

花叶菜心杂种优势分析

张学芬, 王亚秀, 和禹廷, 刘小愿, 张妮南, 张鲁刚

(西北农林科技大学园艺学院 陕西杨凌 712100)

摘要: 为了获得产量性状较强的杂交组合, 以 2 个花叶菜心(*Brassica rapa* syn. *campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee) *pol* 细胞质雄性不育系为母本和 6 个自交系父本杂交, 组配了 10 个杂交组合, 并对杂交组合的杂种优势以及亲本的一般配合力及产量性状相关性进行分析。结果表明, 主薹粗和叶片大小是构成菜心产量的主要因素; 母本 19TC3 和父本 19TB14、97TS14 的一般配合力要高于其他亲本材料; 比较 2020 年 10 个组合地上部单株质量的杂种优势, 有 7 个组合中亲优势为正值、5 个组合超亲优势为正值, 与对照品种秦薹一号相比, 所有组合的超标优势均为正值, 表明花叶菜心具有显著的杂种优势。综合两年超标优势的平均表现及其稳定性, 初步认为 20TF1、20TF2、20TF3、20TF4、20TF8、20TF9 增产显著、年际间超标优势较稳定、商品性好, 可进一步进行区域试验和生产试验。

关键词: 菜心; 杂种优势; 一般配合力; 相关性

中图分类号: S634.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)07-056-06

Heterosis analysis of flowering Chinese cabbage

ZHANG Xuefen, WANG Yaxiu, HE Yuting, LIU Xiaoyuan, ZHANG Ninan, ZHANG Lugang

(College of Horticulture, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, Shanxi, China)

Abstract: In order to obtain hybrid combinations with strong yield traits, in this experiment, 2 *pol* CMS lines of flowering Chinese cabbage (*Brassica rapa* syn. *campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee) were used as female parent and 6 inbred lines as male parent to hybridize, 10 hybrid combinations were assembled, and the heterosis of hybrid combinations, the general combining ability of parents and the correlation of yield traits were analyzed. The results showed that thickness of main flower stalk and leaf size were the main factors that constitute the yield of flowering Chinese cabbage; the general combining ability of female parent 19TC3 and the male parent 19TB14 and 97TS14 was better than that of other parent materials. Comparison of the heterosis of aboveground single plant weight of 10 combinations in 2020 showed that the mid-parent heterosis of 7 combinations is positive, and the over-parent heterosis of 5 combinations is positive. Compared with the check variety Qintai 1, the over-standard advantage of all combinations is positive, indicating that flowering Chinese cabbage has significant heterosis. Based on the average performance and stability of the over-standard advantage in two years, it is preliminarily considered that 20TF1, 20TF2, 20TF3, 20TF4, 20TF8 and 20TF9 have significantly increased production, the inter-annual over-standard advantage is relatively stable, and the commodity is good regional tests and production tests can be further carried out.

Key words: Flowering Chinese cabbage; Heterosis; General combining ability; Relevance

菜心 (*Brassica rapa* syn. *campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee) 又称菜薹, 是十字花科芸薹属中以食用花薹为主的一种蔬菜, 也是我国南方地区主栽蔬菜之一, 周年生产供应, 既适合市销, 又经常销往中国港澳、日本、美国、欧洲及东南亚等国家和地区^[1]。起源于广东的菜心, 被誉为“蔬菜之

冠”, 是广东省栽培面积最大和市场供应最主要的蔬菜^[2-3]。随着人们生活水平的提高, 人们对菜心的需求使得育种家们不断地提高菜心的产量和品质。

十字花科植物存在明显的杂种优势, 利用杂种优势是提高菜心产量的有效手段。利用细胞质雄性不育系制种, 具有易操作、成本低和杂交种纯度

收稿日期: 2022-02-21; 修回日期: 2022-06-03

基金项目: 杨凌种业创新中心重点研发计划(Ylzy-sc-01); 国家重点研发计划(2016YFD0101701, 2017YFD0101802)

