

薄皮甜瓜果实性状的相关性分析

于翠香, 张海燕, 张宇航, 杨贵春, 王占海, 管洪波 (吉林省农业科学院经济植物研究所, 吉林公主岭 136105)

摘要 以 16 份薄皮甜瓜为试材, 采用方差分析和线性回归分析, 研究不同甜瓜种质之间的差异性及其果实性状间的相关性。结果表明, 甜瓜果实长度变化幅度最大, 种子长度和宽度变化幅度最小; 果实宽度变异系数最小为 6.92%, 单瓜重的变异系数最大为 20.45%。小区产量与果实长度、种腔长度和果形指数呈极显著正相关, 与果实宽度呈显著负相关; 单瓜重与果肉厚度、果实长度、果实宽度、种腔长度呈极显著正相关, 与果形指数和种子长度呈显著相关。结果说明薄皮甜瓜的单瓜重遗传力低, 易受外界环境的影响。育种中以单瓜重和果形为目标, 不仅要注意果实长宽度和果肉厚度的选择, 更要注意栽培措施的改进。

关键词 甜瓜; 果实性状; 方差分析; 相关性分析

中图分类号 S652 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)22-0047-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.22.014



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Correlation Analysis of Fruit Characters of Muskmelon

YU Cui-xiang, ZHANG Hai-yan, ZHANG Yu-hang et al (Industrial Plant Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling, Jilin 136105)

Abstract Sixteen muskmelons were used as test materials to study the differences between different muskmelon germplasms and the correlation between fruit characters by variance analysis and linear regression analysis. The results showed that the variation range of fruit length was the largest, the variation range of seed length and width was the smallest, the variation coefficient of fruit width was 6.92%, and the variation coefficient of single melon weight was 20.45%. Plot yield was significantly positively correlated with fruit length, cavity length and fruit index, and negatively correlated with fruit width; single melon weight was significantly positively correlated with pulp thickness, fruit length, fruit width and cavity length, and significantly correlated with fruit shape index and seed length. The results showed that the heritability of single melon weight of muskmelon was low, and it was easy to be affected by the external environment. In breeding, we should not only pay attention to the selection of fruit length and width and pulp thickness, but also pay attention to the improvement of cultivation measures.

Key words Muskmelon; Fruit characters; Analysis of variance; Correlation analysis

甜瓜是世界十大果品之一, 也是我国重要的设施栽培作物^[1], 在我国各个省市均有种植。果实性状对甜瓜的商品性及产量有着非常重要的影响, 果实性状的形成除了受遗传基因控制外, 环境条件对果实生长发育的影响也不容忽视^[2-3]。目前, 大部分学者对于甜瓜的研究多偏向于分子标记、基因定位、种质遗传多样性等方面。杨光华等^[4]、Monforte 等^[5]、张红等^[6]、金基石^[7]、姚国新^[8]分别对果皮颜色的基因定位、糖酸性状遗传及种质遗传多样性等进行了研究, 而对于果实性状间的相关性研究报道较少。

作物育种中, 高质和高产往往是人们关注的首要目标, 但是构成高质高产的各因素又相互关联、相互制约^[9]。尤其甜瓜果实性状变异率高, 变异类型丰富, 遗传变异规律复杂, 后代中极易出现性状分离, 很多性状的遗传和表现受多个基因及环境的共同影响, 并且不同性状具有不同的形成机制^[10]。因此, 加强甜瓜果实性状间变异机制的研究有利于甜瓜品种改良及商品价值提高。鉴于此, 笔者采用方差与相关性分析的方法对 16 份薄皮甜瓜果实性状进行研究, 旨在找寻相关规律, 为甜瓜果实生长发育过程中性状的预测提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为 16 份薄皮甜瓜, 参试种质代码为 W1~W16, 所有材料均来源于吉林省农业科学院经济植物研究所瓜类研究室(表 1)。

