

闫洪朗,王 康,何林池,等. 江苏省甜瓜新品种主要形态性状的遗传多样性及相关性分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(7):121-124.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.07.029

江苏省甜瓜新品种主要形态性状的遗传多样性及相关性分析

闫洪朗¹,王 康¹,何林池¹,魏小云¹,任海建²,吴俊平³,朱镇杰⁴

(1. 江苏沿江地区农业科学研究所,江苏南通 226541; 2. 江苏省南通市作物栽培技术指导站,江苏南通 226006;

3. 南通市长江种子公司,江苏南通 226000; 4. 南通致豪现代农业科技发展有限公司,江苏南通 226000)

摘要:于 2014、2015 年对江苏省甜瓜区域试验中的 17 个甜瓜品种的 16 个形态性状进行调查,分析其性状间相关性 & 遗传多样性。结果表明,甜瓜品种 5 个质量性状遗传多样性指数在 0.92 ~ 1.76 之间,11 个数量性状遗传多样性指数在 1.31 ~ 1.79 之间,说明甜瓜具有丰富的遗传多样性;甜瓜果实多个性状之间的相关性达到极显著水平 ($P < 0.01$);经聚类分析与主成分分析,将 17 个甜瓜品种划分为厚皮甜瓜与薄皮甜瓜 2 个类型,与厚皮甜瓜类型相比,薄皮甜瓜品种间遗传距离相对较近,遗传基础较为狭窄。

关键词:甜瓜;形态性状;遗传多样性指数;相关性;聚类分析;质量性状;数量性状

中图分类号: S652.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)07-0121-04

甜瓜(*Cucumis melo* L.)属葫芦科甜瓜属蔓性草本植物,果实香甜,含有碳水化合物、蛋白质、脂肪、矿物质及其他维生素,以鲜食为主,是重要的经济作物之一,在国内外广泛栽培。甜瓜具有十分丰富的遗传多样性,包含许多遗传变异类型,而其中果实性状变异最为明显^[1-2]。目前,依据甜瓜果实性状变异,生产研究中将甜瓜分为厚皮甜瓜(*ssp. melo*)和薄皮甜瓜(*ssp. agrestis*)2 大类^[3],在生态学特性上有着显著区别。作为甜瓜主要育种目标的果实性状多为数量性状,其遗传力有高有低,且彼此存在不同程度的正负相关,如何从错综复杂的众多数量性状中进行有效的综合选择,一直是育种工作者关注和面临的棘手问题。为实现高产、优质、高效的甜瓜育种目标,了解其果实性状间的遗传相关性,协调各性状构成因素之间的关系十分必要。白戈等研究甜瓜 F_2 群体农艺性状表明,果质量与果宽、果长及果长与果宽均表现出极显著正相关^[4]。胡建斌等对 15 个薄皮甜瓜品种 9 个果实相关性状进行分析,结果表明,单果质量、果肉厚、种子千粒质量与产量关联度相对较大,果肉厚、首花节位、种子千粒质量与单果质量关联度相对较大,首花节位、果横径、种子千粒质量与可溶性固形物含量关联度相对较大^[5]。王学征等分析甜瓜品系主要性状时发现,薄皮甜瓜中心糖含量与分枝数、茎粗、生育期呈极显著正相关^[6]。曲振环研究表明,果肉厚度、果实横径、果实纵径与平均单果质量,果实横径、果实纵径与果肉厚度,

果实横径与果实纵径均达到极显著正相关^[7]。文乐欣等研究甜瓜种质资源 24 个性状发现,种子千粒质量、种子长度与种子宽度,果实横径、果肉厚度与单果质量达到极显著正相关^[8]。张雪娇研究甜瓜 $F_{6:7}$ 代家系发现,果实长度与果实宽度、种腔大小、果肉厚度达到极显著正相关^[9]。

近年来,虽然研究者利用数量分布、聚类分析或主成分分析对甜瓜地方品种(系)进行了遗传多样性研究^[10-14],但却鲜见对甜瓜新育成品种采用多种方法进行综合研究的报道。本研究以参加江苏省甜瓜区域试验的 17 个甜瓜品种为材料,观察记录其 16 个形态学性状,并将相关性分析、主成分分析及聚类分析 3 种方法相结合,综合分析甜瓜品种主要农艺性状的遗传多样性,为甜瓜新品种选育、推广与利用打下良好基础。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

