



18 个樱桃番茄自交系数量性状的配合力和遗传力分析

赵宇飞¹, 王晓敏^{1,2,3,4}, 袁东升¹, 刘珮君¹, 郑福顺¹,
胡新华⁵, 付金军⁵, 高艳明^{1,2,3,4}, 李建设^{1,2,3,4}

(1. 宁夏大学 农学院, 银川 750021; 2. 宁夏设施园艺(宁夏大学)技术创新中心, 银川 750021;
3. 宁夏现代设施园艺工程技术研究中心, 银川 750021; 4. 宁夏优势特色作物现代分子育种重点实验室,
银川 750021; 5. 宁夏巨丰种苗有限责任公司, 银川 750021)

摘要 优异番茄自交系是品种选育的基础, 配合力和遗传力是评价自交系育种价值的重要指标。以 18 个樱桃番茄自交系为材料, 采用 NC II 不完全双列杂交, 配制成 56 个组合, 对单花序果数、单果质量、果实纵径、果实横径、果形指数、果梗洼大小、硬度、可溶性固形物质量分数及果肉厚共 9 个数量性状进行配合力和遗传力的分析。结果表明: 母本 60021、60803、60805 和父本 60450、60849 的一般配合力相对效应值较高; 60283 × 60447 和 60803 × 60450 的特殊配合力相对效应值最高; 9 个数量性状均受基因的加性效应控制, 可以稳定遗传后代; 单果质量、果实纵径、果梗洼大小、果肉厚的遗传力均较高, 受环境影响较小, 早期世代进行选择, 效果明显。本研究可为宁夏地区樱桃番茄亲本的选择、优势杂交组合配制及新品种的选育提供参考依据。

关键词 樱桃番茄; 数量性状; 配合力; 遗传力

中图分类号 S641.2

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2019)12-2011-08

樱桃番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. *cerasiforme*) 又称小番茄、圣女果, 为茄科番茄属植物, 其外观小巧, 口感优良, 深受消费者喜爱^[1-2]。作为重要的园艺作物之一, 品种退化、品种单一、连作障碍和病虫害频繁发生等问题日渐突出, 选育综合性状优良的品种, 成为育种工作者共同的目标。杂优育种作为番茄育种的主要方式, 组合配制是其中的重要部分, 组配的好坏会直接影响后代优良品种的产生。配合能力的高低作为杂优育种中亲本选配的重要依据, 是育种成败的重要因素之一。在早期世代鉴定组合优劣, 对正确地选配亲本、尽早评价组合的优劣及提高育种效果具有重要意义^[3]。

关于大果番茄杂交组配, 前人的多次试验结果表明, 维生素 C 质量分数、番茄红素质量分数、果实硬度、果肉厚、果实横径、果形指数、株高、可溶性固形物质量分数、葡萄糖质量分数、果糖质量分数等性状的广义遗传力和狭义遗传力均较高, 主要受加性效应作用, 可稳定遗传给后代^[4-9]。而

国内有关樱桃番茄遗传效应的研究起步较晚^[10], 相关资料较少, 杨永政^[10-11]、孙保娟^[12]、刘艳梅^[13]等的试验结果显示可溶性总糖质量分数、可溶性固形物质量分数、糖酸比、维生素 C 质量分数、番茄红素质量分数、果形指数、果实纵径、果实横径、单株果数、单果质量、可滴定酸质量分数、贮藏指数等性状的遗传以加性效应为主。

目前, 宁夏地区以番茄种质资源遗传多样性研究为主^[14-16], 有关番茄配合力及遗传效应的研究还未见报道。本研究以前期自交分离的 18 个樱桃番茄自交系为材料, 采用 NC II 不完全双列杂交设计, 配制 56 个组合。选择单花序果数、单果质量、果实纵径、果实横径、果形指数、果梗洼大小、硬度、可溶性固形物质量分数、果肉厚等 9 个能较好地反映樱桃番茄品质和产量的数量性状, 通过估算配合力和遗传力, 评价、筛选优良的亲本和组合, 以为宁夏地区樱桃番茄亲本的选配和优势杂交组合的选育提供参考依据。

收稿日期: 2019-03-14 修回日期: 2019-05-20

基金项目: 宁夏回族自治区自然科学基金(NZ15021); 宁夏回族自治区农业育种专项(NXNYYZ20150303)。

第一作者: 赵宇飞, 男, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜生物技术与遗传育种。E-mail: 1021668301@qq.com

通信作者: 王晓敏, 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为蔬菜生物技术与遗传育种。E-mail: wangxiaomin_1981@163.com

1 材料与方法

1.1 试验材料

由宁夏大学农学院园林系蔬菜课题组和宁夏巨丰种苗有限责任公司提供的 18 个樱桃番茄高

代自交系为试验材料,编号分别为 60021、60023、60028、60171、60283、60288、60448、60449、60500、60502、60517、60519、60803、60805、60849、60020、60447 和 60450,田间表现见表 1。