作者简介: 张学芬, 女, 在读硕士研究生, 主要研究方向为蔬菜育种与生物技术。E-mail: 17854295091@163.com

通信作者: 张鲁刚, 男, 教授, 主要从事蔬菜育种与生物技术研究。E-mail: lugangzh@163.com

高等优点,因此被广泛应用于多种作物杂交种生产。但是在菜心上尚未发现可以利用的雄性不育源,其雄性不育材料通常来源于种间或种内杂交、回交后所得^[4-5]。彭谦等^[6]运用 *pol* CMS 油菜湘油 A 和菜心杂交,然后一直回交,育成我国首个菜心细胞质雄性不育系 002-8-20A 及其保持系。刘自珠等^[7]又利用 002-8-20A 培育出多个菜心杂交组合;张喆^[8]以不育系为母本和自交系组配了 10 个杂交组合,并对其农艺性状进行了配合力分析,从中获得了 5 个优质组合;Peng 等^[9]利用菜心 *eru* 细胞质雄性不育系组配了 36 个菜心杂交组合,并对其品质及农艺性状进行了杂种优势和配合力的分析;李大忠等^[10]通过小白菜亚种和菜心杂交,选育了雄性不育两用系 66A;晏儒来等^[11]利用红菜薹不育系,通过转育的方式,培育出了 ms101 等 18 个菜心不育系,然后与 4 个自交系杂交,育成菜杂一号和菜杂三号 2 个新品种,又利用 ms101 和早白菜心品种杂交,育成菜杂四号。

笔者以 2 个花叶菜心 *pol* 细胞质雄性不育系为母本和 6 个自交系为父本的菜心材料,组配了 10 个杂交组合。对试验亲本及其杂交组合的农艺性状进行了测定,通过计算分析其一般配合力、杂种优势和性状相关性,筛选综合性状优良的亲本和杂交组合,为以后深入研究,培育配合力高、稳定性好的雄性不育系、提高菜心品质和产量,以及培育菜心新品种奠定了基础。

1 材料与方 法

1.1 材 料

母本材料:19TC3 和 19TC9 等 2 个花叶菜心 *pol* 细胞质雄性不育系;父本材料:19TB7、19TB8、19TB14、98TB7、97TS14 和 94T-5S-2 等 6 个菜心自交系;杂交组合:20TF1~20TF10 等 10 个杂交组合;对照品种:秦薹一号。以上所有供试材料均由西北农林科技大学园艺学院大白菜课题组选育(表 1)。

表 1 材料编号及组合来源

材料编号	组合	材料编号	组合
20TF1	19TC3×19TB14	20TF6	19TC9×19TB7
20TF2	19TC3×19TB8	20TF7	19TC9×19TB8
20TF3	19TC3×98TB7	20TF8	19TC9×98TB7
20TF4	19TC3×94T-5S-2	20TF9	19TC9×97TS14
20TF5	19TC3×97TS14	20TF10	19TC9×94T-5S-2

1.2 方 法

8 份亲本和 10 份杂交组合及对照品种分别于

2020 年 9 月 5 日在西北农林科技大学综合试验站和 2021 年 9 月 3 日在西北农林科技大学曹新庄试验农场的塑料大棚内按完全随机方法播种,株行距 20 cm×25 cm,按 5 行×5 列的规格种植 25 株,小区面积 1.25 m²左右,每个材料 2 次重复。试验期间按常规管理方法进行管理。

成熟收获期,2020 年(52 d)从每个小区随机挑选 5 株材料,对其株高、地上部单株质量、叶片数、最大叶片长、最大叶片宽等农艺性状进行调查;2021 年(68 d)从每个小区随机挑选 5 株材料,对其株高、地上部单株质量、主薹长、主薹粗和分枝数等农艺性状进行调查。