供试厚皮甜瓜品种有瑞月、脆宝、华月、H11238、苏甜 1 号、H21105、苏甜 3 号、苏甜 4 号、春圣、佳蜜、雪里红,薄皮甜瓜品种有锦甜 1 号、锦甜 2 号、通甜 1 号、通甜 2 号、通甜 3 号、日本甜宝。

1.2 表型性状调查

本试验于 2014、2015 年在江苏沿江地区农业科学研究所试验基地内进行,采用保护地育苗,塑料大棚定植,高畦栽培,行距 80 ~ 100 cm,株距 50 ~ 60 cm,每小区面积 10 m²,随机区组设计,重复 3 次,常规管理。在甜瓜果实成熟期,每小区随机选取 3 ~ 5 株,调查甜瓜种质的表型性状,包括果皮底色、果面网纹、果肉颜色、肉质、果实香味 5 个质量性状及单果鲜质量、果实纵径、果实横径、果肉厚度、果腔纵径、果腔横径、果实中心糖含量、果实边缘糖含量、果实糖含量边心差、果实发育期、全生育期 11 个数量性状。果实纵径、果实横径、果肉厚度、果腔纵径、果腔横径用直尺测量;单果鲜质量用型号 JCS

收稿日期:2016-11-01

基金项目:江苏省南通市科技项目(编号:MS12015079、MS12015081、MS12015077、HL2014042);江苏沿江地区农业科学研究所青年科技基金(编号:G162604)。

作者简介:闫洪朗(1986—),男,江苏徐州人,博士,助理研究员,从事甜瓜分子育种研究。E-mail:yanhonglang1986@163.com。

通信作者:何林池,研究员,从事甜瓜育种研究。E-mail:helinchi@sina.com。

-600 的电子秤称量;果实糖含量用 TD-35 型手持测糖仪测定。统计分析时,取不同年份数据的平均值。

1.3 数据统计分析

甜瓜性状调查参照《甜瓜种质资源描述规范和数据标准》^[15]和 Stepansky 等的方法^[1]进行统计、分级和赋值,质量性状分级见表 1。数量性状根据平均值(\bar{X})和标准差(δ)分为 10 级,1 级: $<\bar{X}-2\delta$,10 级: $\geq\bar{X}+2\delta$,中间每级相差 0.5 δ ,采用 Excel 软件统计各性状的最大值、最小值、平均值、极差和变异系数。各性状的遗传多样性采用 Shannon's 信息指数(H')进行评价,计算公式如下:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i。$$

式中: P_i 表示第 i 种变异类型出现的频率。用所有相应的各个性状多样性指数的平均值表示 1 组或所有种质的遗传多样性程度。采用 SPSS 22.0 软件对数据进行相关性分析、主成分分析及聚类分析。聚类分析时,先对甜瓜品种的形态性状赋值产生原始矩阵,接着对原始矩阵进行标准化处理,最后以平方欧氏距离为度量准则,以组间联接聚类方法进行聚类。主成分分析时,先对赋值后的数据进行标准化,再根据标准化后的数据矩阵求出协方差和相关矩阵,然后获得特征值、特征向量和方差贡献率等,从而确定主成分。

表 1 甜瓜质量性状描述与分级

级别	性状				
	果皮底色	果面网纹	果肉颜色	肉质	果肉香气
1	白	无	乳白	软	无
2	黄白	稀	白	面	淡
3	黄	密	黄白	脆	浓
4	黄绿		浅绿	绵	
5	绿		绿	硬	
6			橙		
7			橙红		