表 1 18 个亲本材料的来源及性状

Table 1 The basic origin and trait of 18 cherry tomato parents

田间代号 Serial number	来源地 Origin	果形 Fruit shape	果色 Fruit color	生长习性 Growth habit	补充描述 Other information
60021	广西 Guangxi	椭圆形 Elliptic	红色 Red	无限生长 Indeterminate growth	果实极早熟,硬度较高,单果质量 14 g,抗叶病能力较强 Very early ripening, firmness of fruits was higher, fruit mass is 14 g, strong resistance to leaf disease
60023	广西 Guangxi	桃形 Peach shaped	红色 Red	无限生长 Indeterminate growth	果实极早熟,单果质量 29 g,抗叶病能力强 Very early ripening, fruit mass is 29 g, strong resistance to leaf disease
60028	广西 Guangxi	圆形 Globular	红色 Red	无限生长 Indeterminate growth	果实极早熟,单果质量 7 g,抗叶病能力较强 Very early ripening, fruit mass is 7 g, strong resistance to leaf disease
60171	甘肃 Gansu	椭圆形 Elliptic	红色 Red	无限生长 Indeterminate growth	果实极早熟,硬度较高,单果质量 8 g,坐果率高 Very early ripening, firmness of fruits was higher, fruit mass is 8 g, high fruit setting rate
60283	云南 Yunnan	卵圆形 Oval	红色 Red	无限生长 Indeterminate growth	果实极早熟,硬度较高,单果质量 12 g,抗叶病能力较强 Very early ripening, firmness of fruits was higher, fruit mass is 12 g, strong resistance to leaf disease
60288	云南 Yunnan	长梨形 Pear shaped	红色 Red	无限生长 Indeterminate growth	果实早熟,生长势强,单果质量 13 g,糖度较高 Early ripening, vigorous growth, fruit mass is 13 g, high sugar content
60448	云南 Yunnan	长梨形 Pear shaped	红色 Red	有限生长 Determinate growth	果实极早熟,硬度较高,单果质量 14 g Very early ripening, firmness of fruits was higher, fruit mass is 14 g
60449	云南 Yunnan	圆形 Globular	红色 Red	有限生长 Determinate growth	果实极早熟,硬度较高,单果质量 37 g Very early ripening, firmness of fruits was higher, fruit mass is 37 g
60500	辽宁 Liaoning	圆形 Globular	红色 Red	无限生长 Indeterminate growth	果实极早熟,单果质量 17 g Very early ripening, fruit mass is 17 g
60502	辽宁 Liaoning	圆形 Globular	红色 Red	有限生长 Determinate growth	果实中熟,坐果率高,单果质量 29 g Middle ripening, high fruit setting rate, fruit mass is 29 g
60517	辽宁 Liaoning	圆形 Globular	红色 Red	无限生长 Indeterminate growth	果实中熟,坐果率高,单果质量 12 g,糖度较高 Middle ripening, high fruit setting rate, fruit mass is 12 g, high sugar content
60519	辽宁 Liaoning	圆形 Globular	红色 Red	无限生长 Indeterminate growth	果实早熟,单果质量 26 g,糖度高 Early ripening, fruit mass is 26 g, high sugar content
60803	甘肃 Gansu	卵圆形 Oval	红色 Red	有限生长 Determinate growth	果实极早熟,生长势强,单果质量 28 g,抗叶病能力较强 Very early ripening, vigorous growth, fruit mass is 28 g, strong resistance to leaf disease
60805	甘肃 Gansu	圆形 Globular	红色 Red	有限生长 Determinate growth	果实早熟,生长势强,单果质量 41 g,抗叶病能力较强 Early ripening, vigorous growth, fruit mass is 41 g, strong resistance to leaf disease
60849	甘肃 Gansu	桃形 Peach shaped	绿色 Green	无限生长 Indeterminate growth	果实晚熟,生长势强,单果质量 32 g Maturing late, vigorous growth, fruit mass is 32 g
60020	广西 Guangxi	圆形 Globular	红色 Red	有限生长 Determinate growth	果实早熟,单果质量 12 g,糖度高,抗叶病能力较强 Early ripening, fruit mass is 12 g, high sugar content, strong resistance to leaf disease
60447	广西 Guangxi	圆形 Globular	红色 Red	无限生长 Indeterminate growth	果实极早熟,硬度高,单果质量 18 g,抗叶病能力强 Very early ripening, firmness of fruits was higher, fruit mass is 18 g, strong resistance to leaf disease
60450	广西 Guangxi	高圆形 High round	红色 Red	无限生长 Indeterminate growth	果实极早熟,硬度较高,单果质量 16 g,抗叶病能力强 Very early ripening, firmness of fruits was higher, fruit mass is 16 g, strong resistance to leaf disease

1.2 试验设计

于 2017 年春季将父母本定植于露地,采用 NC II 不完全双列杂交法,配成 56 个组合,并收取 F₁ 代杂交种。于 2017 年 10 月 24 日将 F₁ 代种子播种于 72 穴穴盘,于 12 月 4 日定植在宁夏大学试验农场日光温室。种植方式同芮文婧等^[16],采用随机区组设计,半高垄双行栽植,垄高

