

贵州野生猕猴桃表型遗传多样性分析

韩振诚, 李苇洁*, 王加国, 任春光, 李良良, 苏文文

(贵州省山地资源研究所, 贵阳 550001)

摘要:通过对 146 份贵州猕猴桃种质资源表型遗传多样性的研究,为贵州猕猴桃品种选育打下基础,对 146 份不同区域猕猴桃种质资源 48 个质量性状进行描述、赋值,并结合单果重等 9 个数量性状,使用主成分分析、聚类分析等进行综合评价。结果表明,57 个质量性状和数量性状均存在丰富的多样性和变异性;146 份资源的 Shannon's 遗传多样性指数为 1.28,从各区域遗传多样性指数可以看出,演化进程上从遗传多样性指数高的地区向低的地区进行演化;主成分分析结果显示,前 14 个主成分累计贡献率达 75.076%,其中前 6 个主成分的累计贡献率达 51.911%,为提高品种选育和评价的工作效率,可将猕猴桃种质资源的描述指标简化为新梢被毛、果实被毛等 18 个性状;聚类结果显示,贵州猕猴桃种质的欧氏距离为 1.00~25.00 之间,在 $D=19.25$ 处,146 份野生猕猴桃分为 6 个类群。本文有效揭示了贵州省猕猴桃种质资源丰富的多样性和亲缘关系,明确野生猕猴桃各种群间性状区分特征和部分优良资源性状的地理分布,对贵州猕猴桃种质资源的种质鉴定、保护利用和品种选育有重要意义。

关键词:猕猴桃;贵州;表型性状;遗传多样性

中图分类号:S663.4 文献标志码:A

Phenotypic Genetic Diversity of Wild Kiwifruit Resource Distributed in Guizhou

HAN Zhencheng, LI Weijie*, WANG Jiaguo, REN Chunguang, LI Liangliang, SU Wenwen

(Institute of Mountain Resources of Guizhou Province, Guiyang 550001, China)

Abstract: The study aimed to the phenotypic genetic diversity of 146 kiwifruit germplasm resources in Guizhou Province, and provide reference for breeding and utilization of kiwifruit resources in Guizhou Province. In this study, we described and assigned 48 phenotypic traits of 146 kiwifruit germplasm resources from different regions and combined 9 quantitative traits such as fruit weight with principal component analysis and cluster analysis to comprehensively evaluate the phenotypic diversity of kiwifruit germplasm resources in Guizhou. The results showed that 57 qualitative and quantitative traits were rich in diversity and variability. The Shannon's genetic diversity index of 146 resources was 1.28, It could be seen from the genetic diversity index of each region that the evolution process is from the region with high genetic diversity index to the region with low genetic diversity index. The results of principal component analysis showed that the accumulative contribution rate of the first 14 principal components was 75.076%. The accumulative contribution rate of the first 6 principal components was 51.911%. For improving the

收稿日期:2022-08-23;修改稿收到日期:2023-04-24

基金项目:“红阳猕猴桃全红芽变“GH-1号”无性系选育研究与示范”黔科合支撑[2021]一般 234 项目;国家重点研发计划项目“贵州喀斯特山区优势特色产业提质增效技术集成与示范(2021YFD1100300)”后补助资金;“贵州野生猕猴桃遗传多样性评价及优良种质选”黔科合基础项目[2016]1140 号;“贵州省精品水果(猕猴桃、百香果)产业技术研发及服务能力建设”黔科合服企项目[2019]4004

作者简介:韩振诚(1987-),男,硕士研究生,助理研究员,主要从事猕猴桃遗传育种研究。E-mail:283059094@qq.com

* 通信作者:李苇洁,研究员,硕士生导师,主要从事猕猴桃栽培与遗传育种研究。E-mail:lwj024333@163.com

efficiency of variety selection and evaluation, the descriptive indexes of kiwifruit germplasm resources could be simplified into 18 characters, including hair on annual branch, fruit hair. Cluster analysis showed that the Euclidean distance of kiwifruit germplasm in Guizhou was between 1.00—25.00. And 146 kiwifruit resources were divided into 6 groups at $D=19.25$. This paper effectively revealed the rich diversity and genetic relationship of wild kiwifruit germplasm resources in Guizhou Province, and defined the distinguishing characteristics of characters among various groups of kiwifruit and the geographical distribution of some excellent resource characters, which was great significance for the identification, protection, utilization and genetic improvement of kiwifruit germplasm resources in Guizhou.

Key words: *Actinidia*; Guizhou; phenotypic characters; genetic diversity

猕猴桃为猕猴桃科 (*Actinidiaceae*) 猕猴桃属 (*Actinidia*) 植物,全世界共有 54 个种,约 75 个变种、变型^[1]。近年来,中国在猕猴桃种质资源的调查、收集、保存、遗传多样性检测、起源与演化以及经济性状评价和种质创新方面研究较多,培育了东红、脐红等优良品种^[2-3],并广泛应用于生产栽培中。遗传多样性越丰富,物种对环境变化的适应能力越强^[4],用于选育新品种的潜力就越大,贵州是猕猴桃属植物的集中分布区之一^[5],但随着贵州猕猴桃产业的发展,加强猕猴桃种质资源的收集、保存与利用,明确野生猕猴桃资源的植物学分类地位,准确评价贵州猕猴桃资源的遗传多样性,对于猕猴桃新品种选育具有重要意义。

表型多样性是植物遗传多样性的重要组成部分,亦是优异单株鉴选的重要依据^[6-7]。表型多样性研究主要通过科学有效的采样,合理的数学统计,采用形态特征、生理生化等性状揭示群体的遗传规律和多样性^[8-9]。表型多样性广泛应用于猕猴桃遗传多样性的研究中,姜存良利用 15 个表型性状将云南省 24 个野生猕猴桃种分为 4 组,属间各种存在着丰富的变异,性状间变异系数相差较大,能了解现阶段云南省部分地区猕猴桃野生资源的分布状况^[10];李红莉等通过对 98 份野生软枣猕猴桃资源的表型遗传多样性分析得出,黑龙江软枣猕猴桃枝条、叶片和果实表型性状变异类型丰富、变异程度高且幅度大,遗传多样性丰富,育种选择潜力大^[11];秦红艳等对 70 份软枣猕猴桃资源的果实表型性状、果实品质性状等指标进行相关分析表明,果实质量、果径以及果实营养品质等性状可作为区分和评价软枣猕猴桃资源的主要性状指标^[12];而汤佳乐等的研究表明毛花猕猴桃在野生状态下存在丰富的表型性状多样性,其果实形状、果实纵横径、果心、果实横截面形状、果基、果顶形状以及被毛的颜色等性状均表现出较高

的多样性和差异性,且野生资源中存在优良果实表型的单株^[13]。

贵州拥有丰富的猕猴桃资源,但资源遗传信息分析评价欠缺,遗传多样性状况尚不明确,资源保护力度不够。基于此,本研究采用文献查阅、实地踏查的方法系统调查和研究贵州 146 份猕猴桃种质资源(140 份野生资源、6 份品种资源)的 57 个表型性状,运用主成分分析和聚类分析法进行遗传多样性综合评价,以为优良单株鉴选及新品种选育提供理论依据和种质基础。

1 材料和方法

1.1 材料

在野生猕猴桃资源调查前,根据查阅文献^[14-17]和咨询专家,进行采集地的选择。2016 年 8 月—2021 年 9 月,课题组实地调查贵州四大山脉 8 个地区(州、市)30 个县(区、市),收集到 146 份猕猴桃资源(140 份野生资源、6 份品种资源),参照《中国植物志·第四十九卷》和《贵州植物志·第三卷》^[18-19]所描述的文字和图片资料,对所采资源进行分类鉴定(表 1)。

1.2 方法

1.2.1 贵州野生猕猴桃种质资源采集

根据贵州的地形地貌和四大山脉自然生态区域将采集地分为北部大娄山(遵义市)、南部苗岭(贵阳市、黔东南州、黔南州、黔西南州)、西部乌蒙山(毕节市、六盘水市)和东部武陵山(铜仁市)。

采摘猕猴桃果实、叶片、枝条,根据所保存资源的顺序编号对其进行命名,记录所采集样品的地址、海拔等信息(表 1),参照《猕猴桃种质资源描述规范和数据标准》^[20]的方法,在现场进行记录。将成熟果实置于冰盒中带回实验室,待果实后熟后(手捏稍软),切成小块液氮速冻,放置于 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱保存备用,并标记名称和日期。

表 1 贵州野生猕猴桃资源采集地基本信息
Table 1 Basic information of kiwifruit resource collection sites in Guizhou

编号 Number	样品 Sample	种名(变种) Species(variety)	采集地 Collection sites	海拔 Altitude/m	年降雨 Annual rainfall/mm	平均气温 Average temperature/°C	资源类型 Resource type
1	贵山 F001 GuishanF001	美味猕猴桃 <i>Actinidia chinensis</i> Planch, var. <i>deliciosa</i>	镇远 Zhenyuan	950.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
2	贵山 F002 GuishanF002	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	镇远 Zhenyuan	880.2	1 250.0	16.0	野生 Wild
3	贵山 F003 GuishanF003	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	镇远 Zhenyuan	900.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
4	贵山 F004 GuishanF004	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	镇远 Zhenyuan	850.0	1 250	16.0	野生 Wild
5	贵山 F005 GuishanF005	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	镇远 Zhenyuan	910.3	1 250.0	16.0	野生 Wild
6	贵长 Guichang	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	水城 Shuicheng	1 120.0	1 100.0	12.4	品种 Variety
7	贵山 F006 GuishanF006	中华猕猴桃 <i>Actinidia chinensis</i> Planch.	榕江 Rongjiang	400.0	1 200.0	18.1	野生 Wild
8	贵山 F007 GuishanF007	中华猕猴桃 <i>A. chinensis</i>	榕江 Rongjiang	485.0	1 200.0	18.1	野生 Wild
9	贵山 F008 GuishanF008	阔叶猕猴桃 <i>Actinidia latifolia</i> (Gardn. & Champ.) Merr.	榕江 Rongjiang	485.0	1 200.0	18.1	野生 Wild
10	贵山 F009 GuishanF009	阔叶猕猴桃 <i>A. latifolia</i> var. <i>latifolia</i>	榕江 Rongjiang	485.0	1 200.0	18.1	野生 Wild
11	贵山 F010 GuishanF010	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	桐梓 Tongzi	1 540.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
12	贵山 F011 GuishanF011	京梨猕猴桃 <i>Actinidia callosa</i> Lindl. var. <i>henryi</i> Maxim.	桐梓 Tongzi	1 540.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
13	贵山 F012 GuishanF012	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	桐梓 Tongzi	1 560.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
14	贵山 F013 GuishanF013	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	桐梓 Tongzi	1 560.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
15	贵山 F014 GuishanF014	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	桐梓 Tongzi	1 560.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
16	贵山 F015 GuishanF015	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	桐梓 Tongzi	1 560.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
17	贵山 F017 GuishanF017	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	桐梓 Tongzi	1 632.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
18	贵山 F018 GuishanF018	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	桐梓 Tongzi	1 640.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
19	贵山 F019 GuishanF019	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	桐梓 Tongzi	1 640.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
20	贵山 F020 GuishanF020	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	桐梓 Tongzi	1 638.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
21	贵山 F021 GuishanF021	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	桐梓 Tongzi	1 627.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
22	贵山 F022 GuishanF022	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	桐梓 Tongzi	1 611.0	1 038.5	14.6	野生 Wild
23	贵山 F023 GuishanF023	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	红花岗 Honghuagang	1 322.0	1 094.2	15.2	野生 Wild
24	贵山 F024 GuishanF024	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	红花岗 Honghuagang	1 395.0	1 094.2	15.2	野生 Wild
25	贵山 F025 GuishanF025	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	红花岗 Honghuagang	1 387.0	1 094.2	15.2	野生 Wild
26	贵山 F026 GuishanF026	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	大方 Dafang	1 520.2	954.0	13.0	野生 Wild
27	贵山 F027 GuishanF027	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	大方 Dafang	1 517.0	954.0	13.0	野生 Wild
28	贵山 F028 GuishanF028	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	大方 Dafang	1 525.2	954.0	13.0	野生 Wild