2 结果与分析

2.1 甜瓜质量性状遗传多样性

由表 2 可见,甜瓜品种质量性状多样性指数的变化范围介于 0.92~1.76 之间,平均值为 1.31;果面网纹多样性指数相对最低,果肉颜色多样性指数相对最高;除果面网纹外,其他质量性状的多样性指数均大于 1.0,说明甜瓜品种间质量性状变异相对较大;17 个甜瓜品种中,果皮底色为白色的相对较多,占 35.3%;无网纹、稀网纹、密网纹甜瓜品种占比分别为 58.8%、29.4%、11.8%;17 个甜瓜品种的果肉颜色多样,以白色、橙色为主,占比分别为 23.6%、29.4%;58.8% 的甜瓜品种果肉质地较脆;35.3% 的甜瓜品种香气淡,29.4% 的甜瓜品种香气浓。

表 2 甜瓜质量性状频率分布及其多样性

性状	不同性状级别甜瓜的分布频率(%)							多样性指数
	1	2	3	4	5	6	7	
果皮底色	35.3	17.6	11.8	17.6	17.6			1.54
果面网纹	58.8	29.4	11.8					0.92
果肉颜色	5.9	23.6	5.9	5.9	17.6	29.4	11.8	1.76
肉质	17.6	5.9	58.8	5.9	11.8			1.21
果肉香气	35.3	35.3	29.4					1.10

2.2 甜瓜数量性状遗传多样性

由表 3 可见,江苏省甜瓜品种在调查的 11 个数量性状上表现出广泛的变异,多样性指数变幅为 1.31~1.79,平均值为 1.55,普遍高于质量性状的多样性指数,说明甜瓜果实数量性状多样性更为丰富,其中,果实横径的多样性指数相对最小,果实纵径的多样性指数相对最大;单果鲜质量、果实纵径、果肉厚度、果腔纵径、边缘糖含量、糖含量边心差这 6 个果实数量性状的变异系数分别为 47.75%、31.81%、27.35%、33.00%、25.62%、41.34%,均超过 25%,其中单果鲜质量的变异系数相对最大,糖含量边心差次之;全生育期的变异系数相对最小,为 4.53%。

2.3 甜瓜表型性状相关性分析

由表 4 可见,单果鲜质量与果实纵径、果实横径、果肉厚度、果腔纵径、糖含量边心差、果实发育期呈极显著正相关($P<0.01$),与边缘糖含量呈显著负相关($P<0.05$);果实纵

表 3 甜瓜数量性状变异统计

类别	单果鲜质量 (kg)	果实纵径 (cm)	果实横径 (cm)	果肉厚度 (cm)	果腔纵径 (cm)	果腔横径 (cm)
均值	1.11	14.68	12.87	3.51	10.03	6.09
标准差	0.53	4.67	1.8	0.96	3.31	0.72
最大值	2.09	25.50	14.55	4.53	19.50	7.82
最小值	0.39	8.55	10.03	1.95	6.51	5.10
极差	1.70	16.95	4.62	2.58	12.99	2.72
变异系数	47.75%	31.81%	13.99%	27.35%	33.00%	11.82%
多样性指数	1.41	1.79	1.31	1.53	1.69	1.60

类别	中心糖含量 (%)	边缘糖含量 (%)	糖含量边心差 (百分点)	果实发育期 (d)	全生育期 (d)
均值	13.84	8.04	5.95	33.85	106.15
标准差	2.26	2.06	2.46	4.01	4.81
最大值	16.25	11.85	9.07	42.00	117.00
最小值	6.75	4.05	2.23	27.00	97.00
极差	9.50	7.80	6.84	15.00	10.00
变异系数	16.33%	25.62%	41.34%	11.85%	4.53%
多样性指数	1.68	1.48	1.53	1.40	1.62

径与果实横径、果肉厚度、果腔纵径呈极显著正相关($P < 0.01$),与糖含量边心差、果实发育期呈显著正相关($P < 0.05$);果实横径与果肉厚度、果腔纵径、糖含量边心差、果实发育期呈极显著正相关($P < 0.01$),与边缘糖含量呈极显著负相关($P < 0.01$);果肉厚度与糖含量边心差、果实发育期呈极显著正相关($P < 0.01$),与果腔纵径呈显著正相关($P <$

