

基于主成分分析的软枣猕猴桃资源性状评价研究

葛春梅¹, 徐德冰², 吴林^{1,2}, 李金英¹, 陈安民³, 王颖^{1*}

(1. 吉林农业大学园艺学院, 长春 130118; 2. 吉林省普蓝高科技, 长春 130021; 3. 白山市野生猕猴桃农民专业繁育合作社, 吉林 白山 134300)

摘要:为筛选优异软枣猕猴桃资源, 本研究利用主成分分析方法对9株野生软枣猕猴桃资源26个指标进行综合分析。结果表明: 前6个主成分的累积方差贡献率为91.122%; 第1主成分主要由花冠直径、花柱数、单果重、果实纵径、果实横径、果实侧径、果型指数和萌芽率决定; 第2主成分主要由花瓣数、果实扁平度和可溶性固形物决定; 第3主成分主要由一年生枝越冬率和每结果枝平均果数决定。基于指标综合分值, 9份野生软枣猕猴桃资源(F1~F9)中, F6综合评价得分最高, F3综合评价得分最低, 说明F6可以作为优异资源进行保存和后续的杂交育种研究。本研究为软枣猕猴桃资源性状评价建立了适宜的评价方法, 同时也为软枣猕猴桃种质鉴定和品种选育提供了理论参考。

关键词:软枣猕猴桃; 农艺性状; 主成分分析

中图分类号: S663.4

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)04-0095-07

Research on the Evaluation of the Resource Characters of *Actinidia Arguta* Characters Based on Principal Component Analysis

GE Chunmei¹, XU Debing², WU Lin^{1,2}, LI Jinying¹, CHEN Anmin³, WANG Ying^{1*}

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Jilin Pulan High-Tech Co. Ltd., Changchun 130021; 3. Agricultural Cooperatives of Changbai Mountain Wild kiwifruit Breeding Center, Baishan 134300, China)

Abstract: In order to screen excellent *Actinidia arguta* resources, this study conducted a comprehensive analysis of 26 indicators from 9 wild *A. arguta* resources using the principal component analysis method. The results showed that the cumulative variance contribution rate of the first six principal components was 91.122%. The first principal component was mainly composed of the size of opened flowers, stigma number, single fruit weight, fruit longitudinal diameter, fruit cheek diameter, fruit thick diameter, fruit shape index and the ratio of germination buds. The second principal component is mainly determined by the number of petals, fruit flatness and soluble solid matter content. The third principal component is mainly determined by the overwintering rate of annual branches and the average number of fruits per fruiting branch. Based on the comprehensive index scores, among the 9 wild *A. arguta* resources (F1 to F9), F6 has the highest comprehensive evaluation score and F3 has the lowest comprehensive evaluation score, indicating that F6 can be used as an excellent resource for preservation and subsequent crossbreeding research. This study established an appropriate evaluation method for the resource character evaluation of *A. arguta*, and provided a theoretical reference for germplasm identification and breeding of *A. arguta*.

Key words: *Actinidia arguta*; Agronomic traits; Principal component analysis

软枣猕猴桃 (*Actinidia arguta*) 是猕猴桃科猕

猴桃属藤本植物^[1], 又名软枣子、猕猴桃梨等, 我国是软枣猕猴桃的发源地之一, 具有丰富的野生资源。软枣猕猴桃果皮常见绿色或紫红色, 果皮光滑便于食用; 果肉颜色以绿色为主, 红肉与紫肉果实偏少, 主要分布于陕西等地区^[2]; 软枣猕猴桃果肉柔软多汁, 口感细腻, 风味浓郁, 含有丰富的Vc、黄酮、多酚等抗氧化物质^[3-6], 具有较高食用价值, 兼具药用保健价值^[7-8]。随着对软枣猕猴桃

收稿日期: 2020-07-27

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20200402083NC、20200402113NC); 长春市科技发展计划项目地院(校、所)合作专项(18DY022); 吉林农业大学综合示范基地项目(0214-202023181)

作者简介: 葛春梅(1994-), 女, 在读硕士, 从事果树种质资源研究。

通讯作者: 王颖, 女, 博士, 副教授, E-mail: 407390510@qq.com

食用与药用价值的研究,消费者与科研工作者对其关注度逐年提升,市场销售量也随之增加。目前国内已审定十余种软枣猕猴桃,有吉林省审定丰产性好的丰绿^[9],大果耐寒的魁绿^[10],适应辽宁省栽植的大果桓优一号^[11],适应南方栽种的红肉品种宝贝星^[12]、红肉高产的红宝石星^[13]和雄株授粉品种绿王^[14]等。各地区的采收时间较集中,且栽种地区受环境限制,使这一新兴水果的销售与推广受到一定的阻碍。我国长白山地区的软枣猕猴桃资源由于特殊的生长环境,使其拥有较强的抗寒性,软枣猕猴桃的单株产量高,在北方寒冷地区栽植有明显的优势,可以作为该类地区的经济作物。本试验以调查长白山脉中海拔地区的资源为主,进行系统农艺性状调查与抗氧化能力测定,对所得数据分析比较,以期得到综合价值更高的资源,优化现阶段苗木抗寒性能,为长白山地区软枣猕猴桃果业发展提供一定的数据支撑。