续表 1 Continued table 1

编号 Number	样品 Sample	种名(变种) Species(variety)	采集地 Collection sites	海拔 Altitude/m	年降雨 Annual rainfall/mm	平均气温 Average temperature/°C	资源类型 Resource type
29	黄山 F029 GuishanF029	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	大方 Dafang	1 528.1	954.0	13.0	野生 Wild
30	黄山 F030 GuishanF030	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	大方 Dafang	1 529.0	954.0	13.0	野生 Wild
31	黄山 F032 GuishanF032	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	乌当 Wudan	1 234.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
32	黄山 F033 GuishanF033	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	乌当 Wudan	1 232.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
33	黄山 F034 GuishanF034	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	乌当 Wudan	1 250.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
34	黄山 F035 GuishanF035	毛花猕猴桃 <i>Actinidia eriantha</i> Benth.	乌当 Wudan	1 184.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
35	黄山 F036 GuishanF036	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	乌当 Wudan	1 189.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
36	黄山 F037 GuishanF037	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	兴义 Xingyi	1 892.0	1 415.2	16.4	野生 Wild
37	黄山 F038 GuishanF038	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	双山 Shuangshan	1 773.7	954.0	13.0	野生 Wild
38	黄山 F039 GuishanF039	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	双山 Shuangshan	1 789.5	954.0	13.0	野生 Wild
39	黄山 F040 GuishanF040	硬齿猕猴桃 <i>Actinidia callosa</i> Lindl.	双山 Shuangshan	1 710.8	954.0	13.0	野生 Wild
40	黄山 F041 GuishanF041	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	双山 Shuangshan	1 800.0	954.0	13.0	野生 Wild
41	黄山 F042 GuishanF042	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	双山 Shuangshan	1 768.0	954.0	13.0	野生 Wild
42	黄山 F043 GuishanF043	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	纳雍 Nayong	1 777.5	954.0	13.0	野生 Wild
43	黄山 F044 GuishanF044	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	纳雍 Nayong	1 776.4	954.0	13.0	野生 Wild
44	黄山 F045 GuishanF045	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	纳雍 Nayong	1 912.6	954.0	13.0	野生 Wild
45	黄山 F046 GuishanF046	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	纳雍 Nayong	1 846.2	954.0	13.0	野生 Wild
46	黄山 F052 GuishanF052	京梨猕猴桃 <i>A. callosa</i> var. <i>henryi</i>	天柱 Tianzhu	586.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
47	黄山 F053 GuishanF053	阔叶猕猴桃 <i>A. latifolia</i> var. <i>latifolia</i>	天柱 Tianzhu	659.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
48	黄山 F054 GuishanF054	阔叶猕猴桃 <i>A. latifolia</i> var. <i>latifolia</i>	天柱 Tianzhu	492.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
49	黄山 F055 GuishanF055	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	天柱 Tianzhu	456.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
50	黄山 F056 GuishanF056	毛花猕猴桃 <i>A. eriantha</i>	天柱 Tianzhu	454.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
51	黄山 F059 GuishanF059	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	安龙 Anlong	1 466.0	1 415.2	16.4	野生 Wild
52	黄山 F061 GuishanF061	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	安龙 Anlong	1 534.0	1 415.2	16.4	野生 Wild
53	黄山 F062 GuishanF062	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	安龙 Anlong	1 556.0	1 415.2	16.4	野生 Wild
54	黄山 F063 GuishanF063	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	安龙 Anlong	1 557.0	1 415.2	16.4	野生 Wild
55	黄山 F064 GuishanF064	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	安龙 Anlong	1 532.0	1 415.2	16.4	野生 Wild
56	黄山 F065 GuishanF065	京梨猕猴桃 <i>A. callosa</i> var. <i>henryi</i>	安龙 Anlong	1 351.0	1 415.2	16.4	野生 Wild
57	黄山 F066 GuishanF066	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	安龙 Anlong	1 547.0	1 415.2	16.4	野生 Wild

续表 1 Continued table 1

编号 Number	样品 Sample	种名(变种) Species(variety)	采集地 Collection sites	海拔 Altitude/m	年降雨 Annual rainfall/mm	平均气温 Average temperature/°C	资源类型 Resource type
58	黄山 F067	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	安龙 Anlong	1 547.0	1 415.2	16.4	野生 Wild
59	黄山 F070	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	德江 Dejiang	1 287.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
60	黄山 F072	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	德江 Dejiang	1 316.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
61	黄山 F074	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	德江 Dejiang	1 360.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
62	黄山 F076	硬齿猕猴桃 <i>A. callosa</i>	务川 Wuchuan	780.0	1 150.0	15.5	野生 Wild
63	黄山 F077	中华猕猴桃 <i>A. chinensis</i>	务川 Wuchuan	874.0	1 150.0	15.5	野生 Wild
64	黄山 F079	硬齿猕猴桃 <i>A. callosa</i>	务川 Wuchuan	1 072.0	1 150.0	15.5	野生 Wild
65	黄山 F080	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	务川 Wuchuan	1 109.0	1 150.0	15.5	野生 Wild
66	黄山 F082	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	清镇 Qingzhen	1 348.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
67	黄山 F083	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	清镇 Qingzhen	1 362.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
68	黄山 F084	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	清镇 Qingzhen	1 389.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
69	黄山 F085	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	龙里 Longli	1 179.9	1 250.0	13.2	野生 Wild
70	黄山 F086	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	龙里 Longli	1 108.5	1 250.0	13.2	野生 Wild
71	黄山 F087	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	龙里 Longli	1 182.6	1 250.0	13.2	野生 Wild
72	黄山 F089	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	修文 Xiuwen	1 383.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
73	黄山 F090	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	修文 Xiuwen	1 383.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
74	黄山 F091	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	修文 Xiuwen	1 300.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
75	黄山 F092	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	修文 Xiuwen	1 290.0	1 200.0	15.3	野生 Wild
76	黄山 F094	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	松桃 Songtao	648.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
77	黄山 F095	硬齿猕猴桃 <i>A. callosa</i>	松桃 Songtao	697.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
78	黄山 F096	草叶猕猴桃 <i>Actinidia rubricaulis</i> Dunn var. <i>corticea</i> (Fin. & Gagn.) C. F. Liang	松桃 Songtao	568.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
79	黄山 F097	京梨猕猴桃 <i>A. callosa</i> var. <i>henryi</i>	石阡 Shiqian	1 000.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
80	黄山 F099	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	石阡 Shiqian	1 000.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
81	黄山 F100	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	石阡 Shiqian	1 000.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
82	黄山 F102	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	石阡 Shiqian	1 100.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
83	黄山 F103	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	石阡 Shiqian	1 000.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
84	黄山 F104	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	石阡 Shiqian	1 000.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
85	黄山 F106	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	石阡 Shiqian	1 000.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
86	黄山 F110	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	石阡 Shiqian	1 063.0	1 200.0	15.0	野生 Wild

续表 1 Continued table 1

编号 Number	样品 Sample	种名(变种) Species(variety)	采集地 Collection sites	海拔 Altitude/m	年降雨 Annual rainfall/mm	平均气温 Average temperature/°C	资源类型 Resource type
87	黄山 F112 GuishanF112	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	江口 Jiangkou	1 297.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
88	黄山 F113 GuishanF113	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	江口 Jiangkou	1 279.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
89	黄山 F114 GuishanF114	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	江口 Jiangkou	1 066.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
90	黄山 F115 GuishanF115	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	江口 Jiangkou	1 066.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
91	黄山 F117 GuishanF117	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	天柱 Tianzhu	746.3	1 250.0	16.0	野生 Wild
92	黄山 F118 GuishanF118	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	天柱 Tianzhu	731.6	1 250.0	16.0	野生 Wild
93	黄山 F119 GuishanF119	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	天柱 Tianzhu	728.3	1 250.0	16.0	野生 Wild
94	黄山 F121 GuishanF121	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	天柱 Tianzhu	706.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
95	黄山 F122 GuishanF123	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	黎平 Liping	1 048.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
96	黄山 F124 GuishanF124	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	黎平 Liping	1 049.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
97	黄山 F125 GuishanF125	京梨猕猴桃 <i>A. callosa</i> var. <i>henryi</i>	黎平 Liping	1 018.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
98	黄山 F126 GuishanF126	毛花猕猴桃 <i>A. eriantha</i>	黎平 Liping	1 006.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
99	黄山 F127 GuishanF127	京梨猕猴桃 <i>A. callosa</i> var. <i>henryi</i>	黎平 Liping	947.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
100	黄山 F128 GuishanF128	革叶猕猴桃 <i>A. rubricaulis</i> var. <i>coriacea</i>	印江 Yinjiang	800.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
101	黄山 F133 GuishanF133	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	印江 Yinjiang	1 217.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
102	黄山 F134 GuishanF134	葛枣猕猴桃 <i>A. polygama</i>	印江 Yinjiang	1 319.0	1 200.0	15.0	野生 Wild
103	黄山 F135 GuishanF135	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	榕江 Rongjiang	717.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
104	黄山 F139 GuishanF139	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	雷山 Leishan	989.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
105	黄山 F140 GuishanF140	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	雷山 Leishan	989.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
106	黄山 F142 GuishanF142	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	雷山 Leishan	1 120.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
107	黄山 F143 GuishanF143	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	雷山 Leishan	1 749.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
108	黄山 F144 GuishanF144	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	雷山 Leishan	985.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
109	黄山 F145 GuishanF145	京梨猕猴桃 <i>A. callosa</i> var. <i>henryi</i>	雷山 Leishan	989.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
110	黄山 F146 GuishanF146	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	雷山 Leishan	1 090.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
111	黄山 F147 GuishanF147	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	雷山 Leishan	1 271.0	1 250.0	16.0	野生 Wild
112	黄山 F158 GuishanF158	中华猕猴桃 <i>A. chinensis</i>	七星关 Qixingguan	1 511.0	954.0	12.5	野生 Wild
113	黄山 F159 GuishanF159	中华猕猴桃 <i>A. chinensis</i>	七星关 Qixingguan	1 511.0	954.0	12.5	野生 Wild
114	黄山 F165 GuishanF165	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	水城 Shuicheng	1 120.0	1 100.0	12.4	野生 Wild
115	黄山 F166 GuishanF166	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	盘州 Panzhou	1 450.0	1 390.0	15.2	野生 Wild
116	黄山 F167 GuishanF167	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	盘州 Panzhou	1 400.0	1 390.0	15.2	野生 Wild

