

茎芥菜胞质四倍体不结球白菜雄性不育系杂种优势利用研究

孔艳娥^{1,2}, 张蜀宁¹, 李俊星¹, 刘惠吉¹

(1. 南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095; 2 济南现代农业科技示范园, 山东 济南 251600)

摘 要: 以 4x Mt CMS 为母本, 6 个四倍体不结球白菜自交系为父本配制杂交组合, 测定其杂种优势。结果表明: 与相应父母本相比, 四倍体杂交组合杂种 6 个 F₁ 产量均表现正的中亲和超标优势, 以 4x Mt CMS× 07P-10 和 4x Mt CMS× 07P-8 的产量杂种优势最强, 中亲优势、超亲优势及超标优势最大分别达 18.90%、15.27% 和 12.61%, 株高、开展度、叶片数、叶面积和单株产量等农艺性状杂种优势普遍存在; 品质性状显著高于父母本, 平均中亲优势均表现为正向优势, 但优势率较小, 平均超亲优势、超标优势杂种优势不明显。

关键词: 四倍体不结球白菜; 4x Mt CMS; 农艺性状; 营养品质; 杂种优势

中图分类号: S 565 文献标识码: A

Heterosis study on 4x Mt CMS and its maintainer line of non-heading chinese cabbage

KONG Yan-e^{1,2}, ZHANG Shu-ning¹, LI Jun-xing¹, LIU Hui-ji¹

(1. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China;

2. Jinan Modern Agricultural Sci-tech Demonstration Garden, Jinan, Shandong 251600, China)

Abstract: Six crossing combinations were obtained by using 4x MtCMS line and 6 inbred lines of non-heading Chinese cabbage. Agronomic traits and heterosis of the F₁ hybrids were studied. The result indicated that the main agronomic traits had a significant heterosis in the hybrid of non-heading Chinese cabbage. Yield per plant of 6 F₁ hybrids had a certain degree of positive mid-parents and over-standard heterosis. Two of the hybrids, namely 4x Mt CMS× 07P-10 and 4x Mt CMS× 07P-8, were the largest. The mid-parents, over-parents and over-standard heterosis showed 18.90%, 15.27% and 12.61%, respectively, in yield per plant. The 6 F₁ hybrids were taller, the plant diameter larger, leaves thicker, leaf area larger and yield of plot greater than their parents, and these differences were significant. Quality was improved over their parents, and the mid-parents heterosis was positive but in minute amounts. The heterosis of the over-parents and over-standard were not significant.

Key words: *Brassica campestris* ssp. *chinesis* Makino; 4x Mt CMS; agronomic traits; nutritional quality; heterosis

蔬菜杂种一代的利用发展很快, 它对增加产量, 改进品质, 增强抗病能力等方面都有显著作用^[1-2]。关于不结球白菜杂种优势利用已有报道^[3-5], 不结球白菜具有明显的杂种优势, 其一代杂种在丰产性上有明显的优势, 但不结球白菜异源四倍体的杂种优势的研究尚未见报道, 刘惠吉等^[6]首次获得的四倍体白菜茎芥菜胞质雄性不育系(4x MtCMS), 表现为黄化轻、蜜腺较正常、不受低温影响, 不育度与不育率均为 100%, 结实率高, 是具有较高利用价值的新的不结球白菜胞质雄性不育系。本文对该 4x MtCMS 及保持系主要农

艺性状和营养品质性状的杂种优势进行了系统的研究, 评价其在生产上的应用价值及潜力, 为今后利用该雄性不育系进行大面积制种提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试 9 个材料均来自南京农业大学园艺学院, 07P-2 为四倍体雄性不育系 4x MtCMS, 其相应保持系为 07P-1, 父本 07P-6、07P-7、07P-8、07P-10、07P-15 和 07P-28 为四倍体白菜自交系, 以“绿星”为对照。

收稿日期: 2009- 06- 25 初稿; 2010- 04- 08 修改稿
作者简介: 孔艳娥 (1982-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 遗传育种与生物技术
通讯作者: 张蜀宁 (1956-), 副教授, 主要从事园艺植物遗传育种研究(E-mail: snzhang@njau.edu.cn)
基金项目: 江苏省自然科学基金项目 (SBK20082174)

1.2 试验方法

1.2.1 亲本及杂交后代农艺性状测定 2008 年 3 月, 采用人工授粉按顶角法以 07P-2 为母本与 6 个父本系杂交配成 6 个 F₁, 3 次重复。2008 年 9 月采用随机区组设计, 4 次重复, 每小区 40 株, 株行距 20 cm×20 cm。计算出杂交种的中亲优势、超亲优势、超标优势及杂优指数。