1.3 数据统 计与分 析

采用 Excel 2007 和 SPSS 23.0 软件对数据进行整理分析。一般配合力(general combining ability, GCA)及杂种优势的计算公式如下:

(1)一般配合力(GCA)= $X_i - \mu$,其中 X_i 表示 i 亲本所配组合的性状平均值, μ 表示所配组合总体的平均值。

(2)杂种优势分析时主要计算中亲优势(Mid-parent heterosis, MPH)、超亲优势(Best-parent heterosis, BPH)、超标优势(High-check heterosis, HCK)。计算公式如下:

$$\text{中亲优势(MPH)/\%} = 100 \times (F_1 - MP) / MP;$$

$$\text{超亲优势(BPH)/\%} = 100 \times (F_1 - BP) / BP;$$

$$\text{超标优势(HCK)/\%} = 100 \times (F_1 - CK) / CK.$$

其中 F_1 为杂一代性状表现平均值,MP 为双亲性状表现平均值,BP 为最优亲本性状表现平均值,CK 为对照品种性状表现平均值。

对 2020 年和 2021 年测量的各个性状表现的平均值进行相关性分析。

2 结 果 与 分 析

2.1 亲本一般配合力分析

基于杂交组合的 8 个农艺性状的表型值,对其亲本的一般配合力进行计算分析。从表 2 中可以看出,同一亲本不同性状的一般配合力表现不同;同一性状不同亲本的一般配合力表现也不同;同一亲本同一性状不同年份的一般配合力表现也存在差异。其中,母本 19TC3 的所有表现性状的一般配合力均为正值,母本 19TC9 所有表现性状的一般配合力均为负值,表明 19TC3 的一般配合力高于 19TC9;父本中 19TB14 和 97TS14 的性状一般配合力要明显高于 19TB7、19TB8、98TB7 和 94T-5S-2

表2 亲本材料产量性状的一般配合力效应值

材料编号	株高		地上部单株质量		叶片数		最大叶片长	最大叶片宽	主蔓长	主蔓粗	分枝数
	2020年	2021年	2020年	2021年	2020年	2021年					
母本 19TC3	0.96	3.39	21.20	1.03	0.48	1.78		0.64	1.50	0.02	0.43
19TC9	-0.96	-3.38	-21.20	-1.03	-0.48	-1.78		-0.64	-1.50	-0.02	-0.43
父本 19TB7	-4.00	-12.39	-30.80	119.97	1.20	-1.74		-1.24	-10.50	0.12	-1.90
19TB8	-1.50	-3.38	-4.80	-63.37	0.90	-0.74		-0.64	-1.50	-0.11	-0.07
19TB14	-4.20	14.95	29.20	-8.03	1.60	1.46		0.36	16.84	0.16	2.10
97TS14	4.90	11.62	26.70	-18.37	0.30	1.16		1.16	13.50	-0.01	-0.23
98TB7	0.40	-10.14	-0.80	63.30	-1.50	0.46		0.16	-17.67	0.12	0.27
94T-5S-2	0.30	0.62	-20.30	-37.53	-1.10	-0.74		-0.24	2.50	-0.14	-0.07

的一般配合力,表明用 19TB14 和 97TS14 为父本组合的杂一代更易遗传其优势性状,改良菜心品质,提高产量。

2.2 各组合不同性状杂种优势分析

由表 3 可以看出,除 20TF4、20TF6、20TF10 外,其他 7 个杂交组合地上部单株质量、株高、最大叶片长、最大叶片宽性状的中亲优势均为正值,20TF1、20TF2、20TF3、20TF5、20TF6 等 5 个组合叶片数的中亲优势均为正值。20TF1、20TF2、20TF3、20TF5、20TF9 等 5 个组合地上部单株质量的超亲优势均为正值;除 20TF4、20TF10 外,其他 8 个组合株高的超亲优势均为正值,以 94T-5S-2 为父本的 2 个组合 20TF4 和 20TF10 均为负值。除 20TF6 外,其他 9 个组合最大叶片长的超亲优势均为正值;除 20TF2、20TF6 外,其他 8 个组合最大叶片宽的超亲优势均为正值;除 20TF1、20TF2 外,其他 8 个组合