1 材料与方 法

1.1 调查样本与方 法

试材取自长白山中海拔地区(资源原生长于吉林省白山市浑江区内海拔600~1 200 m,现保存于三道沟镇龙湖社区与原麝保护区内)的吉林省白山市三道沟镇,年平均气温4.6℃,年气温在-42.2~36.5℃,年平均降水量800~1 000 mm,年日照时数2 259 h,无霜期140 d。

以植物学特性与物候期为基础从资源保存基地500余份资源中初步筛选9株具有特殊性状的雌性单株(F1~F9)进行农艺性状调查。农艺性状中数量性状的调查内容详见表1。依据胡忠荣^[15]调查方法,每单株资源调查树冠外围各方向枝条、叶片、花朵、果实的各项数据,其中花朵与叶片的调查重复量20次(叶柄数据重复10次),枝条与果实的调查重复量10次。

1.2 果实生理品质测定

以经过后熟处理的果实为试材,测定可滴定酸含量(滴定法^[16])、维生素C含量(钼蓝比色法^[16])、多酚含量(Folin-Cilcalteau法^[17])、黄酮含量(比色法^[18])和总抗氧化能力(FRAP法^[19])。

1.3 数据统计与分析

利用SPSS 22.0软件得到各份资源的主成分 F_m ,综合分值 D_n 的计算以相应成分的贡献率 E_j 为权重,通过公式(1)得到。表中标准误差来自样本的重复量。

表1 软枣猕猴桃农艺性状中数量性状的调查内容

调查项目	统计方法
花冠直径	测量盛花期盛开花朵直径(cm)
花瓣数	计数盛花期盛开花朵花瓣量(个/朵)
花萼数	计数盛花期盛开花朵花萼数(个/朵)
花柱数	计数盛花期盛开花朵花柱数(个/朵)
叶片面积	纸样称重法计算叶片面积(cm ²)
叶形指数	叶片长与宽的比值
叶柄长度	叶基至叶痕之间的距离(cm)
叶柄粗细	测量叶柄中部直径(cm)
一年生枝粗度	测量枝条5~6节位居中直径(cm)
节间长度	测量枝条5~6节位之间距离(cm)
单果重	测量后熟果实(g)
可溶性固形物	测量后熟果实(%)
果实纵径	测量采收期果实(cm)
果实横径	测量采收期果实(cm)
果实侧径	测量采收期果实(cm)
果形指数	果实纵横径比值
扁平度	果实横侧径比值
一年生枝越冬存活率	计数树体一年生枝条存活比例(%)
一年生枝萌芽率	枝条芽位萌发与总芽位数量比值百分数(%)
结果枝百分率	结果枝与全树枝条比值百分数(%)
每结果枝平均果数	统计每结果枝上坐果数量(个)

$$D_n = \sum_{j=1}^M F_{jn} \times E_j \dots\dots\dots (1)$$

式中, D_n 为主成分分析法得到的各资源性状综合得分值; F_{jn} 为第n个样品第j个特征值>0.9的主成分分值; M 为特征值>0.9的主成分个数; E_j 为第j个主成分贡献率; i 代表测定的性状指标, $i \in [1,9]$ 。

2 结果与分析

2.1 软枣猕猴桃资源不同性状的比较

9份资源26个指标的方差分析结果见表2。9份资源中F6、F7和F9的花冠直径较大,花瓣数接近6个/朵,促使花瓣基部处于接合状态,具有一定观赏价值;花柱数以F₆居多,达到(30.30±2.34)个/朵。表中各资源的花瓣数与花柱数差异性明显,花冠直径与花萼数存在细微差异。

9份资源中F1、F2和F8的叶片较大,叶片面积达到83.21 cm²,F6叶片面积最小,仅有(55.74±2.63) cm²,叶形指数以F3、F4和F7偏高,F8较低,说明F8相较其他资源叶片叶形偏宽偏短;调查样本中,叶柄长度的差异性较高,叶柄粗细差异较低。

