

朱长志, 张志仙, 檀国印, 等. 青花菜主要农艺性状配合力遗传分析[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(2): 430-436.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2016.02.029

## 青花菜主要农艺性状配合力遗传分析

朱长志, 张志仙, 檀国印, 高旭, 何道根  
(台州市农业科学研究院, 浙江 临海 317000)

**摘要:** 为研究青花菜主要农艺性状的遗传机制, 以 5 个不育系和 5 个高代自交系为材料, 采用 NC II 遗传交配设计, 对其 14 个农艺性状进行观测, 并进行配合力遗传分析。结果显示, 所有性状加性和显性方差占表型方差的遗传比率均达极显著水平。生育期、叶片数、球形指数、单球质量、蕾粒大小和球位高性状主要受一般配合力影响, 开展度、茎粗和紧实度主要受特殊配合力影响, 其他性状两种配合力影响相当。亲本一般配合力和组合特殊配合力之间无必然联系。不育系中 A1 最优, 自交系中 R10 最优, 25 个组合中早熟 A5×R10 和中晚熟 A5×R9 各性状整体表现最好, 有很好的利用潜力。

**关键词:** 青花菜; 配合力; 遗传; 农艺性状

**中图分类号:** S635.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-4440(2016)02-0430-07

## Genetic analysis of combining ability of major agronomic traits in *Brassica oleracea* L. var. *italica*

ZHU Chang-zhi, ZHANG Zhi-xian, TAN Guo-yin, GAO Xu, HE Dao-gen  
(Taizhou Academy of Agricultural Sciences, Zhejiang Province, Linhai 317000, China)

**Abstract:** To investigate the genetic effects of major agronomic traits of broccoli, the combining ability of 14 agronomic traits were analyzed using the method of incomplete diallel cross (NC II) in 25 crosses derived from five cytoplasmic male sterile lines and five high inbred lines. The results showed both additive and dominant proportions of variance of all agronomic traits were significantly different at 1% level. GCA (general combining ability) played a major role in the traits of growth period, leaf number, spherical index, single head weight, bud size and curd position. SCA (special combining ability) contributed more to the traits of spread range, stem diameter, and firmness. And the other traits were controlled equally by GCA and SCA. GCA and SCA were independent of each other. The cytoplasmic male sterile line A1 and the inbred lines R10 were the best parents for cross breeding, and the early maturing  $F_1$  of A5×R10 and the mid-maturing  $F_1$  of A5×R9 with

balanced performance of all traits were found to have great potential in breed practice. It is a better way to select parents and match groups through the analysis of the combining ability and genetic effects.

**Key words:** *Brassica oleracea* L. var. *italica*; combining ability; inheritance; agronomic trait

收稿日期: 2015-09-15

**基金项目:** 浙江省农业新品种选育重大科技专项 (2012C12903-3-2); 浙江省重点创新团队项目 (2013TD05); 浙江省重大科技专项 (2014C02006); 台州市农业重大专项 (14ZD05); 台州市重点科技创新团队项目 (2014-1)

**作者简介:** 朱长志 (1985-), 男, 安徽合肥人, 硕士, 农艺师, 研究方向为蔬菜遗传育种。(Tel) 0576-85287615; (E-mail) zczown@163.com

**通讯作者:** 何道根, (Tel) 0576-85305229; (E-mail) daogenhe@163.com

青花菜 (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), 又名西兰花、意大利花菜等, 十字花科芸薹属甘蓝变种。近年来, 国内青花菜种植面积和销量均大幅增加, 仅

浙江省年栽培面积就超过  $1.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 产值达  $6 \times 10^8$  元以上, 青花菜逐渐成为大众喜爱、农民增收的主栽园艺作物<sup>[1-2]</sup>。