叶片数的超亲优势均为负值。由此可以从供试材料中,获取容易提高叶片大小和株高的优势组合,还可以获取地上部单株质量的优势组合以及叶片数减少的优势组合。在杂交组合的所有性状中,地上部单株质量杂种优势表现最强,其平均中亲优势和超亲优势分别为 43.18%~55.06% 和 20.91%~45.51%,其次为最大叶片长、最大叶片宽和株高,叶片数的杂种优势表现相对较弱。

从表 4 中可以看出,这 10 个杂交组合中,由 19TC9 配组的 5 个组合地上部单株质量的中亲优势均为正值,其中 4 个组合的超亲优势为正值,20TF6 是地上部单株质量杂种优势表现最强的组合,其中亲优势和超亲优势分别为 95.30% 和 75.90%。株高性状有 8 个组合的中亲优势、4 个组合超亲优势均为正值;主蔓长性状有 7 个组合的中亲优势为正值、4 个组合的超亲优势为正值;主蔓粗

表3 10个组合5个性状的杂种优势(2020年)

材料编号	地上部单株质量		株高		叶片数		最大叶片长		最大叶片宽	
	MPH/%	BPH/%	MPH/%	BPH/%	MPH/%	BPH/%	MPH/%	BPH/%	MPH/%	BPH/%
20TF1	87.76	68.29	11.15	4.42	14.00	1.79	22.20	11.00	17.72	3.33
20TF2	90.21	50.00	19.27	15.49	11.40	1.79	21.32	10.00	11.54	-3.33
20TF3	79.65	56.10	20.28	15.49	1.73	-21.43	25.34	15.00	15.32	6.67
20TF4	-1.62	-11.65	-6.80	-21.04	-12.44	-21.43	10.93	4.00	8.44	1.67
20TF5	148.18	107.32	20.12	11.57	16.40	-1.79	32.97	23.00	37.80	20.00
20TF6	-15.22	-21.21	3.72	0.85	0.46	-0.90	2.70	-5.00	-0.46	-1.82
20TF7	16.17	-14.14	9.76	7.21	-0.33	-7.41	8.22	5.88	13.13	1.82
20TF8	10.34	-11.11	19.53	15.77	-7.69	-27.78	15.13	14.12	9.43	5.45
20TF9	31.17	2.02	10.81	2.09	-0.54	-14.81	12.94	12.94	20.60	9.09
20TF10	-14.85	-16.50	-5.02	-20.12	-12.69	-20.37	11.30	9.71	6.05	3.64
平均值	43.18	20.91	10.28	3.17	1.03	-11.23	16.31	10.07	13.96	4.65
标准差	55.06	45.51	10.18	13.69	10.34	11.19	9.05	7.44	10.31	6.54
变异系数/%	127.53	217.64	99.05	431.54	1 004.22	-99.63	55.47	73.95	73.86	140.67

表4 10个组合5个性状的杂种优势(2021年)