20 cm,畦宽 70 cm,株距 40 cm,每个组合重复 3 次,每重复定植 8 株。田间管理(温光管理、水肥管理、植株调整、病虫害防治)按常规进行。

1.3 数量性状的测定

在番茄二穗果至三穗果成熟期,参照《番茄种质资源描述规范和数据标准》^[17],结合番茄生长的实际状况,对单花序果数、单果质量、果实纵径、

果实横径、果形指数、果梗洼大小、硬度、可溶性固形物质量分数和果肉厚 9 个指标进行调查和测定。测定所用仪器为 MNT-150T 游标卡尺、GT-4 硬度计和 TD-45 糖度计。

1.4 数据处理及统计分析

采用 Microsoft Excel 2010 进行数据的整理, SPSS 20.0 进行方差分析, 采用邵祺^[18]的方法进行一般配合力、特殊配合力相对效应值的估算以及遗传效应值的计算。

配合力的计算公式为: 一般配合力效应值 = 亲本在其杂交后代中的性状平均数 - 整个杂交后代的性状总平均; 特殊配合力效应值 = 某性状的小区平均数 - 整个杂交后代的性状总平均 - 父本一般配合力 - 母本一般配合力; 一般配合力相对

效应值 = 某性状的一般配合力效应值 / 整个杂交后代的性状总平均 $\times 100\%$; 特殊配合力相对效应值 = 某性状的特殊配合力效应值 / 整个杂交后代的性状总平均 $\times 100\%$ 。

2 结果与分析

2.1 樱桃番茄主要数量性状方差分析

为了比较樱桃番茄 9 个数量性状间的差异, 对不完全双列杂交的组合、区组间各数量性状进行差异显著性测验(表 2)。结果表明 9 个数量性状组合间方差均达到极显著水平, 且其区组间无明显差异, 表明该试验控制良好, 各组合基因型效应间存在真实差异, 可进一步做配合力和遗传力分析。

表 2 9 个数量性状的方差分析

Table 2 Variance analysis of nine quantitative traits

性状 Trait	区组间 Repeat				组合间 Cross			
	均方	Mean square	F 值	F value	均方	Mean square	F 值	F value
单花序果数 Single inflorescence number		1.40		0.66		6.76		3.195**
单果质量/g Fruit mass		13.29		1.11		174.93		14.563**
果实纵径/cm Vertical diameter		1.87		0.42		55.44		12.578**
果实横径/cm Transverse diameter		35.45		1.48		77.62		3.232**
果形指数 Fruit shape index		0.01		0.90		0.02		3.057**
果梗洼大小/cm Size of corky area around pedicel scar		3.16		2.53		14.40		11.527**
硬度/(kg/cm ²) Hardness		0.42		0.64		2.61		4.008**
可溶性固形物质量分数/% Soluble solids mass fraction		1.32		2.96		3.73		8.328**
果肉厚/cm Flesh thickness		0.24		1.02		1.22		5.079**

注: **表示在 0.01 水平上差异显著; *表示在 0.05 水平上差异显著。

Note: ** indicates significant difference at 0.01 level, * indicates significant difference at 0.05 level.

2.2 一般配合力相对效应值分析

18 个亲本 9 个主要数量性状的一般配合力相对效应值见表 3。结果表明, 单花序果数一般配合力相对效应值为正值的母本依次为 60171 > 60021 > 60803 > 60028 > 60517 > 60502, 父本依次为 60447 > 60020, 单花序果数相对效应值较高亲本是选育高产组合的前提; 单果质量一般配合力相对效应值为正值的母本依次为 60449 > 60502 > 60805 > 60023 > 60021 > 60803, 父本依次为 60450 > 60849, 若选育果质量较大的组合, 则应选取相对效应值较高亲本, 反之, 选择相对效应值较低亲本; 果实纵径一般配合力相对效应值为正值的母本依次为 60805 > 60803 > 60023 > 60449 > 60288 = 60171 = 60283 > 60021, 父本有 60450 = 60849; 果实横径一般配合力相对效应值

为正值母本依次为 60500 > 60023 = 60449 > 60502 > 60805, 父本有 60450 = 60849; 果形指数一般配合力相对效应值为正值的母本依次为 60803 > 60288 > 60283 > 60448 > 60171 > 60805, 父本为 60849, 若育种目标为长圆形则应选相对效应值较高的亲本, 若要选育圆形、扁圆形则应选相对效应值较低亲本; 果梗洼大小一般配合力相对效应值为正值的母本依次为 60502 > 60449 > 60805 > 60023 = 60517 > 60500, 父本依次为 60450 > 60849; 硬度一般配合力相对效应值为正值的母本依次为 60803 = 60805 > 60023 > 60448 > 60021, 父本依次为 60450 > 60849 > 60447, 若育种要求为高硬度番茄应选择相对效应值较高的亲本; 可溶性固形物质量分数一般配合力相对效应值为正值的母本依次为 60803 > 60028 > 60448