配合力是指亲本杂交后获得的  $F_1$  表现优良与否的能力, 可分为一般配合力和特殊配合力<sup>[3]</sup>。一般配合力(GCA)反映亲本在一组杂交组合中的平均表现, 是衡量亲本育种潜力的重要尺度, 其大小和符号表示加性基因作用的程度和方向; 而特殊配合力(SCA)是指两亲本所配组杂交种的平均水平, 是由基因的非加性效应决定的, 即受基因间的显性、超显性和上位性效应所控制, 只能在特定的组合中由双亲的等位基因间或非等位基因间的互作而反映出来, 是不能稳定遗传的部分<sup>[3-4]</sup>。在优势育种中, 进行性状配合力分析是正确选择和选配亲本, 评价杂交组合的优劣、提高育种效率的一种常用且有效的方法<sup>[5]</sup>。该方法已被运用于甜瓜、辣椒、红菜薹、番茄、油菜、水稻等多种作物的育种研究中<sup>[6-9]</sup>。青花菜主要农艺性状是育种的第一手资料, 前人对其部分性状进行了研究, 如青花菜花球的莢叶和生育期性状的主基因+多基因遗传分析<sup>[12-13]</sup>, 农艺性状的相关性、主成分及聚类分析等<sup>[14-15]</sup>, 而对农艺性状配合力和相关遗传规律的研究却很鲜见。

本研究选用 5 个不育系和 5 个高代自交系, 按 NC II 不完全双列杂交配制 25 个杂交组合, 对其生育期、株高、开展度、叶片数、最大叶长、最大叶宽、侧枝数、茎粗、球形指数、球质量、蕾粒大小、紧实度、花球颜色、球位高等 14 个农艺性状进行配合力分析。旨在探寻主要农艺性状的配合力和遗传效应, 为青花菜亲本的选育和优势组合的选配提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为台州市农业科学研究院青花菜课题组自主选育而成, 由 5 个稳定胞质不育系 A1、A2、A3、A4、A5 和 5 个高代自交系 R6、R7、R8、R9、R10 组成, 亲本主要性状见表 1。

1.2 试验方法

2013 年 4 月, 在台州市农业科学院西兰花基地, 按 NC II 不完全双列杂交配制 25 个杂交组合。同年 8 月 22 日播种, 9 月 25 日移栽, 随机区组排列, 3 次重复, 每个小区种植 30 株, 株行距  $45 \text{ cm} \times 55 \text{ cm}$ , 按大田常规栽培技术管理。

青花菜植株进入采收期, 依据李锡香等编写的《花椰菜和青花菜种质资源描述规范和数据标准》<sup>[16-17]</sup>并根据生产实际稍作修改, 考察生育期、株高、开展度、叶片数、最大叶长、最大叶宽、侧枝数、茎粗、球形指数(球高/球宽)、球质量、蕾粒大小、紧实度、花球颜色、球位高等性状。

1.3 数据处理

所有数据采用 Excel 2010 进行整理与方差分析, 运用 QGASaion 2.0 软件, 采用加性-显性遗传模型估算各遗传方差占表型方差的分量, 同时估算亲本的加性效应及组合显性效应预测值<sup>[18]</sup>。

2 结果与分析

2.1 青花菜主要农艺性状遗传方差分析

对 25 个组合的 14 个农艺性状进行方差分析。结果(表 2)表明: 14 个农艺性状区组间差异不显著, 组合间各主要性状差异均达到极显著水平, 说明各组合基因型间存在真实的遗传差异, 可进一步对

表 1 亲本材料主要性状特征  
Table 1 The major characteristics of parental materials

亲本	主要性状特征	亲本	主要性状特征
A1	直立, 叶狭长形, 蕾粒细而匀, 球色低温不发紫	R6	半直立, 叶片狭长形, 蕾粒细, 球色低温发紫
A2	半直立, 叶片长椭圆形, 蕾粒中, 低温发紫	R7	半直立, 叶片长椭圆形, 蕾粒中, 低温发紫
A3	半直立, 叶片长椭圆形, 蕾粒中细, 花球紧实, 低温发紫	R8	半直立, 叶长椭圆, 叶柄较长, 蕾粒细, 球色低温不发紫
A4	平坦, 叶片近圆形, 叶片肥大, 花球高圆, 蕾粒中细, 球色低温不发紫	R9	半直立, 叶长椭圆, 球形圆, 蕾粒中, 球色低温不发紫
A5	直立, 叶长椭圆, 球形圆平, 蕾粒中, 球色低温不发紫	R10	半直立, 叶片近圆形, 球形高圆, 蕾粒中细, 球色低温不发紫