材料编号	地上部单株质量		株高		主薹长		主薹粗		分枝数	
	MPH/%	BPH/%	MPH/%	BPH/%	MPH/%	BPH/%	MPH/%	BPH/%	MPH/%	BPH/%
20TF1	-12.58	-28.97	31.42	27.49	31.42	27.49	6.77	-2.74	32.20	21.88
20TF2	-7.23	-31.62	20.95	7.63	20.95	7.63	6.87	-4.11	3.03	0.00
20TF3	-13.43	-14.71	4.89	-2.33	-5.82	-26.27	-12.07	-19.77	-2.52	-9.38
20TF4	-3.35	-28.31	1.68	-12.63	1.68	-12.63	0.00	-15.07	38.46	12.50
20TF5	-11.79	-31.25	19.86	3.72	19.86	3.72	-8.75	-17.81	18.52	0.00
20TF6	95.30	75.90	2.04	-9.51	2.04	-9.51	12.90	9.37	0.00	-12.90
20TF7	6.35	3.88	23.49	4.94	23.49	4.94	-5.08	-6.67	8.77	-8.82
20TF8	24.03	-9.09	11.04	-1.52	30.64	-1.52	-7.07	-22.03	50.50	38.18
20TF9	36.00	23.03	-2.73	-11.76	-2.73	-11.76	21.52	20.00	42.22	39.13
20TF10	22.59	18.63	-9.72	-18.72	-9.72	-18.72	11.71	3.33	34.88	26.09
平均值	13.59	-2.25	10.29	-1.27	11.18	-3.66	2.68	-5.55	22.61	10.67
标准差	33.67	34.19	13.20	13.26	15.65	15.45	10.98	13.67	19.41	19.72
变异系数/%	247.75	-1 518.36	128.24	-1 044.04	139.95	-421.73	409.95	-246.25	85.86	184.83

性状有5个组合的中亲优势为正值、3个组合的超亲优势为正值;分枝数性状有8个组合的中亲优势为正值、5个组合的超亲优势为正值。表明供试材料的株高、地上部单株质量、主薹长、主薹粗和分枝数都有超亲优势存在。在杂交组合的所有性状中,杂种优势表现最强的性状是分枝数,其平均中亲优势和超亲优势分别为19.41%~22.61%和10.67%~19.72%,其次为地上部单株质量,其他性状的杂种优势表现相对较弱。分枝数表现最强的组合是20TF8,地上部单株质量中表现最强的是20TF6。

从表3~4中的数据还可以看出,后代杂交组合所有性状的平均中亲优势都表现为正向,多数性状的平均超亲优势也表现为正向,这说明花叶菜心具有显著的杂种优势。但10个组合的杂种优势变幅较大、差异明显。2020年所测组合的农艺性状的平均中亲优势在1.03%~43.18%,平均超亲优势在-11.23%~20.91%;2021年所测10个组合的性状平均中亲优势在2.68%~22.61%,平均超亲优势在-5.55%~10.67%。这对利用雄性不育系进行杂种优势选育优良品种提供了可能。

从表5可以看出,2年试验的地上部单株质量的超标优势均为正值,表明所有组合的单株质量均优于对照品种秦薹一号,2年的超标优势分别为13.04%~146.38%和0.75%~103.00%,由此表明花叶菜心具有显著的杂种优势,这些组合具有应用潜力。

笔者进一步分析了10个杂交组合2年地上部单株质量的相关性以及其中亲优势与超标优势的

相关性,地上部单株质量的相关系数仅仅为-0.075,表明地上部单株质量受年度环境影响大。2020年份中亲优势与超标优势呈极显著相关,相关系数为0.976,2021年份中亲优势与超标优势相关系数为0.491,表明年间中亲优势与超标优势变化不一致。综合2年超标优势的表现,20TF1、20TF2、20TF3、20TF4、20TF8、20TF9增产显著、年间超标优势较稳定,可进一步进行试验示范。

表5 10个组合地上部单株质量的超标优势

材料编号	2020年 HCK/%	2021年 HCK/%	年平均超标优势/%	超标优势差(2020—2021年)/%
20TF1	100.00	45.26	72.63	54.74
20TF2	78.26	39.85	59.06	38.41
20TF3	85.51	74.43	79.97	11.08
20TF4	31.88	46.61	39.25	-14.73
20TF5	146.38	40.60	93.49	105.78
20TF6	13.04	103.00	58.02	-89.96
20TF7	23.19	0.75	11.97	22.44
20TF8	27.54	80.45	54.00	-52.91
20TF9	46.38	40.60	43.49	5.78
20TF10	24.64	17.29	20.97	7.35
平均值	57.68	48.88		
标准差	43.25	30.06		

