

宿明洁,张婷婷,孙召展,等. 异位保存新疆野苹果遗传多样性分析及综合评价[J]. 江苏农业科学,2023,51(21):174-182.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.21.027

异位保存新疆野苹果遗传多样性分析及综合评价

宿明洁¹,张婷婷²,孙召展²,樊国全²,王尚栋²,孙军利¹,李文慧²

(1. 石河子大学农学院/特色果蔬栽培生理与种质资源利用兵团重点实验室,新疆石河子 832000;

2. 新疆农业科学院轮台果树资源圃,新疆轮台 841600)

摘要:以异位保存的 57 份野苹果种质资源为材料,对其 16 个数值型性状和 27 个果实描述型性状进行综合评价,采用变异系数、分布频率、相关性分析、主成分分析和聚类的方式进行分析研究。结果表明,16 个数值型性状的变异系数为 15.63%~60.32%,平均值为 31.84%,16 个数值型性状中以果实纵径的变异系数最小,果实维生素 C 含量的变异系数最大;描述型性状分布频率表明,野苹果种质资源的果实外观评价优于果实内质评价;相关性分析结果表明,单果质量与果实纵径和果实横径呈极显著正相关关系($P<0.01$),与果实总黄酮含量呈显著负相关关系($P<0.05$);主成分分析结果表明,7 个主成分的总计贡献率达 80.785%,其中第 1 主成分与叶片性状和果实总黄酮含量有关,第 2 主成分与果实特性有关,第 3 主成分与果形因子有关,第 4 主成分与果梗性状有关,第 5 主成分与果实品质有关,第 6 主成分与果实可溶性固形物含量和果实硬度有关,第 7 主成分与花的性状和果实品质有关;16 个性状以聚类的分析方法,将供试材料聚为 3 类,其中 I、Ⅲ类群可以作为优良的选育品种,培育出优质及耐贮藏的苹果,第 II 类群可以提供宝贵材料作为选育高黄酮含量的野苹果品种。本研究可为高黄酮含量的野苹果资源选育利用提供帮助,为新疆野苹果种质资源的异地保护、科学保护与有效管理提供参考。

关键词:野苹果;异位保存;遗传多样性;主成分分析;聚类分析

中图分类号:S661.102 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)21-0174-08

新疆野苹果 [*Malus sieversii* (Ldb.) Roem.] 别称塞威氏苹果,属于真正苹果组 (Eumalus Zabel) 苹果系 (Pumilae Rehd.), 是现代栽培苹果或西洋苹果 (*M. domestica* Borkh.) 的祖先种^[1-2]。世界苹果野生种有 27 种,我国有 21 种,栽培种有 8 种^[3]。新疆野苹果主要分布在中亚的天山山脉,包括新疆、哈萨克斯坦、塔尔迪库尔和吉尔吉斯斯坦的东南部。前人将新疆野苹果分为 84 个类型^[4]。位于新疆南部的新疆农业科学院轮台果树资源圃,近十余年共收集保存 57 份果实性状较好的新疆野苹果资源。新疆南疆环塔里木盆地是主要苹果栽培产区,对野苹果种质资源开展异地遗传多样性研究,不仅可以

发掘具有重要经济价值的独特资源,同时也优化了野苹果种质资源的选择和利用。

前人关于新疆野苹果资源表型多样性的研究已有报道,研究得出,新疆野生苹果的果实外观形状、颜色和单果质量等性状表现出丰富的遗传多样性^[5]。果实大小变异幅度大这一结论得到 Geibel 等的一致认同^[6-7]。其后,还获得新疆野苹果果实纵横径、可溶性固形物含量、干周、树高的变异幅度较大,叶片长的变幅最小,果梗长的变幅最大,果实硬度的变幅最大,果形指数的变幅最小,总黄酮和可滴定酸含量的变幅较大的结论;苹果资源的总黄酮含量丰富,新疆野苹果单株果实富含原花青素和黄酮醇类物质,且不同单株野生苹果总黄酮及抗氧化活性之间具有显著差异,果肉中原花青素 B₂、表儿茶素的含量均远高于新疆伊犁本地品种^[8-13]。

以上研究多关注于新疆天山原生境野苹果资源的综合评价,而对新疆天山以南保存的野苹果资源综合评价却少有报道。本研究旨在对新疆农业科学院轮台果树资源圃保存的野苹果资源进行综合评价,通过叶、花、果实器官的表型性状和理化指标进行综合评价,通过统计软件进行主成分、相关

收稿日期:2023-11-14

基金项目:新疆维吾尔自治区种苗培育补助项目;农业农村部保种项目“新疆特有果树种质资源安全保存及普查收集资源鉴定评价与繁殖编目入圃”(编号:19221874)。

作者简介:宿明洁(1998—),女,新疆库尔勒人,硕士研究生,主要从事果树种质资源评价利用研究。E-mail:1348657024@qq.com。

通信作者:孙军利,博士,副教授,主要从事果树栽培生理研究, E-mail:1530322722@qq.com;李文慧,博士,副研究员,主要从事果树种质资源评价利用研究, E-mail:lwh-2003@163.com。

性、聚类等分析,找出其变异和多样性特征,将种质类群划分为不同育种目标,简化资源索引,为未来的野苹果资源开发利用及品质育种奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料来自新疆农业科学院轮台果树种质资源圃,共 57 份材料(表 1),是 2010—2012 年间从新疆伊犁天山野果林收集的异地保存资源,其中霍城县 31 份(HDM)、巩留县 13 份(GB)、新源县 13 份(XY)。