续表 1 Continued table 1

编号 Number	样品 Sample	种名(变种) Species(variety)	采集地 Collection sites	海拔 Altitude/m	年降雨 Annual rainfall/mm	平均气温 Average temperature/°C	资源类型 Resource type
117	黄山 F168 GuishanF168	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	盘州 Panzhou	1 400.0	1 390.0	15.2	野生 Wild
118	黄山 F169 GuishanF169	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	盘州 Panzhou	1 400.0	1 390.0	15.2	野生 Wild
119	黄山 F170 GuishanF170	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	盘州 Panzhou	1 450.0	1 390.0	15.2	野生 Wild
120	黄山 F171 GuishanF171	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	盘州 Panzhou	1 450.0	1 390.0	15.2	野生 Wild
121	黄山 F172 GuishanF172	中华猕猴桃 <i>A. chinensis</i>	盘州 Panzhou	1 450.0	1 390.0	15.2	野生 Wild
122	华特 Huate	毛花猕猴桃 <i>A. eriantha</i>	水城 Shuicheng	1 120.0	1 100.0	12.4	品种 Variety
123	黄山 F173 GuishanF173	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	钟山 Zhongshan	1 450.0	1 182.8	12.3	野生 Wild
124	黄山 F175 GuishanF175	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	贵定 Guiding	1 096.0	1 250.0	13.2	野生 Wild
125	黄山 F176 GuishanF176	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	贵定 Guiding	1 089.0	1 250.0	13.2	野生 Wild
126	黄山 F177 GuishanF177	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	贵定 Guiding	1 089.0	1 250.0	13.2	野生 Wild
127	黄山 F178 GuishanF178	毛花猕猴桃 <i>A. eriantha</i>	贵定 Guiding	1 097.0	1 250.0	13.2	野生 Wild
128	龙城 2 号 Longcheng2	软枣猕猴桃 <i>A. arguta</i>	水城 Shuicheng	1 120.0	1 100.0	12.4	品种 Variety
129	魁绿 Kuiv	软枣猕猴桃 <i>A. arguta</i>	水城 Shuicheng	1 120.0	1 100.0	12.4	品种 Variety
130	黄山 F179 GuishanF179	葛枣猕猴桃 <i>A. polygama</i>	水城 Shuicheng	1 120.0	1 100.0	12.4	野生 Wild
131	红阳 Hongyang	中华猕猴桃 <i>A. chinensis</i>	水城 Shuicheng	1 120.0	1 100.0	12.4	品种 Variety
132	海沃德 Hayward	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	水城 Shuicheng	1 120.0	1 100.0	12.4	品种 Variety
133	黄山 F180 GuishanF180	毛花猕猴桃 <i>A. eriantha</i>	都匀 Duyun	1 128.0	1 431.1	16.1	野生 Wild
134	黄山 F183 GuishanF183	糙毛猕猴桃 <i>Actinidia fulvicoma</i> Hance var. <i>hirsuta</i> Fin. & Gagn.	都匀 Duyun	1 105.0	1 431.1	16.1	野生 Wild
135	黄山 F188 GuishanF188	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	都匀 Duyun	903.0	1 431.1	16.1	野生 Wild
136	黄山 F197 GuishanF197	蒙自猕猴桃 <i>Actinidia henryi</i> Dunn.	荔波 Libo	825.0	2 109.7	18.3	野生 Wild
137	黄山 F199 GuishanF199	京梨猕猴桃 <i>A. callosa</i> var. <i>henryi</i>	平塘 Pingtang	1 038.0	2 009.9	17.0	野生 Wild
138	黄山 F201 GuishanF201	中华猕猴桃 <i>A. chinensis</i>	三都 Sandu	599.0	1 326.1	18.2	野生 Wild
139	黄山 F202 GuishanF202	中华猕猴桃 <i>A. chinensis</i>	三都 Sandu	804.0	1 326.1	18.2	野生 Wild
140	黄山 F203 GuishanF203	糙毛猕猴桃 <i>A. fulvicoma</i> var. <i>hirsuta</i>	三都 Sandu	880.0	1 326.1	18.2	野生 Wild
141	黄山 F204 GuishanF204	糙毛猕猴桃 <i>A. fulvicoma</i> var. <i>hirsuta</i>	三都 Sandu	891.0	1 326.1	18.2	野生 Wild
142	黄山 F206 GuishanF206	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	绥阳 Suiyang	1 020.0	1 250.0	17.5	野生 Wild
143	黄山 F207 GuishanF207	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	绥阳 Suiyang	1 020.0	1 250.0	17.5	野生 Wild
144	黄山 F208 GuishanF208	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	绥阳 Suiyang	1 032.0	1 250.0	17.5	野生 Wild
145	黄山 F209 GuishanF209	美味猕猴桃 <i>A. chinensis</i> var. <i>deliciosa</i>	绥阳 Suiyang	1 030.0	1 250.0	17.5	野生 Wild
146	黄山 F210 GuishanF210	大籽猕猴桃 <i>Actinidia macrosperma</i> C. F. Liang	修文 Xiuwen	1 120.0	1 100.0	12.4	野生 Wild

1.2.2 贵州野生猕猴桃种质资源质量性状赋值

质量性状包括果实、枝条、叶片、花朵的 48 个描述性表型性状,参照《猕猴桃种质资源描述规范和数据标准》的方法进行描述和赋值,并进行标准化数值转化。

1.2.3 贵州野生猕猴桃种质资源数量性状测定

参照《猕猴桃种质资源描述规范和数据标准》的记录,测定资源的 9 个数量性状,测量 146 份资源叶纵径、横径、叶柄长,记录数据并统计;利用电子天平称量果实单果重,用游标卡尺测量果实纵径、横径,计算果形指数,每个指标重复 6 次;可溶性总糖含量采用蒽酮比色法测定;可滴定酸含量采用酸碱滴定法测定;Vc 含量采用 2,6-二氯酚酚染料滴定法测定^[21]。每个指标重复 3 次。

1.2.4 数据处理

整理猕猴桃种质资源质量性状的转化标准数据和数量性状的测定数据,利用 Excel 统计各性状的标准差、平均值、变异系数、变幅等;利用 SPSS 23.0 进行主成分分析、R 型聚类分析和 Q 型系统聚类分析,得出各主成分因子负荷量、特征向量、贡献率、累计贡献率^[22-24],欧氏遗传距离^[25-27]等。

利用 Shannon-Weinner 方法对 4 个生态区域的表型性状遗传多样性指数进行计算,将每个地区内所有种质的质量性状的类型分布频率进行统计,计算多样性指数平均值表示此区域内的遗传多样性程度^[28-29],计算公式为:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i)$$

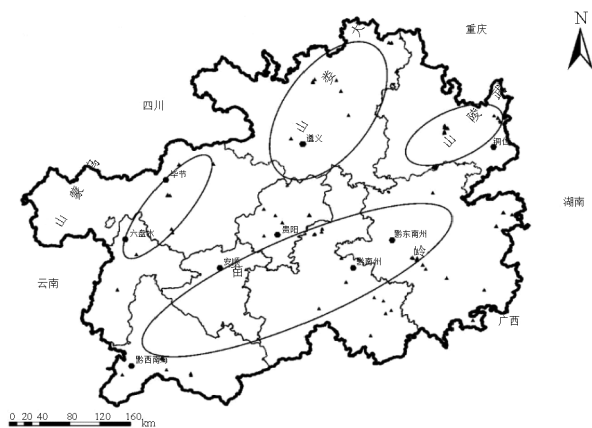


图 1 贵州野生猕猴桃种质资源分布

Fig. 1 Distribution map of wild kiwifruit germplasm resources in Guizhou

式中: S 为表型分类数; P_i 为该性状第 i 类的表现频率^[7]。

2 结果与分析

2.1 贵州野生猕猴桃资源分布及各区域遗传多样性指数

由图 1 可知,本次调查与研究贵州野生猕猴桃资源共计 12 个种(变种)146 份资源,其中引进并嫁接保存在资源圃的国内外资源 6 份,贵州本土收集的野生资源 140 份,分布于贵州 8 个地州市,南部苗岭 8 个种 65 份资源,东部武陵山 5 个种 26 份资源,西部乌蒙山 4 个种 26 份资源,北部大娄山 4 个种 23 份资源,使用当地野生美味猕猴桃繁育的苗木作为砧木,将资源进行嫁接保存。遗传多样性指数是反映物种丰富度的重要指标^[28],其数值的高低可以反映地区间物种的栽培演化趋势^[30-31]。将 146 份资源按照采集地点划分为 4 个区域,以不同地区间样品的差异进行遗传多样性分析。

贵州各区域猕猴桃种质资源的表型遗传多样性有一定差异,146 份贵州猕猴桃种质资源表型遗传多样性指数为 1.28;其中,南部苗岭(1.26)、西部乌蒙山(1.22)位于贵州南部和西北部,在云贵高原的过渡地区,均高于北部大娄山(1.21)和东部武陵山(1.17),以各区域遗传多样性指数可初步判断贵州野生猕猴桃资源间南部苗岭、西部乌蒙山、北部大娄山与东部武陵山在演化进程上从遗传多样性指数高的地区向低的地区进行演化(图 2)。

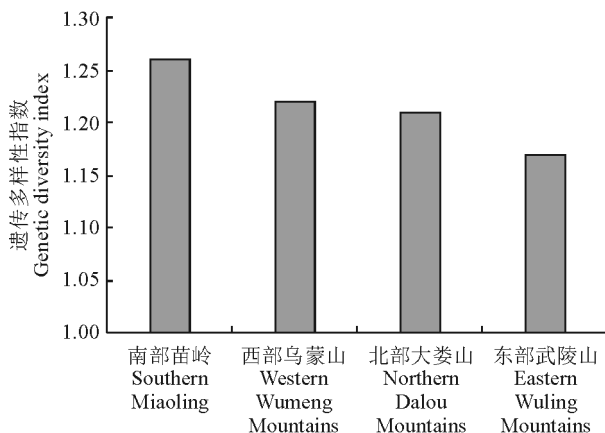


图 2 贵州野生猕猴桃资源区域间遗传多样性指数

Fig. 2 Genetic diversity index of wild kiwifruit resources in Guizhou

2.2 贵州野生猕猴桃资源质量和数量性状

146份猕猴桃资源的48个质量性状存在丰富的多样性(表2),果实形状主要为长圆形,约20.5%;叶

片形状中阔卵形叶片占比例最大,约40.41%;果肉颜色黄绿占比例最大,约45.21%;果心颜色有白色、绿白色、浅黄、橙色、紫红,其中白色占85.62%。

表2 贵州野生猕猴桃质量性状分布频率

Table 2 The variation distribution of descriptive characters of kiwifruit resources in Guizhou