中亲优势 = $[F_1 - (P_1 + P_2) / 2] / (P_1 + P_2) / 2 \times 100\%$; 超亲优势 = $(F_1 - HP) / HP \times 100\%$; 超标优势 = $(F_1 - CK) / CK \times 100\%$; 杂优指数 = $F_1 / (P_1 + P_2) / 2 \times 100\%$

其中, P₁、P₂ 为父、母本; HP 为高亲本; CK 为对照品种。

1.2.2 亲本及杂交后代营养品质测定 可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定^[7], 采用苯酚法^[7]测定可溶性糖含量, 干物质含量测定采用直接烘干法, 粗纤维含量测定参照酸性洗涤剂法^[8], 硝酸盐含量测定采用水杨酸法^[7], 维生素 C 含量

测定参考 A rakawa 等^[9]的方法并作适当改进, 游离氨基酸总量的测定采用茚三酮显色法^[10]。

2 结果与分析

2.1 产量杂种优势分析

从表 1 可知, 4x Mt CMS 所配制 6 个 F₁ 产量均表现正的中亲优势, 优势率在 4.48% ~ 18.90%, 其中以 4x Mt CMS×07P-10 的中亲优势最大, 4x Mt CMS×07P-8 次之; 超亲优势优势率在 -24.00% ~ 15.27%, 表现为超亲优势正向优势的 F₁ 有 4 个, 排在前两位的 F₁ 为 4x Mt CMS×07P-8 和 4x Mt CMS×07P-10; 超标优势均表现为正向优势, 4x Mt CMS×07P-15 优势率最大, 4x Mt CMS×07P-8 次之; 6 个 F₁ 的杂优指数均超过 100%。综合而言, 4x Mt CMS×07P-10 和 4x Mt CMS×07P-8 产量杂种优势最强。

表 1 4x Mt CMS 杂交组合产量优势
Table 1 Yield heterosis of cross combinations of 4x MtCMS line (单位: %)

材 料	中亲优势	超亲优势	超标优势	杂优指数
4x MtCMS×07P-6	4.48	9.28	10.38	104.48
4x MtCMS×07P-7	6.37	-3.59	7.71	106.37
4x MtCMS×07P-8	18.34	15.27	11.83	118.34
4x MtCMS×07P-10	18.90	11.65	1.37	118.90
4x MtCMS×07P-15	13.91	5.32	12.61	113.91
4x MtCMS×07P-28	14.22	-24.00	0.72	114.22

2.2 主要农艺性状杂种优势分析

从表 2 可知, 13 个性状中除腰粗 (束腰处)、10 片叶厚和柄上宽表现负向外, 其余各性状均表现正向平均中亲优势, 优势率大小顺序为: 单株重>叶重>菜头粗>开展度>叶片数>柄下宽>株高>叶长>叶宽>柄长>腰粗>柄上宽>十叶厚; 除株高、开展度、腰粗、柄长和柄上宽 5 个性状表现负向平均超亲优势外, 其余性状都表现为正向, 优势率顺序为: 单株重>叶重>叶片数>菜头粗>柄下宽>十叶厚>叶长>叶宽>柄上宽>开展度>株高>柄长>腰粗; 除腰粗、10 片叶厚、柄上宽和柄下宽 4 个性状表现为负向平均超标优势外, 其余均表现正向, 优势率顺序为: 叶长>叶重>单株重>开展度>株高>叶宽>柄长>叶片数>菜头粗>10 片叶厚>柄上宽>柄下宽>腰粗。

由此可见, 单株产量的正向杂种优势最明显, 四倍体杂交种存在明显的产量优势; 叶片数、叶重和叶宽的杂种优势也有较高的正值, 通过增加叶片大小, 提高光合效率, 加速有机物质合成与积累, 进而促进四倍体不结球白菜产量提高。4x MtCMS 的杂交组合见图 1。

2.3 主要品质性状杂种优势分析

从表 3 可知, 4x MtCMS 杂交后代可溶性蛋白、干物质、可溶性糖、维生素 C、游离氨基酸平均中亲优势均表现为正向优势, 但优势率较小; 除可溶性糖外, 其他的平均超亲优势均表现为负向优势; 平均超标优势中可溶性蛋白、可溶性糖和干物质表现为正向优势; 粗纤维和硝酸盐含量均表现负向优势, 说明杂交组合优于双亲。

表 2 4x MtCMS 杂交组合主要农艺性状平均杂种优势分析

Table 2 Average heterosis on major agronomic traits in cross combinations of 4x MtCMS line