2.3 性状相关性分析

由表6和表7对菜薹自交系及杂交组合的农艺性状进行相关性分析的结果显示,从2020年测定的5个性状的相关性来看,地上部单株质量与最

大叶片长、最大叶片宽之间均呈极显著相关,与株高、叶片数之间均呈显著相关,其中与最大叶片长、最大叶片宽的相关系数分别达到 0.866 和 0.873,与株高、叶片数的相关系数分别为 0.540 和 0.499,表明叶片大小是决定单株质量的主要因素。同时发现最大叶片长与最大叶片宽之间呈极显著相关,最大叶片长与叶片数之间呈显著相关。2021 年测定的 5 个性状显示,只有株高与主薹长之间、地上部单株质量与主薹粗之间呈极显著相关。其中株高与主薹长的相关性最显著,相关系数达到 0.941,地上部单株质量与主薹粗相关系数达到 0.798,表明在研究的组合中主薹粗是引起产量差异的主要原因,因此选择主薹粗的父本是雄性不育系配置组合的主要方向。

表 6 5 个性状相关性分析(2020 年)

性状	株高	地上部单株质量	叶片数	最大叶片长	最大叶片宽
株高	1				
地上部单株质量	0.540*	1			
叶片数	0.018	0.499*	1		
最大叶片长	0.419	0.866**	0.473*	1	
最大叶片宽	0.440	0.873**	0.396	0.889**	1

注:**表示在 0.01 水平极显著相关;*表示在 0.05 水平显著相关。下同。

表 7 5 个性状相关性分析(2021 年)

性状	株高	地上部单株质量	主薹长	主薹粗	分枝数
株高	1				
地上部单株质量	-0.263	1			
主薹长	0.941**	-0.376	1		
主薹粗	-0.411	0.798**	-0.566*	1	
分枝数	-0.123	0.284	-0.047	0.307	1

3 讨论与结论

目前,杂种优势育种最多的是利用自交不亲和系和雄性不育系制种。早期利用自交不亲和系育成了湘薹一号、湘薹二号等白菜薹^[12],但利用自交不亲和系制备杂种一代有诸多弊端,例如亲本多代自交容易发生退化、人工成本高等^[13]。而利用雄性不育系配制杂种一代,可以大大节省人力且杂交种纯度高。郭少龙等^[14]利用细胞质雄性不育系育成了菜心新品种喜兰,朱红芳等^[15]利用雄性不育系成功选育出优质紫菜薹新品系申薹紫仙。

配合力是评价亲本优良性比较直观的数据,是

选择亲本的重要参考指标^[16-17]。它反映了亲本向后代群体传递性状的能力,有正值也有负值。因此,在育种中为了获得所需性状优良的杂交材料,通常选择一般配合力高的亲本^[4,18]。笔者分析发现,同一亲本不同性状的一般配合力表现不同,同一性状不同亲本的一般配合力表现也不同,且差异较明显。这与刘春梅^[19]对白菜薹一般配合力进行分析得到的研究结果类似。其中,母本 19TC3、父本 19TB14 和 97TS14 各性状的一般配合力更高,配制杂一代更易遗传其优势性状,可改良菜心品质、提高产量。

菜心是以花薹和薹叶为产品器官的蔬菜作物^[20],其产量构成性状包括薹高、薹粗和薹叶大小、薹叶数量等^[21]。笔者统计了 8 个产量构成性状,并对其相关性分析,发现地上部单株质量与最大叶片长、最大叶片宽和主薹粗之间呈极显著相关,分析认为,叶片大小和主薹粗是构成菜心产量的主要因素。株高对产量的作用在不同年度差异较大,这可能与菜心生长的环境和地域有关。

在植株性状方面,后代杂交组合所有调查性状的平均中亲优势都表现为正向,多数性状的平均超亲优势也表现为正向,这与前人测定菜心杂交组合农艺性状的结果基本一致。10 个杂交组合中以地上部单株质量和分枝数杂种优势最强,与对照品种秦薹一号相比,所有组合超标优势均为正值。这说明花叶菜心具有显著的杂种优势,可以利用杂种优势达到增产的目的。

