

冬瓜子房与果实性状的遗传相关性和通径分析

孙飘云^{1,2}, 闫晋强^{1,2}, 刘文睿^{1,2}, 谢大森^{1,2}, 何晓明^{1,2}, 王敏^{1,2}, 彭庆务¹, 江彪^{1,2*}

(1. 广东省农业科学院蔬菜研究所, 广东广州 510640; 2. 广东省蔬菜新技术研究重点实验室, 广东广州 510640)

摘要 通过对墨宝冬瓜和 7 个冬瓜高代自交系配制的 9 个杂交组合的子房长、子房横径、成熟瓜长和成熟瓜横径 4 个农艺性状进行相关性分析, 以期揭示冬瓜子房与成熟果实的遗传相关性, 为根据子房大小预测成熟果实大小提供依据。结果表明, 子房长与成熟瓜长呈正相关且达极显著水平, 与成熟瓜横径呈显著正相关。该研究为冬瓜育种和生产提供理论参考。

关键词 冬瓜; 子房; 成熟果实; 遗传相关; 通径分析

中图分类号 S642.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)01-0037-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.01.010

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Correlation and Path Analysis of Ovary and Fruit in Wax Gourd

SUN Piao-yun^{1,2}, YAN Jin-qiang^{1,2}, LIU Wen-rui^{1,2} et al (1. Vegetable Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640; 2. Guangdong Provincial Key Lab for New Technology Research on Vegetables, Guangzhou, Guangdong 510640)

Abstract In this study, four agronomic traits, including ovary length, ovary width, mature fruit length and mature fruit width were investigated in the experimental field among Mobao Donggua and 9 hybrids made between 7 inbred lines. Thereafter, the correlation analysis and path analysis were performed to reveal the relation between ovary and mature fruit in wax gourd. The results indicated a extremely significant positive correlation between ovary length and mature fruit length, and a significant positive correlation between ovary and mature fruit width. It was found that mature fruit width had a positive correlation with mature fruit length. This study provided theoretical reference for the breeding and production of wax gourd.

Key words Wax gourd; Ovary; Mature fruit; Genetic correlation; Path analysis

冬瓜(*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.)为葫芦科冬瓜属一年生草本植物,起源于我国南部及印度^[1],现广泛分布于亚洲的热带、亚热带和温带地区^[2]。果实是冬瓜的主要食用部位,含有蛋白质、碳水化合物、维生素以及矿质元素等营养成分,兼具药用和保健功效,属典型的高钾低钠型蔬菜^[3]。由于其耐储运、货架期长,在调节蔬菜淡季、保证周年供应中发挥着重要作用^[4]。

利用相关性及通径分析的方法,研究作物各农艺性状之间的相互关系,对作物育种有重要的借鉴和参考意义^[5]。近年来,育种者对冬瓜瓜长、瓜横径、瓜肉致密性、中腔及单瓜重与冬瓜产量之间的相关性进行了研究,谢大森等^[5]对 56 个冬瓜品种的 13 个性状进行了遗传相关性和通径分析,结果表明,瓜长、瓜肉致密性、横径、单瓜重与总产量有密切关系,瓜肉致密性是构成冬瓜单瓜重和总产量的主要性状,瓜长对产量的贡献最大。谢大森等^[6]运用灰色关联分析法对 33 种不同来源冬瓜材料的 11 个产量相关农艺性状进行了分析,结果显示,决定产量的关键因素是单瓜重、瓜形指数、瓜长和瓜肉厚,其中单瓜重对产量的影响最大;而决定单瓜重的关键因素是肉厚、瓜长、横径和病毒病病情指数。在其他葫芦科作物如黄瓜^[7-8]、苦瓜^[9]也有农艺性状相关性的研究。