其进行配合力方差分析。

25 个青花菜组合 14 个农艺性状的各项遗传方差分量占表型方差的比率见表 3, 所有性状加性和显性方差分量比率均达到极显著水平, 表明这些性状同时受一般配合力 (GCA) 和特殊配合力 (SCA) 影响。从性状上看, 生育期、叶片数、侧枝数、球形指数、球质量、蕾粒大小和球位高性状加性方差比率较高, 表明这些性状受 GCA 影响为主。开展度、茎粗和紧实度显性方差比率较高, 表明这些性状以受 SCA 影响为主。其他性状如株高、最大叶长、最大叶宽、花球颜色的加性与显性方差比率基本相当, 表明这些性状受 GCA 与 SCA 影响相当。所有性状的机误方差比率均达到极显著水平, 表明各农艺性状受微环境和随机误差的影响较大。

## 2.2 青花菜亲本主要农艺性状的一般配合力

青花菜 5 个胞质不育系和 5 个高代自交系一般配合力效应值如表 4 所示。不同亲本的同一种性状与同一亲本的不同性状的配合力效应值均存在较大差异, 表明不同亲本间及不同性状间基因的 GCA 效应较为复杂。

从表 4 中可看出, 5 个不育系中, A1 生育期、开展度、叶片数和最大叶宽 GCA 负向效应最高, 最大叶长、蕾粒大小、花球颜色和球位高也表现出较高的负向效应, 其球形指数和紧实度 GCA 正向效应最高, A1 在早熟性、小株型、球形、紧实度等性状上 GCA 效应表现优异。A2 球质量和紧实度的 GCA 效应最低, 最大叶宽、侧枝数、蕾粒大小和球位高 GCA 效应最高, 其次生育期、株高也表现出较高的正向 GCA 效应。A3 株高、最大叶长、茎粗、球形指数和球位高 GCA 负向效应最高, 生育期、侧枝数、球质量 GCA 负向效应次之, A3 株型性状 GCA 效应较好, 产量性状 GCA 效应较差。A4 最大叶长、茎粗和球质量 GCA 正向效应值最高, 生育期、叶片数、最大叶宽正向效应值也较大; 侧枝数、蕾粒大小和花球颜色 GCA 负向效应值最高。A5 在生育期、株高、开展度、叶片数和花球颜色 GCA 正向效应值最高, 最大叶宽、侧枝数和球质量 GCA 负向效应较大, 表明 A5 可能适合培育侧枝数少、球色深的中晚熟品种, 但需适当控制株型和增加产量。

5 个高代自交系中, R6 株高、侧枝数、球位高 GCA 正向效应最高, 茎粗和球质量 GCA 负向效应

最大, 生育期、叶片数、蕾粒大小等性状 GCA 负向效应次之, R6 在蕾粒、侧枝数和生育期性状上 GCA 效应较好, 产量性状较差。R7 茎粗、球质量 GCA 正向效应最高, 生育期与球位高性状次之, 球形指数 GCA 负向效应最大, R7 产量 GCA 效应突出, 但花球外观特性不足。R8 生育期、开展度、叶片数、最大叶长 GCA 正向效应最高, 最大叶宽、蕾粒大小、花球颜色 GCA 负向效应最大, R8 蕾粒性状 GCA 效应较好, 但生育期、株型、球色等性状 GCA 效应一般。R9 蕾粒大小 GCA 正向效应最高, 茎粗、球质量和花球颜色 GCA 正向效应中等或较高, 株高、侧枝数 GCA 负向效应最大, R9 产量和株型等性状 GCA 效应较好, 但蕾粒性状表现稍差。R10 最大叶宽、球形指数、花球颜色 GCA 正向效应最高, 生育期、开展度、叶片数、最大叶长和球位高 GCA 负向效应最大, R10 在早熟性、株型、球色深绿和球形高圆等性状上 GCA 效应较好。