在F1~F9中,F7一年生枝条最粗,节间长度F2最长,F8是节间最短的资源,结合一年生枝粗

表2 9份软枣猕猴桃资源性状分析

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
花冠直径(cm)	2.73±0.23b	2.74±0.14b	2.11±0.10d	2.49±0.15c	2.49±0.07c	2.87±0.20a	2.80±0.18ab	1.93±0.12e	2.75±0.14b
花瓣数(个/朵)	5.50±0.76cd	4.90±0.31f	5.20±0.41def	5.05±0.22ef	5.00±0.00ef	5.80±0.62bc	5.90±0.55b	5.30±0.57de	6.65±0.88a
花萼数(个/朵)	3.90±1.02d	4.85±0.37bc	4.60±0.50c	4.60±0.50c	4.90±0.31bc	5.20±0.52ab	5.15±0.37ab	4.55±0.51c	5.45±0.61a
花柱数(个/朵)	20.55±1.47de	18.90±1.29f	21.45±1.88cd	19.10±1.25f	18.85±1.09f	30.30±2.34a	23.70±1.98b	22.55±2.67c	19.90±1.71ef
叶片面积(cm ²)	83.21±5.54a	83.46±11.47a	56.88±6.85e	69.02±5.09d	79.69±4.37ab	55.74±2.63e	77.90±9.17bc	83.19±11.84a	74.15±5.88c
叶形指数	1.64±0.09b	1.65±0.17b	1.77±0.06a	1.77±0.14a	1.59±0.08bc	1.62±0.04bc	1.72±0.19a	1.46±0.09d	1.56±0.08c
叶柄长度(cm)	4.70±0.32c	3.32±0.15e	4.57±0.78c	4.31±0.92cd	4.72±0.37c	3.57±0.29e	3.80±0.50de	6.31±1.34a	5.44±0.97b
叶柄粗度(cm)	0.207±0.016b	0.188±0.026b	0.186±0.015b	0.213±0.017b	0.244±0.029b	0.172±0.012b	0.196±0.021b	0.264±0.152a	0.202±0.019b
一年生枝粗度(cm)	0.57±0.12bcd	0.45±0.08d	0.52±0.08bcd	0.48±0.07cd	0.45±0.12d	0.61±0.10bc	0.76±0.36a	0.61±0.13bc	0.64±0.12ab
节间长度(cm)	3.36±1.05ab	4.23±1.38a	2.76±0.90bc	1.98±0.67cd	1.75±0.46d	2.16±0.49cd	3.79±1.57a	1.61±0.56d	1.85±0.96cd
单果重(g)	6.96±0.49b	12.01±1.75a	4.37±0.60d	7.01±1.44b	6.56±1.17b	12.90±0.68a	11.93±2.63a	5.76±0.43bc	5.29±0.85cd
果实纵径(cm)	2.47±0.13c	3.00±0.11d	2.29±0.13d	2.53±0.15c	2.42±0.15cd	3.38±0.21a	3.17±0.33b	2.37±0.24cd	2.48±0.14c
果实横径(cm)	2.25±0.10b	2.73±0.15a	1.97±0.08c	2.21±0.18b	2.30±0.24b	2.76±0.12a	2.76±0.23a	2.17±0.11b	2.16±0.07b
果实侧径(cm)	1.88±0.13c	2.36±0.15a	1.74±0.09d	1.98±0.17c	1.95±0.05c	2.21±0.16b	2.37±0.21a	1.91±0.13c	1.67±0.07d
果形指数	1.10±0.08bc	1.10±0.04bc	1.16±0.04ab	1.14±0.03ab	1.05±0.08c	1.23±0.09a	1.15±0.14ab	1.10±0.12bc	1.15±0.07ab
扁平度	1.20±0.09bc	1.16±0.03c	1.13±0.04c	1.12±0.07c	1.18±0.11c	1.26±0.13ab	1.16±0.08c	1.14±0.07c	1.29±0.07a
可溶性固形物(%)	16.55±1.38c	13.50±1.58e	15.20±1.03cd	14.20±1.32de	10.70±0.82f	18.10±2.02b	13.00±1.25e	22.60±2.50a	16.20±1.40c
可滴定酸(%)	1.31±0.00b	1.01±0.00cd	1.34±0.00ab	1.01±0.00cd	0.79±0.20de	1.07±0.24c	0.68±0.00e	1.53±0.19a	1.01±0.00cd
维生素C(mgVc/100 g·FW)	361.83±7.39d	215.76±10.25e	217.85±7.62e	514.72±10.25b	594.64±10.25a	428.88±18.49c	147.68±8.88g	233.52±5.13e	153.60±5.13f
多酚(mgGAE/100 g)	384.96±3.12c	224.04±4.04g	334.87±1.48d	165.23±3.40h	582.72±5.34a	88.65±2.96i	397.56±2.02b	256.41±1.09f	312.25±2.02e
黄酮(mgGAE/g)	405.85±8.72a	114.72±7.94e	174.70±7.04d	41.34±1.99h	277.08±19.91b	42.00±1.15h	75.67±8.95g	104.17±0.00f	201.42±6.07c
FRAP(mgVce/100 g·FW)	479.76±1.76a	123.09±2.41g	261.69±3.90d	375.61±6.09b	343.29±3.89c	121.82±1.03h	202.38±3.64f	255.73±5.37e	95.34±2.08i
一年生枝越冬存活率(%)	99.50	97.17	99.33	94.50	95.33	97.94	97.44	94.64	99.28
萌芽率(%)	40.29±15.63bc	38.30±9.80bc	38.23±14.24bc	49.06±15.53ab	35.98±16.89bc	57.20±14.97a	55.15±18.67a	44.23±14.65abc	32.37±11.75c
结果枝率(%)	90.00	71.00	80.00	61.00	63.33	70.00	0.32	70.00	90.00
每结果枝平均果数(个)	5.30±2.87b	7.10±5.61b	6.40±2.22b	5.80±3.26b	5.30±3.23b	4.30±2.71b	4.40±1.65b	4.90±1.97b	8.50±2.51a

注:表中同一行数据后面小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)

度和节间长度可知:F2营养生长能力较弱,F8和F9的营养生长能力较强。9份资源一年生枝越冬存活率在保存地均大于94%,结合萌芽率、果枝率、每结果枝平均果数和单果重可推测资源的单株产量,其中F2产量最高,其次为F6和F1,F7单株产量最低。

9份资源的果实中,F6平均单果重最大,果实横径、侧径与果形指数最高,果实侧径与果实扁平度数值偏高;F3的单果重最小,果实的整体表现性状偏小。果实外在品质以单果重、果实横径、果实侧径和果实纵径的差异较为明显,9份资