然而,目前国内外对冬瓜子房长、子房横径、成熟瓜长和成熟瓜横径之间的相关性研究尚鲜有报道。笔者对冬瓜子房长、子房横径、成熟瓜长和成熟瓜横径 4 个农艺性状之间的相关性进行分析,以揭示子房期和成果期各性状之间的相互关系,旨在为冬瓜育种和生产提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试材料为广东省农业科学院蔬菜研究所选育出的墨宝冬瓜及不同高代自交系亲本配制的 9 个杂交组合(表 1),所有供试材料均种植于广东省佛山市三水区试验基地。冬瓜种子经过浸种催芽后,播种于 50 孔穴盘,待长到 2~3 片真叶时移栽,试验采取随机区组设计,所有材料均为露地搭架式高畦栽培,每畦单行种植,畦宽 1.0 m,株距 1 m,田间栽培按常规方法管理,每个组合 30 个样本。

表 1 不同杂交组合

Table 1 Different hybrid combinations

亲本 Parent	B367 [#]	B274-2 [#]	B481 [#]	B480 [#]
B367*	—	组合 6	组合 4	—
B480*	组合 1	—	组合 9	—
B274-2*	组合 7	—	组合 3	—
B281*	—	组合 2	—	—
B281-3*	—	—	组合 5	—
B96*	—	—	—	组合 8

注:# 代表母本,* 代表父本,其余为杂交组合,“—”代表未利用对应的亲本进行杂交组合配制

Note:# represented the female parent, * represented the male parent, the rest cells were hybrid combinations, and “-” represented hybrid combinations made without the corresponding parents

1.2 调查方法 冬瓜雌花子房长(mm)和子房横径(mm)于开花期调查,以每个处理 50% 植株雄花开放之时作为开花

基金项目 广东省重点领域研发计划项目(2020B020220003, 2018B020202007); 国家自然科学基金项目(31972403); 广东省自然科学基金项目(2018A030313495); 国家现代农业产业技术体系广州综合试验站(CARS-23-G-48)。

作者简介 孙飘云(1993—),女,河南鄆陵人,在读博士,从事冬瓜相关性状的基因定位研究。* 通信作者,研究员,博士,从事瓜类蔬菜遗传育种与分子生物学研究。

收稿日期 2020-05-17

期。成熟瓜长(cm)和成熟瓜横径(cm)按商品瓜生产成熟标准进行采收后调查。各组合内成活结瓜单株全部调查性状,组合1取样15株,组合2取样11株,组合3取样9株,组合4取样11株,组合5取样14株,组合6取样10株,组合7取样5株,组合8取样7株,组合9取样9株,墨宝冬瓜取样30株,分别调查以上性状,取平均值,对各组合内样本进行农艺性状调查后,用Excel进行数据整理,用IBM SPSS Statistics 19软件进行数据分析。

子房长(mm):用游标卡尺量取盛花期充分发育大花蕾的子房长;子房横径(mm):用游标卡尺量取盛花期充分发育大花蕾的子房横径;成熟瓜长(cm):用直尺量取已充分发育的商品冬瓜中部纵径;成熟瓜横径(cm):用直尺量取已充分发育的商品冬瓜中部横径。

1.3 分析方法 为了保证各性状相关性分析所用数据的准确性,在进行相关性分析前对数据进行正态性检测,以确保采集数据的可用性。选择SPSS软件W检验法(Shapiro-Wilk)作为正态性检验方法,具体方法为Analyze-Descriptive Statistics-Explore,置信区间为95%,根据Sig.值是否大于0.05确定是否为正态分布,大于0.05为正态分布,小于0.05为非正态分布。同时查看正态概率图中的标准Q-Q图进一步确认,样本数据散点基本在直线附近,说明样本数据符合正态分布。

对同一组合内4个不同性状的调查数据分别取平均值,所得平均值作为数据材料用IBM SPSS Statistics 19软件^[10]进行4个性状的相关性分析,运用双变量相关分析方法,相关系数选择Pearson进行双侧显著性检验。

采用IBM SPSS Statistics 19软件^[11]进行多元回归分析及通径分析。

2 结果与分析

2.1 样本数据正态性检验 对墨宝冬瓜和9个杂交组合不同性状的样本数据进行正态性检测,以确保采集数据的可用性,SPSS结果显示Sig. > 0.05符合正态分布,同时从样本数据正态概率标准Q-Q图(图1)可以看出,样本数据散点基本在直线附近,说明所采集数据可以用作性状相关性分析。