表 1 试验材料名称及来源

序号	编号	序号	编号	序号	编号
1	GB-1	20	XY-7	39	HDM-13
2	GB-2	21	XY-8	40	HDM-14
3	GB-3	22	XY-9	41	HDM-15
4	GB-4	23	XY-10	42	HDM-16
5	GB-5	24	XY-11	43	HDM-17
6	GB-6	25	XY-12	44	HDM-18
7	GB-7	26	XY-13	45	HDM-19
8	GB-8	27	HDM-1	46	HDM-20
9	GB-9	28	HDM-2	47	HDM-21
10	GB-10	29	HDM-3	48	HDM-22
11	GB-11	30	HDM-4	49	HDM-23
12	GB-12	31	HDM-5	50	HDM-24
13	GB-13	32	HDM-6	51	HDM-25
14	XY-1	33	HDM-7	52	HDM-26
15	XY-2	34	HDM-8	53	HDM-27
16	XY-3	35	HDM-9	54	HDM-28
17	XY-4	36	HDM-10	55	HDM-29
18	XY-5	37	HDM-11	56	HDM-30
19	XY-6	38	HDM-12	57	HDM-31

注:编号“GB”来源于巩留县,编号“XY”来源于新源县,编号“HDM”来源于霍城县。

1.2 试验方法

本试验于 2022 年 3 月下旬至 4 月下旬每株随机采集 20 朵完全开放的花朵,用游标卡尺测量花朵的花冠宽度,于 7 月下旬至 8 月上旬每株随机采集 50 张发育正常的叶片和 20 个果实,参考《苹果种质资源描述规范和数据标准》^[14],确定果实中部断面形状、果实萼洼广狭和果实萼片姿势;研究的指标包括花性状、叶性状和果实性状等;可溶性糖含量的测定采用蒽酮法^[15];可滴定酸含量的测定采用 NaOH 酸碱中和滴定法;总黄酮含量的测定参考聂

继云等的方法^[16];维生素 C 含量的测定采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定。

通过 Excel 2017 对各性状的数据进行统计,用 SPSS 25.0 软件进行遗传变异分析、分布频率分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 野苹果果实性状多样性

野苹果种质资源质量性状分析统计结果(表 2、表 3)显示,野苹果果实胴部和梗洼无锈量分布频率分别达到 0.84 和 0.63,心室闭合状态的分布频率达到 0.67,中或小果点分布频率达到 42% 和 51%。其中,果实形状的分布类型最为丰富,有 7 种类型,以扁圆形为主,占 47%;果实底色有 6 种类型,以绿色最多,占 49%;果肉颜色有 6 种类型,其中绿白色最多,占 56%;果实风味有 6 种类型,其中酸甜型最多,占 30%;果肉质地有 5 种类型,其中绵软型最多,占 32%。

轮台县保存的野苹果果实萼洼与胴部大都无锈,只有梗洼处有少量果锈。果面大多较平滑,极少部分不平滑;果点平,少数为凸果点;果面大都具有果粉和蜡质,少部分具有棱起。综合分析认为,外观整体表现良好。果实特性分布较为丰富,果心大多为小果心,汁液分为少和中等 2 种汁液型,果肉分为无和淡 2 种香气类型,在评价果实外观和内质的复合指标中,果实外观多为中等,其次为差;而果实内质综合评价主要为中。

2.2 野苹果种质资源性状变异分析

由表 4 可知,57 份野苹果种质资源中 16 个性状的变异系数为 15.63% ~ 60.32%,平均值为 31.84%,其中变异系数超过 50% 的指标是果实的生理指标,其中维生素 C 含量的变异系数最大,为 60.32%,其最大值为 27.31 mg/kg,品种是 GB-9,来源于巩留县,最小值为 0.66 mg/kg,品种是 HDM-30,来源于霍城县;其次是可溶性糖含量,变异系数为 59.51%,其最大值为 142.84 mg/g,品种是 XY-12,最小值为 6.12 mg/g,品种是 HDM-26,分别来源于新源县和霍城县;可滴定酸含量变异系数为 50.09%,其最大值为 72.81 mg/g,品种是 GB-13,最小值为 4.24 mg/g,品种是 HDM-27,分别来源于巩留县和霍城县;总黄酮含量变异系数为 48.52%,其最大值为 2 816.29 mg/kg,品种是 HDM-13,最小值为 273.93 mg/kg,品种是 HDM-20,都来

表 2 野苹果种质资源性状描述分组

性状	各分组性状描述						
	1	2	3	4	5	6	7
果实形状	近圆形	扁圆形	长圆形	椭圆形	短圆锥形	圆柱形	偏斜形
果实底色	淡绿	黄绿	绿	绿黄	淡黄	黄	
果肉颜色	白	乳白	黄白	黄	绿白	绿	
风味	淡甜	酸甜	酸甜适度	甜酸	酸	极酸	
果肉质地	松软	绵软	松脆	硬脆	硬		
萼洼锈量	无	少	中	多			
胴部锈量	无	少	中	多			
梗洼锈量	无	少	中	多			
果实外观综合评价	很差	差	中	好			
果实内质综合评价	下	中	中上	上			
梗洼深度	浅	中	深				
梗洼广狭	狭	中	广				
萼片姿态	直立	反卷	聚合				
萼洼深度	浅	中	深				
萼洼广狭	狭	中	广				
心室状态	闭合	半开	全开				
果面光滑度	粗糙	较平滑	平滑				
果点大小	小	中	大				
果点密度	疏	中	密				
果点状态	凹	平	凸				
果心大小	小	中	大				
果肉粗细	细	中	粗				
汁液	少	中	多				
香气	无	淡	浓				
蜡质	无	有					
果粉	无	有					
棱起	无	有					