综合 2 年的年超标优势的平均表现及其稳定性,初步认为 20TF1、20TF2、20TF3、20TF4、20TF8、20TF9 增产显著,年际间超标优势较稳定,可进一步进行区域试验和生产试验。一个优良的菜心品种不仅需要较强的杂种优势,而且需要优良的品质表现,笔者仅对 10 个组合地上部单株质量及其构成性状的杂种优势进行了分析,相关品质性状表现有待进一步研究。

参考文献

- [1] 唐文武,吴秀兰,李桂花,等.菜心杂种优势利用的现状与展望[J].江西农业学报,2005,17(2):73-76.
- [2] 李光光,张华,黄红弟,等.广东省菜薹(菜心)育种研究进展[J].中国蔬菜,2011(20):9-14.
- [3] 张德双,张凤兰,余阳俊,等.菜薹(菜心)亲本材料的创制及新品种 18A1 菜心的选育[J].中国蔬菜,2020(5):77-81.
- [4] 宋费玲.菜心杂种优势的研究与利用[D].武汉:华中农业大学,2017.
- [5] 原让花,原静云,王晓玲,等.大白菜杂种优势分析[J].中国瓜

- 菜,2019,32(9):54-57.
- [6] 彭谦,李汝松,吕英华,等.菜心雄性不育研究初报[J].中国蔬菜,1989(1):1-3.
- [7] 刘自珠,张华,刘艳辉,等.菜心胞质雄性不育系的选育及利用[J].广东农业科学,1996,23(5):14-16.
- [8] 张喆.菜心细胞质雄性不育系配合力分析[J].北京农业,2012(15):5-6.
- [9] PENG Y, SHI D Y, ZHANG T, et al. Development and utilization of an efficient cytoplasmic male sterile system for cai-xin (*Brassica rapa* L.) [J]. Scientia Horticulturae, 2015, 190 (4) : 36-42.
- [10] 李大忠,李永平,温庆放,等.菜心雄性不育两用系 66A 的选育与利用初报[J].江西农业大学学报(自然科学版),2002,24(3):368-372.
- [11] 晏儒来,王先琳,杨静,等.“三薹”育种研究报告(1985—2014)[J].长江蔬菜,2014(24):14-17.
- [12] 吴朝林.白菜薹专用新品种湘薹一号、湘薹二号[J].长江蔬菜,2003(4):11.
- [13] 刘玉梅,方智远,孙培田,等.十字花科作物雄性不育性获得的主要途径及其利用[J].中国蔬菜,2002(2):52-55.
- [14] 郭少龙,陈本强,陈兴平,等.菜薹新品种喜兰菜心的选育[J].四川农业科技,2021(12):39-41.
- [15] 朱红芳,李晓锋,奚丹丹,等.优质紫菜薹新品系“申薹紫仙”的选育[J].上海农业学报,2021,37(5):35-38.
- [16] 杨森,汪李平.6个迷你黄瓜自交系杂种优势及配合力分析[J].长江蔬菜,2016(20):44-48.
- [17] 王黎明,严洪冬,焦少杰,等.基于配合力和遗传距离的甜高粱杂种优势预测[J].中国农业科学,2020,53(14):2786-2794.
- [18] 陈霖.14份大白菜自交系产量杂种优势及优势群划分研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [19] 刘春梅.白菜薹杂种优势的研究与利用[D].武汉:华中农业大学,2016.
- [20] 许东林,周贤玉,肖婉钰,等.19个中熟菜心品种农艺性状的相关及聚类分析[J].长江蔬菜,2021(16):42-44.
- [21] 王静静,贺洪军,张自坤,等.山东地区菜心品种比较试验[J].长江蔬菜,2017(4):56-59.