

张露瑶,陈中全,卿东山,等,戴思慧. 100份西瓜种质资源遗传多样性评价[J]. 江苏农业科学,2024,52(21):175-182.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.21.022

100份西瓜种质资源遗传多样性评价

张露瑶,陈中全,卿东山,孙小武,蔡雁平,戴思慧

(园艺作物种质创新与新品种选育教育部工程研究中心/湖南农业大学园艺学院,湖南长沙410000)

摘要:以100份西瓜种质资源为试材,采用变异系数分析、多样性分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析的方法,研究100份西瓜种质资源的遗传多样性。结果表明:34个农艺性状变异系数平均为24.91%,子房形状、果实形状、覆纹形状和单瓜种子数4个指标均超过50%;多样性指数(H')范围在0.44~2.10,最小为叶片缺刻类型,最大为果皮硬度。果实重与果实纵径、果实横径、果形指数、果皮硬度、果皮厚度、中心糖含量均呈极显著正相关关系;15个果实性状根据特征值和累计贡献率简化为4个主成分,这4个主成分代表100份西瓜种质资源的大部分遗传信息,累计贡献率达75.817%。聚类分析显示在欧氏距离为5时,100份西瓜种质资源分为4个类群:第Ⅰ类群含51份西瓜种质资源,主要为圆形中果形瓜,种质综合性状中等;第Ⅱ类群包含33份种质材料,主要为圆形小果形瓜,含1份特异覆纹种质;第Ⅲ类群的2份种质资源农艺性状优异,主要为椭圆形大果,且果皮硬度大,宜作运输储藏亲本材料;第Ⅳ类群有14份种质资源,主要为圆形大果形瓜,宜作籽小高糖的亲本材料。

关键词:西瓜;种质资源;相关性分析;主成分分析;聚类分析

中图分类号:S651.037 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)21-0175-07

西瓜是我国重要的园艺作物,在瓜果类生产和供应中具有重要的地位。但由于西瓜遗传背景狭窄,目前全球西瓜育种面临的首要任务是拓宽西瓜遗传基础、培育优异种质以及提高西瓜品种改良效率^[1]。种质资源是作物育种的重要物质基础,全面了解和析种质资源的遗传多样性,是破解西瓜育种困境的重要手段^[2],所以研究西瓜种质资源不同表型性状间的相互关系及其遗传多样性尤其重要。近年来,我国开展了西瓜种质资源遗传多样性研究并取得了一定进展。孙波等利用23对西瓜核心SSR引物对湖南省主栽西瓜品种进行了遗传多样性分析,聚类结果显示在遗传距离为0.66处可将湖南省主栽品种分为4类^[3]。王志强等对29份西瓜种质资源的6个主要数量性状进行了主成分分析、多样性分析以及相关性分析,综合评价了29份参试材料,最终选出10份表现优异的品种,为优异品质的选育提供了重要参考^[4]。高宁宁等利用相关序列

扩增多态性(SRAP)分子标记研究了45份小果型西瓜种质资源的遗传多样性和亲缘关系,研究表明,雄性可育比雄性不育小果型的遗传多样性丰富,为今后小果型西瓜种质及遗传育种研究奠定了基础^[5]。

本研究对100份西瓜种质资源进行了农艺性状调查,观察记录了34个形态学性状,通过多种表型性状分析方法,研究了西瓜种质资源的遗传多样性特点;同时通过聚类分析,明确了它们的分类和亲缘关系,以为西瓜种质资源的分类和新品种选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试的100份西瓜种质资源均由中国农业科学院郑州果树研究所国家西瓜甜瓜中期库提供。具体名称见表1。

1.2 试验方法

试验于2023年3—7月在湖南农业大学人民东路试验基地(113°E,28°N)和园艺作物种质创新与新品种选育教育部工程研究中心进行。3月25日播种,穴盘育苗;5月4日4叶期定植。每份材料定植10株,株、行距分别为0.4、2.0 m,采用爬地栽培方式,双蔓整枝。开花期进行人工套袋授粉,每株