## 2.3 青花菜组合主要农艺性状的特殊配合力

25 个杂交组合特殊配合力效应值见表 5, 从表 5 中可看出, 同一组合不同性状间和同一性状不同组合间特殊配合力效应差异较大, 表明不同性状间和不同组合间基因的 SCA 效应也很复杂。

产量与生育期是青花菜最为重要的考察性状, 从生育期角度上看, A5×R10 SCA 负向效应值最大, 与其他组合相比, 早熟性优势明显, 其球色 SCA 较高, 其他性状 SCA 表现中等, 表明该组合有潜力培育成早熟品种。从产量性状进行考察, 单球质量 SCA 效应值较高的组合有: A3×R8 (76.403<sup>\*\*</sup>)、A5×R9 (70.938<sup>\*\*</sup>) 和 A1×R8 (68.832<sup>\*\*</sup>)。组合 A3×R8 株高、开展度、最大叶长、紧实度等性状 SCA 效应值最低或较低, 表明该组合有可能培育成株型中等、中晚熟高产品种, 但需注意紧实度和球色性状的田间表现。A5×R9 茎粗、紧实度和花球颜色性状 SCA 效应值最高或较高, 其他各性状 SCA 效应值适中, 表明该组合有潜力培育成株型中等、产量较高的中晚熟品种。A1×R8 最大叶长、最大叶宽、开展度和紧实度等性状 SCA 效应值最高和较高, 花球颜色 SCA 负向效应值较高, 可知该组合虽然产量较高, 但球色性状表现较差。

从表 4 与表 5 对比中可发现: 组合的 SCA 效应值与其亲本的 GCA 效应值并非完全一致。如生育期性状, 亲本 A1 与 R10 的负向效应均很大, 但组合

表 2 14 个青花菜主要农艺性状的方差分析

Table 2 Variance analysis of 14 major agronomic traits of broccoli

变异来源	自由度	生育期 (d)	株高 (cm)	开展度 (cm)	叶片数	最大叶长 (cm)	最大叶宽 (cm)	侧枝数	茎粗 (cm)	球形 指数	球质量 (g)	蕾粒大小 (mm <sup>2</sup> )	紧实度	花球 颜色	球位高 (cm)
区组	2	2.893	1.885	1.021	0.109	1.068	2.585	1.138	1.647	0.962	1.915	1.276	2.853	0.828	0.570
组合	24	75.568**	12.458**	12.842**	16.776**	6.942**	6.389**	20.601**	32.702**	24.549**	13.998**	21.705**	15.067**	12.135**	18.689**
误差	48	2.355	6.871	10.305	0.640	6.129	1.979	2.014	0.023	0.001	1 028.264	0.148	0.088	0.077	2.672

\*\* 表示达到 0. 01 显著水平。

表 3 主要农艺性状配合力遗传方差分量比率估算值

Table 3 Estimated proportions of variance components for combining ability of broccoli agronomic traits

参数	生育期 (d)	株高 (cm)	开展度 (cm)	叶片数	最大叶长 (cm)	最大叶宽 (cm)	侧枝数	茎粗 (cm)	球形 指数	球质量 (g)	蕾粒大小 (mm <sup>2</sup> )	紧实度	花球 颜色	球位高 (cm)
加性方差比率( $V_A/V_P$ )	0.705**	0.356**	0.259**	0.658**	0.235**	0.446**	0.780**	0.106**	0.522**	0.511**	0.500**	0.116**	0.386**	0.560**
显性方差比率( $V_D/V_P$ )	0.258**	0.443**	0.547**	0.204**	0.442**	0.392**	0.104**	0.807**	0.378**	0.312**	0.382**	0.701**	0.416**	0.310**
机误方差比率( $V_e/V_P$ )	0.037**	0.201**	0.194**	0.138**	0.323**	0.161**	0.116**	0.087**	0.100**	0.177**	0.117**	0.184**	0.197**	0.129**