源于霍城县,由此表明,野苹果生理指标具有较大的离散程度。花冠大小、果实横径和纵径、叶片长度和宽度的变异系数较低,其中果实纵径变异系数最低,仅为 15.63%。果梗长、果梗粗、叶柄长度和果形指数的变异系数居中,在 20% 以上。

试验采集的这 57 个异地保存的野苹果资源,通过表 4 的统计数据可以看出,这 16 个表型性状遗传多样性很高,是异地保存的宝贵野生种质资源。对野苹果单株的可溶性糖含量、可滴定酸含量、维生素 C 含量和总黄酮含量进行差异显著性分析,其显著水平均小于 0.05,由此可知,可溶性糖含量、可滴定酸含量、维生素 C 含量和总黄酮含量是影响野苹果资源的重要品质指标。

2.3 野苹果种质资源性状间的相关性分析

对 16 个性状之间进行相关性分析,结果(表 5)表明,花冠大小与果梗粗呈显著负相关关系($P <$

0.05)。叶柄长度与叶片长度和宽度呈极显著正相关关系($P < 0.01$),与可滴定酸含量和总黄酮含量呈负相关关系。单果质量与果实纵径和横径呈极显著正相关关系,相关系数分别为 0.618、0.789,与总黄酮含量呈显著负相关关系,相关系数为 -0.289。果实纵径与果形指数、果梗粗呈极显著正相关关系,相关系数分别为 0.547、0.459。果形指数与果实横径呈极显著负相关关系,与果梗粗呈极显著正相关关系。果梗长与果实硬度、可溶性糖含量呈显著正相关关系。果实可滴定酸含量与维生素 C 含量呈正相关关系。从相关性分析结果可以看出,单果质量、果实纵径、果实横径和果梗粗相互间多数具有显著或极显著正相关关系;其次,总黄酮含量与单果质量呈显著负相关关系。16 个性状间定量关系是复杂的,需要综合主成分分析来确定主导每个性状的主要因素。

表 3 野苹果种质资源性状分布频率和多样性

性状	分布频率						
	1	2	3	4	5	6	7
果实形状	0.26	0.47	0.05	0.07	0.04	0.02	0.09
果实底色	0.26	0.09	0.49	0.11	0.02	0.04	
果肉颜色	0.09	0.16	0.16	0.02	0.56	0.02	
风味	0.16	0.30	0.14	0.05	0.18	0.18	
果肉质	0.14	0.32	0.16	0.18	0.21		
萼洼锈量	0.86	0.09	0.04	0.02			
胴部锈量	0.84	0.11	0.04	0.02			
梗洼锈量	0.63	0.23	0.07	0.07			
果实外观综合评价	0.04	0.32	0.56	0.09			
果实内质综合评价	0.16	0.58	0.16	0.11			
梗洼深度	0.37	0.60	0.04				
梗洼广狭	0.33	0.58	0.09				
萼片姿态	0.18	0.60	0.23				
萼洼深度	0.54	0.44	0.02				
萼洼广狭	0.40	0.44	0.16				
心室状态	0.67	0.23	0.11				
果面光滑度	0.05	0.79	0.16				
果点大小	0.51	0.42	0.07				
果点密度	0.40	0.44	0.16				
果点状态	0.07	0.76	0.18				
果心大小	0.19	0.74	0.07				
果肉粗细	0.14	0.67	0.19				
汁液	0.53	0.42	0.05				
香气	0.44	0.53	0.04				
蜡质	0.12	0.88					
果粉	0.11	0.90					
棱起	0.74	0.26					

表 4 野苹果种质资源数值型性状变异情况

性状	最小值	最大值	均值	标准差	方差	变异系数(%)
花冠大小(mm)	22.15	54.34	40.51	6.40	40.97	15.80
叶片长度(mm)	58.49	132.61	81.52	13.62	185.48	16.71
叶片宽度(mm)	30.89	68.58	45.36	7.89	62.28	17.40
叶柄长度(mm)	14.44	50.55	24.70	6.17	38.08	24.98
单果质量(g)	6.56	43.61	18.53	7.97	63.56	43.03
果实纵径(mm)	20.05	41.53	29.73	4.65	21.58	15.63
果实横径(mm)	23.31	48.34	33.87	5.52	30.43	16.28
果形指数	0.71	1.80	0.91	0.23	0.06	25.76
果实硬度(kg/cm ²)	2.72	16.17	8.37	3.34	11.18	39.94
果梗长(mm)	5.52	27.06	15.28	5.09	25.95	33.34
果梗粗(mm)	1.27	3.31	1.89	0.50	0.25	26.38
可溶性固形物含量(%)	6.36	20.14	14.77	2.49	6.20	16.87
维生素 C 含量(mg/kg)	0.66	27.31	8.47	5.11	26.07	60.32
可溶性糖含量(mg/g)	6.12	142.84	44.57	26.52	703.45	59.51
可滴定酸含量(mg/g)	4.24	72.81	33.44	16.75	280.67	50.09
总黄酮含量(mg/kg)	273.93	2 816.29	1 417.90	687.98	473 318.36	48.52