性状 Trait	性状分布频率 Character distribution frequency
树势 Tree vigor(TV)	弱 Weak 4.11%,中 Medium 18.49%,强 Strong 56.16%,极强 Very strong 21.23%
枝条色泽 Sun-side color(SSC)	灰白 Grey-white 1.37%,灰褐 Grey-brown 26.71%,黄褐 Yellowish brown 19.18%,褐色 Brown 38.36%,红褐 Reddish brown 10.96%,紫褐 Purple brown 3.42%
皮孔明显度 Apparent of lenticels(AL)	不明显 None typically 4.11%,明显 Typically 95.89%
皮孔密度 Density of Lenticels(DL)	疏 Sparse 67.81%,中 Medium 21.92%,密 Dense 10.27%
皮孔形状 Shape of Lenticels(SL)	长梭形 Long-shuttle 14.38%,短梭形 Short-shuttle 54.11%,椭圆形 Oval 31.51%
皮孔大小 Size of Lenticels(SOL)	小 Small 56.16%,中 Medium 32.19%,大 Large 11.64%
皮孔颜色 Color of Lenticels(CL)	灰白 Grey-white 79.45%,浅黄 Light yellow 10.96%,褐色 Brown 9.59%
芽座大小 Bud-site size(BSS)	小 Small 15.07%,中 Medium 60.96%,大 Large 23.97%
芽孔大小 Size of bude pore(SBP)	小 Small 36.30%,中 Medium 56.85%,大 Large 6.85%
芽盖 Bud-cover(BC)	无 None 25.34%,有 Present 74.66%
枝条髓部 Pith(PD)	不明显 None typically 1.37%,明显 Typically 98.63%
髓部形状 Pith shape(PS)	片层状 Lay 96.58%,单孔状 Single hole 3.42%
新梢被毛 Hair on annual branch(HAB)	无 None 16.44%,有 Present 83.56%
被毛密度 Hair density(HD)	极稀 Very sparse 15.75%,稀 Sparse 12.33%,中 Medium 31.51%,密 Dense 27.40%,极密 very dense 13.01%
被毛类型 Hair type(HT)	短绒 Short hair 15.75%,长绒 Long hair 6.16%,绒毛 hair 4.11%,糙毛 Rough hair 73.97%
被毛颜色 Hair color(HC)	无被毛 None 15.75%,白色 White 4.11%,灰白 Grey-white 2.05%,灰色 Grey 2.74%,褐色 Brown 67.12%,紫红 Purplish red 8.22%
叶片形状 Leaf shape(LS)	披针形 Lanceolate 11.64%,卵圆形 Ovate 8.90%,心脏形 Cordate 12.33%,阔卵形 Broad ovate 40.41%,倒卵形 Obovate 7.53%,阔倒卵形 Wide obovate 11.64%,近扇形 Near flabellate 7.53%
叶片质地 Leaf texture(LT)	膜质 Membrane 0.68%,纸质 Paper 57.53%,厚纸质 Thick paper 35.62%,半革质 Half-leather 3.42%,革质 Leather 1.37%
叶缘 Leaf margin(LM)	细锯齿 Thin serrate 92.47%,粗锯齿 Thick serrate 6.16%,波浪状 Undulate 1.37%
叶尖形状 Leaf apex shape(LAS)	尾尖 Acudate 7.53%,急尖 Acute 34.93%,渐尖 Acuminate 15.07%,圆形 Round 5.34%,微凹 Little concave 15.07%,微缺 Little breach 2.05%
叶基形状 Leaf base shape(LBS)	圆形 Rounded 12.33%,心脏形 Cordate 26.71%,楔形 Cuneate 37.67%,闭合 Closed 22.60%,重叠 Repeat 0.68%
叶片正面颜色 Color on leaf positive-side(CLPS)	浅绿 Light green 0.68%,绿色 Green 52.74%,深绿色 High green 45.21%,浓绿色 Dark green 1.37%
叶片背面颜色 Color on leaf back-side(CLBS)	乳白 Milky 6.85%,浅绿 Light green 75.34%,绿 Green 5.48%,黄绿 Yellowish green 12.33%
叶背面绒毛 Hair on leaf back-side(HLBS)	无 None 18.49%,稀 Rars 42.47%,中 Medium 27.40%,密 Dense 11.64%
叶柄颜色 Petiole length(PL)	绿色 Green 11.64%,灰白色 Grey white 4.79%,褐色 Brown 17.81%,紫红 Purplish red 65.75%
果实形状 Fruit shape(FS)	短圆 Short round 7.53%,梯形 Ladder-shaped 2.74%,短圆形 Short cylinder 17.12%,长圆形 Long cylinder 20.55%,圆球形 Rounded 8.90%,扁圆形 Oblique 7.53%,卵形 Ovate 0.68%,圆柱 Cylinder 6.16%,倒卵形 Obovate 13.70%,椭圆形 Oval 4.11%,长椭圆形 Oblong 10.96%
果皮颜色 Color of fruit coat(CFC)	浅绿 Light green 0.68%,绿 Green 25.34%,深绿 Dark 36.30%,浅褐 Light brown 14.38%,褐色 Brown 15.75%,深褐 Dark brown 5.48%,浅红 Light red 1.37%,红 Red 0.68%
果点 Fruit dot(FD)	不明显 None typically 15.07%,明显 Typically 84.93%
果点大小 Size of fruit dot(SFD)	无果点 None 3.42%,小 Small 67.12%,中 Medium 17.81%,大 Large 11.64%
果点状况 Form of fruit dot(FFD)	凹 Concave 3.42%,平 Level 87.67%,凸 Convex 8.90%
果肩形状 Shape of fruit-shoulder(SFS)	方 Square 54.79%,圆 Round 28.08%,斜 Oblique 17.12%
果顶形状 Shape of fruit apex(SFA)	凹 Concave 5.48%,平 Level 30.82%,凸 Convex 63.70%
果喙形状 Shape of fruit depression apex(SFDA)	浅钝凸 Shallow-dull convex 26.71%,深钝凸 Deep-dullconvex 21.23%,浅尖凸 Shallow-sharp convex 45.89%,深尖凸 Deep-sharp convex 6.16%
果实被毛 Fruit hair(FH)	无 None 19.18%,有 Present 80.82%

续表 2 Continued table 2

性状 Traits	性状分布频率 Character distribution frequency
果实被毛类型 Type of fruit hair(TFH)	短绒毛 Short hair 21.23%,长绒毛 Long hair 4.79%,硬毛 Hard hair 4.11%,毡毛 Carpet hair 69.86%
果实被毛密度 Hair density of fruit(HDF)	无 None 19.18%,稀 Sparse 18.49%,中 Medium 41.78%,密 Dense 16.44%,极密 Very dense 4.11%
果实被毛色泽 Hair color of the fruit(HCF)	乳白 Milky 19.18%,浅黄 Light yellow 7.53%,黄褐 Yellowed brown 4.11%,褐色 Brown 60.96%
果肉颜色 Flesh color(FC)	浅绿 Light green 2.74%,绿 Green 8.90%,翠绿 Emerald green 19.18%,深绿 Dark green 17.81%,黄绿 Yellowed-green 45.21%,浅黄 Light yellow 1.37%,黄 Yellow 2.05%,橙色 Orange 0.68%,浅红 Light red 1.37%,紫红 Purplish red 0.68%
果心大小 Size of fruit cavity(SFC)	小 Small 36.99%,中 Medium 49.32%,大 Large 13.70%
果心颜色 Color of fruit cavity(CFC)	白色 White 85.62%,绿白色 Green white 8.22%,浅黄 Light yellow 5.48%,橙色 Orange 0.68%
果心横截面 Transverse section shape of fruit cavity(TSSFC)	圆形 Round 29.45%,椭圆形 Oval 63.01%,长椭圆形 Oblong 7.53%
种子形状 Seed shape(SS)	长椭圆 Oblong 2.05%,椭圆 Oval 97.95%
种子颜色 Seed color(SC)	紫红 Purplish red 2.74%,黄色 Yellow 3.42%,浅褐 Light brown 19.18%,咖啡色 Coffee color 73.97%,黑色 Black 0.68%
花序类型 Inflorescence type(IT)	单花 Simple flower 13.01%,聚伞花序 Umbellate cyme 82.19%,多歧聚伞花序 Multi-umbel 4.79%
花冠类型 Blossom type(BT)	单瓣花 Monopetalous 94.52%,重瓣花 Double 5.48%
花瓣内侧主色 Main-color inside petal(MCIP)	白 White 93.15%,绿白 Green white 1.37%,粉红 Pink 4.11%,红色 Red 1.37%
花药颜色 Pollen color(POC)	黄色 Yellow 98.63%,黑紫 Dark-purplish 1.37%
花丝颜色 Filament color(FIC)	白 White 94.52%,粉红 Pink 5.48%

表 3 贵州野生猕猴桃资源的数量性状

Table 3 Differences in quantitative characters of kiwifruit resources in Guizhou

性状 Trait	均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异度 Variation coefficient/%	最大值 Maximum	最小值 Minimum	变幅 Variation amplitude
叶纵径 Leaf length(LL)/cm	11.86	1.78	14.98	18.15	5.70	12.45
叶横径 Leaf width(LW)/cm	10.60	2.26	21.35	15.97	3.43	12.54
叶柄长 Petiole length(PL)/cm	6.24	2.06	32.97	12.18	0.60	11.58
单果重 Fruit weight(FW)/g	33.77	23.71	70.21	135.00	0.75	134.25
果形指数 Shape index(SI)	1.31	0.34	25.66	3.15	0.82	2.33
可溶性总糖含量 Content of total soluble sugar(CTSS)/%	6.77	3.17	46.87	15.80	1.30	0.15
可滴定酸含量 Content of titratable acid(CTA)/%	0.98	0.40	41.06	2.30	0.13	2.17
糖酸比 Sugar/acid(SA)	7.80	4.49	57.60	26.57	1.18	25.39
Vc/[mg/(100 g)]	67.11	49.88	74.33	277.00	3.87	273.13

以 9 个数量性状对 146 份猕猴桃资源的数据统计结果(表 3),9 项指标变异系数为 14.98%~74.33%,呈现出丰富多样性。猕猴桃资源 Vc 变异范围为 3.87~277.00 mg/(100 g),均值为 67.11 mg/(100 g),变异度为 74.33%;糖酸比的变异范围为 1.18~26.57,均值为 7.80,变异度 57.60%;单果重变异范围为 0.75~135.00 g,均值为 33.77 g,变异度为 70.21%,单果重最小的为革叶猕猴桃,仅为 0.75 g;果形指数的变异范围为 0.82~3.15,均值为 1.31,变异度为 25.66%;可溶性总糖的变异范围为 1.30%~15.8%,均值为 6.77%,变异度为 46.87%。