\*\* 表示达到 0. 01 显著水平。

表 4 青花菜亲本 14 个性状的一般配合力效应预测值

Table 4 Predicted GCA effects of 14 traits for 10 broccoli parents

亲本	生育期 (d)	株高 (cm)	开展度 (cm)	叶片数	最大叶长 (cm)	最大叶宽 (cm)	侧枝数	茎粗 (cm)	球形 指数	球质量 (g)	蕾粒大小 (mm <sup>2</sup> )	紧实度	花球 颜色	球位高 Curd position (cm)
A1	-7.125**	-0.308	-4.361**	-1.570**	-1.760**	-1.586**	2.208**	-0.008	0.057**	-10.071	-0.538**	0.203**	-0.312**	-1.093*
A2	1.501**	1.722**	0.365	0.220	0.976	1.426**	3.694**	0.028	0.021*	-37.086**	1.057**	-0.372**	0.140	2.988**
A3	-1.001*	-3.222**	0.856	-0.406	-2.413**	-0.266	-2.215**	-0.158**	-0.053**	-24.823**	-0.169*	0.147*	0.112	-2.094**
A4	2.357**	-0.623	1.050	0.823**	2.416**	1.390**	-2.253**	0.183**	-0.008	85.662**	-0.684**	0.104	-0.322**	-0.998*
A5	4.267**	2.431**	2.090**	0.934**	0.781	-0.964**	-1.435**	-0.044	-0.018**	-13.682*	0.334**	-0.082	0.381**	1.198**
R6	-1.989**	3.546**	-0.480	-1.460**	0.789	0.402	4.515**	-0.150**	0.001	-32.106**	-0.338**	0.036	-0.023	4.083**
R7	3.477**	0.979	1.710*	0.681**	0.086	-0.054	-0.764**	0.168*	-0.049**	44.207**	0.007	0.030	-0.235**	1.355**
R8	7.493**	-1.526*	3.569**	1.823**	0.993*	-1.442**	-0.152	-0.065	-0.024**	-12.499	-0.455**	-0.187*	-0.293**	0.166
R9	-0.672	-4.383**	-0.227	0.614**	-0.472	-0.107	-3.062**	0.103**	-0.007	23.479**	0.729**	0.011	0.256**	-2.773**
R10	-8.310**	1.384	-4.572**	-1.657**	-1.396*	1.202**	-0.537	-0.056*	0.078**	-23.810**	0.057	0.110	0.295**	-2.831**

