野生美味和中华猕猴桃资源较丰富，但其中的大果型资源较少，主要原因可能与野生资源分布的群体数量较少、缺少授粉雄株、坐果期授粉不充分有关，云南大果型野生猕猴桃资源较少的具体原因有待于进一步研究分析。

4 结 论

通过对76份云南野生猕猴桃资源的部分果实相关性状指标进行变异度分析、因子分析和聚类分析等多元统计分析，明确了资源的变异、分类情况及性状间的相关性，为今后在猕猴桃遗传育种中指导筛选新的种质以及加快云南猕猴桃属种质资源的研究利用提供参考。

参考文献 References:

[1] 李佛莲，陈大明，孔维喜，吕维梧，方海东，刘海刚. 云南猕猴桃产业发展现状、存在问题及建议[J]. 中国果业信息，2017，34(9)：21-24.
LI Folian，CHEN Daming，KONG Weixi，LÜ Weiwu，FANG Haidong，LIU Haigang. Status，existing problems and suggestions on Yunnan kiwifruit industry[J]. China Fruit News，2017，34(9)：21-24.

[2] 黄宏文，龚俊杰，王圣梅，何子灿，张忠慧，李建强. 猕猴桃属(*Actinidia*)植物的遗传多样性[J]. 生物多样性，2000，8(1)：1-12.
HUANG Hongwen，GONG Junjie，WANG Shengmei，HE Zican，ZHANG Zhonghui，LI Jianqiang. Genetic diversity in the genus *Actinidia*[J]. Chinese Biodiversity，2000，8(1)：1-12.

[3] 黄宏文. 猕猴桃驯化改良百年启示及天然居群遗传渐渗的基因发掘[J]. 植物学报，2009，44(2)：127-142.
HUANG Hongwen. History of 100 years of domestication and improvement of kiwifruit and gene discovery from genetic introgressed populations in the wild[J]. Chinese Bulletin of Botany，2009，44(2)：127-142.

[4] 李坤明，胡忠荣. 云南温带、亚热带特色果树资源[M]. 云南：云南科技出版社，2019.
LI Kunming，HU Zhongrong. Yunnan temperate and subtropical characteristic fruit tree resources[M]. Yunnan：Yunnan Science and Technology Press，2019.

[5] 吴晓梅. 猕猴桃遗传育种及其产业化进展[J]. 福建林业科技，2010，37(2)：174-178.
WU Xiaomei. Prospect of genetics，breeding and industrialization of kiwifruit[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology，2010，37(2)：174-178.

[6] 崔致学. 中国猕猴桃[M]. 济南：山东科学技术出版社，1993.
CUI Zhixue. *Actinidia* in China[M]. Jinan：Shandong Science and Techenology Press，1993.

[7] 俞德浚. 中国果树分类学[M]. 北京：农业出版社，1979.
YU Dejun. Fruit tree taxology in China[M]. Beijing：Agricultural Press，1979.

[8] 詹永发，杨红，涂祥敏，刘崇政，田应书. 辣椒品种资源的遗传多样性和聚类分析[J]. 贵州农业科学，2010，38(11)：12-15.
ZHAN Yongfa，YANG Hong，TU Xiangmin，LIU Chongzheng，TIAN Yingshu. Genetic diversity of hot pepper germplasm resources and its cluster analysis[J]. Guizhou Agricultural Sciences，2010，38(11)：12-15.

[9] 陈伟志，魏振军，王春迎. 多元统计分析在数据挖掘中的作用[J]. 信息工程大学学报，2003，4(4)：22-25.
CHEN Weizhi，WEI Zhenjun，WANG Chunying. The role of the multi-variable analysis in data mining[J]. Journal of Information Engineering University，2003，4(4)：22-25.