>60519>60288>60021=60500,父本仅 60447 为正值,若要选育可溶性固形物质量分数较高组合,则应选择配合力相对效应值较高亲本;果肉厚一般配合力相对效应值为正值的母本依次为 60283>60449>60805=60021>60803>60502=

60288,父本依次为 60450>60849,若要选育货架期长、耐贮运型,则应选择相对效应值较高亲本。综合 9 个性状,表现较好(7 个及以上的性状相对效应值 ≥ 0)的母本为 60021、60803 和 60805,父本为 60450 和 60849。

表 3 一般配合力的相对效应值

Table 3 Relative values of general combing ability

亲本 Parent	单花序果数 Single inflorescence number	单果质量 Fruit mass	果实纵径 Vertical diameter	果实横径 Transverse diameter	果形指数 Fruit shape index	果梗洼大小 Size of corky area around pedicel scar	硬度 Hardness	可溶性固形 物质量分数 Soluble solids mass fraction	果肉厚 Flesh thickness
♀	60021	0.16	0.07	0.01	0	-0.01	0.02	0.02	0.07
	60023	-0.09	0.12	0.06	0.08	-0.03	0.05	-0.13	-0.09
	60028	0.06	-0.35	-0.14	-0.11	-0.05	-0.16	-0.12	0.07
	60171	0.19	-0.09	0.02	-0.03	0.04	-0.01	-0.12	0
	60283	-0.03	0	0.02	-0.04	0.06	-0.03	-0.01	-0.06
	60288	-0.07	-0.15	0.02	-0.07	0.09	-0.12	-0.16	0.03
	60448	-0.07	-0.13	-0.04	-0.10	0.05	-0.07	0.06	0.06
	60449	-0.14	0.28	0.05	0.08	-0.03	0.13	-0.03	-0.03
	60500	-0.02	-0.05	0	0.16	-0.08	0.01	-0.09	0.02
	60502	0.01	0.24	-0.01	0.07	-0.08	0.17	-0.02	-0.03
	60517	0.03	-0.10	-0.07	-0.01	-0.07	0.05	-0.08	-0.04
	60519	-0.01	-0.06	-0.06	-0.03	-0.04	0	-0.04	0.05
	60803	0.08	0.02	0.07	-0.06	0.12	-0.08	0.23	0.11
	60805	-0.11	0.20	0.08	0.06	0.01	0.07	0.23	-0.06
	♂	60849	-0.07	0.24	0.11	0.11	0.02	0.08	0.07
60020		0.07	-0.27	-0.09	-0.08	-0.01	-0.10	-0.25	-0.04
60447		0.10	-0.38	-0.14	-0.14	0	-0.16	0.05	0.14
60450		-0.10	0.40	0.11	0.11	0	0.18	0.13	-0.01

2.3 特殊配合力相对效应值分析

56 个组合 9 个数量性状的特殊配合力相对效应值见表 4。结果表明,单花序果数特殊配合力相对效应值为正值的有 22 个组合,其中 60805×60849 最高,为 0.17;单果质量特殊配合力相对效应值为正值的有 25 个组合,其中 60803×60450 最高,为 0.45;果实纵径特殊配合力相对效应值为正值的有 24 个组合,其中 60803×60450 最高,为 0.17;果实横径特殊配合力相对效应值为正值的有 22 个组合,其中 60500×60849 最高,为 0.41;果形指数特殊配合力相对效应值为正值的有 23 个组合,其中最高的是 60448×60447,达到 0.09;果梗洼大小特殊配合力相对效应值为正值的有 26 个组合,其中 60171×60450 最高,为 0.

16;硬度特殊配合力相对效应值为正值的有 22 个组合,其中 60502×60447 最高,为 0.4;可溶性固形物质量分数特殊配合力相对效应值为正值的有 30 个组合,其中 60502×60447 最高,为 0.15;果肉厚特殊配合力相对效应值为正值的有 27 个组合,其中 60803×60450 最高,为 0.16。综合 9 个性状,表现较好的组合(7 个性状相对效应值 ≥ 0)有 60519×60849、60021×60849、60805×60849、60021×60020、60517×60020、60023×60447、60448×60447、60449×60447 和 60023×60450 共 9 个组合,60283×60447 和 60803×60450 表现最好(仅 1 个性状特殊配合力相对效应值为负值)。