\*, \*\* 分别表示达到 0. 05 和 0. 01 显著水平。

表 5 25 青花菜组合 14 个性状的特殊配合力效应预测值

Table 5 Predicted SCA effects of 14 traits for 25 broccoli crosses

组合	生育期 (d)	株高 (cm)	开展度 (cm)	叶片数	最大叶长 (cm)	最大叶宽 (cm)	侧枝数	茎粗 (cm)	球形指数	球质量 (g)	蕾粒大小 (mm <sup>2</sup> )	紧实度	花球颜色	球位高 (cm)
A1×R6	-4.427 **	-4.705 **	-12.216 **	0.920 *	-5.565 **	-2.931 **	0.246	-0.248 *	0.000	-30.210	-0.599 **	0.094	-0.121	3.026 *
A1×R7	-4.466 **	2.134	4.339 *	-0.491	0.884	-1.244	1.825 **	0.199	-0.049 **	3.161	-0.905 **	0.297	-0.338 **	0.237
A1×R8	-1.745	4.787	7.251 **	-1.424 **	5.127 **	2.177 **	-0.461	0.970 **	-0.066 **	68.832 **	0.106	0.910 **	-0.463 **	-1.589 *
A1×R9	1.054	4.233	2.208	-1.003 **	1.390	0.958	-0.606	-0.373 **	0.012	11.227	0.338	0.135	0.271 **	-1.402
A1×R10	1.171 **	-6.873 **	-8.416 **	0.285	-4.445 **	-1.021	1.060	-0.569 **	0.177 **	-65.179 **	0.370 *	-0.992 **	0.233 **	-1.594 *
A2×R6	1.968 *	0.183	2.868	0.196	-1.449	0.721	1.526	-0.333 **	0.001	-5.017	-0.579 *	0.718 **	-0.086	4.741 **
A2×R7	0.821	1.204	1.679	-0.020	0.110	1.310 **	-1.389 **	-0.008	-0.030 *	-39.159 **	1.855 **	-0.302	0.127	-1.287
A2×R8	-1.628 **	2.686 **	0.249	-0.271	2.502 *	-0.547	3.334 **	-0.439 **	-0.002	-5.280	0.081	-0.911 **	0.185	4.512 **
A2×R9	-2.153 *	-1.931	3.328	0.260	1.507	0.421	-1.042	0.484 **	0.016	1.770	0.254	-0.078	0.368	-4.56 **
A2×R10	2.765 **	0.232	-7.552 **	0.074	-1.223	-0.054	1.024	0.362 **	0.043 **	2.879	-0.255	-0.241	-0.405 **	0.208
A3×R6	0.121	5.551 **	8.083 **	-0.715	2.263 *	0.650	-0.692	0.120 *	-0.052 **	29.595 *	0.824 **	0.764 **	0.310	0.119
A3×R7	0.821	0.807	-1.476	-0.644	2.207	1.955 **	0.529 *	0.603 **	-0.023	54.393 *	-0.571 *	0.388	0.156	-0.913
A3×R8	-0.520	-8.205 **	-2.091 *	0.354	-5.542 **	-3.464 **	-1.136 **	-0.567 **	0.017 *	76.403 **	-0.134	-0.606 **	0.214	-3.403 **
A3×R9	2.648 **	-6.790 **	-3.040	1.229 *	-4.629 **	-1.287 *	-0.484	-0.526 **	0.019	-94.000 **	0.665 **	-0.931 **	-0.337 *	1.986 **
A3×R10	-4.252 **	4.237 *	-0.135	-0.667	2.213 **	1.801 **	-0.288	-0.011	-0.028 *	56.424 **	-1.002 **	0.707 *	-0.193 **	-0.322
A4×R6	1.948 *	2.453	-2.215	0.044	5.064 **	1.637 **	2.868 *	0.266 **	0.078 **	11.641	-0.876 **	-0.901 **	-0.541 **	2.033 *
A4×R7	1.171	-3.942 **	-2.524	-0.001	-0.776	-1.256 *	-0.401	0.049	0.013	22.865	0.451 *	-0.119	-0.328 **	-0.575
A4×R8	-1.278 *	2.770	-0.680	1.625 **	0.424	0.834 *	-2.142 **	0.349 **	0.004	29.952	-0.268	0.622 **	0.649 **	-0.825
A4×R9	1.521	-4.370 *	-5.787 **	-0.121	-1.466	-1.045	-1.063 *	-0.444 **	-0.027 *	38.431 *	-0.808 **	0.104	-0.453	-0.403
A4×R10	-0.578	2.229	12.853 **	-0.648 *	0.336	1.637 *	-1.367 *	0.218	-0.079 **	0.605	0.623 *	0.520	0.242 **	-1.436
A5×R6	-1.958	1.448	2.728 **	-2.037 **	0.858	0.445	0.273	-0.165	-0.025	-44.799 **	0.795 **	-0.596 **	0.407	-4.981 **
A5×R7	5.758 **	1.147	0.661	1.898 **	-2.297 *	-0.836	-1.278 *	-0.441 **	0.026 **	12.148	-0.82 **	-0.200	0.068	4.178 **
A5×R8	14.018 **	-4.141 **	0.865	1.705 **	-1.039	-0.874	0.263	-0.469 **	0.017 **	-32.202 **	-0.368 *	-0.424 *	-0.976 **	1.507 *
A5×R9	-3.863 **	2.814 *	2.936 *	0.304	2.498	0.813	0.333	1.106 **	-0.029 *	70.938 **	0.487 **	0.795 **	0.494 *	1.025
A5×R10	-8.917 **	2.084	-3.915 **	-0.852 **	1.138	-0.801	-0.931 **	-0.134	-0.013 *	-22.614	0.336	0.246	0.517 **	-0.281