[10] 李晓芬，尚庆茂，张志刚，王立浩，张宝玺. 多元统计分析方法在辣椒品种耐盐性评价中的应用[J]. 园艺学报，2008，35(3)：351-356.
LI Xiaofen，SHANG Qingmao，ZHANG Zhigang，WANG Lihao，ZHANG Baoxi. Evaluation of salt tolerance of pepper cultivars by multiple statistics analysis[J]. Acta Horticulrae Sinica，2008，35(3)：351-356.

[11] 崔致学，孙旭绍，黎晔，范宏伟，黄学森，杨国华，张颢，杨志刚. 云南省猕猴桃种质资源[J]. 作物品种资源，1990(3)：1-3.
CUI Zhixue，SUN Xushao，LI Ye，FAN Hongwei，HUANG Xuesen，YANG Guohua，ZHANG Hao，YANG Zhigang. *Actinidia* germplasm resources in Yunnan[J]. Crops Variety Resources，1990(3)：1-3.

[12] 李坤明，胡忠荣，陈伟. 昭通地区野生猕猴桃资源及其利用评价[J]. 中国野生植物资源，2006，25(2)：39-41.
LI Kunming，HU Zhongrong，CHEN Wei. Wild kiwifruit resources in Zhaotong area and its utilization[J]. Chinese Wild Plant Resources，2006，25(2)：39-41.

[13] 胡忠荣，袁媛，易芍文，高正清. 云南野生猕猴桃资源及分布概况[J]. 西南农业学报，2003，16(4)：47-52.
HU Zhongrong，YUAN Yuan，YI Shaowen，GAO Zhengqing. Yunnan wild kiwifruit resources and its distribution[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences，2003，16(4)：47-52.

[14] 马玉杰，陈伟，王仕玉，李坤明，李正文. 云南省5种野生猕猴桃的果实种子形态和营养成分分析[J]. 江苏农业科学，2019，47(12)：193-196.
MA Yujie，CHEN Wei，WANG Shiyu，LI Kunming，LI Zhengwen. Analysis on fruit seeds morphology and nutritional composition of 5 wild kiwifruits in Yunnan[J]. Jiangsu Agricultural Sciences，2019，47(12)：193-196.

[15] 姜存良，吴勇，邓浪，蔡光辉，包昌艳，李凯峰，王连春，刘惠民. 云南猕猴桃资源的收集及表型多样性分析[J]. 西南林业大学学报，2021，41(2)：38-45.
JIANG Cunliang，WU Yong，DEND Lang，CAI Guanghui，BAO Changyan，LI Kaifeng，WANG Lianchun，LIU Huimin. Kiwifruit resources collection in Yunnan province and phenotypic diversity analysis[J]. Journal of Southwest Forestry University，2021，41(2)：38-45.

[16] 王连润，万红，陶磅，陈霞，吴定财，丁仁展，李卫芬，沙毓沧，李坤明. 4个野生猕猴桃优良单株果实矿质元素含量分析[J]. 中国农学通报，2021，37(3)：112-115.
WANG Lianrun，WAN Hong，TAO Pang，CHEN Xia，WU Dingcai，DING Renzhan，LI Weifen，SHA Yucang，LI Kunming. Analysis of mineral elements' content of 4 excellent wild kiwifruit individual plants[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin，2021，37(3)：112-115.

[17] 王连润，陶磅，陈霞，李坤明，丁仁展，王卫清，吴定财，沙毓沧. 野生猕猴桃优异资源果实形态及营养成分分析[J]. 西南农业学报，2021，34(7)：1515-1520.

WANG Lianrun，TAO Pang，CHEN Xia，LI Kunming，DING Renzhan，WANG Weiqing，WU Dingcai，SHA Yucang. Analysis on fruit morphology and nutritional composition of excellent germplasm resources of wild kiwifruit[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences，2021，34(7)：1515-1520.

[18] 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 Yanchao，LI Yuehong，ZHAO Yang. Analysis on fruit quality and intrinsic quality of Liupanshui red-hearted kiwifruit[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences，2019，47(5)：199-202.

[19] 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.

[20] 王依，雷靖，陈成，徐明，邴昊阳，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.