0.05),与边缘糖含量呈极显著负相关($P < 0.01$);中心糖含量与糖含量边心差、果实发育期呈极显著正相关($P < 0.01$),与全生育期呈显著正相关($P < 0.05$);边缘糖含量与糖含量边心差呈显著负相关($P < 0.05$);糖含量边心差与果实发育期呈显著正相关($P < 0.05$);果实发育期与全生育期呈极显著正相关($P < 0.01$)。

表 4 甜瓜数量性状间的相关性系数

数量性状	果实纵径	果实横径	果肉厚度	果腔纵径	果腔横径	中心糖含量	边缘糖含量	糖含量边心差	果实发育期	全生育期
单果鲜质量	0.951 **	0.906 **	0.778 **	0.873 **	0.179	0.354	-0.505 *	0.667 **	0.644 **	0.164
果实纵径		0.819 **	0.710 **	0.961 **	0.117	0.265	-0.438	0.530 *	0.582 *	0.055
果实横径			0.933 **	0.678 **	0.135	0.326	-0.661 **	0.758 **	0.673 **	0.217
果肉厚度				0.565 *	-0.151	0.246	-0.672 **	0.696 **	0.682 **	0.165
果腔纵径					0.133	0.142	-0.335	0.344	0.463	-0.022
果腔横径						-0.055	-0.200	0.098	-0.255	-0.097
中心糖含量							0.302	0.646 **	0.607 **	0.588 *
边缘糖含量								-0.512 *	-0.109	0.241
糖含量边心差									0.591 *	0.321
果实发育期										0.702 **

注:数据后“*”“**”分别表示 2 个数量性状间相关性显著($P < 0.05$)、极显著($P < 0.01$)。

2.4 甜瓜形态性状的聚类分析

由图 1 可见,17 个甜瓜品种可清楚地被划分为薄皮甜瓜、厚皮甜瓜 2 类;第 1 类包括瑞月、苏甜 1 号、华月等在内的 11 个厚皮甜瓜品种,其共同特点是果实较大,果肉厚度在 3.5 cm 以上,果实发育期相对较长,果皮硬,肉质较硬或脆酥,非常耐贮运;第 2 类包括日本甜宝、通甜 2 号等在内的 6 个薄皮甜瓜品种,其共同特点是果实发育期较短,成熟早,果实较小,果肉薄,较不耐贮运,单株可以坐多个果实等;第 1 类中瑞月与苏甜 1 号、脆宝与华月、苏甜 4 号与 H11238,第 2 类中日本甜宝与通甜 2 号、通甜 1 号与通甜 3 号两两最先聚在一起,说明他们的亲缘关系相对最近。

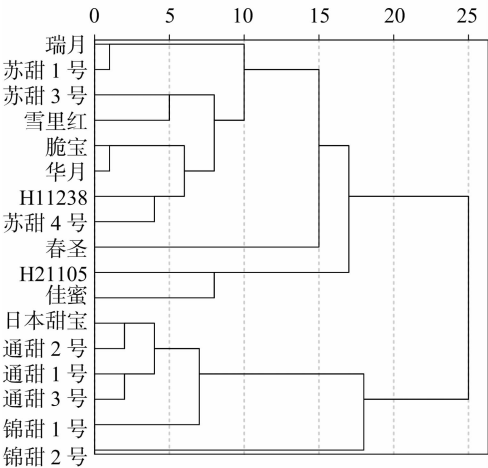


图 1 依据形态学性状的甜瓜品种聚类结果

2.5 甜瓜形态性状的主成分分析

对甜瓜 16 个性状进行主成分分析(表 5)发现,第 1 主成分(PC1)、第 2 主成分(PC2)、第 3 主成分(PC3)这 3 个主成分的累计贡献率为 73.00%;PC1 特征值为 6.99,其贡献率高达 43.68%,主要与单果鲜质量、果实纵径、果实横径、果腔纵径、果肉厚度等反映果实大小及果实发育期等性状相关;PC2

的特征值为 3.07,其贡献率为 19.21%,主要与全生育期、果实发育期、中心糖含量、边缘糖含量、果皮底色、果肉香气等性状相关;PC3 特征值为 1.62,其贡献率为 10.11%,主要与果肉颜色、肉质、果腔横径等性状相关。