\*、\*\* 分别表示达到 0.05 和 0.01 显著水平。



A1×R10 的 SCA 效应适中;开展度性状,A5 与 R8 的 GCA 正向效应最大,但是其组合 A5×R8 的 SCA 效应表现一般;球质量性状,A4、R7 的 GCA 表现出很高正向效应,但其组合 A4×R7 表现适中,最高的组合却是 A3×R8;A2、R6 的 GCA 负向效应最高,但其组合 A2×R6 的球质量负向效应表现也不大。

### 3 讨论

#### 3.1 青花菜主要农艺性状遗传特征

青花菜生育期、单球质量等农艺性状均属数量性状,遗传上受到多个基因控制,遗传方式较为复杂。本试验发现生育期性状同时受到加性效应和显性效应控制,但以加性效应为主,易受环境影响。这与何道根等对生育性状的分析结果基本一致,何道根等发现青花菜生育期性状遗传符合 2 对主基因加性-显性-上位性模型,主基因遗传率中等,受环境的影响比较大,可以在早期世代进行初选<sup>[12]</sup>。史明会等研究发现花球质量受基因的加性效应和非加性效应控制,但是以非加性效应为主<sup>[19]</sup>,与本研究的观点部分一致,本试验中单球质量性状也是受到加性效应和非加性效应控制,但是以加性效应为主,同时易受到栽培环境等影响。对球色性状研究发现,球色性状受到加性效应和显性效应的共同控制,二者影响程度相当,刘二艳研究发现青花菜球色性状的遗传受 2 对或 3 对主基因+多基因控制,主基因间存在显性效应<sup>[20]</sup>。

#### 3.2 一般配合力与特殊配合力关系

本试验研究发现亲本 GCA 与组合 SCA 之间并没有必然的联系,即一般配合力高的亲本所配组合其特殊配合力不一定高。如开展度性状,A5 与 R8 的 GCA 效应很高,但是组合 A5×R8 的 SCA 效应却一般,这与程勇等对甘蓝型油菜发芽期耐湿性配合力分析<sup>[9]</sup>、史明会等对青花菜花球质量与 4-甲基亚磺酰丁基硫苷含量的配合力分析<sup>[19]</sup>和陈小龙等对两系超级杂交稻主要农艺性状的配合力遗传分析<sup>[21]</sup>的结果一致。因此,在新品种选育的过程中,既要加强对高 GCA 效应亲本的选育,又要进行广泛的测交,充分挖掘其组合的 SCA 效应。从而选择出优良的亲本,有针对性地配制出优势组合。

#### 3.3 亲本与组合材料的评价利用

5 个不育系中,A1 各性状 GCA 效应整体表现较高,生育期早,株型(株高、开展度等)小,花球外

观性状(球形指数、紧实度等)均最高或较高,其组合 A1×R8 SCA 表现也较为优异,是优异的不育系材料。其次是 A5,其球色 GCA 效应突出,其他性状表现一般,但是其组合 SCA 表现较好。5 个自交系中,R10 在生育期、株型、花球外观性状上 GCA 效应均表现突出,其组合 A5×R10 SCA 效应也较高,是很好的亲本;其次是 R9,GCA 表现出生育期适中、株型稍小、侧枝少、蕾粒中等、球色深绿,其组合 A5×R9 SCA 也较好。其他 3 个不育系和 3 个高代自交系材料各性状 GCA 效应优缺点分化明显,需广泛测配,挖掘其特殊配合力,若还没有发现,可考虑淘汰该材料。