2.3 贵州野生猕猴桃资源主成分分析

由表 4 看出,主成分以累计贡献率大于 75%的

依据来选择,前 14 个主成分累计贡献率达 75.076%,基本可以反映原始因子所代表的大部分信息。

表 4 中下划线表示特征向量绝对值最大的 3 个值,以反映其对应性状的贡献率,第一主成分特征值为 19.629,与新梢被毛、果实被毛、果实被毛类型呈正相关;第二主成分与单果重呈正相关,与果实形状和花冠类型呈负相关;第三主成分与髓部形状呈正相关,果点大小、果点状况呈负相关;第四主成分与果心大小和枝条髓部呈正相关,与糖酸比呈负相关;第五主成分与树势、叶横径呈正相关,与花序类型呈负相关;第六主成分与枝条色泽、可溶性总糖含量呈正相关,与花药颜色呈负相关。

表 4 贵州野生猕猴桃各表型性状因子负荷量
Table 4 Factor load of each phenotypic character of kiwifruit in Guizhou

指标 Index	载荷系数 Load coefficient													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
树势 Tree vigor(TV)	0.480	-0.095	0.110	-0.142	0.483	-0.311	-0.130	0.195	0.180	0.114	-0.094	0.046	0.018	0.019
枝条色泽 Sun-side color(SSC)	0.283	0.387	0.153	-0.195	-0.116	0.603	-0.285	0.058	-0.060	0.129	0.140	-0.039	-0.105	-0.028
皮孔明显度 Apparent of lenticels(AL)	-0.075	-0.160	-0.006	-0.305	0.026	-0.028	0.076	0.119	0.057	-0.048	-0.089	-0.099	0.129	-0.070
皮孔密度 Density of Lenticels(DL)	-0.707	0.291	0.073	0.202	0.290	-0.086	-0.093	0.026	0.087	-0.105	-0.068	0.033	-0.083	0.100
皮孔形状 Shape of Lenticels(SL)	0.208	0.009	0.327	0.421	0.191	-0.263	0.289	-0.193	-0.087	0.038	0.155	0.013	0.003	-0.252
皮孔大小 Size of Lenticels(SOL)	0.030	-0.052	0.044	-0.314	0.086	0.157	0.272	-0.294	-0.165	-0.347	0.282	0.307	0.109	-0.071
皮孔颜色 Color of Lenticels(CL)	0.171	0.134	-0.077	-0.004	-0.271	-0.095	0.555	-0.290	0.139	-0.341	-0.112	0.175	0.280	-0.146
芽座大小 Bud-site size(BSS)	0.498	-0.029	0.154	0.049	0.232	-0.359	-0.261	0.020	-0.007	-0.001	0.143	0.002	0.111	-0.113
芽孔大小 Size of bude pore(SBP)	0.287	-0.157	-0.097	-0.048	0.188	-0.220	-0.372	0.043	0.195	-0.096	0.467	-0.227	0.053	-0.075
芽盖 Bud-cover(BC)	-0.130	0.343	-0.109	-0.195	0.140	-0.047	-0.234	0.266	-0.080	0.170	0.060	0.410	-0.005	0.313
枝条髓部 Pith(PD)	0.174	0.245	-0.035	0.493	-0.381	-0.299	-0.194	0.030	-0.190	0.007	-0.119	-0.069	0.073	-0.181
髓部形状 Pith shape(PS)	-0.471	-0.126	0.596	-0.223	0.152	0.352	0.059	-0.121	0.178	-0.038	-0.079	-0.138	0.048	0.085
新梢被毛 Hair on annual branch(HAB)	0.873	-0.177	-0.109	0.022	-0.135	0.043	0.119	0.058	0.012	-0.085	-0.143	-0.059	-0.130	0.049
被毛密度 Hair density(HD)	0.684	-0.424	-0.000	0.247	-0.090	0.091	0.074	0.076	-0.024	0.143	0.024	0.036	-0.224	0.163
被毛类型 Hair type(HT)	0.862	0.144	0.044	0.023	-0.034	-0.015	0.246	-0.044	0.068	0.116	0.053	-0.021	-0.113	0.082
被毛颜色 Hair color(HC)	0.821	0.162	-0.064	-0.071	-0.135	0.140	0.124	0.080	-0.086	-0.105	-0.050	-0.062	-0.231	0.077
叶片形状 Leaf shape(LS)	0.743	0.104	0.192	-0.130	0.040	-0.146	-0.070	0.040	0.227	-0.187	0.037	-0.052	-0.025	0.093
叶片质地 Leaf texture(LT)	0.112	-0.109	-0.026	-0.325	0.209	0.069	0.190	-0.278	0.183	0.124	0.237	-0.459	-0.203	-0.164
叶缘 Leaf margin(LM)	-0.266	0.125	0.236	0.075	0.206	0.150	0.172	0.042	0.293	0.245	0.032	0.263	-0.363	-0.343
叶尖形状 Leaf apex shape(LAS)	0.486	0.155	0.171	-0.207	-0.002	-0.020	-0.007	-0.101	0.061	-0.463	-0.141	-0.172	-0.007	0.080
叶基形状 Leaf base shape(LBS)	0.077	0.292	-0.111	0.048	0.207	0.012	0.565	0.040	-0.189	0.208	0.052	-0.065	-0.147	0.133
叶片正面颜色 Color on leaf positive-side(CLPS)	0.300	-0.042	0.036	-0.316	0.239	0.037	-0.064	-0.286	0.085	-0.002	0.392	-0.028	0.282	0.104
叶片背面颜色 Color on leaf back-side(CLBS)	0.232	0.355	0.096	-0.204	0.140	0.076	-0.030	0.155	-0.098	0.266	-0.094	0.113	0.144	-0.185
叶背面绒毛 Hair on leaf back-side(HLBS)	0.482	-0.526	-0.140	0.229	-0.233	0.173	0.064	0.008	-0.116	0.056	0.181	0.140	0.026	0.098
叶柄颜色 Petiole length(PL)	0.421	0.428	-0.200	0.291	0.090	-0.132	0.123	-0.103	0.146	0.096	0.277	0.184	0.061	0.108
果实形状 Fruit shape(FS)	-0.269	-0.852	0.132	0.350	0.140	-0.316	0.001	-0.003	-0.051	-0.097	0.019	-0.327	-0.113	0.339
果皮颜色 Color of fruit coat(CFC)	0.145	0.261	0.547	0.206	0.090	0.270	-0.003	-0.043	-0.006	0.054	-0.173	0.027	-0.090	0.202
果点 Fruit dot(FD)	0.111	0.525	-0.289	-0.196	-0.041	0.089	-0.025	-0.067	0.250	0.081	-0.280	-0.045	0.085	-0.188
果点大小 Size of fruit dot(SFD)	-0.235	0.246	-0.733	0.110	0.032	0.212	-0.074	-0.103	0.034	-0.028	0.058	-0.218	-0.029	0.149

续表4 Continued table 4

指标 Index	载荷系数 Load coefficients													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
果点状况 Form of fruit dot(FFD)	0.416	0.076	-0.643	0.105	0.133	0.276	0.079	0.016	0.150	-0.061	0.096	0.061	0.028	0.155
果肩形状 Shape of fruit-shoulder(SFS)	-0.461	-0.205	-0.350	0.344	0.297	-0.114	0.159	-0.118	0.040	-0.199	0.001	0.017	-0.170	-0.183
果顶形状 Shape of fruit apex(SFA)	0.151	-0.136	0.239	0.168	-0.411	-0.128	0.138	-0.483	0.065	0.192	0.019	-0.099	0.030	0.184
果喙形状 Shape of fruit depression apex(SFDA)	0.254	-0.153	0.376	0.105	-0.140	-0.071	-0.354	-0.354	0.031	0.297	-0.127	-0.188	-0.087	-0.128
果实被毛 Fruit hair(FH)	0.883	-0.197	0.001	0.019	0.092	-0.095	-0.001	0.104	0.061	-0.151	-0.230	-0.010	-0.073	0.024
果实被毛类型 Type of fruit hair(TFH)	0.868	0.106	0.135	-0.013	0.161	-0.097	0.037	0.005	0.065	-0.001	-0.089	0.019	-0.103	0.127
果实被毛密度 Hair density of fruit(HDF)	0.677	-0.525	0.036	0.185	0.118	-0.082	0.035	0.063	0.092	-0.064	-0.131	0.118	0.072	-0.026
果实被毛色泽 Hair color of the fruit(HCF)	0.851	0.110	0.075	-0.060	0.144	-0.020	0.037	0.065	0.008	-0.152	-0.285	0.008	-0.041	0.053
果肉颜色 Flesh color(FC)	0.043	0.183	0.356	0.142	-0.031	0.142	0.002	-0.032	0.412	0.022	0.114	-0.029	0.289	0.268
果心大小 Size of fruit cavity(SFC)	-0.377	0.006	-0.016	0.491	0.062	0.020	0.179	0.160	-0.185	-0.123	0.209	-0.051	0.035	0.043
果心颜色 Color of fruit cavity(CFC)	-0.227	-0.050	0.485	0.344	-0.054	0.330	0.015	0.080	0.148	0.131	0.101	0.300	-0.048	-0.027
果心横截面 Transverse section shape of fruit cavity(TSSFC)	0.055	0.002	0.198	0.336	0.179	-0.065	-0.057	0.294	0.501	-0.136	0.052	0.139	0.166	-0.056
种子形状 Seed shape(SS)	0.191	0.055	-0.566	-0.205	0.009	-0.194	0.073	0.135	0.262	0.117	0.017	0.254	-0.154	0.013
种子颜色 Seed color(SC)	0.445	0.222	0.141	0.063	-0.362	-0.257	-0.025	-0.121	-0.002	0.298	0.053	0.163	0.265	0.119
花序类型 Inflorescence type(IT)	0.612	-0.067	-0.247	-0.105	-0.516	0.256	-0.125	-0.034	-0.038	0.151	0.166	0.026	0.053	-0.070
花冠类型 Blossom type(BT)	-0.416	-0.842	0.193	0.101	0.152	-0.206	0.240	-0.038	-0.149	0.110	-0.007	0.046	0.002	0.220
花瓣内侧面 Main-color inside petal(MCIP)	-0.295	-0.241	-0.097	-0.136	0.081	0.083	0.059	0.013	0.185	0.087	-0.169	0.032	0.115	0.094
花药颜色 Pollen color(POC)	-0.286	-0.095	0.247	-0.353	-0.149	-0.556	0.135	0.122	-0.397	0.088	0.018	0.125	-0.069	0.118
花丝颜色 Filament color(FIC)	-0.258	0.255	-0.125	-0.064	0.067	0.111	0.033	0.018	0.211	0.078	-0.176	0.028	0.120	0.072
叶纵径 Leaf length(LL)	0.301	-0.267	-0.232	0.146	0.332	0.291	-0.166	0.038	-0.367	0.197	-0.127	-0.097	0.245	-0.067
叶横径 Leaf width(LW)	0.603	-0.022	-0.012	-0.035	0.471	0.140	-0.019	-0.023	-0.341	0.030	-0.134	-0.035	0.186	-0.081
叶柄长 Petiole length(PL)	0.403	0.157	-0.003	0.092	0.383	0.052	0.305	-0.107	-0.134	0.349	-0.048	-0.068	0.331	-0.124
果形指数 Shape index(SI)	-0.377	0.038	-0.253	0.349	0.165	-0.068	-0.028	0.055	-0.069	0.095	-0.150	-0.140	0.242	0.168
可溶性总糖含量 Content of total soluble sugar(CTSS)	-0.054	0.032	0.313	0.120	-0.082	0.411	0.073	0.315	-0.208	-0.399	0.075	-0.030	0.153	0.073
Vc	0.102	-0.165	0.053	-0.237	-0.328	-0.240	-0.144	0.361	-0.032	-0.194	0.136	-0.022	0.096	-0.213
可滴定酸含量 Content of titratable acid(CTA)	0.175	-0.057	0.245	0.008	-0.148	0.120	0.387	0.627	-0.011	0.055	0.059	-0.276	0.104	-0.160
糖酸比 Sugar/acid(SA)	0.132	0.101	0.050	-0.651	0.195	0.112	-0.349	-0.513	-0.222	-0.309	-0.187	0.313	-0.068	-0.060
单果重 Fruit weight(FW)	0.485	0.721	0.191	0.034	0.330	0.060	-0.113	0.049	-0.302	-0.104	0.358	0.068	-0.171	-0.014
特征值 Eigen value	11.189	4.654	3.721	3.099	2.716	2.500	2.146	2.063	1.863	1.749	1.495	1.436	1.254	1.198
百分率 Contribution rate/%	19.629	9.166	7.528	6.437	4.765	4.386	3.765	3.619	3.269	3.069	2.622	2.519	2.201	2.101
累计百分率 Cumulative percentage/%	19.629	28.795	36.322	42.760	47.524	51.911	55.676	59.295	62.564	65.633	68.256	70.774	72.975	75.076