表 5 野苹果种质资源数值性状的相关性

性状	相关系数															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1.000															
2	0.059	1.000														
3	-0.092	0.774 **	1.000													
4	0.023	0.700 **	0.495 **	1.000												
5	-0.153	0.018	-0.079	0.030	1.000											
6	-0.047	0.061	0.065	0.082	0.618 **	1.000										
7	-0.062	0.075	-0.024	-0.013	0.789 **	0.294 *	1.000									
8	-0.019	-0.018	0.024	0.037	-0.128	0.547 **	-0.546 **	1.000								
9	-0.089	0.215	0.207	0.255	-0.034	-0.114	-0.222	0.062	1.000							
10	0.257	0.223	0.087	0.254	0.033	0.013	-0.074	0.095	0.305 *	1.000						
11	-0.309 *	0.062	0.096	-0.129	0.297 *	0.459 **	0.113	0.339 **	0.035	-0.412 **	1.000					
12	0.177	-0.337 *	-0.295 *	-0.205	-0.068	-0.049	-0.045	0.043	0.168	0.090	-0.065	1.000				
13	-0.022	0.117	0.147	0.081	-0.083	-0.196	-0.062	-0.121	0.125	0.257	-0.213	0.086	1.000			
14	0.022	0.152	0.142	0.100	-0.048	-0.087	-0.097	0.029	0.227	0.305 *	-0.197	-0.196	0.122	1.000		
15	-0.147	-0.084	-0.090	-0.260	-0.038	-0.004	-0.047	0.091	-0.160	-0.238	0.147	-0.154	0.241	0.128	1.000	
16	0.064	-0.196	-0.212	-0.295 *	-0.289 *	-0.083	-0.134	0.100	-0.239	-0.095	0.091	0.265 *	0.065	-0.096	0.177	1.000

注：*、** 分别表示相关性达显著($P<0.05$)、极显著($P<0.01$)水平。1—花冠大小,2—叶片长度,3—叶片宽度,4—叶柄长度,5—单果质量,6—果实纵径,7—果实横径,8—果形指数,9—果实硬度,10—果梗长,11—果梗粗,12—可溶性固形物含量,13—维生素 C 含量,14—可溶性糖含量,15—可滴定酸含量,16—总黄酮含量。

2.4 野苹果种质资源性状的主成分分析

对 57 份野苹果种质资源的 16 个数值型性状进行主成分分析,计算得到特征值和相应的特征值向量,用特征值大于 1.0 作为标准来提取主成分。由表 6 可知,通过主成分分析法研究异地保存的 57 份新疆野苹果的 16 个数量性状中,前 7 个主成分累计贡献率达 80.785%,说明前 7 个主成分基本上可以代表大多数信息的多样性。第 1 主成分的特征值为 3.020,贡献率最大,为 18.872%,特征值向量较高的性状有叶片长度、叶片宽度、叶柄长度、果梗长和总黄酮含量,主要反映的是叶片性状指标,其特征向量揭示的是生物学信息,叶片性状的 3 个指标具有正相关关系,其凝聚的向量关系表示:株系叶片较大,叶柄较长时,果实总黄酮含量较低,果梗长,果实硬度较大;第 2 主成分的特征值为 2.562,贡献率为 16.011%,其中单果质量、果实纵径、果实横径、花冠大小和果梗粗为特征向量中最高的特征,说明第 2 主成分主要反映的是果实性状指标,这一主成分中,载荷值较高的性状所揭示的生物学信息主要是单果质量越大,果实纵径越大,果实横径也越大,产量越高,当野苹果单果质量、果实纵径和果实横径较高时,果梗粗较粗,花朵较小。第 3 主成分的特征值为 2.109,贡献率为 13.179%,特征值向量

较高的性状有果形指数和果实横径,主要反映的是果形因子,所揭示的生物学信息是当果形指数载荷较高时,果实横径较小,二者在一定程度上起到相互限制的作用。第 4 主成分的特征值为 1.668,贡献率为 10.428%,特征值向量较高的性状有果梗长、可滴定酸和可溶性固形物含量,这一主成分中,载荷值较高的性状所揭示的生物学信息主要是果实可溶性固形物含量较高时,可滴定酸含量相对较低,果梗较长。第 5 主成分的特征值是 1.398,贡献率为 8.735%,特征值向量较高的性状有可滴定酸含量、维生素 C 含量和可溶性糖含量,三者反映了果实的糖、酸和维生素 C 含量,这些特征可以总结为水果的质量因子,野生苹果种质通常在水果的味道中偏酸,在利用资源时,应注意选择第 5 主成分较高的群组。第 6 主成分的特征值是 1.168,贡献率为 7.301%,特征值向量较高的性状有可溶性固形物含量和果实硬度,两者在一定程度上呈现正相关关系。第 7 主成分的特征值是 1.001,贡献率为 6.259%,特征值向量较高的性状主要有花冠大小、维生素 C 含量和可溶性糖含量,这一主成分中,载荷值较高的性状所揭示的生物学信息主要是果实维生素 C 含量越高,花朵越大,可溶性糖相对含量越少。

结果表明,第 1 主成分上叶片长度、叶柄长和叶片宽特征值向量符号为正,而果实总黄酮含量特征值向量符号为负,说明叶片性状指标在一定程度上是果实总黄酮含量的限制因素。因此,在利用野苹果种质资源果实总黄酮含量时应注意选取第 1 主成分较低的群体。