在考察生育期和产量性状的基础上,对组合花球外观和株型性状进一步考察,25 个组合中,成熟最早且各性状 SCA 表现较为均衡的组合是 A5×R10,产量较高且各性状 SCA 表现较好的中熟组合是 A5×R9,这 2 个组合后来分别通过审定,定名为台绿 2 号和台绿 1 号。其他组合如 A3×R8、A1×R8 有待进一步对其表现进行田间鉴定。

#### 参考文献:

- [1] 顾宏辉,虞慧芳,许映君,等.青花菜海绿的选育及特征特性[J].浙江农业科学,2014(1):52-53,56.
- [2] 荆赞革,裴徐梨,唐征,等.青花菜早中熟种质资源遗传多样性 SRAP 标记分析[J].江苏农业科学,2014,42(1):41-43.
- [3] 景士西.园艺植物育种学总论[M].北京:中国农业出版社,2007:150-151.
- [4] 潘家驹.作物育种学总论[M].北京:科学出版社,1994:92-93.
- [5] 王文英,辛建华,陈荣.甜瓜主要农艺性状与品质性状的配合力分析[J].石河子大学学报:自然科学版,2009,27(6):687-690.
- [6] 栾非时,张杨,王学征,等.厚皮甜瓜主要性状的配合力分析[J].东北农业大学学报,2014,45(1):108-112.
- [7] 马艳青,邹学校,张竹青,等.辣椒主要营养成分的配合力分析[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2006,32(1):29-31.
- [8] 张艳,徐跃进,谭远宝,等.红菜薹主要矿质元素的配合力分析[J].华中农业大学学报,2012,31(2):178-181.
- [9] 程勇,顾敏,丛野,等.淹水胁迫条件下甘蓝型油菜发芽期耐湿性的配合力分析[J].中国农业科学,2010,43(7):1339-1345.
- [10] 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.
- [11] 谢留杰,潘晓飏,黄善军.6 个晚粳不育系主要经济性状的配合力分析[J].浙江农业学报,2013,25(6):173-176.
- [12] 何道根,张志仙,朱长志.青花菜生育期的主基因+多基因遗传

- 分析[J].中国农学通报,2014,30(13):107-111.
- [13] 刘二艳,刘玉梅,方智远,等.青花菜花球‘莢叶’性状主基因+多基因遗传分析[J].园艺学报,2009,36(11):57-64.
- [14] 陆信娟,杨 峰,樊继德.青花菜主要农艺性状的相关分析[J].江西农业学报,2011,23(1):49-51.
- [15] 朱长志,张志仙,刘 君,等.青花菜主要农艺性状相关性、主成分与聚类分析[J].中国农学通报,2015,31(4):73-79.
- [16] 李锡香,方智远.花椰菜和青花菜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2008:11-20.
- [17] 苏英京.临海市青花菜新品种试验方法和评价标准[J].中国蔬菜,2009(19):39-40.
- [18] 朱 军.数量性状遗传分析的新方法及其在育种中的应用[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2000,26(1):1-6.
- [19] 史明会,姚雪琴,谢祝捷,等.青花菜花球质量与4-甲基亚磺酞丁基硫苷含量的配合力分析及相关性研究[J].华中农业大学学报,2014,33(1)24-28.
- [20] 刘二艳.青花菜花球外观品质性状的遗传分析及分子标记研究[D].北京:中国农业科学院,2009.
- [21] 陈小龙,邓启云,吴 丹,等.两系超级杂交稻主要农艺性状的配合力遗传分析[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2013,39(4):331-337.

(责任编辑:张震林)