基金项目 吉林科技发展计划项目(20191001004XH)。
作者简介 于翠香(1979—), 女, 吉林蛟河人, 助理研究员, 硕士, 从事瓜类育种和栽培研究。
收稿日期 2020-04-19

1.2 试验方法 试验于 2017 年 4 月 18 日在吉林省农业科学院经济植物研究所内进行, 种质播前催芽, 于 55℃ 的温水中浸种 7~8 h, 捞出沥干水分 29℃ 催芽, 待种子发芽率达 80% 以上, 播种于 32 穴育苗盘中, 将育苗盘放置于试验地内统一管理。育苗土为田园土与草炭土 = 1:1 配制而成, 播种后用过筛的田园土覆盖。

表 1 参试种质及其代码
Table 1 The germplasms and their codes

代码 Code	种质 Germplasm	代码 Code	种质 Germplasm
W1	长甜 1 号(先锋骑士)	W9	脆美糖王
W2	长甜四号(抗病金锋)	W10	20B
W3	白妃 1 号	W11	超甜八里香
W4	白妃 2 号	W12	璇点八里香
W5	玉美人	W13	英雄黄金道
W6	美人王	W14	甜花姑娘
W7	永甜三号	W15	花香皇后
W8	新典	W16	金花姑娘

试验采用完全随机区组设计, 3 次重复。栽培方式为大垄双行, 垄长 5.0 m, 垄宽 1.20 m, 垄间距 0.5 m, 株距 0.5 m, 小区面积为 6.0 m², 每小区定植 22 株, 田间管理措施一致。果实成熟时, 每小区选取 10 个样品瓜, 进行果实性状测量。

1.3 测量性状与统计方法 利用数显游标卡尺测量样品的果肉厚度、果实长度、果实宽度、种腔长度、种腔宽度。其中单瓜重: 用台秤称量 10 个样品瓜, 取其平均值。果形指数: 用游标卡尺测量果实宽度和长度, 并计算果形指数(长度/宽度)。产量测定: 果实成熟后, 分批采收, 记载成熟果重量, 从

而统计出小区产量,以小区面积折合产量。采用手持式糖度计测定可溶性固形物含量。

1.4 数据整理与统计分析 采用 Excel 2016、DPS 9.50 和 SPSS 19.0 对数据标准化处理、方差分析和线性回归等统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同甜瓜种质果实基本性状比较 果实性状是衡量甜瓜商品性的主要指标,对果实各相关性状进行分析,可为甜瓜果实性状改良和优异种质选择提供理论基础^[11]。表 2 反映出

不同品种间的性状差异,从表中可以看出甜瓜 W14 和 W16 的果肉较厚,分别为 2.45 和 2.83 cm,而 W1 和 W4 的果肉较薄;W13 和 W14 果实长度为 15.4 和 12.78 cm 较大,果实宽度较大的材料有 W10 和 W11,分别为 9.48、9.63 cm;W6 和 W13 果实种腔长度与 W8 和 W11 种腔宽度明显高于其他种质。

果形指数的大小能反映果实基本形状,果形指数越小果形越圆;相反,果形指数越大,果形越长^[12]。而甜瓜 W8、W9 和 W11 的果形指数较小,果实呈现近圆形,其他材料的果形指数较大,果形呈长圆形。

表 2 不同甜瓜种质果实性状比较
Table 2 Comparison of the fruit characters of different muskmelon germplasms