性状	中亲			超亲			超标		
	优势(%)	变幅(%)	正向优势组合	优势(%)	变幅(%)	正向优势组合	优势(%)	变幅(%)	正向优势组合
株高	4 27	- 0 96~ 9 84	5/6	- 3 30	- 6 32~ 6 50	3/6	9 94	6 01~ 21 05	6/6
开展度	8 66	- 1 61~ 13 70	5/6	- 2 55	- 3 20~ 2 07	5/6	10 77	- 3 63~ 15 81	5/6
菜头粗	9 41	1 23~ 17 61	6/6	1 47	- 1 26~ 5 61	5/6	0 31	- 0 14~ 2 03	5/6
腰粗	- 1 55	- 4 93~ 11 68	4/6	- 8 70	- 11 44~ 6 42	3/6	- 5 87	- 11 35~ 2 41	2/6
叶片数	8 23	0 40~ 13 82	6/6	2 83	- 3 95~ 6 43	3/6	2 31	- 14 15~ 9 74	3/6
叶重	32 41	2 07~ 57 09	6/6	10 33	6 00~ 14 96	6/6	14 27	3 37~ 47 57	6/6
10 片叶厚	- 3 43	- 7 16~ 6 48	4/6	1 29	- 4 85~ 5 09	4/6	- 3 37	- 10 21~ 8 43	4/6
叶长	2 30	- 3 30~ 8 53	4/6	1 21	- 0 47~ 5 91	4/6	25 08	12 47~ 31 68	6/6
叶宽	1 03	- 2 67~ 3 07	5/6	0 28	- 0 64~ 0 420	4/6	9 22	- 0 05~ 14 94	5/6
柄长	0 78	- 1 17~ 1 89	3/6	- 4 09	- 11 15~ 17 61	3/6	6 77	- 9 18~ 13 31	5/6
柄上宽	- 2 99	- 7 85~ 5 97	2/6	- 1 34	- 12 86~ 10 76	2/6	- 3 82	- 5 13~ 2 89	1/6
柄下宽	5 23	- 0 66~ 8 13	5/6	1 33	- 0 05~ 9 19	4/6	- 4 66	- 16 28~ 1 99	2/6
单株重	55 76	22 74~ 81 82	6/6	28 17	2 06~ 40 83	6/6	13 60	5 49~ 22 24	6/6

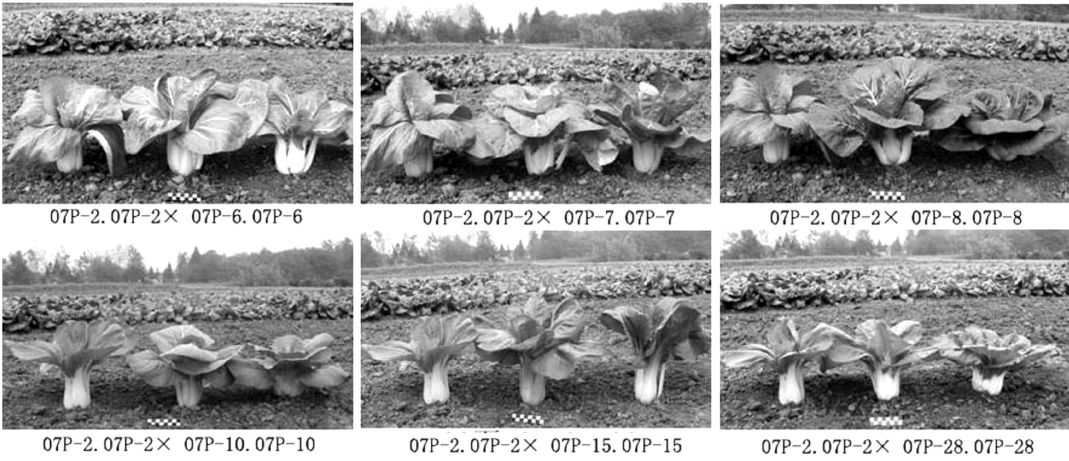


图 1 4x MtCMS (07P- 2) 杂交组合

Fig 1 Cross combinations of 4x MtCMS (07P- 2) for non-heading Chinese cabbage

表 3 4x MtCMS 杂交组合主要营养品质性状平均杂种优势分析

Table 3 Average heterosis on nutritional quality in cross combinations of 4x MtCMS of Chinese cabbage