收稿日期:2023-10-26

基金项目:国家重点研发计划(编号:2020YFD1000300);国家西甜瓜产业技术体系项目(编号:CARS-25)。

作者简介:张露瑶(1998—),女,湖南娄底人,硕士研究生,主要从事西瓜分子育种研究。E-mail:2506572954@qq.com。

通信作者:戴思慧,博士,教授,主要从事西甜瓜种子生产与育种研究。E-mail:daisihui@126.com。

表 1 100 份西瓜种质资源名称

编号	名称	编号	名称
MK001	苏联 2 号	MK051	旭大和
MK002	苏联 3 号	MK052	54
MK003	昌蜜红	MK053	3301
MK004	美丽托夫斯基	MK054	Klondike - 7
MK005	火洲 1 号	MK055	中育 1 号
MK006	美 45049	MK056	WW103
MK007	伊选	MK057	苏蜜 1 号
MK008	PI 278050	MK058	枕形 RG
MK009	PI 278011	MK059	3348(母)
MK010	PI 278014	MK060	小籽 4 号
MK011	PI 278016	MK061	PI 525096
MK012	PI 278019	MK062	开杂 5 号 - 1
MK013	PI 278029	MK063	郑抗 1 号 - 5
MK014	PI 277987	MK064	G - 1 - 10
MK015	PI 277989	MK065	郑抗 1 号 - 4
MK016	PI 277995	MK066	小钢皮
MK017	PI 277997	MK067	郑引 49 号
MK018	PI 278002	MK068	中育 2 号
MK019	郑资 69 号	MK069	美编
MK020	郑资 84 号	MK070	PI 596667
MK021	齐 15	MK071	沂南蜜
MK021	查理斯顿选	MK072	法国西瓜长
MK022	郑引 46 号	MK073	I
MK023	郑引 47 号	MK074	T2 - 2
MK024	郑引 52 号	MK075	Sugar ice cream
MK025	郑引 55 号	MK076	307 超风
MK026	郑引 56 号	MK077	长蜜宝
MK028	新引西 4 号	MK078	郑引 34 号
MK029	克杂	MK079	白玉
MK030	火州	MK080	邵选 201
MK031	引田 2 号	MK081	中石红
MK032	MY - 3	MK082	K3
MK033	852	MK083	石红 1 号
MK034	洛菲林	MK084	金露
MK035	早花	MK085	粤茶
MK036	PO	MK086	龙蜜
MK037	华宝	MK087	特早 - 1
MK038	PI 278003	MK088	郑引 68 号
MK039	郑资 119 号	MK089	新红宝 - 1
MK040	红花	MK090	顶心红
MK041	新西 2 号	MK091	35 - 2 δ
MK042	大和冰淇淋	MK092	红小玉
MK043	兴城 37	MK093	香久山
MK044	花圆抗病	MK094	黄金
MK045	牌楼 40 号	MK095	乙女
MK046	兴城 8221	MK096	小西瓜 - 4
MK047	134	MK097	5507 - 1
MK048	富研	MK098	香小瓜
MK049	齐长	MK099	新大和 2 号
MK050	蜜宝	MK100	郑引 49 号

留 1 果。常规水肥管理。每份材料随机选取 5 株进行性状记载及数据调查。

1.3 测定指标

对 100 份西瓜种质的 34 个农艺性状的调查主要参考马双武等《西瓜种质资源描述规范和数据标准》^[6]。数量性状利用游标卡尺、电子秤、手持测糖仪、硬度计进行测量,质量性状按照表 2 进行赋级。

1.4 数据处理及分析

采用 Excel 2019 对 100 份西瓜种质资源的农艺性状数据进行汇总,计算每份种质资源数量性状的最大值、最小值、平均值、标准差和变异系数;采用 SPSS 26.0 软件进行相关性分析、主成分分析和聚类分析。数量性状测量值根据平均值(X)、标准差(S)将每个性状测量数据分为 10 级,从第 1 级 $X - 2S$ 到第 10 级 $\geq X + 2S$,中间每 0.5S 为 1 级,统计各性状在 10 个级别中的分布频率。每级的相对频率(P_i)用于计算多样性指数。采用 Shannon's 信息指数(H')对各性状的遗传多样性进行评价。公式为 $H' = - \sum (P_i) (\ln P_i) (i = 1, 2, 3, \dots, n)$,式中: P_i 表示某个性状处于第 i 级别内的材料份数占总样本数的比例。