种质 Germ-plasm	果肉厚度 Flesh thickness	果实长度 Fruit length	果实宽度 Fruit width	种腔长度 Length of seed chamber	种腔宽度 Width of seed chamber	果形指数 Fruit shape index	种子长度 Seed length	种子宽度 Seed width
W1	1.66	11.62	7.54	8.70	4.28	1.54	0.80	0.30
W2	1.76	10.76	8.36	8.10	5.12	1.29	0.80	0.30
W3	1.74	10.90	8.76	7.80	5.26	1.24	0.90	0.40
W4	1.62	12.58	8.02	9.44	5.06	1.57	0.80	0.40
W5	1.72	12.46	8.68	9.16	5.32	1.44	0.80	0.30
W6	1.76	11.98	8.36	9.96	4.66	1.43	0.90	0.40
W7	1.90	11.38	8.88	8.66	5.14	1.28	0.80	0.40
W8	1.90	10.00	9.05	7.23	5.78	1.10	0.70	0.20
W9	1.68	8.15	8.55	5.55	5.27	0.95	0.80	0.40
W10	1.85	10.03	9.48	6.38	5.48	1.06	0.80	0.30
W11	2.05	10.63	9.63	7.93	5.50	1.10	0.70	0.30
W12	1.80	10.50	9.18	7.90	5.45	1.14	0.80	0.40
W13	2.15	15.40	9.10	11.95	4.55	1.69	0.90	0.40
W14	2.45	12.78	8.25	9.65	4.58	1.55	0.80	0.40
W15	1.85	12.68	7.75	9.48	4.48	1.64	0.80	0.40
W16	2.83	12.20	9.20	9.23	4.93	1.33	0.80	0.40

2.2 果实性状间的方差分析 最大值与最小值是各性状差异幅度最大的 2 个数据,变异系数的大小反映了个体差异范围。从表 3 可以看出,甜瓜果实长度幅度变化最大,种子长度和宽度幅度变化最小;甜瓜果实性状变异系数在 6.92~17.62。所有性状的变异系数都超过了 6.00%,其中果实宽度

与种子长度变异系数最小,分别为 6.92%和 7.41%,说明该性状较稳定。种腔长度和果形指数变化最大,分别为 17.62%和 17.29%,说明这 2 个性状为数量性状,易受外界条件的影响,发生较大的变异,存在改良的潜质。

表 3 果实性状的方差分析
Table 3 The variance analysis of fruit traits

性状 Character	果肉厚度 Flesh thickness	果实长度 Fruit length	果实宽度 Fruit width	种腔长度 Length of seed chamber	种腔宽度 Width of seed chamber	果形指数 Fruit shape index	种子长度 Seed length	种子宽度 Seed width
最小值 Minimum	1.62	8.15	7.54	5.55	4.28	0.95	0.70	0.20
最大值 Maximum	2.83	15.40	9.63	11.95	5.78	1.69	0.90	0.40
平均值 Mean value	1.92	11.50	8.67	8.57	5.05	1.33	0.81	0.36
极差 Range	1.21	7.25	2.09	6.40	1.50	0.74	0.20	0.20
标准差 Standard deviation	0.32	1.62	0.60	1.51	0.43	0.23	0.06	0.06
变异系数 Variable coefficient//%	16.67	14.09	6.92	17.62	8.51	17.29	7.41	16.67

2.3 甜瓜可溶性固形物与产量性状分析 从表 4 可以看出,甜瓜 W12 和 W13 单瓜重最大,而 W1 和 W9 的单瓜重最小,小区产量中 W2 和 W4 的产量最高,而 W9 和 W10 的产量最小,对单瓜重和小区产量进行对比分析,发现二者之间的直接联系不大。由于甜瓜产量的形成与单瓜重、株数和单株结瓜数

有关,而单瓜重与坐瓜节位和单株结瓜数有相关性^[13],因此不能仅从单瓜重来分析对产量的影响,产量的影响因素仍有待于进一步的研究。从表 3、5 可以看出,甜瓜可溶性固形物和单瓜重的变异系数大于其他性状,说明这 2 个性状不稳定,会受到品种与外界环境的影响而发生改变。

表 4 不同甜瓜种质可溶性固形物与产量性状比较

Table 4 Comparison of soluble solids and yield characters of musk melon germplasms