表 6 参试材料各性状的主成分载荷与贡献率

性状	载荷						
	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	第 6 主成分	第 7 主成分
花冠大小	0.087	-0.549	-0.051	0.259	-0.204	-0.361	0.429
叶片长度	0.848	0.074	0.112	-0.313	-0.166	0.051	0.174
叶片宽度	0.742	0.154	0.169	-0.353	-0.153	0.129	0.116
叶柄长度	0.795	0.079	0.037	0.010	-0.211	0.014	0.169
单果质量	0.026	0.769	-0.359	0.378	0.254	-0.039	0.105
果实纵径	0.018	0.642	0.464	0.390	0.097	-0.246	0.269
果实横径	-0.032	0.529	-0.739	0.044	0.038	0.001	0.232
果形指数	-0.016	0.111	0.909	0.264	0.092	-0.177	0.037
果实硬度	0.476	-0.070	0.088	0.347	0.257	0.586	-0.283
果梗长	0.500	-0.392	0.001	0.513	0.278	-0.167	0.038
果梗粗	-0.183	0.631	0.466	-0.135	-0.014	0.330	0.006
可溶性固形物含量	-0.341	-0.340	0.019	0.507	-0.029	0.507	0.260
维生素 C 含量	0.209	-0.265	-0.100	-0.194	0.592	0.269	0.469
可溶性糖含量	0.365	-0.203	-0.001	-0.019	0.560	-0.284	-0.391
可滴定酸含量	-0.285	0.078	0.131	-0.506	0.606	-0.126	0.195
总黄酮含量	-0.471	-0.372	0.307	-0.245	-0.007	0.143	0.213
特征值	3.020	2.562	2.109	1.668	1.398	1.168	1.001
贡献率(%)	18.872	16.011	13.179	10.428	8.735	7.301	6.259
累计贡献率(%)	18.872	34.884	48.062	58.490	67.225	74.526	80.785

2.5 不同野苹果种质资源聚类分析

对 57 份野生苹果种质材料 16 个数值型性状进行聚类分析,研究材料亲缘关系的远近。通过系统聚类分析后 57 份野苹果种质资源,在欧式距离为 9.0 处被分成 3 个类群(图 1)。

第Ⅰ类群共 17 份种质资源,其中霍城县有 10 份,巩留县有 5 份,新源县有 2 份;第Ⅰ类群中单果质量、果实纵径、花冠宽度、叶片宽度、果实总黄酮含量、可溶性糖含量等性状值在三大类群中介于中间水平,此类型主要以中间过渡型野苹果为主,果形为扁圆,叶片为卵圆形,这类材料可以在野苹果品质改良和育种生产中进一步充分利用。

第Ⅱ类群共 16 份种质资源,其中霍城县有 7 份,巩留县有 5 份,新源县有 4 份;该类群材料的主要特点是果实总黄酮含量最高,果实普遍较小,果实硬度较低,果实维生素 C 含量较高,叶片较小,这一类群的果实品质与其他类型相比,总黄酮含量表现极好,可为今后选育黄酮类化合物利用价值高的野生苹果品种提供有价值的材料,筛选出 6 个性状值较高的材料有 GB-1、HDM-13、HDM-18、GB-

8、HDM-21 和 GB-7。

在这 3 个类群当中,第Ⅲ类群是包含的野苹果种质资源数量最多的,第Ⅲ类群包括 24 份种质资源,其中霍城县有 14 份,巩留县有 3 份,新源县有 7 份;该类群主要以大果野苹果资源为主,果实形状多接近圆形,硬度大,在野苹果耐贮藏性中果实硬度是重要指标,果梗较长、叶柄较长、叶片长度最大,这一类群可以作为高质量和耐贮存的野生苹果的繁育材料,筛选出 2 个果实性状最为突出的材料,可以作为优良种质资源,编号为 HDM-24 和 XY-1。

3 讨论

在植物遗传因子与外界环境相互作用的结果下,发生形态特征的变异是生物遗传多样性的表现^[17-18]。物种遗传变异包括表型的特征变异,表型性状的变异系数反映了性状的分散程度,可以反映品种间表型性状的变异程度,也可以间接反映个体的表型多样性的丰富性^[19-20]。分子标记技术随着现今的现代分子生物学技术发展,在植物遗传多样性的鉴定中已得到广泛应用^[21-22]。然而,表型性