表 4 特殊配合力的相对效应值

Table 4 Relative values of special combing ability

组合 Combination	单花序果数 Single inflorescence number	单果质量 Fruit mass	果实纵径 Vertical diameter	果实横径 Transverse diameter	果形指数 Fruit shape index	果梗洼大小 Size of corky area around pedicel scar	硬度 Hardness	可溶性固 形物质量分数 Soluble solids mass fraction	果肉厚 Flesh thickness
60021×60849	0	0.14	0.04	0	0.01	0.01	0.06	-0.04	-0.01
60023×60849	-0.07	-0.14	-0.07	-0.11	0.02	-0.12	-0.04	0.04	-0.09
60028×60849	0.08	-0.05	-0.06	-0.08	0.01	-0.05	0.06	0.06	0.11
60171×60849	-0.01	-0.07	-0.01	-0.03	0	-0.07	0.15	-0.13	-0.09
60283×60849	0.05	-0.32	-0.04	-0.09	0.04	-0.14	0.33	-0.08	-0.09
60288×60849	0.02	0.06	0.06	0.01	0.03	-0.03	-0.03	0.01	-0.10
60448×60849	-0.02	-0.08	-0.03	0	-0.06	-0.03	-0.14	0.01	0.02
60449×60849	-0.02	0.13	-0.01	-0.02	-0.01	0.10	0.15	0.07	-0.06
60500×60849	-0.01	0	0.05	0.41	-0.10	0.12	-0.03	0.01	0.01
60502×60849	-0.17	0.23	0.02	0.04	-0.03	0.13	-0.28	-0.11	0.10
60517×60849	-0.01	0	0.02	-0.02	0.03	-0.01	-0.11	-0.03	0.06
60519×60849	0.04	0.17	0.03	0.02	0	0.09	-0.22	0.05	0.11
60803×60849	-0.03	-0.16	-0.02	-0.09	0.05	-0.03	0.12	0.05	-0.01
60805×60849	0.17	0.08	0.01	-0.03	0.01	0.02	-0.02	0.09	0.05
60021×60020	0.01	0.11	0.06	0.05	0.02	0.04	-0.01	-0.09	0.11
60023×60020	-0.05	-0.02	-0.01	0.01	-0.01	0.04	-0.15	-0.11	0.05
60028×60020	-0.02	0.15	0.13	0.12	0.01	0.12	-0.03	-0.01	0.06
60171×60020	0.14	0.16	0.04	0.04	0	-0.02	-0.05	0.07	-0.11
60283×60020	-0.08	-0.07	-0.07	-0.03	-0.04	-0.04	0.06	0.10	-0.03
60288×60020	-0.04	0.03	-0.03	-0.01	0	-0.03	0.16	-0.01	0.06
60448×60020	0	0.16	0.03	0.09	-0.07	0.10	-0.12	-0.08	0.03
60449×60020	0.08	-0.10	-0.01	-0.01	0.01	-0.02	-0.02	-0.03	0
60500×60020	-0.09	0.01	-0.02	-0.18	0.07	-0.03	-0.01	0.02	0.11
60502×60020	0.05	-0.17	-0.01	-0.02	0	-0.05	-0.09	-0.09	0.01
60517×60020	0.01	0.03	-0.01	0	0	0.02	0.03	0.07	-0.03
60519×60020	-0.01	-0.02	-0.01	-0.03	0.03	-0.04	0	0.07	-0.10
60803×60020	0.01	-0.09	-0.05	0	-0.04	0.05	-0.09	-0.02	-0.04
60805×60020	-0.01	-0.16	-0.04	-0.04	0.02	-0.16	0.34	0.1	-0.12
60021×60447	0.01	-0.07	-0.01	-0.01	0	-0.05	-0.20	0.03	0.03
60023×60447	0.01	0.14	0.04	0.04	0	-0.01	0.12	-0.04	0.05
60028×60447	-0.04	0.18	0.02	0.02	-0.01	0.09	-0.16	-0.04	-0.03
60171×60447	-0.05	-0.05	-0.04	0.01	-0.06	-0.08	-0.03	0	0.12
60283×60447	0.04	0.24	0.1	0.06	0.05	0.15	-0.16	0.02	0.10
60288×60447	-0.03	-0.02	-0.07	-0.03	-0.03	0	-0.08	0.09	-0.08
60448×60447	-0.03	0.1	0.06	0	0.09	0.06	0.17	0.01	-0.04
60449×60447	-0.01	0.06	0.04	0.05	0	0.04	-0.01	0.02	0.01
60500×60447	0.13	-0.04	-0.02	-0.07	-0.02	-0.15	-0.06	0.02	-0.08
60502×60447	0.11	-0.21	-0.03	-0.08	0.04	-0.08	0.40	0.15	0
60517×60447	0	0.03	0.01	0	0.02	-0.02	0.11	-0.08	-0.08
60519×60447	0.07	-0.03	0.02	0.07	-0.05	0.09	0.10	-0.20	0.03
60803×60447	-0.08	-0.20	-0.10	-0.04	-0.03	-0.04	-0.11	0.08	-0.11
60805×60447	-0.12	-0.14	-0.03	-0.02	0	0.01	-0.09	-0.04	0.08
60021×60450	-0.01	-0.18	-0.10	-0.04	-0.04	0	0.16	0.10	-0.13
60023×60450	0.12	0.02	0.03	0.05	-0.01	0.09	0.07	0.10	-0.01
60028×60450	-0.01	-0.29	-0.09	-0.07	-0.01	-0.17	0.12	-0.01	-0.14
60171×60450	-0.07	-0.04	0.01	-0.02	0.05	0.16	-0.06	0.07	0.09
60283×60450	-0.01	0.14	0	0.05	-0.05	0.03	-0.23	-0.04	0.02
60288×60450	0.06	-0.07	0.04	0.03	0	0.06	-0.04	-0.08	0.12
60448×60450	0.05	-0.18	-0.06	-0.10	0.04	-0.13	0.10	0.06	-0.02
60449×60450	-0.05	-0.09	-0.02	-0.01	0	-0.11	-0.12	-0.06	0.05
60500×60450	-0.03	0.04	-0.01	-0.15	0.05	0.05	0.10	-0.05	-0.03
60502×60450	0.01	0.15	0.02	0.06	-0.02	0	-0.03	0.05	-0.11
60517×60450	0	-0.05	-0.03	0.03	-0.04	0.01	-0.03	0.04	0.05
60519×60450	-0.11	-0.12	-0.04	-0.06	0.03	-0.13	0.12	0.09	-0.04
60803×60450	0.10	0.45	0.17	0.13	0.02	0.02	0.08	-0.11	0.16
60805×60450	-0.05	0.22	0.06	0.10	-0.03	0.13	-0.22	-0.15	-0.01