种质 Germplasm	可溶性固 形物含量 Soluble solid content// %	单瓜重 Fruit weight kg	小区产量 Plot yield kg	折合产量 Converted yield kg/hm ²
W1	12.00	0.31	18.57	30 962.10
W2	12.80	0.36	21.67	36 134.70
W3	9.40	0.39	19.10	31 842.60
W4	12.60	0.39	21.85	36 428.25
W5	11.90	0.47	21.47	35 804.55
W6	9.70	0.48	21.70	36 171.45
W7	11.30	0.40	19.60	32 686.35
W8	11.00	0.48	17.98	29 971.65
W9	10.70	0.32	7.77	12 949.80
W10	13.30	0.48	8.14	13 573.50
W11	6.40	0.50	11.51	19 186.20
W12	13.00	0.53	18.37	30 631.95
W13	7.40	0.68	14.28	23 808.60
W14	9.60	0.44	21.67	36 134.70
W15	12.00	0.34	12.69	21 167.25
W16	8.70	0.46	15.75	26 266.50

2.4 甜瓜果实性状相关性分析 利用 SPSS 19.0 软件对果实性状间的相关性进行分析。从表 6 可以看出,小区产量与果实长度、种腔长度和果形指数呈极显著正相关,与果实宽度呈显著负相关,与单瓜重、果肉厚度、种腔宽度、种子宽度

和可溶性固形物无显著相关性;单瓜重与果肉厚度、果实长度、果实宽度、种腔长度呈极显著正相关,与果形指数和种子长度呈显著相关,与种腔宽度、种子宽度无显著相关性,与可溶性固形物呈极显著负相关。果形指数与单瓜重和果肉厚度呈显著相关,与果实长度、种腔长度、种子长度和宽度、小区产量呈极显著正相关,与果实宽度、种腔宽度呈极显著负相关,与可溶性固形物含量无显著相关性。

表 5 甜瓜可溶性固形物与产量性状方差分析

Table 5 The variance analysis of soluble solids and yield characters of muskmelon

性状 Character	可溶性固 形物含量 Soluble solid content// %	单瓜重 Fruit weight kg	小区产量 Plot yield kg	折合产量 Converted yield kg/hm ²
最小值 Minimum	6.40	0.31	7.77	12 949.80
最大值 Maximum	13.30	0.53	21.85	36 428.25
平均值 Mean value	10.74	0.44	17.01	28 357.50
极差 Range	6.90	0.22	14.08	23 478.45
标准差 Standard deviation	2.04	0.09	4.81	8 020.50
变异系数 Variable coefficient // %	18.99	20.45	28.28	424.20

表 6 果实性状间相关性分析

Table 6 The correlation analysis of fruit characters

性状 Character	单瓜重 Fruit weight	果肉 厚度 Flesh thickness	果实 长度 Fruit length	果实 宽度 Fruit width	种腔长度 Length of seed chamber	种腔 宽度 Width of seed chamber	果形 指数 Fruit shape index	种子 长度 Seed length	种子 宽度 Seed width	可溶性 固形物 Soluble solid content	小区 产量 Plot yield
单瓜重 Fruit weight	1	0.378 **	0.486 **	0.648 **	0.466 **	0.223	0.130 *	0.243 *	0.03	-0.379 **	-0.024
果肉厚度 Flesh thickness		1	0.389 **	0.418 **	0.364 **	-0.045	0.184 *	0.058	0.244 *	-0.465 **	-0.036
果实长度 Fruit length			1	-0.025	0.971 **	-0.426 **	0.911 **	0.509 **	0.373 **	-0.22	0.385 **
果实宽度 Fruit width				1	-0.087	0.755 **	-0.375 **	0.103	-0.036	-0.203	-0.257 *
种腔长度 Length of seed chamber					1	-0.484 **	0.898 **	0.503 **	0.403 **	-0.281 *	0.472 **
种腔宽度 Width of seed chamber						1	-0.606 **	-0.161	-0.300 *	0.204	-0.107
果形指数 Fruit shape index							1	0.477 **	0.370 **	-0.014	0.467 **
种子长度 Seed length								1	0.650 **	0.032	0.252 *
种子宽度 Seed width									1	-0.109	0.071
可溶性固形物 Soluble solid content										1	0.198
小区产量 Plot yield											1