2.2 不同性状的遗传相关分析 性状调查结果显示(图2),不同杂交组合或墨宝冬瓜子房长、子房横径、成熟瓜长及成熟瓜横径的调查数据整体分布较集中,可以用作后续数据分析。在所有的杂交组合中,组合5的子房长平均值最大,为70.52 mm,组合7的平均值最低,为58.42 mm;组合4的子房横径平均值最大,为16.88 mm,组合8的平均值最低,为14.37 mm;组合8的成熟瓜长平均值最大,为90.26 cm,组合4的平均值最低,为71.09 cm;组合7的成熟瓜横径平均值最大,为21.39 cm,组合8的平均值最低,为16.96 cm;与各组合的4个农艺性状相比,墨宝冬瓜的子房长、子房横径、成熟瓜长及成熟瓜横径的平均值均较低,属于小果型冬瓜。

冬瓜子房长、子房横径、成熟瓜长及成熟瓜横径各性状之间的相关系数分析结果表明,子房长与成熟瓜长呈正相关

且达极显著水平($r=0.961^{**}$),与成熟瓜横径呈显著正相关($r=0.733^*$),而与子房横径相关不显著;成熟瓜长与成熟瓜横径呈显著正相关($r=0.656^*$),其他性状间相关不显著,其中子房横径与成熟瓜长呈负相关(表2)。说明冬瓜子房长在一定程度上影响成熟瓜长,可以通过对子房长的选择,选育出适宜大小的冬瓜品种。

2.3 成熟瓜长(y_1)及成熟瓜横径(y_2)的多元回归分析

2.3.1 成熟瓜长(y_1)的多元回归分析。以冬瓜成熟瓜长(y_1)作为因变量,子房长(x_1)、子房横径(x_2)作为自变量,进行多元逐步回归,得到回归方程:

$$y_1 = 77.093 + 1.676x_1 - 6.902x_2$$

多元回归分析表明,子房长、子房横径对成熟瓜长的决定系数 $R^2=0.989$,子房长(x_1)、子房横径(x_2)偏回归系数显著,说明上述2因子基本代表了冬瓜成熟瓜长的主要构成因素。

2.3.2 成熟瓜横径(y_2)的多元回归分析。以冬瓜成熟瓜横径(y_2)作为因变量,子房长(x_1)、子房横径(x_2)作为自变量,进行多元逐步回归,得到回归方程:

$$y_2 = -5.045 + 0.184x_1 + 0.781x_2$$

多元回归分析表明,子房长、子房横径对成熟瓜长的决定系数 $R^2=0.575$,子房长(x_1)偏回归系数显著(sig. = 0.022),子房横径(x_2)偏回归系数不显著,说明子房横径不是冬瓜成熟瓜横径的主要构成因素。

表2 冬瓜各农艺性状间的相关系数(r)

Table 2 Correlation coefficient between different agronomic traits of white gourd

性状 Character	子房长 (x_1) Ovary length	子房横 径(x_2) Ovary transverse diameter	成熟瓜 长(y_1) Mature melon length	成熟瓜 横径(y_2) Transverse diameter of mature melon
子房长(x_1) Ovary length	1			
子房横径(x_2) Ovary transverse diameter	0.045	1		
成熟瓜长(y_1) Mature melon length	0.961**	-0.211	1	
成熟瓜横径(y_2) Transverse diameter of mature melon	0.733*	0.228	0.656*	1

注: $r_{0.05}=0.632, r_{0.01}=0.765$, *表示显著相关, **表示极显著相关
Note: $r_{0.05}=0.632, r_{0.01}=0.765$, * means significant correlation, ** means extremely significant correlation

2.4 遗传通径分析 为比较子房长和子房横径对成熟瓜长和成熟瓜横径的影响,分别以成熟瓜长和成熟瓜横径为结果变量,其他性状为原因变量,对冬瓜子房长、子房横径、成熟瓜长、成熟瓜横径之间的直接作用进行通径分析。