2 结果与分析

2.1 西瓜种质资源质量性状遗传多样性分析

对 100 份西瓜种质资源的 15 个质量性状进行频率统计和变异分析,结果(表 3)表明,15 个质量性状的变异系数范围为 11.42% ~ 58.52%,平均值为 28.22%。叶片缺刻类型的变异系数最低,为 11.42%,变异幅度小,遗传较稳定。变异系数最高的为果实形状,变异系数为 58.52%,其次是覆纹形状(53.30%)和子房形状(52.29%),均高于 50%,变异系数高,变异丰富。15 个质量性状的多样性指数范围为 0.44 ~ 1.65,其中叶片缺刻类型的多样性指数数值最小,仅为 0.44;最大的为果肉颜色,为 1.65。多样性指数 > 1 的还有果皮底色(1.58)、覆纹颜色(1.18)、果肉质地(1.18)和覆纹形状(1.01)。多样指数 > 1 说明遗传多样性高,种质间差异越大,性状的多样性越丰富。

参试的 100 份西瓜种质资源子叶颜色大部分为绿色(74.00%),子叶形状大部分为卵圆形(74.00%)。62%的种质资源株型为疏散型,38.00%为紧凑型。叶片颜色 74.00%为绿色,叶片缺刻类型主要为 3 对(86.00%),有 19%的种质资源开雌

表2 15个质量性状赋级

性状	分级										
	1级	2级	3级	4级	5级	6级	7级	8级	9级	10级	11级
株型	丛生	紧凑	疏散								
雌雄两性花	无	有									
子叶颜色	黄	黄绿	浅绿	绿	深绿						
子叶形状	椭圆形	卵圆形									
叶柄姿态	直立	半直立	平伸								
叶片颜色	黄	黄绿	浅绿	绿	深绿						
叶片缺刻类型	1对	2对	3对	4对							
子房形状	圆	椭	长椭								
果粉	无	有									
果实形状	圆形	椭圆形	橄榄形	圆柱形							
果皮底色	浅黄	黄	深黄	绿白	浅绿	黄绿	绿	深绿	墨绿		
覆纹颜色	无	浅黄	黄	深黄	浅绿	绿	深绿	墨绿			
覆纹形状	网条	齿条	条带	放射条	斑点						
果肉颜色	白	乳白	浅绿	浅黄	黄	橙黄	粉红	桃红	红	橘红	大红
果肉质地	软	沙	酥脆	脆	硬						

表3 100份西瓜种质资源质量性状的分布频率及变异系数

性状	占比(%)											多样性指数	变异系数(%)
	1级	2级	3级	4级	5级	6级	7级	8级	9级	10级	11级		
子叶颜色	0.00	1.00	13.00	74.00	12.00							0.79	13.61
子叶形状	26.00	74.00										0.57	25.34
株型	0.00	38.00	62.00									0.66	18.62
雌雄两性花	81.00	19.00										0.49	33.13
子房形状	76.00	10.00	14.00									0.71	52.29
叶柄姿态	39.00	61.00										0.67	18.78
叶片颜色	0.00	1.00	13.00	74.00	12.00							0.79	13.61
叶片缺刻类型	0.00	1.00	86.00	13.00								0.44	11.42
果粉	52.00	48.00										0.69	33.93
果实形状	76.00	10.00	10.00	4.00								0.80	58.52
果皮底色	0.00	1.00	0.00	28.00	10.00	3.00	37.00	12.00	9.00			1.58	28.20
覆纹颜色	0.00	1.00	0.00	4.00	39.00	14.00	42.00					1.18	18.01
覆纹形状	58.00	28.00	12.00	2.00								1.01	53.30
果肉颜色	0.00	0.00	0.00	3.00	5.00	3.00	24.00	17.00	39.00	4.00	5.00	1.65	18.88
果肉质地	2.00	15.00	19.00	57.00	0.00							1.18	25.69

雄两性花。子房形状和果实形状大部分为圆形,均占76.00%,52.00%的果皮无果粉附着。果皮底色为绿色(37.00%)最多,覆纹颜色最多的为深绿色(42.00%),覆纹形状58.00%为网条,果肉颜色大部分为红色(39.00%),果肉质地有57.00%为脆。