注: * 表示在 0.05 水平(单侧)显著相关; * * 表示在 0.01 水平(单侧)极显著相关

Note: * indicated significant correlation at 0.05 level; * * indicated extremely significant correlation at 0.01 level

3 结论与讨论

变异系数(coefficient of variation)是衡量数据中各性状指标变异程度的另一个统计量^[14]。大部分学者利用其考察品种、资源的遗传变异性,通常变异系数越大,遗传力越低,容易受到各种条件的影响;反之,变异系数小,遗传力高,被明显改善的空间就会变小^[15-16]。从该研究中 16 份甜瓜的结

果分析看,变异系数最大是单瓜重,为 20.45%,果实宽度变异系数最小,为 9.62%。该研究结果与李晓慧等^[15]测定的结果相同,表明各品种在单瓜重这一性状上的变异最丰富,可以通过杂交育种、改良栽培技术和栽培条件等措施来提高单瓜重,而不同品种之间的果实宽度变异最小,性状相对稳定,改良和提高的空间较小。

甜瓜果实相关性状一直是甜瓜育种研究的重点^[17-18],近年来,甜瓜果实品质受到了人们的关注,果实形状等外观及内在品质成为消费者选择倾向性的重要因素之一。Périn 等^[19]通过对果实品质相关性状 QTL 位点检测,发现果实长度对果形起到主要影响作用,这与该研究的果实长度与果形指数呈极显著正相关的结果一致。该研究发现,甜瓜单瓜重与果实长度、宽度和果肉厚度之间具有极显著相关性,这与刘相玉等^[20]研究结果相同,但不同点是该试验增加了对种腔长度的研究,也发现具有极显著相关性。王晨晖^[18]也指出果实长宽和果肉厚度之间具有极显著的相关性,但缺少对单瓜重与各性状之间的研究。Monforte 等^[5]等对单果重、果形及可溶性固形物含量等性状相关的 QTL 位点进行检测及相关性分析,结果表明果形指数与其他各性状均有不同程度的相关性,该研究也进一步证实了这一点,发现果形指数与果实长度、种腔长度、种子长度和种子宽度、小区产量呈极显著正相关,与果实宽度、种腔宽度呈极显著负相关。

该研究发现,甜瓜性状产生变异的原因有很多方面,不仅与品种本身特性有关,更与生长环境和栽培技术密不可分,甜瓜性状之间相互影响,而不是完全独立的。因此,希望通过该研究能够使更多的研究者了解甜瓜果实性状间的相关性,为今后的育种和栽培提供理论基础。