表 5 甜瓜主成分分析结果

变量	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
特征值	6.99	3.07	1.62
方差贡献率	43.68%	19.21%	10.11%
单果鲜质量	0.335	-0.062	-0.035
果实纵径	0.337	-0.100	-0.049
果实横径	0.358	-0.082	-0.028
果肉厚度	0.331	-0.082	-0.179
果腔纵径	0.296	-0.107	-0.047
果腔横径	0.022	-0.204	0.396
中心糖含量	0.160	0.359	0.190
边缘糖含量	-0.206	0.367	0.154
糖含量边心差	0.291	0.033	0.069
果实发育期	0.293	0.310	-0.160
全生育期	0.126	0.455	0.150
果皮底色	0.091	0.324	0.253
果面网纹	0.277	0.246	0.045
果肉颜色	0.209	-0.130	0.562
肉质	-0.046	-0.245	0.553
果肉香气	-0.220	0.330	0.065

由图 2 可见,主成分分析将 17 个甜瓜品种划分为厚皮甜瓜与薄皮甜瓜 2 个类型,不同类型的品种在散点图上的分布差异明显;薄皮甜瓜类型包含 6 个品种,位于 X 轴左侧,厚皮甜瓜类型包含 11 个品种,位于 X 轴右侧,与聚类分析结果基本一致;与厚皮甜瓜相比,薄皮甜瓜品种间遗传距离相对较近,遗传基础较为狭窄。

3 结论与讨论

我国是厚皮甜瓜的次级起源中心之一,是薄皮甜瓜的初

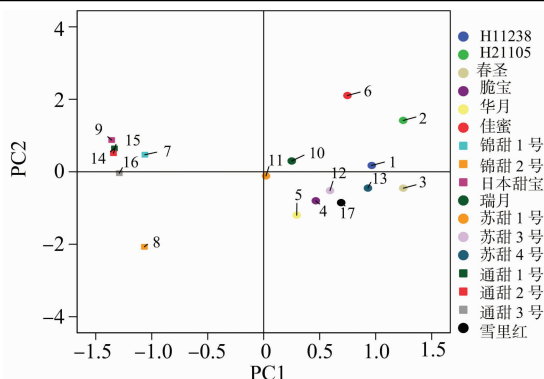


图2 甜瓜品种主成分散点图

级和次级起源中心。我国不同地区生态环境各异,导致甜瓜在驯化过程中形成丰富多样的种质资源,育种工作者利用丰富的育种材料可选育出各具特色的甜瓜新品种。在甜瓜植株所有形态性状中,果实性状变异相对最为明显,是甜瓜表型中变异的主要来源。目前,依据甜瓜果实性状变异,生产研究中将甜瓜划分为厚皮甜瓜、薄皮甜瓜、2 个亚种及 16 个变种^[3]。本研究中,17 个甜瓜品种在聚类分析及主成分分析上均被划分为厚皮甜瓜与薄皮甜瓜 2 个类型。

通过形态性状鉴定发现,17 个甜瓜品种的数量性状变异系数为 4.53% ~ 47.75%,说明品种间具有丰富的遗传变异;质量性状多样性指数在 0.92 ~ 1.76 之间,数量性状多样性指数在 1.31 ~ 1.79 之间,说明与质量性状相比,数量性状更易受到基因型或种质类型的影响,这与前人研究结果^[1,13-14,16-17]较为一致。本研究中,甜瓜形态性状多样性指数相对较高,尤其是单果鲜质量、果肉厚度及糖含量等与甜瓜产量和品质紧密相关的性状,说明甜瓜品种在产量和品质上还存在较大的提升空间。对 17 个甜瓜品种多变量分析发现,虽然聚类分析和主成分分析的计算方法不同,但得到的结果较为一致。主成分分析中,第 1 主成分主要与果实发育期、果实大小性状紧密相关,这些性状对甜瓜的分类起到重要作用,与前人的研究结果^[16-18]一致。