2.2 西瓜种质资源数量性状遗传多样性分析

对100份西瓜种质资源的19个数量性状进行观察统计,计算各值,结果见表4。19个数量性状变异系数的平均值为22.30%,变化范围在10.28%~

50.19%,叶形指数的变异系数最小,表明该性状离散程度低,变异较稳定。单瓜种子数的变异系数最大,表明该性状离散程度高,变异丰富。其余变异系数>30%的还有种子千粒重(41.94%)、果皮厚度(31.09%)和果实重(33.95%),表明这3个农艺性状变异较丰富。变异系数<15%的有叶形指数(10.28%)、果实横径(12.74%)、叶片长度(13.28%)、边糖含量(14.15%)、叶片宽度(14.30%)和中心糖含量(14.37%),说明这6个性

状的变异程度较低,遗传较稳定。19个数量性状的多样性指数在1.44~2.10之间,平均值为1.93,数量性状的多样性指数均高于质量性状,且均大于1,这说明西瓜种质数量性状的变异范围更大。多样

性指数 > 2 的有果皮硬度(2.10)、叶柄长度(2.00)、果实重(2.01)、边糖含量(2.02)、果皮厚度(2.03)、子叶宽度(2.04)、节间长度(2.04),说明这7个数量性状遗传多样性较丰富,改良潜力大。

表4 100份西瓜种质资源数量性状的描述及变异系数

性状	最小值	最大值	均值	标准差	变异幅度	变异系数 (%)	多样性指数
子叶长度(cm)	1.80	4.80	3.11	0.69	3.00	22.24	1.99
子叶宽度(cm)	1.40	3.50	2.10	0.43	2.10	20.46	2.04
第1雌花开放节位(节)	6.50	15.00	10.50	1.73	8.50	16.50	1.87
叶片长度(cm)	11.60	32.20	23.75	3.15	20.60	13.28	1.96
叶片宽度(cm)	12.47	29.10	19.99	2.86	16.63	14.30	1.97
叶形指数	0.79	1.76	1.19	0.12	0.97	10.28	1.80
叶柄长度(cm)	6.57	12.55	9.32	1.57	5.98	16.90	2.00
叶柄粗度(cm)	2.74	7.69	5.59	0.97	4.95	17.32	1.95
节间长度(cm)	5.95	15.67	10.20	1.79	9.72	17.53	2.04
果实重(g)	977.00	6 657.00	3 012.63	1 022.64	5 680.00	33.95	2.01
果实纵径(cm)	11.33	40.50	20.32	4.59	29.17	22.59	1.78
果实横径(cm)	10.33	20.47	16.45	2.10	10.13	12.74	1.92
果形指数	0.98	2.50	1.25	0.31	1.52	24.77	1.44
果皮厚度(cm)	0.25	1.40	0.80	0.25	1.15	31.09	2.03
果皮硬度(kg/cm ²)	3.32	14.55	8.38	2.44	11.23	29.09	2.10
中心糖含量(%)	5.80	12.73	9.84	1.41	6.93	14.37	1.94
边糖含量(%)	5.07	10.35	7.89	1.12	5.28	14.15	2.02
单瓜种子数(粒)	38.00	428.00	182.27	91.49	390.00	50.19	1.96
种子千粒重(g)	18.56	125.03	53.09	22.27	106.47	41.94	1.79

2.3 100份西瓜种质资源果实性状相关性分析

为充分评价100份西瓜种质资源,对10个果实性状进行相关性分析(表5)。结果显示,相关性极显著的有15对,相关性显著的有5对。果实重与果实纵径、果实横径、果形指数、果皮厚度、果皮硬度、中心糖含量呈极显著正相关关系,与边糖含量呈显著正相关关系,说明果实重对西瓜含糖量有较大影响。果皮厚度与果皮硬度呈极显著正相关关系,与边糖含量呈显著正相关关系,一般果皮厚度越厚,果皮硬度越大,越耐储藏与运输;果皮厚度也会影响边糖含量。中心糖含量与边糖含量呈极显著正相关关系,一般中心糖含量越高,边糖含量也越高;中心糖含量与种子千粒重呈极显著负相关关系,这可能是长期人工选择导致的结果。单瓜种子数与其他果实性状相对独立,这说明单瓜种子数不因这些性状的变化而改变。