源的果形指数和果实扁平度之间差异性偏低。

果实品质指标中,F8可溶性固形物含量和可滴定酸含量最高,为酸甜口感果实,维生素C含量偏低;F5可溶性固形物仅为10.70%,可滴定酸含量0.79%,口味偏平淡,但维生素C含量最高,达到(594.64±10.25)mgVc/100 g·FW;F1果实大小居中,可溶性固形物与含酸量偏高,其黄酮含量与总抗氧化能力最高。指标维生素C、多酚、黄酮与FRAP中,多酚与黄酮的数据具有一致的波动情况。

综合上述对9份软枣猕猴桃农艺性状的分析结果,说明本试验调查的9份软枣猕猴桃农艺性

状与品质指标具有丰富的多样性。26个指标中资源的单果重、果实纵径、果实横径、果实侧径、花冠直径、花瓣数、花柱数、叶片面积、可溶性固形物含量、果实抗氧化成分与结果枝百分率等均呈现出明显的资源之间差异性。

2.2 软枣猕猴桃资源主成分分析

软枣猕猴桃作为水果的主要经济价值在于果实的食用性,其次为植株的观赏性。将26个指标进行相关性分析,结果见表3。果实外在品质与花的表观特征在 $P<0.05$ 水平具有一定的相关性,如:果实质量、横径、纵径均与花冠直径相关,果实扁平度与花瓣数相关,果形指数与花柱数相关;但与叶片正向相关性较少,单果重与果实纵径、横径、侧径均与叶柄长度呈负相关,果形指数与叶柄长度呈负相关;果实的性状之间呈现显

著相关性($P<0.01$)。果实内在品质中,可滴定酸的含量与可溶性固形物含量显著相关($P<0.01$),多酚含量与果形指数呈负相关($P<0.05$),黄酮含量与多酚含量呈正相关($P<0.05$),FRAP与花萼数呈显著负相关($P<0.01$)。

一年生枝越冬存活率影响果树的越冬外,同时还影响树体的结果数量。该指标与叶柄粗度呈负相关($P<0.05$),即:当年生枝叶柄越粗,休眠期时枝条越冬能力越弱。一年生枝的萌芽率与花柱数和果实纵径呈正相关($P<0.05$);结果枝百分率与果实侧径呈负相关($P<0.05$),每结果枝平均果数与枝条的萌芽率呈负相关($P<0.05$)。

由表4可以看出,前6项主成分的累计贡献率达到91.122%,符合大于85.00%的要求,说明前6个主成分可以全面反映出9份软枣猕猴桃资源的

表3 软枣猕猴桃26个指标的相关性矩阵

	花冠直径	花瓣数	花萼数	花柱数	叶片面积	叶形指数	叶柄长度	叶柄粗度	一年生枝粗度	节间长度	单果重	可溶性固形物	果实纵径
花冠直径	1.000												
花瓣数	0.424	1.000											
花萼数	0.356	0.559	1.000										
花柱数	0.214	0.316	0.278	1.000									
叶片面积	0.015	-0.141	-0.238	-0.558	1.000								
叶形指数	0.183	-0.230	-0.138	-0.096	-0.457	1.000							
叶柄长度	-0.659	0.202	-0.175	-0.239	0.278	-0.629	1.000						
叶柄粗度	-0.614	-0.266	-0.262	-0.382	0.580	-0.594	0.760*	1.000					
一年生枝粗度	0.229	0.746*	0.360	0.522	-0.015	-0.142	0.128	-0.133	1.000				
节间长度	0.424	-0.161	-0.149	-0.085	0.253	0.434	-0.654	-0.530	0.090	1.000			
单果重	0.668*	0.003	0.342	0.528	-0.027	0.131	-0.787*	-0.510	0.236	0.544	1.000		
可溶性固形物	-0.412	0.219	-0.176	0.439	-0.054	-0.568	0.567	0.245	0.326	-0.349	-0.166	1.000	
果实纵径	0.690*	0.190	0.472	0.661	-0.194	0.134	-0.747*	-0.594	0.372	0.438	0.971**	-0.097	1.000
果实横径	0.685*	0.047	0.403	0.475	0.079	0.043	-0.735*	-0.431	0.271	0.531	0.987**	-0.208	0.952**
果实侧径	0.473	-0.236	0.224	0.330	0.150	0.183	-0.740*	-0.310	0.145	0.608	0.936**	-0.254	0.848**
果形指数	0.295	0.486	0.396	0.771*	-0.804**	0.297	-0.341	-0.712*	0.451	-0.027	0.366	0.285	0.552
扁平度	0.608	0.779*	0.504	0.361	-0.143	-0.409	0.013	-0.319	0.333	-0.199	0.159	0.128	0.294
可滴定酸	-0.648	-0.163	-0.579	0.068	-0.065	-0.315	0.560	0.245	-0.121	-0.226	-0.486	0.800**	-0.485
维生素C	0.043	-0.459	-0.267	-0.041	-0.122	0.077	-0.119	0.248	-0.573	-0.435	-0.042	-0.291	-0.099
多酚	-0.099	-0.080	-0.120	-0.477	0.441	-0.077	0.236	0.416	-0.042	0.029	-0.366	-0.514	-0.431
黄酮	0.045	0.006	-0.518	-0.420	0.394	-0.179	0.286	0.207	-0.190	0.070	-0.457	-0.156	-0.522
FRAP	-0.253	-0.452	-0.854**	-0.370	0.246	0.208	0.215	0.409	-0.306	-0.077	-0.428	-0.109	-0.533
一年生枝越冬存活率	0.388	0.517	0.027	0.174	-0.277	0.196	-0.186	-0.673*	0.295	0.401	-0.005	-0.018	0.091
萌芽率	0.244	0.038	0.116	0.745*	-0.342	0.254	-0.425	-0.269	0.466	0.099	0.657	0.174	0.710*
果枝率	-0.185	-0.008	-0.317	-0.204	-0.107	-0.305	0.359	0.027	-0.502	-0.327	-0.514	0.342	-0.505
每果枝平均果数	0.004	0.249	0.227	-0.631	0.122	-0.027	0.196	-0.110	-0.270	0.014	-0.425	-0.153	-0.411