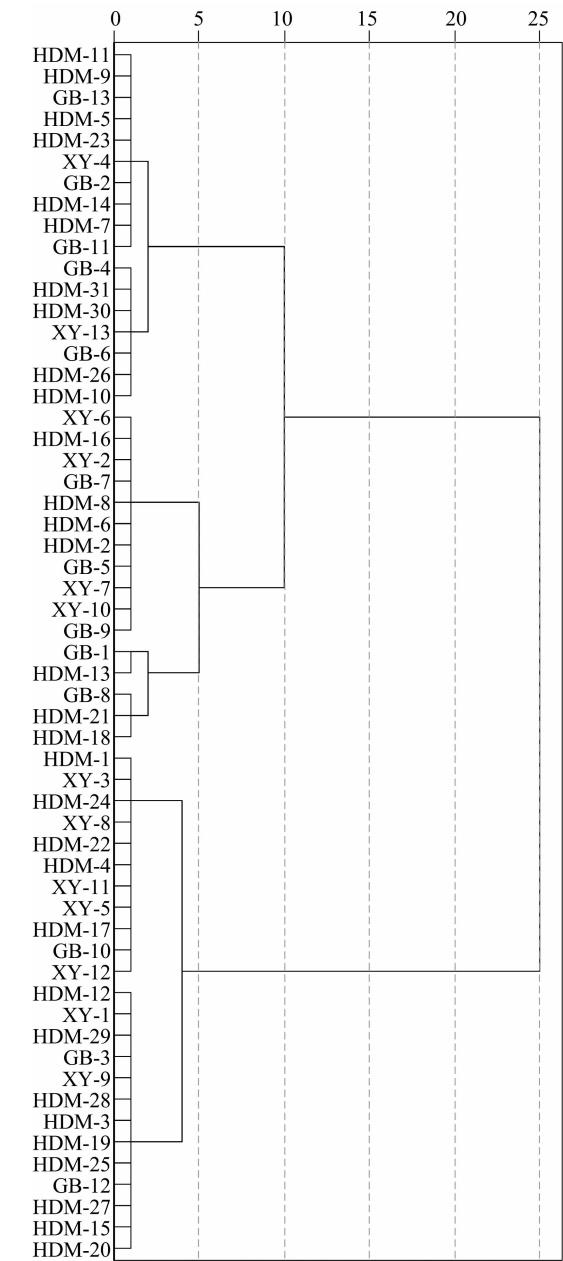


图1 参试材料基于表型数据的聚类分析结果

状遗传多样性研究仍然是必不可少的,因为它可以从作物整体表型中获得丰富的遗传多样性,将可靠的表型数据提供给分子生物学研究,对于简化今后挖掘优异资源、种植优质品种等方面具有重要的意义^[23]。前人在野苹果资源的评价方面大多是在原生境采集开展的研究工作,由于受到地理位置、生长环境、检测平台的限制,对野苹果资源的评价不够全面和客观。本研究所有试材均来自资源圃果园,地理位置、栽培管理条件和检测平台都一致,果实以种子成熟为采集标准,检测数值型性状最多达到 16 个,包括花、叶和果实等器官,并筛选出总黄酮

含量高的 6 个资源。本研究的评价更有利于新疆南疆苹果产区野苹果资源的育种和开发利用。

果实品质是由外观、营养品质、贮藏运输和加工品质等多个性状组成的综合性状^[24]。在许多农作物育种研究中都广泛应用了主成分分析和聚类分析^[25-28]。从性状的相关性分析结果来看,果实总黄酮含量与单果质量和叶柄长度均呈显著负相关关系,由此认为,在育种上若以提高品种果实产量为首要目的,建议考虑果实纵径、横径大且果梗粗的株系;若以提高总黄酮含量为目的,建议选择单果质量小、叶柄短的株系。此外,在野外工作时可以利用果柄短和果实小的特性,简便快捷地初选黄酮含量高的资源。

野苹果资源在自然条件下主要以种子繁殖为主,变异类型多,表型性状非常丰富。植物在遗传物质和环境因素二者共同作用下的综合体现出的表型性状具有稳定性和变异性^[29]。前人的研究表明,新疆野苹果单株表型性状丰富^[9],本研究结果与之相一致。本研究的 57 份野苹果资源变异系数超过 20% 的有叶柄长度、果形指数、果梗粗、单果质量、果梗长、果实硬度、总黄酮含量、可滴定酸含量、可溶性糖含量、维生素 C 含量,其中果实维生素 C 含量变异系数最大(60.32%),这与闫鹏等关于新疆野苹果加工制汁适宜性的评价研究^[8]基本一致;在轮台资源圃内的野苹果总黄酮含量变异系数是 48.52%,这与王宪璞等关于果实性状研究的结果^[10]基本一致,说明野苹果资源重要的果实品质存在显著的遗传变异。本研究中果实总黄酮含量、可滴定酸含量、可溶性糖含量、维生素 C 含量这 4 个性状的遗传变异很大,是影响野苹果资源的重要品质指标,比较适宜用于筛选加工高黄酮含量的新疆野苹果类型。

主成分分析(PCA)可以将农作物各性状之间的复杂关系通过降维方式转化为几个主成分,大大降低各个性状原始数值之间相关性所造成的干扰,而被广泛应用^[30-31]。在此研究中使用主成分分析对 16 个表型性状进行分析,有效地减少了变量数量,结果显示,前 7 个主成分的累计贡献率达 80.785%。轮台县栽种的野苹果资源主成分涉及叶片性状和果实总黄酮含量、果实性状、果梗性状指标;伊犁地区的野苹果也涉及到果实性状指标、叶片性状指标和果梗性状指标,但是特征值和贡献率存在差异。各主因子间的相关性特征值可看出叶片性状与果实形态的相关性较小,与果实品质间的

相关性较大,换句话说,叶片特征与果实形态之间关联度不高,与果实品质有一定的密切关系,优质野生苹果种质的选择应全面考虑叶片性状及果实形态 2 个方面。

从亲缘关系上看,巩留县居群与新源县居群亲缘关系较近,新疆野苹果和苏联的栽培苹果亲缘关系较近^[9,32-33]。对 57 份种质进行系统的聚类分析,可分为 3 个类群,在所有资源中第Ⅰ类群的果实品质处于中等水平,各类群各表型特征之间存在明显差异;第Ⅱ类群果实的总黄酮含量最高;第Ⅲ类群单果质量、果实硬度最高。在前人的基础上,本研究对异地保存的野生苹果种质资源的表型和定量特征进行了综合分析,今后在品种的推广和选育中,还需要对异地保存品种的抗逆性、育性和丰产性等多方面进行综合研究。