2.4 100份西瓜种质资源果实性状主成分分析

对100份西瓜种质资源的10个果实数量性状

进行主成分分析,结果见表6。前4个主成分特征值>1,且累计贡献率达75.817%,能够概括全部性状的75.817%的遗传信息。第1主成分特征值为2.919,贡献率为29.186%,其中果实重特征向量值最大,为0.872,主要反映了西瓜的重量,可称为质量因子。第2主成分特征值为1.979,贡献率为19.789%,从特征向量值大小可以看出起决定作用的是中心糖和边糖含量,其特征向量值分别为-0.650和-0.642,主要反映西瓜含糖量,可称为果实糖度因子。第3主成分特征值为1.589,贡献率为15.885%,单瓜种子数的特征向量值最大,为0.572,该成分主要反映西瓜种子数的多少,可称为种子数量因子。第4主成分特征值为1.096,贡献率为10.957%,单瓜种子数特征向量值最大,为0.542。

通过主成分分析,计算100份西瓜种质资源的主成分得分值。各主成分用 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 表示,10个果实性状用 $X_1 \sim X_{10}$ 表示,根据各主成分的贡献率

权重得到以下方程式： $F_{总} = 0.385F_1 + 0.261F_2 + 0.210F_3 + 0.145F_4$ 计算每份材料综合得分，得分见

表 7。排名前 5 的材料分别为 MK027、MK093、MK037、MK091、MK031。

表 5 果实形状相关性分析

性状	相关系数									
	果实重	果实纵径	果实横径	果形指数	果皮厚度	果皮硬度	中心糖含量	边糖含量	单瓜种子数	种子千粒重
果实重	1.00									
果实纵径	0.71**	1.00								
果实横径	0.62**	0.22*	1.00							
果形指数	0.33**	0.83**	-0.34**	1.00						
果皮厚度	0.30**	0.24*	0.29**	0.09	1.00					
果皮硬度	0.29**	0.37**	0.19	0.26**	0.27**	1.00				
中心糖含量	0.38**	0.17	0.29**	0.03	0.18	-0.10	1.00			
边糖含量	0.23*	0.12	0.19	0.02	0.23*	-0.14	0.73**	1.00		
单瓜种子数	-0.06	-0.06	0.12	-0.11	0.10	0.15	-0.02	0.10	1.00	
种子千粒重	-0.11	-0.03	-0.03	-0.02	0.07	0.25*	-0.27**	-0.19	0.19	1.00

注：* 表示相关性显著 ($P < 0.05$)；** 表示相关性极显著 ($P < 0.01$)。

表 6 15 个农艺性状主成分分析

性状	特征向量值			
	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分
果实重	0.872	0.022	0.044	-0.329
果实纵径	0.817	0.456	-0.246	-0.011
果实横径	0.535	-0.332	0.536	-0.493
果形指数	0.497	0.611	-0.529	0.294
果皮厚度	0.504	-0.028	0.377	0.207
果皮硬度	0.400	0.529	0.415	0.007
中心糖含量	0.555	-0.650	-0.186	0.210
边糖含量	0.468	-0.642	-0.133	0.451
单瓜种子数	0.026	-0.027	0.572	0.542
种子千粒重	-0.131	0.413	0.515	0.271
特征值	2.919	1.979	1.589	1.096
贡献率 (%)	29.186	19.789	15.885	10.957
累计贡献率 (%)	29.186	48.975	64.860	75.817

2.5 100 份西瓜种质资源聚类分析

利用 SPSS 26.0 软件对 100 份西瓜种质资源的 34 个农艺性状进行数据分析，绘制聚类图 (图 1)，100 份西瓜种质资源在欧氏距离为 5 时可以分为 4 个类群。

第 I 类包含 MK001 和 MK096 等 51 份材料。以圆形瓜中果形为主，含 2 份橙黄色果肉种质，分别为 MK021 和 MK053，可做特异种质培育。单瓜重平均为 3 191.61 g，中心糖含量平均为 10.01%，边糖含量平均为 7.91%，单瓜种子数平均 167 粒。种子千粒重平均 53.20 g。该类群在 4 个类群中各性状均处于中等。

第 II 类含 MK003 和 MK100 等 33 份材料。主

要为圆形小果形瓜为主，覆纹形状以网条状为主，少部分齿条和条带，含有 1 份斑点状覆纹种质，为 MK063，可做特殊覆纹种质利用。单瓜重平均为 1 935.62 g，中心糖含量平均为 9.17%，边糖含量平均为 7.66%，单瓜种子数平均为 202 粒，种子千粒重平均为 55.93 g，该类群是 4 个类群中含糖量最低的，但单瓜种子数是最多的，可作高产亲本材料。