表型性状间的相关性本质是基因间的连锁或互作^[19],而通过某一个性状来预测与其相关的性状表现,在育种中具有重要的应用价值。通过对 17 个甜瓜品种 16 个主要性状的调查和相关性分析发现,单果鲜质量与果实横径、果实纵径、果肉厚度、果实发育期,果实横径与果实纵径、果肉厚度,果实纵径与果肉厚度呈极显著正相关($P < 0.01$),与白戈等研究结果^[4-9]基本一致;单果鲜质量与果腔纵径、糖含量边心差,果实纵径与果肉厚度、果腔纵径,果实横径与果肉厚度、果腔纵径、果实发育期,果肉厚度与糖含量边心差、果实发育期,中心糖含量与糖含量边心差、果实发育期,果实发育期与全生育期等性状间呈极显著正相关($P < 0.01$);边缘糖含量与单果鲜质量、果实横径、果肉厚度等性状间呈极显著负相关($P < 0.01$)。本研究剖析甜瓜新品种果实主要性状之间的遗传相关性,可使育种者能够有效协调主要性状与次要性状之间的

关系,提高育种选择的目标性和效率,为新品种的推广与利用打下良好基础。

参考文献:

- [1] Stepansky A, Kovalski I, Perl - Treves R. Intraspecific classification of melons (*Cucumis melo* L.) in view of their phenotypic and molecular variation[J]. Plant Systematics and Evolution, 1999, 217 (3/4): 313 - 332.
- [2] Robinson R W, Decker - Walters D S. Cucurbits[M]. New York: CAB International, 1997: 45 - 77.
- [3] Pitrat M, Hanelt P, Hammer K, et al. Some comments on intraspecific classification of cultivars of melon[J]. Acta Hort, 2000 (510): 29 - 36.
- [4] 白戈, 王志民, 李秀秀. 甜瓜 F_2 群体农艺性状的分析[J]. 华北农学报, 2009, 24(增刊 1): 99 - 102.
- [5] 胡建斌, 李琼, 李静. 薄皮甜瓜果实相关性状的灰色关联分析[J]. 湖南农业科学, 2010(21): 119 - 121.
- [6] 王学征, 赵亮, 李秋红, 等. 甜瓜品系主要性状相关性和主成分分析[J]. 东北农业大学学报, 2014(10): 35 - 41.
- [7] 曲振环. 薄皮甜瓜种质资源的聚类及其主要性状的遗传效应分析[D]. 长春: 吉林农业大学, 2006.
- [8] 文乐欣, 周莉, 刘翔, 等. 甜瓜育种资源农艺性状的多变量分析[J]. 华北农学报, 2011, 26(增刊 1): 37 - 42.
- [9] 张雪娇. 甜瓜果实相关性状 QTL 分析[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.
- [10] 徐志红, 徐永阳, 刘君璞, 等. 甜瓜种质资源遗传多样性及亲缘关系研究[J]. 果树学报, 2008, 25(4): 552 - 558.
- [11] 张永兵, 李寐华, 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.
- [12] 尚建立, 王吉明, 郭琳琳, 等. 甜瓜种质资源果实若干数量性状评价指标探讨[J]. 果树学报, 2013, 30(2): 222 - 229.
- [13] 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.
- [14] 胡建斌, 马双武, 简在海, 等. 中国甜瓜种质资源形态性状遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(4): 612 - 619.
- [15] 马双武, 刘君璞. 甜瓜种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 10 - 38.
- [16] Liu L, Kakiyama F, Kato M. Characterization of six varieties of *Cucumis melo* L. based on morphological and physiological characters, including shelf - life of fruit[J]. Euphytica, 2004, 135 (3): 305 - 313.
- [17] Szamosi C, Solmaz I, Sari N, et al. Morphological evaluation and comparison of Hungarian and Turkish melon (*Cucumis melo* L.) germplasm[J]. Scientia Horticulturae, 2010, 124(2): 170 - 182.
- [18] Lotti C, Marcotrigiano A R, De Giovanni C, et al. Univariate and multivariate analysis performed on bio - agronomical traits of *Cucumis melo* L. germplasm[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2008, 55(4): 511 - 522.
- [19] 淡亚彬, 杜德志. 甘蓝型油菜心叶颜色性状的遗传和 AFLP 标记的筛选[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(4): 90 - 92.