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 (Natural Science Edition)，2018，46(10)：101-107.

[21] 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.

[22] 刘磊，李争艳，雷华，高本旺，赵佳，李薇 . 30 个猕猴桃品种(单株)主要果实品质特征的综合评价[J]. 果树学报，2021，38(4)：530-537.

LIU Lei，LI Zhengyan，LEI Hua，GAO Benwang，ZHAO Jia，LI Wei. Comprehensive evaluation of main fruit quality characteristics with 30 kiwifruit cultivars (strains)[J]. Journal of Fruit Science，2021，38(4)：530-537.

[23] 冯勇 . 基于主成分和聚类分析的不同品种猕猴桃品质指标综合评价[J]. 江苏农业科学，2021，49(22)：180-185.

FENG Yong. Quality index comprehensive evaluation based on principle component and cluster analysis of different kiwifruit varieties[J]. Jiangsu Agricultural Sciences，2021，49(22)：180-185.

[24] 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.

[25] 胡忠荣，陈伟，李坤明 . 猕猴桃种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京：中国农业出版社，2006.

HU Zhongrong，CHEN Wei，LI Kunming. Description specification and data standard of kiwifruit germplasm resources[M]. Beijing：China Agricultural Press，2006.

[26] 吴丽艳，杜光辉，鲍锐，黎志彬，龚亚菊 . 云南野生茄资源的分类和遗传多样性研究[J]. 热带作物学报，2018，39(6)：1075-1080.

WU Liyan，DU Guanghui，BAO Rui，LI Zhibin，GONG Yaju. Classification and genetic diversity of wild eggplant resources in Yunnan[J]. Chinese Journal of Tropical Crops，2018，39(6)：1075-1080.

[27] 桂敏，龙洪进，钟秋月，杜磊，张芮豪，钟利 . 引进辣椒种质资源果实性状的多元统计分析[J]. 西南农业学报，2014，7(2)：772-776.

GUI Min，LONG Hongjin，ZHONG Qiuyue，DU Lei，ZHANG Ruihao，ZHONG Li. Multivariate statistical analysis of fruit characters of hot pepper germplasm resources[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences，2014，7(2)：772-776.

[28] 王玲燕，刘贺娟，任福森，唐振海，董彦琪，刘震宇 . 98 份大葱种质资源农艺性状相关性及主成分分析[J]. 中国瓜菜，2021，34(8)：38-43.

WANG Lingyan，LIU Hejuan，REN Fusen，TANG Zhenhai，DONG Yanqi，LIU Zhenyu. Correlation and principal component analysis of agronomic characters of 98 Chinese onion germplasm resources[J]. China Cucurbits and Vegetables，2021，34(8)：38-43.

[29] 蒙秋伊，刘鹏飞，张志勇 . 薏苡种质资源及育种研究进展[J]. 贵州农业科学，2013，41(5)：33-37.

MENG Qiuyi，LIU Pengfei，ZHANG Zhiyong. Research progress on germplasm resources and breeding of *Coix lacryma-jobi*[J]. Guizhou Agricultural Sciences，2013，41(5)：33-37.

[30] 冯学杰，吴月燕，刘振文，邓长智，李雪峤 . 北运型豇豆新品种比较试验[J]. 广东农业科学，2011，38(21)：56,

FENG Xuejie，WUYueyan，LIU Zhenwen，DENG Changzhi，LI Xueqiao. Comparison test on new varieties of north transporded cowpea[J]. Guangdong Agricultural Science，2011，38(21)：56.

[31] 于娅，李艳军，王飞，王娜，霍云龙，凤桐 . 北方地区黄瓜种质资源农艺性状的主成分和聚类分析[J]. 中国瓜菜，2020，33(12)：29-34.

YU Ya，LI Yanjun，WANG Fei，WANG Na，HUO Yunlong，FENG Tong. Principal component and cluster analysis of agronomic characters on cucumber germplasm resources in northern China[J]. China Cucurbits and Vegetables，2020，33(12)：29-34.