性状	中亲			超亲			超标		
	优势(%)	变幅(%)	正向优势组合	优势(%)	变幅(%)	正向优势组合	优势(%)	变幅(%)	正向优势组合
可溶性蛋白	4 32	- 2 96~ 9 67	5/6	- 0 14	- 22 64~ 15 33	3/6	5 94	- 4 24~ 15 63	4/6
干物质	6 25	- 14 67~ 17 88	3/6	- 2 94	- 14 33~ 20 84	3/6	- 3 67	- 11 45~ 22 60	2/6
可溶性糖	10 22	- 9 63~ 17 29	4/6	5 04	- 54 35~ 66 66	2/6	3 73	- 16 46~ 32 94	3/6
粗纤维	- 3 27	- 10 54~ 4 24	2/6	- 9 42	- 22 16~ 33 28	2/6	- 15 15	- 23 54~ 3 24	1/6
维生素 C	11 88	3 54~ 16 84	6/6/	- 14 51	- 20 21~ 11 15	4/6	12 05	- 5 08~ 24 56	4/6
硝酸盐	- 2 48	- 12 75~ 17 30	3/6	- 18 43	- 46 96~ 19 49	2/6	- 36 59	- 56 34~ 8 87	1/6
游离 AA	5 67	- 14 85~ 20 00	3/6	- 10 99	- 28 94~ 6 94	3/6	- 9 32	- 33 27~ 6 77	2/6

3 结论与讨论

目前生产上四倍体杂种优势利用较多，配制F₁代的途径也较多，四倍体不结球白菜矮脚黄采用定型品种途径^[4,11]；暑优1号四倍体不结球白菜杂交种利用自交不亲合系途径。而利用雄性不育系配制四倍体F₁是多倍体杂优利用的最优化制种手段^[12-13]，兼具倍性优势和杂种优势。试验中4xMtCMS不仅兼具倍性优势和杂种优势，还具有异源胞质，而异源多倍化带来的基因组容量增大，遗传变异范围更广，对不利因素影响的耐受能力增强，从而带来高产和稳产的根本变化，在杂交育种中具有理论和实践价值。

试验中6个F₁与相应父母本相比，株高增高、开展度增大、叶片数增多、叶面积增大、小区产量显著增加，品质性状显著高于父母本，杂种优势普遍存在，其中杂交组合07P-10和4xMtCMS×07P-8在产量上均表现出较高的中亲、超亲、超标优势，且具有品质性状优势，这两个杂交组合有望在生产上应用，为将来成功选育出可应用的四倍体不结球白菜杂交种带来了希望，对四倍体不结球白菜杂种F₁的筛选与正确选配父本均具有一定的指导作用。

参考文献:

[1] 谭其猛. 蔬菜杂种优势的利用 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1982: 15- 20.

[2] YASUO M. Studies on the interspecific hybridization in the genus *Brassica* [J]. Jap J B reed, 1983, 3: 321- 333.

[3] 王月霞, 曹寿椿. 普通白菜杂种优势与配合力的初步研究 [J]. 南京农业大学学报, 1986, 2 (6): 31- 41.

[4] 刘惠吉, 王华, 肖守华, 等. 四倍体白菜热优2号的选育 [J]. 南京农业大学学报, 1992, 15 (4): 39- 44.

[5] 赵洪朝, 安凤云, 李钧, 等. 小白菜杂交种青杂油白菜1号选育研究 [J]. 西北农业学报, 2007, 16 (1): 207- 208.

[6] 刘惠吉, 王华. 同源四倍体白菜异源胞质雄性不育系的选育 [J]. 南京农业大学学报, 2004, 27 (2): 30- 33.

[7] 李合生, 孙群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

[8] 牛森. 作物品质分析 [M]. 北京: 农业出版社, 1990: 65- 66.

[9] ARAKAWA N, TSUTSUMI K, SANCEDAN G. A rapid and sensitive method for the determination of ascorbic acid using 4, 7-diphenyl-1, 10-phenanthroline [J]. Agric Biol Chem, 1981, 45 (5): 1289- 1290.

[10] 王洪刚, 姜丽君, 张德水, 等. 小麦叶片中硝酸还原酶活性、游离氨基酸和粗蛋白含量与籽粒蛋白质含量关系研究 [J]. 西北植物学报, 1995, 15 (4): 282- 287.

[11] 刘惠吉, 曹寿椿, 王华, 等. 南农矮脚黄四倍体不结球白菜新品种的选育 [J]. 南京农业大学学报, 1990, 13 (2): 33- 44.

[12] 黄坚, 金林灿, 严成其, 等. 中国白菜和AM系统回交及杂种后代育成的研究 [J]. 浙江农业科学, 2007 (4): 379- 383.

[13] 刘惠吉, 张蜀宁, 王华. 青梗、优质、抗热同源四倍体白菜杂交新品种暑优1号的选育 [J]. 南京农业大学学报, 2002, 25 (3): 22- 26.

(责任编辑: 林海清)