表3 软枣猕猴桃26个指标的相关性矩阵(续表)

	果实 横径	果实 侧径	果形 指数	扁平度	可滴 定酸	维生素C	多酚	黄酮	FRAP	一年生枝 越冬存活率	萌芽率	果枝率	每果枝平 均果数
花冠直径													
花瓣数													
花萼数													
花柱数													
叶片面积													
叶形指数													
叶柄长度													
叶柄粗度													
一年生枝粗度													
节间长度													
单果重													
可溶性固形物													
果实纵径													
果实横径	1.000												
果实侧径	0.934**	1.000											
果形指数	0.272	0.128	1.000										
扁平度	0.202	-0.159	0.371	1.000									
可滴定酸	-0.556	-0.499	0.014	-0.169	1.000								
维生素C	-0.063	-0.035	-0.217	-0.083	-0.177	1.000							
多酚	-0.252	-0.228	-0.689*	-0.093	-0.307	0.112	1.000						
黄酮	-0.405	-0.482	-0.550	0.199	0.172	0.141	0.669*	1.000					
FRAP	-0.453	-0.294	-0.487	-0.451	0.223	0.536	0.392	0.563	1.000				
一年生枝	-0.025	-0.224	0.385	0.519	0.097	-0.475	0.048	0.426	-0.190	1.000			
越冬存活率													
萌芽率	0.592	0.624	0.596	-0.103	-0.195	0.109	-0.484	-0.631	-0.080	-0.227	1.000		
果枝率	-0.552	-0.668*	-0.077	0.326	0.627	0.136	-0.163	0.464	0.110	0.304	-0.624	1.000	
每果枝	-0.396	-0.464	-0.167	0.226	0.042	-0.378	0.032	0.189	-0.304	0.314	-0.786*	0.502	1.000
平均果数													

注：“*”相关性在0.05水平上显著，“**”相关性在0.01水平上显著

表4 主成分的特征值、贡献率及累计贡献率

指标	主成分						
	1	2	3	4	5	6	7
花冠直径	0.676	-0.042	0.534	0.057	0.030	0.366	0.188
花瓣数	0.269	0.758	0.324	0.299	0.012	0.181	-0.268
花萼数	0.533	0.358	0.222	0.393	-0.578	-0.156	-0.084
花柱数	0.653	0.409	-0.469	-0.053	0.137	0.312	-0.002
叶片面积	-0.328	-0.387	0.209	0.673	0.355	-0.131	0.228
叶形指数	0.295	-0.389	0.174	-0.692	-0.074	-0.114	-0.458
叶柄长度	-0.767	0.435	-0.246	0.374	0.033	-0.008	-0.135
叶柄粗度	-0.695	-0.184	-0.381	0.576	-0.071	0.041	0.000
一年生枝粗度	0.437	0.456	-0.071	0.432	0.363	0.056	-0.513
节间长度	0.442	-0.402	0.422	-0.141	0.576	-0.336	0.032
单果重	0.909	-0.249	-0.036	0.122	0.121	0.013	0.283
可溶性固形物	-0.156	0.639	-0.605	0.090	0.362	-0.094	0.219
果实纵径	0.972	-0.055	-0.045	0.097	0.057	0.058	0.183

续表 4

指标	主成分						
	1	2	3	4	5	6	7
果实横径	0.880	-0.263	0.029	0.261	0.105	0.026	0.271
果实侧径	0.783	-0.504	-0.115	0.198	0.135	-0.152	0.192
果形指数	0.663	0.570	-0.200	-0.402	-0.073	0.044	-0.155
扁平度	0.267	0.653	0.413	0.205	-0.093	0.459	0.265
可滴定酸	-0.527	0.413	-0.435	-0.299	0.430	-0.171	0.234
维生素C	-0.174	-0.452	-0.250	-0.191	-0.428	0.656	0.223
多酚	-0.439	-0.370	0.438	0.364	0.056	0.271	-0.378
黄酮	-0.582	-0.067	0.513	-0.003	0.405	0.463	0.057
FRAP	-0.562	-0.489	-0.156	-0.230	0.291	0.434	-0.185
一年生枝越冬存活率	0.169	0.479	0.616	-0.354	0.428	0.115	-0.110
萌芽率	0.725	-0.098	-0.602	-0.028	0.101	0.172	-0.197
果枝率	-0.559	0.439	0.162	-0.388	-0.007	0.119	0.551
每果枝平均果数	-0.348	0.315	0.659	-0.079	-0.260	-0.463	0.156
贡献率(%)	33.567	17.686	14.038	10.756	7.796	7.278	6.491
累计贡献率(%)	33.567	51.254	65.292	76.048	83.844	91.122	97.614