参考文献

- [1] 朱春燕,黄丹枫,蔡保松,等.甜瓜品种资源萌发期耐盐性及其指标评价[J].上海交通大学学报(农业科学版),2010,28(6):504-508.
- [2] 张宁.甜瓜远缘群体果实主要性状遗传分析及遗传图谱构建[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [3] 乔军,刘富中,陈钰辉,等.园艺作物果形遗传研究进展[J].园艺学报,2011,38(7):1385-1396.
- [4] 杨光华,范荣,杨小锋,等.甜瓜果实颜色 3 个质量性状基因的定位[J].园艺学报,2014,41(5):898-906.
- [5] MONFORTE A J, OLIVER M, GONZALO M J, et al. Identification of quantitative trait loci involved in fruit quality traits in melon (*Cucumis melo* L.) [J]. Theoretical and applied genetics, 2004, 108(4): 750-758.
- [6] 张红,王怀松,贺超兴,等.甜瓜糖酸性状的遗传研究[J].园艺学报,2009,36(7):989-996.
- [7] 金基石.薄皮甜瓜主要种质资源遗传多样性的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2001.
- [8] 姚国新.甜瓜分子遗传图谱构建的随机引物筛选及甜瓜遗传多样性研究[D].银川:宁夏大学,2004.
- [9] 刘贺娟,任福森,郭志伟,等.不同品系萝卜主要农艺性状的相关性分析[J].长江蔬菜,2017(24):34-37.
- [10] HAREL-BEJA R, TZURI G, PORTNOY V, et al. A genetic map of melon highly enriched with fruit quality QTLs and EST markers, including sugar and carotenoid metabolism genes [J]. Theoretical and applied genetics, 2010, 121(3): 511-533.
- [11] 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.
- [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] 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,2014,45(10):35-41.
- [14] 魏和清,罗良清.实用统计学[M].北京:中国财政经济出版社,2011.
- [15] 李晓慧,赵卫星,常高正,等.厚皮甜瓜主要农艺性状的变异性及其与产量和品质构成关系分析[J].河南农业科学,2016,45(12):116-119,131.
- [16] 郭峰,阮建,王莹莹,等.利用变异系数分析花生品质性状应对环境变化的遗传稳定性研究[J].山东农业科学,2017,49(9):25-31.
- [17] 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.
- [18] 王晨晖.甜瓜果实相关性状 QTL 分析[D].哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [19] PÉRIN C, HAGEN L, GIOVINAZZO N, et al. Genetic control of fruit shape acts prior to anthesis in melon (*Cucumis melo* L.) [J]. Molecular genetics & genomics, 2002, 266(6): 933-941.
- [20] 刘相玉,张裕舒,刘柳,等.基于 CAPS 标记的甜瓜单果重相关性状 QTL 分析[J].中国农业科学,2019,52(9):1601-1613.

(上接第 27 页)

- [30] 傅明辉,陈洁琼.猪肚菇子实体多糖的抗氧化活性测定[J].食品科学,2010,31(14):238-240.
- [31] 郭霞,胡尚勤.大杯伞胞外多糖的纯化及抗氧化活性[J].西南大学学报(自然科学版),2013,35(6):36-40.
- [32] 黄艺宁.猪肚菇子实体多糖的酶法提取工艺及其生物活性[J].怀化学院学报,2018,37(5):9-13.
- [33] WONG W L, ABDULLA M A, CHUA K H, et al. Hepatoprotective effects of *Panus giganteus* (Berk.) corner against thioacetamide-(TAA-) induced liver injury in rats [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2012, 2012(10):1-10.
- [34] PHAN C W, WONG W L, DAVID P, et al. *Pleurotus giganteus* (Berk.) Karunarathna & K. D. Hyde: Nutritional value and *in vitro* neurite outgrowth activity in rat pheochromocytoma cells [J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2012, 12(1):102-123.
- [35] 彭智华,曾广文,寿诚学.大杯蕈原生质体菌株筛选的研究[J].园艺学报,2000,27(3):193-197.

- [36] 董洪新,蔡德华,李玉.猪肚菇担孢子交配型的分析[J].微生物学通报,2010,37(11):1617-1620.
- [37] 郑向华,江枝和,翁伯琦,等.⁶⁰Co γ 射线辐射诱变大杯香菇的营养价值效应的主成分分析[J].激光生物学报,2010,19(2):179-183.
- [38] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等.大杯香菇辐射选育新株系子实体蛋白质构成的多元回归与聚类分析[J].中国生态农业学报,2010,18(3):542-547.
- [39] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等.大杯香菇辐射选育新株系品质性状的遗传分析[J].热带作物学报,2010,31(6):920-925.
- [40] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等.大杯香菇辐射选育新株系各类氨基酸的遗传主成分分析[J].激光生物学报,2010,19(5):638-643.
- [41] 翁伯琦,江枝和,雷锦桂,等.大杯香菇辐射选育新株系主要营养价值的遗传分析[J].激光生物学报,2011,20(4):496-500.
- [42] 江玉姬,谢宝贵,刘新锐,等.巨大革耳遗传多样性的 ISSR 分析[J].中国食用菌,2012,31(6):32-34.