4 结论

即使开垦耕地和人为砍伐得到控制,新疆野苹果的过度干扰仍然是一个问题,亟需开展新疆野苹果资源的异位保护、更新机制方面的研究等措施^[34]。本研究通过对异位保存的 57 份野苹果种质资源进行研究,对其表型性状和数值型性状指标进行差异分析、分布频率分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析,客观评价了新疆天山以南轮台资源圃保存的伊犁野苹果种质资源,并与前人研究结果进行比较,各性状表现与果实品质分析的评价基本一致。本研究通过对异地保存的野苹果资源果实各性状的综合评价,通过聚类分析从第Ⅱ类群中挑选出 6 个果实果皮高黄酮含量的种质资源 GB-1、HDM-13、HDM-18、GB-8、HDM-21 和 GB-7。可以为高黄酮含量的野苹果资源选育利用提供帮助,为引进野生资源的异位保护提供理论基础和科学指导。

参考文献:

- [1] 陆秋农. 柰的初探[J]. 落叶果树,1994,26(1):9.
- [2] 李育农. 苹果起源演化的考察研究[J]. 园艺学报,1999,26(4):213-220.
- [3] 李育农. 世界苹果和苹果属植物基因中心的研究初报[J]. 园艺学报,1989,16(2):101-108.
- [4] 王磊,崔大方,林培钧,等. 新疆野苹果的种下类型[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版),1998,17(1):37-46.
- [5] 冯涛,张红,陈学森,等. 新疆野苹果果实形态与矿质元素含量多样性以及特异性状单株[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(3):270-276.
- [6] Geibel M, Dehmer K J, Forsline P L. Biological diversity in *Malus sieversii* populations from central Asia[J]. Acta Horticulturae,2000(538):43-50.
- [7] Forsline P L, Aldwinckle H S. Evaluation of *Malus sieversii* seedling populations for disease resistance and horticultural traits[J]. Acta Horticulturae,2004(663):529-534.
- [8] 闫鹏,韩立群,刁永强,等. 新疆野苹果加工制汁适宜性评价研究[J]. 新疆农业科学,2016,53(1):135-141.
- [9] 张学超,任海龙,唐式敏,等. 伊犁天山 160 份野苹果种质资源表型性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2021,22(6):1521-1530.
- [10] 王宪璞,吴玉霞,何天明. 新疆野苹果果实若干性状的遗传多样性分析[J]. 中国野生植物资源,2016,35(1):19-23.
- [11] James D J, Thurbon I J. Phenolic compounds and other factors controlling rhizogenesis *in vitro* in the apple rootstocks M.9 and M.26[J]. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie, 1981, 105(1):11-20.
- [12] 陈志娜,师俊玲,王继勋. 新疆野生苹果(*Malus sieversii*)的总多酚、总黄酮提取物的抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技,2015,36(10):143-147,152.
- [13] 何天明,倪蔚茹,刘青,等. 新疆野苹果果肉类黄酮种类及含量分析[J]. 山东农业科学,2017,49(3):46-51.
- [14] 王昆,刘凤之,曹玉芬,等. 苹果种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- [15] 董爱文,陈阳波,向中,等. 萘酚法测定爬山虎果中糖类的含量[J]. 中国野生植物资源,2003,22(1):47-49.
- [16] 聂继云,吕德国,李静,等. 分光光度法测定苹果果实总黄酮含量的条件优化[J]. 果树学报,2010,27(3):466-470.
- [17] 尚帅斌,郭俊杰,王春胜,等. 海南岛青梅天然居群表型变异[J]. 林业科学,2015,51(2):154-162.
- [18] 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.
- [19] 刁松峰,邵文豪,姜景民,等. 基于种实性状的无患子天然群体表型多样性研究[J]. 生态学报,2014,34(6):1451-1460.
- [20] 童跃伟,唐杨,陈红,等. 红松种子园种群表型多样性研究[J]. 生态学报,2019,39(17):6341-6348.
- [21] 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.
- [22] 胡文舜,陈秀萍,郑少泉. 龙眼 EST-SSR 标记开发及无患子科 5 个属种质遗传多样性分析[J]. 园艺学报,2019,46(7):1359-1372.
- [23] 孙珍珠,李秋月,王小柯,等. 宽皮柑橘种质资源表型多样性分析及综合评价[J]. 中国农业科学,2017,50(22):4362-4383.
- [24] 王海波,陈学森,辛培刚,等. 几个早熟苹果品种果实糖酸组分及风味品质的评价[J]. 果树学报,2007,24(4):513-516.
- [25] Wu J F, Zhang C Y, Chen J Z, et al. Morphological diversity within litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) based on leaf and branch traits[J]. Scientia Horticulturae,2016,207:21-27.
- [26] Shi S, Ma X W, Xu W, et al. Evaluation of 28 mango genotypes for physicochemical characters, antioxidant capacity, and mineral content[J]. Journal of Applied Botany and Food Quality,2015,88:264-273.