2.4 各性状相关遗传参数分析

由表 5 可以看出,单花序果数、单果质量、果实纵径、果实横径、果形指数、果梗洼大小、硬度、可溶性固形物质量分数及果肉厚这 9 个数量性状的一般配合力方差大于特殊配合力方差,说明这些性状主要受基因的加性效应控制,可以稳定遗传后代,应通过选种和有性杂交育种等常规育种

方法加以利用。单果质量、果实纵径、果梗洼大小、果肉厚的广义和狭义遗传力均比较高(大于 50%),说明其受环境影响较小,早期世代进行选择效果明显;而单花序果数、果实横径、果形指数、硬度、可溶性固形物质量分数的遗传力较低(大于 50%),应在杂交后期进行选择,效果较好。

表 5 各主要性状相关遗传参数

Table 5 Correlation genetic parameters for the main traits

性状 Trait	加性方差 Additive variance	非加性方差 Non-additive variance	环境方差 Environmental variance	GCA 方差/% GCA variance	SCA 方差/% SCA variance	广义遗传力/% Broad heritability	狭义遗传力/% Narrow heritability
单花序果数 Single inflorescence number	1.112 2	0.354 3	0.818	75.84	24.16	64.19	48.68
单果质量 Fruit mass	60.233 9	6.875 0	12.012	89.76	10.24	84.82	76.13
果实纵径 Vertical diameter	18.709 1	2.248 0	4.408	89.27	10.73	82.62	73.76
果实横径 Transverse diameter	20.265 8	1.729 3	24.018	92.14	7.86	47.80	44.04
果形指数 Fruit shape index	0.003 5	0	0.005	100.00	0	41.50	41.50
果梗洼大小 Size of corky area around pedicel scar	4.188 1	0.725 7	1.984	85.23	14.77	71.24	60.72
硬度 Hardness	0.536 7	0.220 0	0.652	70.93	29.07	53.72	38.10
可溶性固形物质量分数 Soluble solids mass fraction	0.809 5	0.447 3	0.448	64.41	35.59	73.72	47.48
果肉厚 Flesh thickness	1.002 0	0.049 3	0.239	95.31	4.69	81.48	77.65

3 讨论

同完全双列杂交法相比,不完全双列杂交法工作量小,分析方法简单,灵活性大,容易与实际要求相结合,适用于早期的亲本适配和组合评价^[18-19]。本研究采用 NC II 不完全双列杂交法,通过对一般配合力和特殊配合力的估算及分析,综合 9 个数量性状的配合力大小,挑选出表现较优的 3 个母本:60021、60803、60805,以及 2 个父本:60450 和 60849。较优组合有 60283×60447、60803×60450、60519×60849、60021×60849、60805×60849、60021×60020、60517×60020、60023×60447、60448×60447、60449×60447、60023×60450 共 11 个。而 11 个表现较好的组合中仅有 60803×60450、60021×60849、60805×60849 的双亲一般配合力都比较高,可见一般配合力较高的亲本并不一定能配制出特殊配合力较高的组合,亲本与杂交后代的表现并没有直接的联系^[20-22]。

本研究结果中单花序果数、单果质量、果实横径、果形指数、果梗洼大小、硬度、可溶性固形物质量分数和果肉厚等 8 个性状同前人研究结果一致,主要受基因的加性效应控制^[4-13]。而关于果

实纵径研究结果显示其一般配合力方差、广义遗传力和狭义遗传力都较高,受基因的加性效应控制,这仅与樱桃番茄的研究结果一致^[10],而多数大果番茄的研究结果则显示其受基因的非加性效应控制^[3-5]。原因可能是由于大果番茄育种目标一般为扁圆形或圆形,而樱桃番茄的育种目标大多为圆形或长圆形,扁圆形极其少见。因此,在选育大果番茄时,亲本选择一般为扁圆形、圆形,果实纵径相对较小,而在选育樱桃番茄时,亲本选择一般为圆形、长圆形,果实纵径相对较大。而亲本的性状会遗传给后代,所以最终影响亲本、组合的遗传效应值。