51.911%的累计贡献率来自前6个主成分,所以评价贵州猕猴桃种质资源的重要指标可认为是新梢被毛、果实被毛、果实被毛类型、单果重、果实形状、花冠类型、髓部形状、果点大小、果点状况、果心大小、枝条髓部、糖酸比、树势、叶横径、花序类型、枝条色泽、可溶性总糖含量、花药颜色。这样可以简化描述指标,提高贵州野生猕猴桃种质资源评价和选育鉴定工作的效率。

PC1(第一主成分)和PC2(第二主成分)的贡献率分别是19.629%和9.166%,以PC1和PC2分别为纵横坐标,绘制不同性状主成分值散点图(图3)。图3揭示了不同性状之间在PC1和PC2坐标轴上的关系,使主成分分析结果更加直观的通过位置分布看出性状之间是否相关。

新梢被毛(HAB)、果实被毛(FH)、果实被毛类型(TFH)、果实被毛色泽(HCF)等性状在PC1主成分值上基本一致,与PC1呈正相关,比重较高;花冠类型(BT)和果实形状(FS)在PC2主成分值上比较接近,且与PC2呈负相关,单果重(FW)在PC2主成分上值较大,在主成分分析中,性状间位置相近的性状说明存在相关性。

2.4 贵州野生猕猴桃各性状 R 型聚类分析

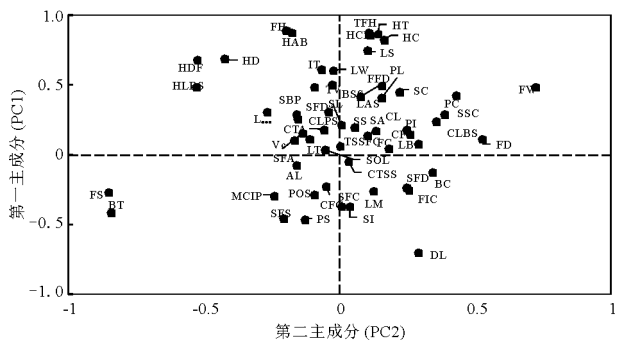
如图4所示,贵州野生猕猴桃在欧氏距离 $D = 19.0$ 处可将贵州猕猴桃的57个性状分为3类。第I类包括花瓣内侧主色、花丝颜色等性状,主要描述花朵和果实内在的相关性状;第II类包括被毛密度和果实被毛密度等指标,主要描述枝条、果实、叶片的被毛情况;第III类有果点大小、果点状况等指标,主要描述皮孔、果点、叶片的相关性状。

欧氏距离最近的性状是花瓣内侧主色和花丝颜色,果实被毛和果实被毛色泽,新梢被毛和被毛颜色,被毛类型(新梢)和果实被毛类型,说明这几个性状存在相似性,在聚类分析中差异不明显,在应用时保留其中一个性状可起到简化作用,不影响聚类效果。

2.5 贵州野生猕猴桃资源表型性状 Q 型聚类分析

Q型聚类分析的功能是建立一种分类方法,综合利用多个变量的信息对样本按照它们在性质上的亲疏程度进行分类,使得分类结果直观、清楚地表现其分类结果并且比传统分类方法更细致、全面、合理。

通过聚类分析,同一类群内的样品资源在形态特征上较为相似,可反映出相近的遗传背景^[30,32]。采用组间联结、平方欧氏距离的方法对146份猕猴桃种质资源的57个表型性状指标进行分析,图中数字按照资源采集序号进行标注。



图中大写英文字母组合为57个性状英文缩写。

图3 第一主成分和第二主成分值散点图

The capitalized English letters combination in the figure are the abbreviation for 57 characters.

Fig. 3 Principal component values of PC 1 and PC 2

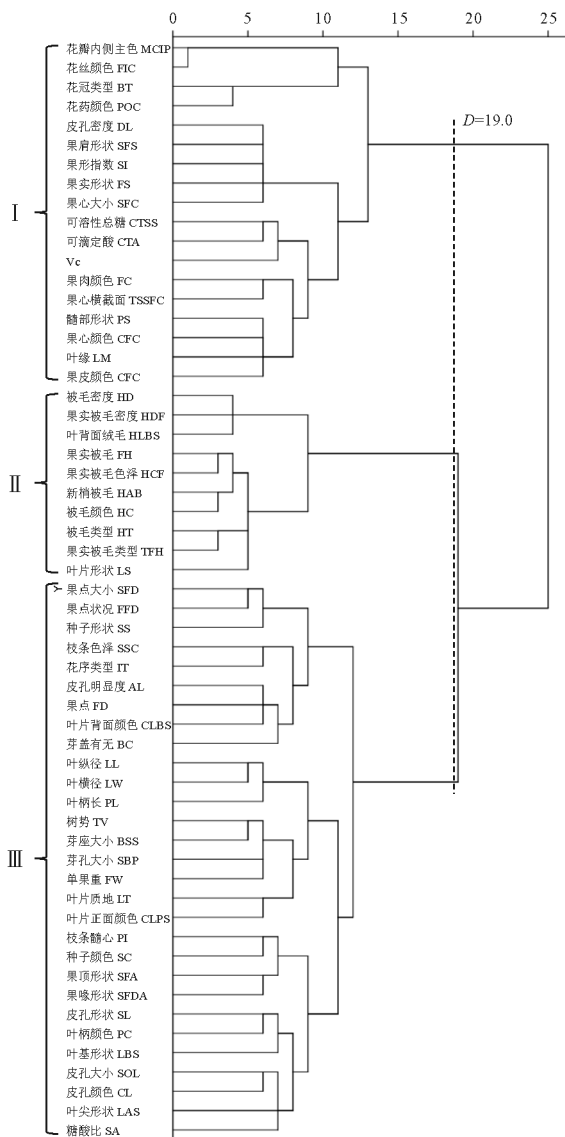


图4 贵州野生猕猴桃57个性状 R型聚类分析

Fig. 4 R-type cluster analysis of 57 traits of wild kiwifruit in Guizhou province

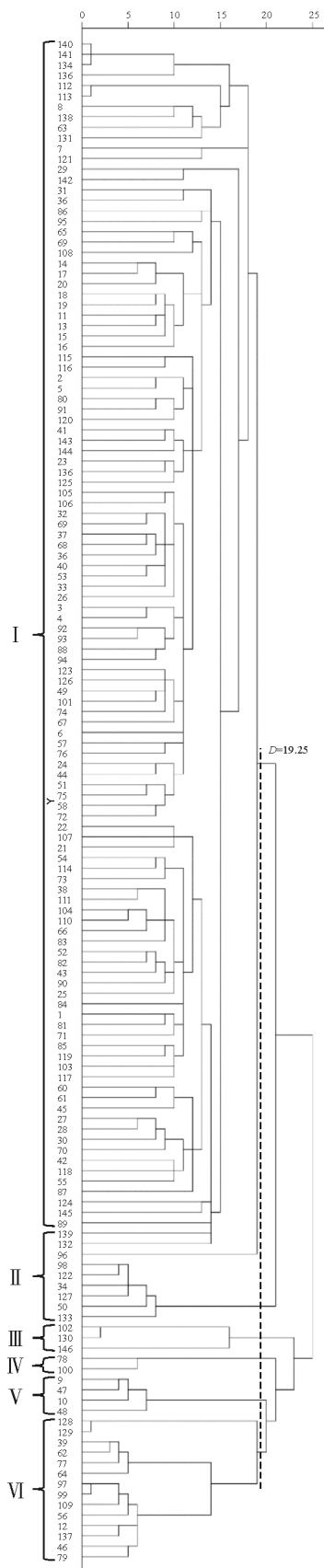


图 5 贵州野生猕猴桃资源 Q 型因子聚类分析
Fig. 5 The Q-style factors cluster analysis of wild kiwifruit resources in Guizhou province

在聚类分析中(图 5),146 份资源在欧氏距离 $D = 19.25$ 处,将 146 份资源分为 6 个类群。第 I 类群有“贵山 F203”、“贵山 F204”等 117 份资源,特点是新梢被毛,果实被毛,皮孔长梭形、灰白,果皮颜色为褐色,包括蒙自猕猴桃、糙毛猕猴桃、中华猕猴桃和美味猕猴桃;第 II 类群包括“贵山 F126”、“华特”等 6 份资源,为毛花猕猴桃,其特点是新梢和果实均密被白色绒毛;第 III 类群包括“贵山 F134”“贵山 F179”“贵山 F210”3 份资源,包括葛枣猕猴桃和大籽猕猴桃,其特点是果实光净无毛,无果点,枝条髓心单孔状,花序类型为单花,新梢无毛,果肉颜色在成熟时呈橙黄色等;第 IV 类群只有“贵山 F096”“贵山 F128”2 份资源,为革叶猕猴桃,花瓣内侧主色为粉红色;第 V 类群包括“贵山 F008”和“贵山 F053”等 4 份资源,包括阔叶猕猴桃,其特点是花序为多歧聚伞花序,果实无毛或脱落,果点较大,果顶形状为浅尖凸;第 VI 类群包括“龙城 2 号”“魁绿”等 14 份资源,包括软枣猕猴桃、硬齿猕猴桃和京梨猕猴桃,特点是枝条皮孔明显、叶片呈披针形,叶尖急尖,果实无毛。