综合性状。其中,第1主成分主要由花冠直径、花柱数、单果重、果实纵径、果实横径、果实侧径、果形指数和萌芽率决定,具有较高的遗传变异性,果形偏大的资源花冠较大且叶柄较短较细,枝条萌芽率较高;第2主成分侧重于花瓣数、果实扁平度与果实的可溶性固形物含量;第3主成分以树体越冬能力与树体的果实产量为主,可溶性固形物与其呈负相关关系;第4主成分主要由叶片面

积决定,叶片面积越大,叶形指数越小,二者成反比;第6主成分为维生素C含量,表明在软枣猕猴桃样品的果实抗氧化能力中,维生素C含量较其他的抗氧化指标更具有代表性。

2.3 软枣猕猴桃资源性状的综合评价

以贡献率为权重,结合各资源对应前6个主成分的特征向量值计算综合得分,结果见表5。其中,F6的评分最高,F3的评分最低;结合各资源

表5 软枣猕猴桃主成分分析综合评价

编号	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	综合评分	排名
F6	1.172 66	0.428 47	1.406 32	0.941 73	0.853 15	0.738 61	88.838 53	1
F2	1.699 32	-0.306 57	-0.415 85	0.203 80	-0.636 40	-1.780 53	30.053 38	2
F7	0.818 82	0.544 85	-0.276 75	-1.275 06	-0.237 37	1.602 82	29.336 77	3
F9	-0.848 21	1.614 24	-0.042 95	-0.083 84	1.422 08	-1.002 39	2.364 01	4
F8	-0.716 54	0.541 28	-1.083 93	1.860 05	-1.092 59	0.644 26	-13.517 40	5
F4	-0.325 94	-0.183 50	0.819 91	-0.502 21	-1.243 75	-0.066 43	-18.257 80	6
F1	-0.200 59	-1.994 50	-0.672 30	0.357 66	1.352 92	0.368 06	-34.372 60	7
F5	-0.348 05	0.070 04	-1.178 04	-1.236 17	0.045 98	-0.133 41	-40.890 30	8
F3	-1.251 48	-0.714 30	1.443 59	-0.265 98	-0.464 01	-0.370 98	-43.554 70	9

成分的特征向量可知,F6的F₁和F₃值排名靠前,即F6资源的果实外在品质、花朵性状和枝条越冬情况、果枝坐果数、萌芽率存在优势;F3的F₃值排名靠前,但F₁值排名最低,说明F3资源果实偏小,但果枝的坐果数量较多,一年生枝越冬情况较好,此分析结果与表2数据显示一致。

综上所述,在软枣猕猴桃的资源调查与测定中,果实的外在品质、花朵的花冠大小、花柱数

量、花瓣数、萌芽率、一年生枝越冬率、每结果枝平均果数和叶片面积为主要调查指标,果实品质测定以可溶性固形物和维生素C含量为主,是软枣猕猴桃资源收集筛选的重要考量指标,为简化软枣猕猴桃资源保存与选育的调查工作提供参考。

3 讨论

近年来主成分分析法在农作物育种领域应用

广泛^[20-22]。在果树资源的主成分分析中,果实性状的变异情况最多,均位于第一主成分,其次为枝条、花与叶,与本研究结果不尽相同^[23-25];浆果等同种类果树资源中维生素C含量是重要指标之一,与本研究结果一致^[26]。软枣猕猴桃的资源调查中也有主成分分析的运用,以果实的表现性状与品质鉴定为主,对该资源其他农艺性状的调查与分析较少。

由软枣猕猴桃26个指标的方差分析结果可以看出,本试验调查的9份资源间存在差异,进而以26个指标进行相关性分析结果显示,果实的外在品质与花朵的调查呈正相关,即花冠的大小影响果实的大小;与叶柄数据和果枝率呈负相关,与萌芽率成正相关,即果实的大小与树体的营养生长成正比;但与果实的营养成分物质并无关联,与中国农业科学院特产研究所资源圃的调查分析结果一致^[27]。

由主成分分析结果可知,软枣猕猴桃农艺性状中以果实性状为主,其次是花的农艺性状,叶片与枝条性状对软枣猕猴桃资源的评价影响较小,主要为叶片面积、萌芽率、一年生枝越冬率和每结果枝平均果数,果实抗氧化能力中以维生素C含量为主。果实调查中的单果重、果实横径、果实纵径和扁平度与秦红艳等^[27]结果相近,果实扁平度位于第2主成分中,该结果与李旭等^[28]一致。主成分分析的贡献率以第1和第2主成分累计达到51.254%,说明这两个主成分,即果实与花的性状内容可着重调查;各成分的累计贡献率逐渐递增,涨幅呈 $\ln(X>0)$ 趋势,说明调查的资源具有多样性,符合初选时筛选资源的性状不尽相同。