第 III 类仅含 2 份种质，分别为 MK016 和 MK027。主要特征是椭圆形的大果形，果肉颜色为红色。果实重平均为 6 600.50 g，果皮硬度平均为 12.36 kg/cm²，果实中心糖含量平均为 9.35%，边糖含量平均为 7.73%。单瓜种子数平均为 164 粒，种子千粒重平均为 67.66 g。该类群是 4 个类群中单瓜重最大的，且果皮硬度最大，可作大果形、宜储藏运输的亲本材料。

第 IV 类含 MK031 和 MK091 等 14 份材料。以圆形大果形瓜为主，其中 MK031 种质为斑点状覆纹，橘红色果肉，可作为特殊种质培育。单瓜重平均值为 4 386.79 g，果实纵径和横径的平均值分别为 23.53、18.75 cm。中心糖含量平均为 10.88%，边糖含量平均为 8.40%。单瓜种子数平均为 194 粒，种子千粒重平均为 43.92 g，该类群在 4 个类群中含糖量最高，种子千粒重最轻，可作为亲本培育籽小而高糖的品种。

3 讨论与结论

形态学标记、染色体标记、等位酶标记和 DNA 分子标记是植物遗传多样性分析的 4 种方法^[7-9]。

表7 各品种得分值

品种编号	得分	排名	品种编号	得分	排名	品种编号	得分	排名	品种编号	得分	排名	品种编号	得分	排名
MK027	4.747	1	MK096	0.745	21	MK050	0.211	41	MK046	-0.281	61	MK069	-1.066	81
MK093	3.815	2	MK015	0.662	22	MK025	0.203	42	MK064	-0.329	62	MK016	-1.068	82
MK037	2.915	3	MK028	0.657	23	MK060	0.163	43	MK034	-0.359	63	MK007	-1.112	83
MK091	2.607	4	MK071	0.655	24	MK087	0.135	44	MK010	-0.467	64	MK068	-1.144	84
MK031	2.305	5	MK054	0.628	25	MK094	0.124	45	MK067	-0.523	65	MK001	-1.164	85
MK031	2.305	5	MK018	0.616	26	MK012	0.093	46	MK021	-0.525	66	MK099	-1.195	86
MK072	1.893	7	MK089	0.615	27	MK090	0.072	47	MK006	-0.559	67	MK053	-1.262	87
MK004	1.660	8	MK022	0.605	28	MK036	0.047	48	MK052	-0.569	68	MK081	-1.270	88
MK075	1.543	9	MK026	0.604	29	MK056	0.031	49	MK076	-0.586	69	MK077	-1.368	89
MK008	1.431	10	MK100	0.584	30	MK029	0.029	50	MK078	-0.587	70	MK038	-1.442	90
MK061	1.351	11	MK045	0.577	31	MK065	0.013	51	MK084	-0.596	71	MK073	-1.639	91
MK062	1.333	12	MK002	0.487	32	MK086	-0.002	52	MK040	-0.597	72	MK003	-1.704	92
MK082	1.262	13	MK014	0.467	33	MK085	-0.009	53	MK047	-0.614	73	MK095	-1.874	93
MK049	1.164	14	MK009	0.455	34	MK057	-0.012	54	MK059	-0.643	74	MK063	-2.035	94
MK023	1.089	15	MK070	0.439	35	MK039	-0.064	55	MK005	-0.662	75	MK042	-2.071	95
MK088	1.041	16	MK020	0.432	36	MK017	-0.101	56	MK083	-0.683	76	MK080	-2.283	96
MK074	1.034	17	MK048	0.392	37	MK033	-0.101	57	MK079	-0.776	77	MK055	-2.352	97
MK032	0.956	18	MK092	0.374	38	MK035	-0.140	58	MK044	-0.827	78	MK097	-2.672	98
MK019	0.783	19	MK043	0.369	39	MK051	-0.173	59	MK024	-0.841	79	MK058	-2.685	99
MK030	0.749	20	MK041	0.212	40	MK013	-0.185	60	MK011	-0.889	80	MK098	-3.163	100