本研究主要评价分析了樱桃番茄数量性状的遗传力和配合力,而没有对质量性状的遗传力和配合力进行评价分析。在今后的杂交组配中,还应该对质量性状,如花序类型、风味、成熟果色等性状进行遗传力和配合力的分析与评价。此外,园艺产业发展中,病虫害及连作障碍等问题的频发,对育种工作提出新的挑战。选育一个优良的组合,不仅要求品质优良、产量突出,还要有较强的抗逆性和抗病性。利用杂交育种和分子标记辅助育种相结合的方式,可显著缩短育种周期,培育高产稳产、抗病性强及品质好等综合性状优良的

新组合^[23]。

参考文献 Reference:

- [1] TANG Q, ZHU F H, CAO X, *et al.* Cryptococcus laurentii controls gray mold of cherry tomato fruit via modulation of ethylene-associated immune responses[J]. *Food Chemistry*, 2019(278): 240-247.
- [2] LIU H R, MENG F L, MIAO H Y, *et al.* Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on main healthpromoting components and volatile organic compounds in cherry tomato fruits[J]. *Food Chemistry*, 2018(263): 194-200.
- [3] 王志强, 刘声锋, 王炬春, 等. 8 个西瓜亲本材料主要农艺性状的配合力和遗传力分析[J]. *西北农业学报*, 2018, 27(11): 1615-1621.
- WANG ZH Q, LIU SH F, WANG J CH, *et al.* Analysis of combining ability and heritability for main traits of 8 parents in watermelon[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2018, 27(11): 1615-1621.
- [4] 李 慧. 番茄主要品质性状杂种优势及其遗传效应的研究[D]. 江苏扬州: 扬州大学, 2006.
- LI H. Heterosis and inheritance of main quality characters of tomato[D]. Yangzhou Jiangsu: Yangzhou University, 2006.
- [5] 于分弟. 番茄杂交一代杂种优势表现、遗传效应及性状相关性的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2012.
- YU F D. Research on heterosis, genetic effects and correlation in characters of hybridization generation of tomato[D]. Nanning: Guangxi University, 2012.
- [6] 李自娟. 番茄无果梗串性品种选育及自交系配合力分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2011.
- LI Z J. Tomato breeding with jointless truss and analysis of combining ability of inbred lines[D]. Wuhan: Huazhong Agriculture University, 2011.
- [7] 田 园, 张喜春, 谷建田. 番茄亲本完全双列杂交后糖组分的配合力及遗传力分析[J]. *中国农学通报*, 2016, 32(16): 46-50.
- TIAN Y, ZHANG X CH, GU J T. Combining ability and heritability of polysaccharide component after griffing complete diallel crossing of tomato parents[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2016, 32(16): 46-50.
- [8] 王先裕, 于分弟, 梁聪耀, 等. 番茄核雄性不育系大 107 果实硬度杂种优势及遗传效应的研究[J]. *中国蔬菜*, 2010(20): 27-31.
- WANG X Y, YU F D, LIANG C Y, *et al.* Studies on heterosis and inheritance of fruit firmness in genetic malesterile tomato-‘Da107’ [J]. *China Vegetables*, 2010(20): 27-31.
- [9] 田 硕, 张喜春. 番茄果实主要品质性状的配合力及遗传力分析[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(13): 112-117.
- TIAN SH, ZHANG X CH. The analysis of combining ability and heritability of main quality characteristic in tomato [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(13): 112-117.
- [10] 杨永政. 樱桃番茄主要数量性状的遗传研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2006.
- YANG Y ZH. Genetic anlysis on major quantitative characters in cherry tomato[D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2006.
- [11] 杨永政, 巩振辉, 梁 燕. 樱桃番茄主要营养品质性状的配合力与遗传效应研究[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2007, 35(5): 179-183.
- YANG Y ZH, GONG ZH H, LIANG Y. Studies on combining ability and genetic effects of main quality characters in cherry tomato[J]. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)*, 2007, 35(5): 179-183.
- [12] 孙保娟. 樱桃番茄主要数量性状的遗传效应研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2002.
- SUN B J. Genetic anlysis on major quantitative traits in cherry tomato[D]. Changchun: Jilin Agriculture University, 2002.
- [13] 刘艳梅. 普通番茄与樱桃番茄杂交一代优势表现及遗传规律的研究[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2004.
- LIU Y M. Heterosis performances and genetics analysis of F1 hybrids between common tomato and cherry tomato [D]. Tai’an Shandong: Shandong Agriculture University, 2004.
- [14] 芮文婧, 王晓敏, 张倩男, 等. 47 份大果番茄种质资源表型性状的遗传多样性[J]. *江苏农业科学*, 2017, 45(12): 92-95.
- RUI W J, WANG X M, ZHANG Q N, *et al.* Genetic diversity analysis of 47 tomato germplasm resources by phenotypic traits [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2017, 45(12): 92-95.
- [15] 张倩男, 王晓敏, 芮文婧, 等. 基于表型性状及抗病标记的番茄种质资源遗传多样性分析[J]. *西南农业学报*, 2018, 31(1): 14-21.
- ZHANG Q N, WANG X M, RUI W J, *et al.* Genetic diversity analysis of tomato germplasm resources based on phenotypic traits and disease resistance markers[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2018, 31(1): 14-21.
- [16] 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.
- RUI W J, WANG X M, ZHANG Q N, *et al.* Genetic diversity analysis of 353 tomato germplasm resources by phenotypic traits[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2018, 45(3): 561-570.
- [17] 李锡香, 杜尔臣. 番茄种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- LI X X, DU Y CH. Descriptors and Data Standard for Tomato[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [18] 邵 祺. 14 个玉米自交系的配合力测定及遗传力分析[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018.
- SHAO Q. Analysis of combining ability and heritability on 14 maize inbred lines[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2018.
- [19] 卓祖慧. 中籼杂交水稻主要性状的配合力及遗传力研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2017.
- ZHUO Z H. Studies on the combining ability and heritability for main traits of med-season indica hybrid rice[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2017.
- [20] 王 毅, 董 云, 靳丰蔚, 等. 春性甘蓝型杂交油菜配合力与遗传效应[J]. *西北农业学报*, 2016, 25(11): 1623-1628.
- WANG Y, DONG Y, JIN F W, *et al.* Combining ability and heritability research of spring-planted hybrids in *Brassica napus* L[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2016, 25(11): 1623-1628.
- [21] 贾秀苹, 卯旭辉, 岳 云, 等. 向日葵主要农艺与品质性状