3 讨论

3.1 贵州野生猕猴桃种质资源分布现状

贵州地处中国西南,喀斯特地貌突出,区域生物多样性丰富、生态系统复杂。贵州野生猕猴桃分布最广、最多的地区是南部苗岭地区,表型遗传多样性指数 1.26,包含 8 个种,65 份资源,其中分布有种群数量较小的蒙自猕猴桃;该地区资源性状类型呈现多样性,如果实形状有短圆、梯形等 10 个类型,叶片形状包括披针形、卵圆形、心脏形等 7 个类型,果实被毛类型有 6 个,种群多样和性状类型多样同时说明该地区的猕猴桃多样性最丰富。在地理区划上可以看出,苗岭在云贵高原的中间地带,海拔落差(地形起伏)较大,植物类群多样性较高,有多个自然保护区,比如雷公山国家级自然保护区、茂兰国家级自然保护区等,植被茂密,适宜猕猴桃的生长繁衍,很多猕猴桃资源的分布呈现出点状分布的特征,比较适合探讨其生物地理起源与扩散途径。其次是西部乌蒙山,遗传多样性指数为 1.22,有 4 个种 26 份资源,地处贵州西北部高寒冷凉地区,果实形状有 10 个类型,叶片形状 7 个类型,类型多样可能是该地区多样性指数较为丰富的原因;北部大娄山遗传多样性指数为 1.21,包含 4 个种,23 份资源,种群和资源数量较少,从而导致该地区的多样性稍低;东部武陵

山遗传多样性指数为 1.17,野生猕猴桃的性状类型较少,多样性最低。

现有研究显示,贵州有 27 个种^[5],本文对收集到的 12 个种(变种)进行了区域分布探讨。其中分布最多的是美味猕猴桃和中华猕猴桃,在全省各地均有分布,野生果实产量可观,具有一定经济价值,优异的资源较多,有大果型、硬毛红肉型、高 Vc 型等;硬齿猕猴桃和京梨猕猴桃分布也较广,尤其是以武陵山脉梵净山区域为主,田间沟坎随处可见;毛花猕猴桃在多个地区均有分布,苗岭山脉最多,单果重较小,成熟期在 10 月底至 11 月份,口感较酸,Vc 含量均较高;葛枣猕猴桃在全省多地均有分布,因其成熟时果实橙色,在野外也极容易辨别;革叶猕猴桃仅在武陵山脉发现,其花呈粉红色,可作为观赏性资源进行发掘利用;阔叶猕猴桃花序为总状花序,果实呈串状,在贵州黔东南州分布较多;糙毛猕猴桃在苗岭地区分布较多,当地俗称“马奶子”,果实较小且涩,口感较差;大籽猕猴桃在贵州多处均有发现,多数分布在苗岭山脉,被当地农户作为抗涝性砧木;在荔波发现蒙自猕猴桃,果实小,果点明显、大、零星有黄褐色糙毛。

贵州猕猴桃资源种类丰富,有巨大的遗传价值。但近年的调查数据显示,整个猕猴桃属植物野生种群的现状不容乐观,一方面是部分野生猕猴桃种质资源的经济性状不明显,得不到当地群众的重视,缺乏有效保护,从而造成了资源流失;另一方面是野生猕猴桃分布不均、雌雄比例失调、人类活动的扩张、自然环境日益恶劣及野外采集的破坏性都会对野生猕猴桃资源带来不利影响。在后续资源收集过程中,应加强资源保护的宣传力度,健全种质资源的保存规范,在猕猴桃集中分布的核心区建立自然保护区,设立隔离栅栏和警告标志,禁止无关人员进入,还要加强贵州野生猕猴桃外植体活体保存的相关技术研发,建立猕猴桃种质资源圃等方式进行保护。

3.2 贵州野生猕猴桃优异资源、优良性状分布情况

植物稳定的优良性状是植物基因型和环境共同作用的结果^[33],稳定且优良的性状可作为实生选种或杂交亲本的重要材料,贵州存在大量的优异资源和优良性状,为猕猴桃资源鉴定工作提供重要的种质基础。在此次调查中,不仅探讨了贵州猕猴桃的遗传多样性水平和各种(变种)的分布,还发现资源的优良性状分布具有区域性,比如,贵州野生猕猴桃中的大果资源,贵山 F115,最大单果重达到 137 g,平均单果重 77.16 g,贵山 F005 的平均单果重

114.17 g,此类“大果型”资源多存在于东部武陵山,少数在南部苗岭,推测该地区资源中控制猕猴桃果实单果重的功能基因表达突出,可在后续育种中深入挖掘利用;在贵州西部乌蒙山发现野生美味猕猴桃果肉为红色或紫红色性状的资源,颜色较“红阳”猕猴桃更加鲜艳,可作为“红肉猕猴桃”的预备育种资源进行利用;野生猕猴桃中 Vc 含量高的资源多在南部苗岭分布,其中贵山 F121、贵山 F144 和贵山 F179 的 Vc 含量分别达到 203.85,187.27,200.69 mg/(100 g),此外,该地区的毛花猕猴桃数量较多,其中是否存在自然杂交或遗传渐渗有待进一步探讨;猕猴桃抗逆性状在猕猴桃生产中也极为重要,比如部分野生资源具有耐涝性,较强的树势等,耐涝性相对较强的资源有大籽猕猴桃和葛枣猕猴桃,在南部苗岭和西部乌蒙山均有发现;树体生长势极强的资源在全省都有分布,都为美味猕猴桃,这些资源的实生苗可作为抗逆型砧木进行培育,也可作为杂交育种亲本。

3.3 贵州野生猕猴桃种质资源表型遗传多样性

表型性状变异是生物遗传多样性在形态水平上的表现^[34],表型聚类分析中,贵州猕猴桃种质资源的欧氏距离为 1.00~25.00 之间,表明贵州猕猴桃资源具有丰富的多样性。初步聚类结果显示被分为 6 个类群,可以得到每个类群在育种中的利用价值。第 I 类群主要包含生长势强、大果型资源,可作为育种的主要材料,包括糙毛猕猴桃、蒙自猕猴桃与美味猕猴桃和中华猕猴桃,中华猕猴桃与美味猕猴桃能够聚类到一起,说明 2 个种(变种)的遗传距离较近,与刘磊和黄宏文的研究一致,均表示这 2 个种在贵州分布最多、最广,且种间具有同域分布及天然杂交现象^[5,17,35],糙毛猕猴桃和蒙自猕猴桃遗传距离较近,且与中华猕猴桃近缘,在表型聚类中,新梢均为被毛,密度稀疏,髓部均为片层状等共同特点,其真实的遗传关系在后续分子标记分析中再次进行研究讨论;第 II 类群中只有毛花猕猴桃,特点是果实和新梢均被白色绒毛,其中,Li 等的研究显示,中华猕猴桃与毛花猕猴桃遗传距离较近,存在近缘关系^[36],本文中,毛花猕猴桃与中华猕猴桃、美味猕猴桃的距离一致,均存在近缘关系,与 Li 等的研究稍有不同;第 III 类群中葛枣猕猴桃与大籽猕猴桃聚到一类,这 2 个种的特点是髓实心,白色,果面光滑无毛,无果点,成熟时果肉橙色;第 VI 类群包括硬齿猕猴桃、京梨猕猴桃和软枣猕猴桃,硬齿猕猴桃与京梨猕猴桃亲缘关系较近,此研究与黄宏文、姜存良的研

究相符^[5,10],在这些资源中,软枣猕猴桃果实不需后熟直接食用,且果实光洁无毛,可作为特色资源进行小面积种植。聚类分析区分了各类群间资源的亲缘关系,明确种间性状特征。

3.4 聚类分析在种质资源应用分类中的意义

本文调查了 146 份资源的 57 个性状指标,数据量、工作量较大,在数据处理中,使用 R 型聚类和主成分分析进行指标的简化。R 型聚类分析是对研究对象的表型指标进行聚类,讨论各性状间的关系,从而得出差异,分类后可评价性状间的关联性,验证主成分分析结果,简化种质资源的筛选、评价指标^[26]。主成分分析主要通过原变量间具有较强相关性的特点,对原变量进行降维,采用综合因子或少量的因素来描述多种指标或因素之间的关系,使这些综合因子尽可能保留原变量的信息量,而且彼此之间互不相关,从而达到简化的目的^[24,27-28,37]。从 R 型聚类树状图可以看出,在欧氏距离 19.0 处,将 57 个猕猴桃资源性状分为 3 类,每一类群下各性状关联性较强,逻辑相关的指标有花瓣内侧主色和花丝颜色,果

实被毛和果实被毛色泽,新梢被毛和被毛颜色,被毛类型和果实被毛类型,这几个性状之间可进行简化,对数据分析能起到精简的作用,这与主成分分析的结果是相吻合的,也说明了用这 2 种方法对表型指标进行简化、筛选是可行的,有效的。

猕猴桃的表型性状是基因遗传与环境协同作用的综合体现,此研究中,贵州省野生猕猴桃资源分布区域的生态条件存在差异,对聚类结果也可能产生影响。今后结合分子标记研究猕猴桃的遗传多样性并与此文结论相互印证将会更加准确地评价贵州遗传多样性水平,也将是后续工作的重点。

4 结 论

本文有效揭示了贵州省野生猕猴桃种质资源丰富的多样性和亲缘关系,明确猕猴桃各种群间性状区分特征和部分优良资源性状的地理分布,对贵州猕猴桃种质资源的种质鉴定、保护利用和品种选育有重要意义。

参考文献:

- [1] 方金豹, 钟彩虹. 新中国果树科学研究 70 年: 猕猴桃[J]. 果树学报, 2019, **36**(10): 1 352-1 359.
FANG J B, ZHONG C H. Fruit scientific research in New China in the past 70 years: Kiwifruit[J]. *Journal of Fruit Science*, 2019, **36**(10): 1 352-1 359.
- [2] 郁俊谊, 刘占德, 姚春潮, 等. 猕猴桃新品种‘脐红’[J]. 园艺学报, 2015, **42**(7): 1 409-1 410.
YU J Y, LIU Z D, YAO C C, et al. A new kiwifruit cultivar ‘qihong’ [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2015, **42**(7): 1 409-1 410.
- [3] 钟彩虹, 韩 飞, 李大卫, 等. 红心猕猴桃新品种‘东红’的选育[J]. 果树学报, 2016, **33**(12): 1 596-1 599.
ZHONG C H, HAN F, LI D W, et al. Breeding of red-fleshed kiwifruit cultivar ‘Donghong’ [J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, **33**(12): 1 596-1 599.
- [4] 刘 丹, 王嘉宇, 冯章丽, 等. 东北三省 2021 年水稻审定品种的核心亲本遗传多样性与籼粳分化[J]. 西北植物学报, 2022, **42**(6): 952-961.
LIU D, WANG J Y, FENG Z L, et al. Genetic diversity and Xian-Geng differentiation of core parents from 2021 approved rice varieties in northeast China[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2022, **42**(6): 952-961.
- [5] 黄宏文. 猕猴桃属 分类资源 驯化 栽培[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [6] 余天蓝, 程 功, 曼苏尔·那斯尔, 等. 新疆 6 个天然居群野生沙棘果实性状多样性研究[J]. 果树学报, 2018, **35**(5): 548-556.
YU T L, CHENG G, MANSUR Nasir, et al. Study on fruit diversity of wild seabuckthorn in Xinjiang [J]. *Journal of Fruit Science*, 2018, **35**(5): 548-556.
- [7] 王振江, 罗国庆, 戴凡炜, 等. 基于 8 个农艺性状的 569 份果桑种质遗传多样性分析[J]. 园艺学报, 2021, **48**(12): 2 375-2 384.
WANG Z J, LUO G Q, DAI F W, et al. Genetic diversity of 569 fruit mulberry germplasm resources based on eight agronomic traits[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2021, **48**(12): 2 375-2 384.
- [8] BACILIERI R, DUCOUSSO A, KREMER A. Genetic, morphological, ecological and phenological differentiation between *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L. in a mixed stand of northwest of France [J]. *Silvae Genetica*, 1995, **44**: 1-10.
- [9] 芮文婧, 王晓敏, 张倩男, 等. 番茄 353 份种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 园艺学报, 2018, **45**(3): 561-570.
RUI W J, WANG X M, ZHANG Q N, et al. Genetic diversity

- ty analysis of 353 tomato germplasm resources by phenotypic traits[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2018, **45**(3): 561-570.
- [10] 姜存良, 吴勇, 邓浪, 等. 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(自然科学), 2021, **41**(2): 38-45.
- JIANG C L, WU Y, DENG L, *et al.* Kiwifruit resources collection in Yunnan Province and phenotypic diversity analysis[J]. *Journal of Southwest Forestry University* (Natural Sciences), 2021, **41**(2): 38-45.
- [11] 李红莉, 王澎, 李雪, 等. 黑龙江野生软枣猕猴桃种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 经济林研究, 2022, **40**(1): 150-158.
- LI H L, WANG P, LI X, *et al.* Genetic diversity of phenotypic traits of wild *Actinidia arguta* germplasm resources in Heilongjiang[J]. *Non-wood Forest Research*, 2022, **40**(1): 150-158.
- [12] 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.
- QIN H Y, XU P L, AI J, *et al.* Diversity of fruit quality and phenotypic traits of *Actinidia arguta* germplasm resources and their principal component analysis[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, **31**(1): 160-165.
- [13] 汤佳乐, 黄春辉, 吴寒, 等. 野生毛花猕猴桃果实表型性状及 SSR 遗传多样性分析[J]. 园艺学报, 2014, **41**(6): 1 198-1 206.
- TANG J L, HUANG C H, WU H, *et al.* Genetic diversity of wild *Actinidia eriantha* germplasm based on fruit traits and SSR markers[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2014, **41**(6): 1 198-1 206.
- [14] 左家哺. 贵州猕猴桃属植物的区系地理与分布[J]. 经济林研究, 1988, **6**(2): 20-23.
- ZUO J B. Floristic geography and distribution of *Actinidia* in Guizhou[J]. *Economic Forest Researches*, 1988, **6**(2): 20-23.
- [15] 时圣德, 王庆斌, 张宗师, 等. 贵州猕猴桃属植物地理分布新记录[J]. 贵州科学, 1994, **12**(1): 6-7.
- SHI S D, WANG Q B, ZHANG Z S, *et al.* New records of geographical distribution of *actinidia* in Guizhou[J]. *Guizhou Science*, 1994, **12**(1): 6-7.
- [16] 时圣德, 王庆斌, 张宗师. 贵州猕猴桃属植物分布概况[J]. 贵州科学, 1994, **12**(2): 58-61.
- SHI S D, WANG Q B, ZHANG Z S. The distribution of *actinidia* in Guizhou[J]. *Guizhou Science*, 1994, **12**(2): 58-61.
- [17] 刘磊, 李作洲, 刘春燕, 等. 贵州东部地区猕猴桃野生种质资源调查[J]. 中国野生植物资源, 2015, **34**(4): 55-58.
- LIU L, LI Z Z, LIU C Y, *et al.* Investigation on wild kiwifruit germplasm resources in the eastern part of Guizhou Province[J]. *Chinese Wild Plant Resources*, 2015, **34**(4): 55-58.
- [18] 梁畴芬. 猕猴桃科·中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1984, **49**(2): 195-301.
- [19] 李永康. 贵州植物志: 第三卷[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1990, 92-110.
- [20] 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.
- [21] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [22] THAIPONG K, BOONPRAKOB U. Genetic and environmental variance components in guava fruit qualities[J]. *Scientia Horticulturae*, 2005, **104**(1): 37-47.
- [23] 刘娟, 廖康, 刘欢, 等. 新疆野杏种质资源表型性状多样性研究[J]. 西北植物学报, 2015, **35**(5): 1 021-1 030.
- LIU J, LIAO K, LIU H, *et al.* Phenotypic diversity of wild apricot germplasm resources in Xinjiang[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2015, **35**(5): 1 021-1 030.
- [24] 李艳红, 聂俊, 郑锦荣, 等. 华南地区樱桃番茄表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 园艺学报, 2021, **48**(9): 1 717-1 730.
- LI Y H, NIE J, ZHENG J R, *et al.* Genetic diversity analysis and multivariate evaluation of cherry tomato by phenotypic traits in South China[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2021, **48**(9): 1 717-1 730.
- [25] 徐小彪, 廖娇, 黄春辉, 等. 基于 EST-SSR 标记分析猕猴桃种质遗传关系[J]. 果树学报, 2012, **29**(2): 212-216.
- XU X B, LIAO J, HUANG C H, *et al.* Genetic relationships from Kiwifruit germplasms based on EST-SSR markers[J]. *Journal of Fruit Science*, 2012, **29**(2): 212-216.
- [26] 林存学, 杨晓华, 刘海荣. 东北寒地 96 份李种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 园艺学报, 2020, **47**(10): 1 917-1 929.
- LIN C X, YANG X H, LIU H R. Genetic diversity analysis of 96 plum germplasm resources by phenotypic traits in northeast cold area[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2020, **47**(10): 1 917-1 929.
- [27] 包文泉, 乌云塔娜, 王淋, 等. 内蒙古西伯利亚杏群体遗传多样性和遗传结构分析[J]. 西北植物学报, 2016, **36**(11): 2 182-2 191.
- BAO W Q, WU Y, WANG L, *et al.* Genetic diversity and population genetic structure of Siberian apricot in Inner Mongolia[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2016, **36**(11): 2 182-2 191.
- [28] 胡建斌, 马双武, 李建吾, 等. 国外甜瓜种质资源形态性状

- 遗传多样性分析[J]. 植物学报, 2013, **48**(1): 42-51.
- HU J B, MA S W, LI J W, *et al.* Genetic diversity of foreign melon (*Cucumis melo*) germplasm resources by morphological characters[J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 2013, **48**(1): 42-51.
- [29] 石胜友, 武红霞, 王松标, 等. 杧果种质果实品质性状多样性分析[J]. 园艺学报, 2011, **38**(5): 840-848.
- SHI S Y, WU H X, WANG S B, *et al.* Fruit quality diversity of mango (*Mangifera indica* L.) germplasm[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2011, **38**(5): 840-848.
- [30] 张永兵, 李霖华, 吴海波, 等. 新疆甜瓜地方品种资源的表型遗传多样性[J]. 园艺学报, 2012, **39**(2): 305-314.
- ZHANG Y B, LI M H, WU H B, *et al.* Genetic diversity of melon landraces (*Cucumis melo* L.) in Xinjiang based on phenotypic characters[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2012, **39**(2): 305-314.
- [31] 李颖, 张树航, 郭燕, 等. 中国板栗 9 个结果母枝相关表型性状遗传多样性研究[J]. 园艺学报, 2019, **46**(3): 453-463.
- LI Y, ZHANG S H, GUO Y, *et al.* Genetic diversity analysis of several phenotypic traits related to biennial bearing branch in Chinese chestnut[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2019, **46**(3): 453-463.
- [32] 邓立宝, 何新华, 李天文, 等. 广西西北部高原地区柿种质资源调查及遗传多样性分析[J]. 园艺学报, 2012, **39**(2): 215-224.
- DENG L B, HE X H, LI T W, *et al.* Investigation and analysis on the genetic diversity of persimmon germplasms in plateau of northwest Guangxi[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2012, **39**(2): 215-224.
- [33] 吴如健, 万继锋, 韦晓霞, 等. 橄榄种质资源果实表型性状多样性分析及其数量分类研究[J]. 果树学报, 2015, **32**(5): 797-805.
- WU R J, WAN J F, WEI X X, *et al.* Fruit character diversity analysis and numerical classification of Chinese olive germplasm resources[J]. *Journal of Fruit Science*, 2015, **32**(5): 797-805.
- [34] 赵洋, 穆雪, 李春艳, 等. 猕猴桃属 (*Actinidia* Lindl.) 植物亲缘关系研究进展[J]. 果树学报, 2019, **36**(9): 1 214-1 228.
- ZHAO Y, MU X, LI C Y, *et al.* Research advances on the genetic relationships of kiwifruit (*Actinidia* Lindl.) [J]. *Journal of Fruit Science*, 2019, **36**(9): 1 214-1 228.
- [35] 井赵斌, 徐明, 雷玉山. 猕猴桃 SRAP-PCR 体系的建立及品种资源亲缘关系研究[J]. 园艺学报, 2016, **43**(2): 337-346.
- JING Z B, XU M, LEI Y S. Construction and application of SRAP-PCR system to analyze genetic relationship of *Actinidia* [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2016, **43**(2): 337-346.
- [36] LI Z Z, KANG M, HUANG H W, *et al.* Phylogenetic relationships in actinidia as revealed by nuclear DNA genetic markers and cytoplasmic DNA sequence analysis[J]. *Acta Horticulturae*, 2007(753): 45-58.
- [37] 王珍, 王文和, 张杰, 等. 主要观赏海棠品种的遗传多样性及其亲缘关系分析[J]. 果树学报, 2014, **31**(6): 1 005-1 016.
- WANG Z, WANG W H, ZHANG J, *et al.* Genetic diversity and phylogenetic relationships analysis of major ornamental crabapple species[J]. *Journal of Fruit Science*, 2014, **31**(6): 1 005-1 016.

(编辑:潘新社)