由表3可知,子房长对成熟瓜长的直接作用最大,直接通径系数为0.973,在相关分析中也发现,它对成熟瓜长的影响达极显著水平,其通过子房横径的间接作用为-0.012,说明子房长通过子房横径对成熟瓜长几乎不发生间接作用。

子房横径对成熟瓜长的直接作用较小,且对成熟瓜横径产生负向影响,其通过子房长的间接作用较小,几乎不通过子房

长发生间接作用。

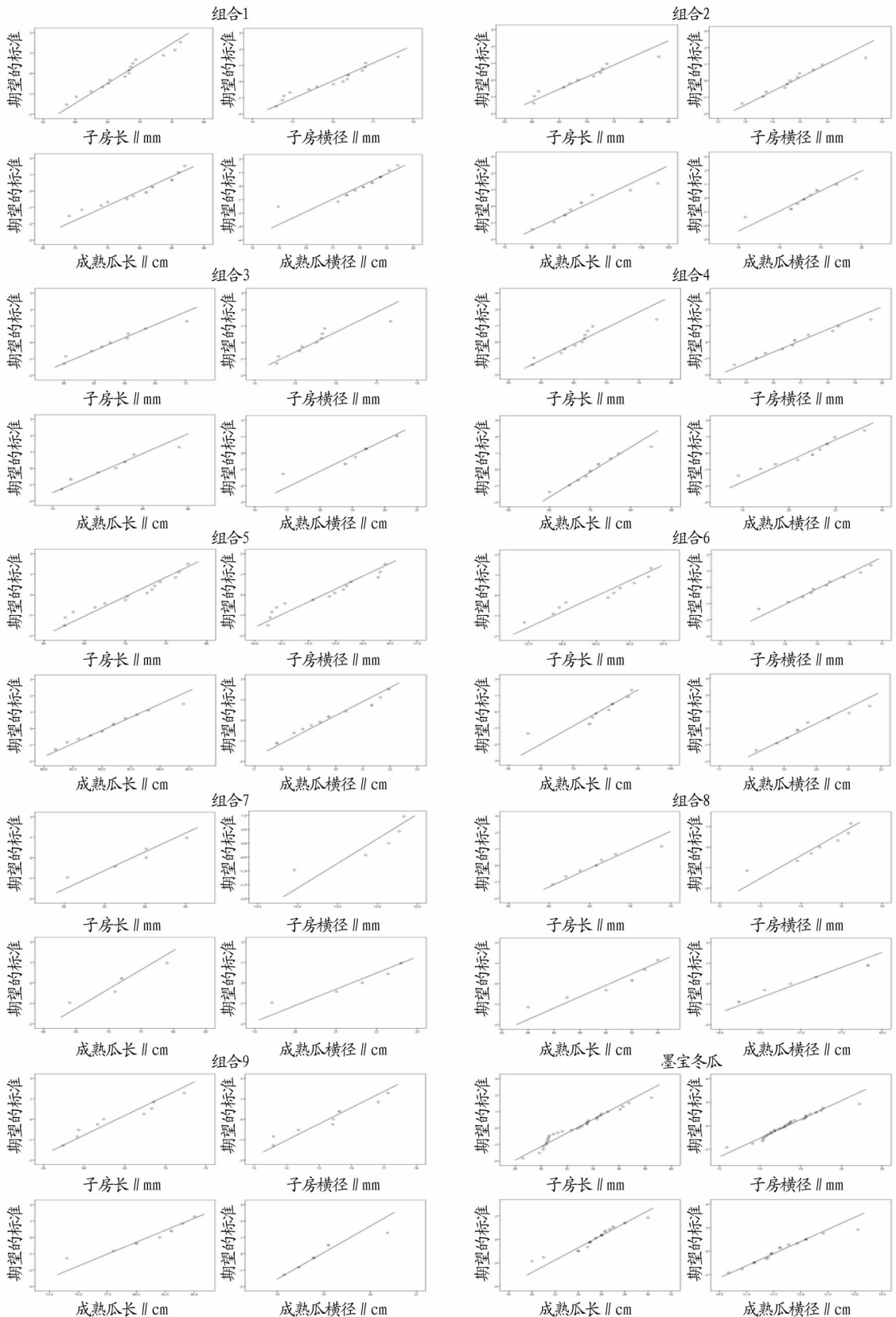


图 1 墨宝冬瓜和 9 个杂交组合不同性状的样本数据正态概率标准 Q-Q 图

Fig. 1 Q-Q diagram of normal probability standard for sample data of different traits of Mobao Donggua and 9 hybrid combinations