- 配合力及杂种优势分析[J].西北农业学报,2017,26(9):1334-1343.
- JIA X P, MAO X H, YUE Y, *et al.* Analysis of the combining ability and heterosis on main agronomic and quality traits in sunflower[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2017, 26(9):1334-1343.
- [22] 沈 佳, 寿伟松, 张跃建. 甜瓜果实主要数量性状的配合力分析[J]. 中国蔬菜, 2017, 30(12):4-8.
- SHEN J, SHOU W S, ZHANG Y J. Analysis of combining ability for mainly quantitative traits of melon fruit[J]. *China Vegetables*, 2017, 30(12):4-8.
- [23] 朱明涛. 分子标记辅助番茄自交系改良及其配合力的测定[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- ZHU M T. Inbred lines selected with molecular markers and their combining ability in tomato[D]. Wuhan: Huazhong Agriculture University, 2010.

Combining Ability and Heredity of Quantitative Traits with 18 Inbred Lines of Cherry Tomato

ZHAO Yufei¹, WANG Xiaomin^{1,2,3,4}, YUAN Dongsheng¹,
LIU Peijun¹, ZHENG Fushun¹, HU Xinhua⁵, FU Jinjun⁵,
GAO Yanming^{1,2,3,4} and LI Jianshe^{1,2,3,4}

(1.School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2.Ningxia Facility Horticulture Technology Innovation Center, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 3.Ningxia Modern Facility Horticulture Engineering Technology Research Center, Yinchuan 750021, China; 4.Key Laboratory of Modern Molecular Breeding for Dominant and Special Crops in Ningxia, Yinchuan 750021, China; 5.Ningxia Jufeng Seedlings Limited Liability Company, Yinchuan 750021, China)

Abstract Excellent tomato inbred lines are the basis of variety breeding, the important indexes of evaluating the breeding value of inbred lines are combining ability and heredity. In this study, 56 combinations of 18 cherry tomato inbred lines were adopted by NC II incomplete bi-serial hybridization, combining ability and heredity of 9 quantitative traits, such as the single inflorescence number, single fruit mass, vertical diameter, transverse diameter, fruit shape index, size of corky area around pedicel scar, hardness, soluble solids mass fraction, flesh thickness were analyzed. The results showed that the female parents 60021, 60803, 60805 and the male parents 60450 and 60849 were higher general combining ability, the combinations of 60283×60447 and 60803×60450 had the highest relative effect value of the special combining ability. All nine quantitative traits were controlled by additive gene effect, which could be passed on steadily to offspring. The single fruit mass, vertical diameter, size of corky area around pedicel scar and the flesh thickness had higher heredity, and less affected by the environment, and early selection will be effective. This study provides reference for the parents' selection, dominant hybrid combinations preparation and varieties breeding of cherry tomato in Ningxia province.

Key words Cherry tomato; Quantitative trait; Combining ability; Heredity

Received 2019-03-14 **Returned** 2019-05-20

Foundation item Ningxia Hui Autonomous Region Natural Science Foundation Project (No. NZ15021); Ningxia Hui Autonomous Region Agricultural Breeding Special Project (No. NXNYYZ20150303).

First author ZHAO Yufei, male, master student. Research area: vegetable biotechnology and genetic breeding. E-mail: 1021668301@qq.com

Corresponding author WANG Xiaomin, female, Ph. D, associate professor, master supervisor. Research area: vegetable biotechnology and genetic breeding. E-mail: wangxiaomin_1981@163.com

(责任编辑:潘学燕 **Responsible editor: PAN Xueyan**)