此试验所使用的形态学标记是目前诸多评价方法中最为基础、直观且容易操作的方法,在各个领域研究中被广泛应用,如黄瓜^[10]、番茄^[11]、绿豆^[12]、芝麻^[13]等。

该试验通过对100份西瓜种质资源的34个农艺性状进行综合分析,结果表明这100份西瓜种质资源的34个植物学性状具有丰富的遗传多样性。多样性指数范围为0.44~2.10,最大值为果皮硬度,说明该性状的遗传背景复杂。数量性状的多样性指数普遍高于质量性状,说明西瓜种质数量性状的变化幅度更大。变异系数越大表明离散程度越高,该性状变异程度越大^[14]。34个农艺性状的变异系数范围在10.28%~58.52%,平均值为24.91%;其中变异系数最大的是果实形状,达到58.52%,说明供试材料中果实形状的离散程度较高、变异幅度大,可以为今后西瓜品种改良提供多种选择。

相关性分析可探究不同农艺性状之间的相关密切程度^[15]。通过对果实性状的相关性分析,结果表明100份西瓜种质资源的果实性状之间基本都存在极显著或显著的相关性。果实重与果实纵径、果实横径、果形指数、果皮厚度、果皮硬度、中心糖含

量都呈极显著正相关关系,说明果实重与这6个农艺性状的关联性强。果皮厚度与果皮硬度呈极显著正相关关系,这与尚建立等的研究结果^[16]一致。

主成分分析可以在一定程度上为育种者进行重要目标性状的选择提供必要信息^[17-18]。主成分分析结果显示,前4个主成分的累计贡献率为75.817%,包含了果实性状指标的大部分信息,可作为西瓜种质资源果实性状平均综合指标。通过分析,筛选出5份综合农艺性状较优异的种质资源,分别为MK027、MK093、MK037、MK091、MK031。

聚类分析法广泛应用在揭示作物种质资源间遗传关系的研究中^[19-20]。本试验通过聚类分析将100份西瓜种质资源分为4个类群,第Ⅰ类群主要特征为圆形中果,含糖量较高,该类群性状均处于中等;第Ⅱ类群主要为圆形小果,含糖量是4个类群中最低的,单瓜种子数平均为202粒,是4个类群中最多的;第Ⅲ类群主要为椭圆形大果,平均单瓜重达到6600.50g,种子千粒重平均为67.66g,是4个类群中最重的,可培育高产高品质西瓜品种;第Ⅳ类群主要为圆形大果形瓜,中心糖和边糖含量平均值分别为10.88%、8.40%,种子千粒重平均为43.92g,是4个类群中含糖量最高、千粒重最轻的,