本研究测得的抗氧化物质中维生素C含量均高于怀柔地区资源,多酚物质含量除F6外均高于怀柔地区,但黄酮类物质均比怀柔地区少,且黄酮含量与总抗氧化能力呈一定相关性,但仇占南等^[29]分析得出二者间相关性极低,与本研究结果不一致,这可能与取样资源的地理分布环境差异有关。9份资源的维生素C含量均高于中国农业科学院特产研究所软枣猕猴桃资源圃资源的测定结果^[27],部分资源的维生素C含量高于刘香苏等^[30]对长白山脉资源调查的结果,间接表明F1~F9具有良好的资源保存价值;与猕猴桃优秀品种赣猕6号、金魁和红阳^[31]相比,9份资源的多酚含量大多高于猕猴桃;黄酮含量与FRAP测定方法代表的抗氧化能力均远远高于猕猴桃,与Zuo等^[32-33]的研究结果相符。

本研究中9份资源的保存地点环境条件近似,管理方法一致,故而9份资源26个指标的变

异情况分析结果可为软枣猕猴桃的育种与资源搜集工作提供参考。对软枣猕猴桃资源的筛选工作还应结合资源的质量形状共同考量。

4 结 论

由主成分分析可知:软枣猕猴桃农艺性状调查以花冠直径、花柱数、单果重、果实纵径、果实横径、果实侧径、果形指数、萌芽率、花瓣数、果实扁平度、可溶性固形物、一年生枝越冬率、每结果枝平均果数和叶片面积为重点,维生素C含量是软枣猕猴桃资源分类中抗氧化能力的主要因素之一。

结合26项指标的分析与综合评价结果,9株雌性单株野生软枣猕猴桃中F6、F2和F7均具有较高的综合评分,相对具有保存价值,而F3的综合价值最低。

参考文献:

- [1] 张玉星. 果树栽培学各论(第三版)[M]. 北京:中国农业出版社,2003:338.
- [2] 韩桂军,贾存智,邓 娴,等.不同倍性紫果猕猴桃雌雄株光合特性及叶绿素的含量[J]. 贵州农业科学,2017,45(10):40-43.
- [3] Hossain M A, Smm R. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple[J]. Food Research International, 2011, 44(3): 672-676.
- [4] Spencer J P E. The impact of fruit flavonoids on memory and cognition[J]. British Journal of Nutrition, 2010, 104(S3): 8.
- [5] 马月申,袁福贵,赵淑兰. 软枣猕猴桃果实营养成分的测定[J]. 特产研究,1992(1):44-45.
- [6] Ying W, Jinying L, Chunli Z, et al. Study on extraction study on Kiwifruit seed oils with supercritical carbon dioxide based on response surface methodology[J]. Fresenius Environmental Bulletin, 2018, 27(8): 5585-5589.
- [7] An X X, Lee S G, Kang H, et al. Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects of Various Cultivars of Kiwi Berry (*Actinidia arguta*) on Lipopolysaccharide-Stimulated RAW 264.7 Cells[J]. Journal of microbiology and biotechnology, 2016, 26(8): 1367-1374.
- [8] Lim S, Han H S, Kim J, et al. Inhibition of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) ripening by 1-methylcyclopropene during cold storage and anticancer properties of the fruit extract[J]. Food Chemistry, 2016, 190: 150-157.
- [9] 赵淑兰. 软枣猕猴桃新品种—“丰绿”[J]. 特产研究,1996(3):51.
- [10] 赵淑兰,袁福贵,马月申,等. 软枣猕猴桃新品种—魁绿[J]. 园艺学报,1994,21(2):207-208.
- [11] 殷展波,崔丽宏,刘玉成,等. “桓优1号”软枣猕猴桃品种特性观察[J]. 河北果树,2008(2):8,19.
- [12] 谢 玥,王丽华,董官勇,等. 软枣猕猴桃新品种“宝贝星”[J]. 果农之友,2014(4):7-8.

(下转第121页)