由表 4 可知,子房长对成熟瓜横径的直接通路系数为

0.733,可见它对成熟瓜横径有直接的正相关作用,其通过子

房横径的间接作用为 0.009,说明子房长通过子房横径对成熟瓜横径几乎不发挥间接作用。子房横径对成熟瓜横径的

直接作用较小,直接途径系数为 0.195,其通过子房长的间接作用较小,几乎不通过子房长发生间接作用。

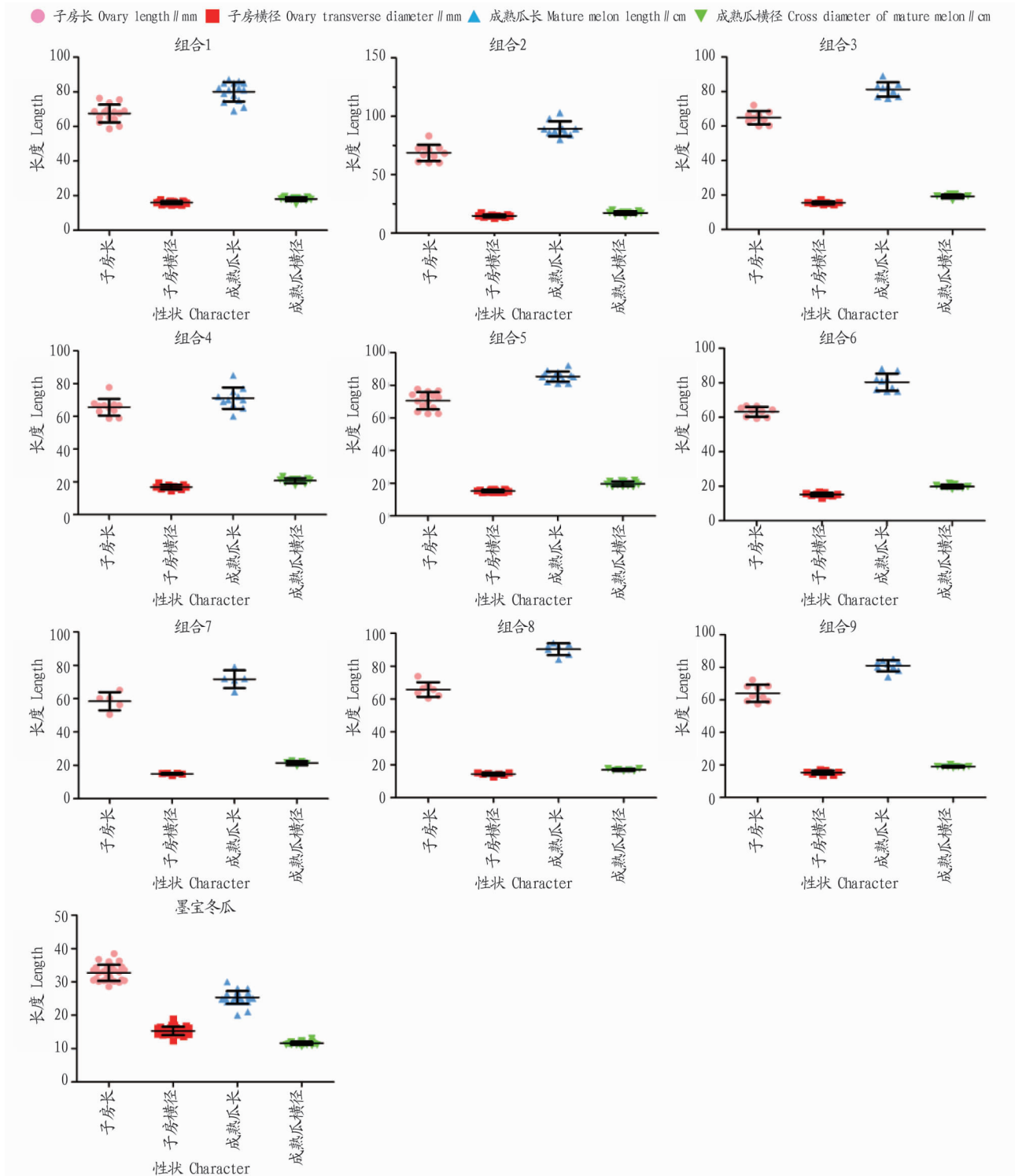


图2 墨宝冬瓜和9个杂交组合的农艺性状可视化

Fig.2 Agronomic traits of Mobao Donggua and 9 hybrid combinations

3 结论与讨论

培育出符合市场需求的品种是育种工作者重要育种目标之一。市场对冬瓜大小和长度的需求也不尽一致,因此确定影响冬瓜大小和长度的相关因素,可以提高育种效率。近年来,许多学者利用相关性分析的方法对西瓜^[12]、番茄^[13]、

大豆^[14]、玉米^[15]等作物进行了农艺性状相关性的研究,揭示了各农艺性状间的关联,为作物遗传育种提供理论参考。

该研究通过分析不同杂交组合的子房和成熟果性状的关系,通过显著性分析和多元回归分析均发现子房长和成熟果长呈正相关,这与杨悦^[16]的研究结果相似,表明子房长是

表 3 冬瓜成熟瓜长的通径系数分析

Table 3 Path coefficient analysis of mature melon length of winter melon

性状 Character	相关系数 Correlation coefficient (r_{ij})	直接通 径系数 Direct path coefficient (P_{iy})	间接通径系数($r_{ij}P_{iy}$) Indirect path coefficient	
			子房长 Indirect path coe- fficient	子房横径 Ovary transverse diameter
子房长 Ovary length	0.961 **	0.973	—	-0.012