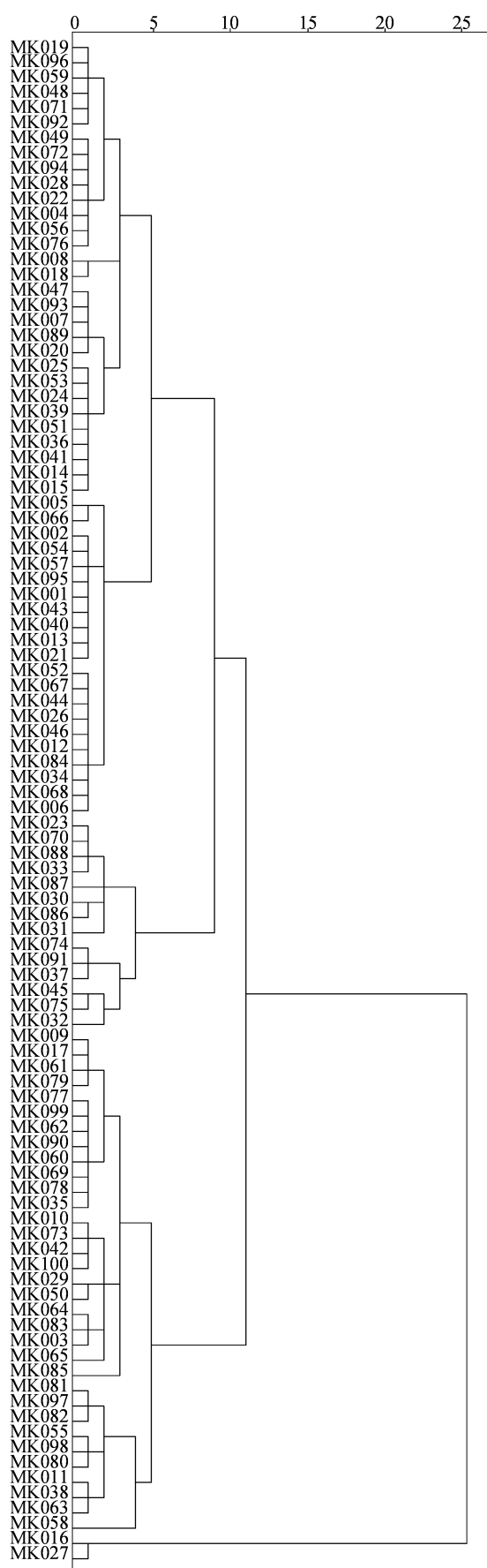


图1 100份西瓜种质聚类图

说明小籽型瓜最多。

综上,通过对 100 份西瓜种质资源的 34 个农艺性状进行综合评价,表明其变异幅度大,遗传多样性丰富,相关性密切。但仅从形态学角度来分析,并不能全面揭示各种质间的遗传变异水平,还需从基因水平深入,通过分子标记的方法来揭示种质间的遗传变异,为今后西瓜育种提供更科学的参考意义。

参考文献:

- [1]王 准,许 勇,张海英. 1 197 份西瓜种质资源遗传多样性和群体结构分析及核心种质构建[J]. 中国瓜菜,2019,32(8):210.
- [2]陆忠杰,杨正禹,罗 奔,等. 75 份箭筈豌豆种子形态特征遗传多样性评价[J]. 草业科学,2022,39(9):1793-1802.
- [3]孙 波,易宝元,杨莲花,等. 湖南主栽西瓜品种指纹图谱构建及遗传多样性分析[J]. 北方园艺,2023(10):31-36.
- [4]王志强,郭 松,刘声锋,等. 西瓜种质资源果实主要数量性状的主成分分析[J]. 东北农业大学学报,2014,45(3):59-64.
- [5]高宁宁,李晓慧,康利允,等. 小果型西瓜种质资源的遗传多样性分析[J]. 西南农业学报,2022,35(8):1895-1902.
- [6]马双武,刘君璞. 西瓜种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2005:3-104.
- [7]Ahmad Shah R, Bakshi P, Jasrotia A, et al. Morphological to molecular markers: plant genetic diversity studies in walnut (*Juglans regia* L.): a review[J]. Erwerbs - Obstbau, 2023, 65(5): 1499-1511.
- [8]Khatun F, Rahman M M, Habib M A, et al. Genetic diversity analysis of some local biodiesel plant (*Jatropha curcas* L.) in Bangladesh [J]. Journal of the Bangladesh Agricultural University, 2019, 17(4):437-445.
- [9]Schultz C J, Goonetilleke S N, Liang J P, et al. Analysis of genetic diversity in the traditional Chinese medicine plant 'kushen' (*Sophora flavescens* Ait.) [J]. Frontiers in Plant Science, 2021, 12:704201.
- [10]李 悦,宋晓飞,杨艳红,等. 100 份黄瓜种质资源商品瓜主要品质性状分析[J]. 安徽农业科学,2023,51(2):51-54,59.
- [11]范惠冬,郑土金,郑建超,等. 74 份大果番茄种质资源表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 江苏农业科学,2023,51(15):121-129.
- [12]康泽然,王晓磊,魏云山,等. 绿豆种质资源主要农艺性状、经济性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 江苏农业科学,2022,50(21):36-41.
- [13]庄秋丽,黄玉波,李伟峰,等. 芝麻种质资源农艺性状的遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学,2023,51(6):55-60.
- [14]王 铭,刘 江,王长彪,等. 109 份西瓜育种材料果实性状的遗传多样性分析[J]. 中国瓜菜,2020,33(10):23-28.
- [15]任广乾,杨世康,卞世杰,等. 基于相关性和主成分分析评价南瓜的营养品质[J]. 中国瓜菜,2023,36(6):37-42.
- [16]尚建立,王吉明,郭琳琳,等. 西瓜种质资源主要植物学性状的