张磊,华利忠,郝飞,等. 后非瘟时代猪场 PRRSV 类 NADC30 感染防控案例分析[J]. 江苏农业科学,2023,51(21):182-187.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.21.028

后非瘟时代猪场 PRRSV 类 NADC30 感染防控案例分析

张磊¹, 华利忠^{1,3}, 郝飞¹, 刘蓓蓓¹, 孙叶茂², 冯志新¹, 邵国青¹

(1. 江苏省农业科学院兽医研究所/农业农村部兽用生物制品工程技术重点实验室, 江苏南京 210014;
2. 南京洲邦生物科技有限公司, 江苏南京 210014; 3. 江苏农林职业技术学院, 江苏镇江 212400)

摘要:猪繁殖与呼吸综合征一直是影响养猪业最严重的疾病,通过对 1 个 PRRSV 阴性猪场母猪突发大量流产的病例进行抗体和病原检测,细菌分离鉴定和 MIC 测定,然后制定和实施防控措施和评价指标。结果发现:(1)50 份流产母猪 PRRSV 抗体检测阳性率 100%;(2)母猪血清、流产物、睾丸去势液及保育猪组织样本,PRRSV 阳性率分别为 90.0%、80.0%、100.0% 及 85.7%,但所有样本 CSFV、PRV、PPV 及 SIV 病原均为阴性;(3)4 份 PRRSV 阳性样本经 ORF3、ORF5 及 Nsp2 测序和比对,结果均与 NADC30 同源性最高;(4)保育猪组织样本分离到链球菌和副猪嗜血杆菌, MIC 测定结果显示氟苯尼考和阿莫西林对上述 2 种分离菌最敏感;(5)控制措施实施后的 3 个月,母猪的流产率从发病期的 43.6%,下降至 3.6%,断奶 7 d 内配种率从发病期的 63.3% 上升至 87.5%,哺乳仔猪和保育猪的死亡率分别从发病期的 28.4% 和 38.8% 下降至 3.8% 和 4.7%。通过对该病例的诊断和疫情分析,采用灭活苗免疫接种和药物保健综合防控措施可快速取得效果,为规模化种猪场的 PRRSV 暴发防控提供参考。

关键词:猪繁殖与呼吸综合征;病原检测;最小抑菌浓度;防控;评价

中图分类号:S858.28 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)21-0182-06

自非洲猪瘟于 2018 年进入中国后,对中国的养猪业有着深远的影响^[1-2],尤其是在生物安全方面得到了前所未有的改善,同时也有利于猪场其他疫病的防控。然而,随着对非洲猪瘟疫病关注度不断

提升,对猪繁殖与呼吸综合征(别称猪蓝耳病)的关注度逐渐下降,但并不意味着猪场猪繁殖与呼吸综合征发病率也在下降,还是有很多猪场在控制非洲猪瘟的情况下仍受蓝耳病干扰,从长远角度讲,猪场仍应该把猪繁殖与呼吸综合征作为猪场首要防控对象之一,因为猪繁殖与呼吸综合征是猪场最大的成本漏洞,也是最大的安全漏洞^[3-4]。尤其是近年来,猪繁殖与呼吸综合征病毒(PRRSV)类 NADC30 毒株的传播越发严重^[5]。本研究详细介绍了一 PRRSV 阴性猪场因突发 PRRSV 类 NADC30 毒株感染而暴发母猪流产,并造成细菌继发感染,导致仔猪死亡率增加的病例,对该病例的诊断、防控措施及评价,做了详细的阐述与分析,对临床

收稿日期:2023-01-17

基金项目:国家重点研发计划政府间国际科技创新合作重点专项(编号:2019YFE0107300);江苏省农业科技自主创新资金(编号:CX(22)1011)。

作者简介:张磊(1989—),男,山西长治人,博士研究生,助理研究员,主要从事动物传染病防治研究, E-mail: zhangleisxzc@163.com;共同第一作者:华利忠(1982—),男,江苏无锡人,博士,副研究员,主要从事动物传染病防治研究, E-mail: steven828@126.com。

通信作者:邵国青,博士,研究员,主要从事动物传染病防治研究。 E-mail: gqshaonj@163.com。

[27]刘硕,刘宁,章秋平,等. 中国华北和东北地区杏种质资源遗传多样性分析[J]. 园艺学报,2019,46(6):1045-1056.

[28]匡立学,聂继云,李志霞,等. 不同苹果品种果实矿质元素含量的因子分析和聚类分析[J]. 中国农业科学,2017,50(14):2807-2815.

[29]蒋会兵,宋维希,吴兵,等. 云南茶树种质资源的表型遗传多样性[J]. 作物学报,2013,39(11):2000-2008.

[30]赵孟良,王丽慧,任延靖,等. 257 份菊芋种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 作物学报,2020,46(5):712-725.

[31]董胜君,孙永强,陈建华,等. 野杏无性系表型性状多样性分析及

综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2020,21(5):1156-1166.

[32]高源,王大江,王昆,等. 新疆野苹果叶绿体 DNA 变异与遗传进化分析[J]. 植物遗传资源学报,2020,21(3):579-587.

[33]Gao Y, Liu F Z, Wang K, et al. Genetic diversity of *Malus* cultivars and wild relatives in the Chinese National Repository of Apple Germplasm Resources[J]. Tree Genetics & Genomes, 2015, 11(5):106.

[34]米尔卡米力·麦麦提,刘忠权,马晓东,等. 新疆野苹果的生存现状、问题及保护策略[J]. 广西植物,2021,41(12):2100-2109.