子房横径 Ovary transverse diameter	-0.211	-0.254	0.043	—

表 4 冬瓜成熟瓜横径的通径系数分析

Table 4 Path coefficient analysis of mature gourd cross diameter

性状 Character	相关系数 Correlation coefficient (r_{ij})	直接作用 Direct action (P_{iy})	间接通径系数($r_{ij}P_{iy}$) Indirect path coefficient	
			子房长 Indirect path coe- fficient	子房横径 Ovary transverse diameter
子房长 Ovary length	0.733 *	0.724	—	0.009
子房横径 Ovary transverse diameter	0.228	0.195	0.033	—

构成成熟瓜长的主要指标。与此同时,发现子房长与成熟瓜横径呈显著正相关,表明果实在生长过程中,果实粗度随长度的伸长而相应增粗,与龚秋林等^[17]研究结果一致。该研究结果表明,在冬瓜育种过程,可以通过子房期选择子房较长的资源进而达到获取较长、较粗冬瓜成熟果,进而达到高产育种的目的。

(上接第 36 页)

参考文献

- [1] 兰玉鲜. 浅谈烤烟含青对烟叶质量影响[J]. 轻工科技, 2015, 31(6): 116-117.
- [2] 王行, 张敏坚, 何振峰. 采收成熟度对烟叶烤后质量的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(4): 161-164.
- [3] 王霞. 含青烟叶产生的原因及质量控制措施[J]. 现代农业科技, 2019(5): 56-57.
- [4] 罗昭标, 陈欢, 占资抚, 等. 烟叶烘烤工作中含青烟叶产生的原因及解决措施[J]. 现代农业科技, 2013(22): 184-186.
- [5] 郑成琼, 李贤慧, 冉娟, 等. 影响利川烟叶质量提升的烟叶工作管理模