- (2): 16-19.
- [3] Bohn M, Sabine Lüthje, Sperling P, et al. Plasma membrane lipid alterations induced by cold acclimation and abscisic acid treatment of winter wheat seedlings differing in frost resistance [J]. *Journal of Plant Physiology*, 2007, 164(2):146-156.
- [4] 张 敏,蔡瑞国,贾秀领,等.小麦抗寒机制的研究进展[J]. *东北农业科学*, 2016, 41(4): 37-42.
- [5] 牟永潮,崔 红,于 晶,等.低温胁迫下东农冬麦1号分蘖节 SSH 文库的构建及文库中3个基因的表达模式[J]. *作物学报*, 2011, 37(5): 918-923.
- [6] Yan L, Fu D M, Li C C, et al. The wheat and barley vernalization gene *Vrn3* is an orthologue of *FT* [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2006, 103: 19581-19586.
- [7] 赵瑞玲,赵 勇,易腾飞,等.小麦种质资源的抗寒性鉴定及品种筛选[J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2019, 50(1): 25-30.
- [8] 刘丽娟,刘仲鹏,张丽梅.基于图像处理技术的玉米叶部病害识别研究[J]. *吉林农业科学*, 2014, 39(1): 61-65.
- [9] 赵 静,李志铭,鲁力群,等.基于无人机多光谱遥感图像的玉米田间杂草识别[J]. *中国农业科学*, 2020, 53(8): 1545-1555.
- [10] 周云成,许童羽,郑 伟,等.基于深度卷积神经网络的番茄主要器官分类识别方法[J]. *农业工程学报*, 2017, 33(15): 219-226.
- [11] 吕盛坪,李灯辉,冼荣亨.深度学习在我国农业中的应用研究现状[J]. *计算机工程与应用*, 2019, 55(20): 24-33, 51.
- [12] 傅隆生,宋珍珍, Zhang Xin, 等.深度学习方法在农业信息中的研究进展与应用现状[J]. *中国农业大学学报*, 2020, 25(2): 105-120.
- [13] 谢为俊,丁冶春,王凤贺,等.基于卷积神经网络的油茶籽完整性识别方法[J]. *农业机械学报*, 2020, 51(7): 13-21.
- [14] 赵志衡,宋 欢,朱江波,等.基于卷积神经网络的花生籽粒完整性识别算法及应用[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(21): 195-201.
- [15] 杨祎玥,伏 潜,万定生.基于深度循环神经网络的时间序列预测模型[J]. *计算机技术与发展*, 2017, 27(3): 35-38, 43.
- [16] 王海涛,宋 文,王 辉.一种基于 LSTM 和 CNN 混合模型的文本分类方法[J]. *小型微型计算机系统*, 2020, 41(6): 1163-1168.
- [17] 李志杰,耿朝阳,宋 鹏. LSTM-TextCNN 联合模型的短文本分类研究[J]. *西安工业大学学报*, 2020, 40(3): 299-304.

(责任编辑:王 昱)

(上接第 101 页)

- [13] 廖光联,吕正鑫,朱 壹,等.亚热带赣南地区优良软枣猕猴桃“红宝石星”引种栽培研究[J]. *中国南方果树*, 2020, 49(1): 120-122.
- [14] 张 敏,王贺新,娄 鑫,等.世界软枣猕猴桃品种资源特点及育种趋势[J]. *生态学杂志*, 2017(11): 3289-3297.
- [15] 胡忠荣.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: 1.
- [16] 张治安,陈展宇.植物生理学实验技术[M].长春:吉林大学出版社,2008: 125-130.
- [17] 崔春兰,郑德哲,张力飞,等.苹果疏花剂对果实生长及品质的影响[J]. *吉林农业科学*, 2013, 38(4): 75-78.
- [18] Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals[J]. *Food Chemistry*, 1999, 64: 555-559.
- [19] Katarzyna S, Rafal S, Krystyna M J. Involvement of melatonin applied to *Vigna Radiata* L. seeds in plant response to chilling stress[J]. *Central European Journal of Biology*, 2014, 9(11): 1117-1126.
- [20] 钟金仙,罗 英,曾仁杰,等.黄瓜种质资源果实性状的主成分分析与综合评价[J]. *中国农学通报*, 2017, 33(16): 46-52.
- [21] 牟书靓,李玉发,牛海龙,等.基于主成分分析的花生种质资源苗期抗旱性鉴定与筛选[J]. *吉林农业科学*, 2015, 40(6): 26-30, 69.
- [22] 周米生,肖正东,季琳琳,等.长山核桃优株坚果性状主成分分析及综合评价[J]. *安徽林业科技*, 2016, 42(6): 9-12.
- [23] 刘 胤,陈 涛,张 静,等.中国樱桃地方种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. *园艺学报*, 2016, 43(11): 2119-2132.
- [24] 郁香荷,章秋平,刘威生,等.中国李种质资源形态性状和农艺性状的遗传多样性分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2011, 12(3): 402-407.
- [25] 陈秀萍,黄爱萍,蒋际谋,等.枇杷种质资源数量分类研究[J]. *园艺学报*, 2011, 38(4): 644-656.
- [26] 林蝉蝉,何舟阳,单文龙,等.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.
- [27] 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.
- [28] 李 旭,曹万万,姜 丹,等.长白山野生软枣猕猴桃资源分布与果实和叶片性状多样性[J]. *北方园艺*, 2015(15): 22-27.
- [29] 仇占南,张茹阳,彭明朗,等.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.
- [30] 刘香苏,黄圆博,刘 铭,等.长白山野生软枣猕猴桃果实多样性和倍数性的调查分析[J]. *北方园艺*, 2017(19): 56-60.
- [31] 黄春辉,廖光联,谢 敏,等.不同猕猴桃品种果实发育过程中总酚和类黄酮含量及抗氧化活性的动态变化[J]. *果树学报*, 2019, 36(2): 174-184.
- [32] Zuo L L, Wang Z Y, Fan Z L, et al. Evaluation of antioxidant and antiproliferative properties of three *Actinidia* (*Actinidia kolomikta*, *Actinidia arguta*, *Actinidia chinensis*) extracts in vitro [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, 13(5): 5506-5518.
- [33] Wang Y, Li J Y, Zhao C L, et al. Evaluation of biochemical components and antioxidant capacity of different kiwifruit (*Actinidia* spp.) genotypes grown in China[J]. *Biotechnology & Bio-technological Equipment*, 2018, 32(12): 1-8.

(责任编辑:王 昱)