参考文献

- [1] 谢大森, 何晓明, 彭庆务. 不同冬瓜品种营养成分分析[C]//中国园艺学会. 中国园艺学会第六届青年学术讨论会论文集. 西安: 陕西科学技术出版社, 2004: 409-412.
- [2] 周胜军, 陈新娟, 朱育强, 等. 我国冬瓜和节瓜种质资源的研究现状及建议[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(1): 211-214.
- [3] 邹宇晓, 徐玉娟, 廖森泰, 等. 冬瓜的营养价值及其综合利用研究进展[J]. 中国果菜, 2006, 26(5): 46-47.
- [4] JIANG B, LIU W R, XIE D S, et al. High-density genetic map construction and gene mapping of pericarp color in wax gourd using specific-locus amplified fragment (SLAF) sequencing[J]. BMC Genomics, 16(1): 1-10.
- [5] 谢大森, 何晓明, 彭庆务, 等. 冬瓜主要农艺性状的相关与通径分析[J]. 华北农学报, 2002, 17(S1): 124-127.
- [6] 谢大森, 何晓明, 赫新洲, 等. 冬瓜产量相关性状的灰关联综合评估研究[J]. 江西农业学报, 2003, 15(1): 33-36.
- [7] 何晓明, 陈清华, 林毓娥. 华南型黄瓜产量与果实性状的相关和通径分析[J]. 广东农业科学, 2001, 28(1): 17-18.
- [8] 李建吾, 孙守如, 任凝辉, 等. 黄瓜主要农艺性状的遗传相关与通径分析[J]. 河南农业大学学报, 1997, 31(3): 244-247.
- [9] 肖昌华, 余席茂, 唐镔, 等. 苦瓜主要农艺性状相关及通径分析[J]. 农业科技通讯, 2015(3): 161-163.
- [10] 杨丽, 李晓艳, 姜新, 等. 《生物统计学》课程中 SPSS 统计软件的应用: 以随机完全区组设计试验为例[J]. 热带农业工程, 2019, 43(4): 145-147.
- [11] 杜家菊, 陈志伟. 使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法[J]. 生物学通报, 2010, 45(2): 4-6.
- [12] 江海坤, 袁希汉, 章镇, 等. 西瓜主要农艺性状与裂果性状的相关及通径分析[J]. 中国蔬菜, 2009(16): 31-35.
- [13] 贾晓军, 陈芳, 兰创业. 鲜食番茄农艺性状和产量的相关性分析[J]. 北方园艺, 2017(5): 27-30.
- [14] 贺礼英, 尹成杰, 黄守程, 等. 菜用大豆主要农艺性状的相关性、聚类及主成分分析[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(1): 50-57.
- [15] 贾亚涛, 杜伟建, 邢国芳. 玉米主要农艺性状间相关性和主要农艺性状与产量的相关通径分析[J]. 山西农业科学, 2015, 43(9): 1080-1083.
- [16] 杨悦. 黄瓜果实发育过程纵横径变化规律及其器官形状相关性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- [17] 龚秋林, 刘上信. 杂交苦瓜果实发育状况研究[J]. 安徽农业, 2004(12): 18.

式探讨[J]. 农业开发与装备, 2019(4): 66-67.

- [6] 曹祥金. 服务升级进行时 质量提升促转型——湖南郴州局(公司)推进烟叶采烤分一体化工作纪实[N]. 东方烟草报, 2017-11-06(3).
- [7] 王秀辉, 张英华, 郭全伟, 等. 基于“1+N”的烟叶采烤分一体化探索与实践[J]. 作物研究, 2017, 31(2): 197-200.
- [8] 韦建玉, 张大斌, 吴峰, 等. 采、运、烤一体化烟叶采烤技术及其效能分析[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(1): 220-223.
- [9] 穆青, 刘锦华, 黄德朴, 等. “6+6S”烟叶采烤一体化服务模式研究与应用[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(4): 65-71.
- [10] 林绍武, 吕高钊, 黄德荣, 等. 南平市建阳区烟叶采烤一体化试点[J]. 湖南农业科学, 2017(7): 88-91.