

‘四季油青’菜心核基因雄性不育系定向转育研究

王 慧, 周 鹏, 王玉刚, 冯 辉

(沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁省十字花科蔬菜遗传育种重点实验室, 辽宁 沈阳 110161)

摘要:为选育菜心雄性不育系解决其杂种优势利用中的制种手段问题,以复等位基因遗传的小白菜核基因雄性不育系‘00S107’为不育源,采用连续回交转育园艺学性状的同时,测交筛选基因型的方法,向‘四季油青’菜心中转育核不育基因,育成了不育株率和不育度均为100%的菜心核基因雄性不育系‘GMS203’.用菜心不育系试配的杂交组合,经品种比较试验筛选出2个综合性状优良的强优势组合.利用本研究设计的核不育系定向转育方案,实现了不育性和园艺学性状的同时转育.

关键词:菜心; 核基因雄性不育系; 转育

中图分类号:S634.503

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2012)02-0135-05

Directional Transfer of a Genetic Male Sterile Line Derived from Flowering Chinese Cabbage ‘Ever-Green’

WANG Hui, ZHOU Peng, WANG Yu-gang, FENG Hui

(Liaoning Provincial Key Laboratory of Genetics and Breeding in Cruciferous Vegetable Crops,
College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: In order to create a procedure for utilization of heterosis in flowering Chinese cabbage, a breeding method for genetic male sterile line was carried out in the experiment. A multiple allele male sterile line of Chinese cabbage ‘00S107’ was used as a source of male sterility, and recurrent backcrossing method was employed to transfer horticultural characters while the genotype was identified through test cross to transfer the male sterility to a male fertile line ‘Ever-Green’ of flowering Chinese cabbage. A new genetic male sterile line of flowering Chinese cabbage with 100% of male sterile plants and 100% of male sterility ‘GMS203’ was bred. The new male sterile line was applied to develop hybrid combinations. Two excellent combinations were selected through variety compare test. Based on the directional transfer program designed by the research according to the genetic characteristics of the male sterility, the male sterility and horticultural characters could be transferred simultaneously.

Key words: flowering Chinese cabbage; genetic male sterile line; breeding

菜心 *Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee 为十字花科芸薹属芸薹种蔬菜,以花薹和嫩叶为产品器官,是我国华南地区的主栽蔬菜作物.目前,我国生产上应用的菜心品种,几乎全部是常规品种.菜心是典型的异花授粉作物,具有显著的杂种优势.由于其花器官小,单花结籽少,单位面积的播种量又很大,要想利用其杂种优势,必须首先解决杂交制种手段问题.育种实践已经证明,雄性

不育系的利用是解决众多农作物杂交制种手段问题的有效途径.刘自珠等^[1]和赵利民等^[2-3]曾尝试向菜心中转育大白菜和甘蓝型油菜的雄性不育细胞质,但育成的不育系由于不育性不稳定、叶片黄化或结籽不良等不良性状伴生^[4],迄今未能在菜心杂交制种上应用.有人曾尝试选育自交不亲和系配制菜心一代杂种,但由于菜心的自交不亲和性不够稳定,杂交种的纯度难以保证.

收稿日期:2010-12-22

作者简介:王 慧(1985—),女,硕士研究生;通信作者:冯 辉(1961—),男,教授,博士,E-mail:fenghui@263.net

基金项目:国家自然科学基金(31071792)

2 结果与分析

2.1 转育结果

用‘00S107’ (Msms) 与 ‘四季油青’ (Ms^fMs^f) 杂

交. 选取 7 株 F₁ (基因型为 Ms^fMs 或 Ms^fms) 与临时保持系 B₀₂ (msms) 测交, 鉴定所选 F₁ 植株的基因型. F₁ 基因型鉴定结果列于表 1. 同时, 用这 7 株 F₁ 与 ‘四季油青’ 回交, 获得回交一代 (BC₁).

表 1 ‘四季油青’菜心核不育系转育杂交 F₁ 基因型鉴定结果
Tab.1 Genotype identification of F₁ from ‘00S107 × Ever Green’ in flowering Chinese cabbage

代号 ¹⁾	杂交组合	可育株: 不育株	理论分离比例 ²⁾	F ₁ 基因型
F ₁ -P1	B ₀₂ × (00S107 × 四季油青) - 1	12: 14	1: 1 (0.038)	Ms ^f Ms
F ₁ -P2	B ₀₂ × (00S107 × 四季油青) - 2	13: 11	1: 1 (0.042)	Ms ^f Ms
F ₁ -P3	B ₀₂ × (00S107 × 四季油青) - 3	33: 0	全可育	Ms ^f ms
F ₁ -P4	B ₀₂ × (00S107 × 四季油青) - 4	14: 15	1: 1 (0.000)	Ms ^f Ms
F ₁ -P5	B ₀₂ × (00S107 × 四季油青) - 5	28: 0	全可育	Ms ^f ms
F ₁ -P6	B ₀₂ × (00S107 × 四季油青) - 6	15: 16	1: 1 (0.000)	Ms ^f Ms
F ₁ -P7	B ₀₂ × (00S107 × 四季油青) - 7	30: 0	全可育	Ms ^f ms

1) F₁-P1 ~ F₁-P7 为杂交一代测交植株第 1 ~ 第 7 株; 2) 括号内为 χ^2 值, $\chi^2_{(0.05, 1)} = 3.841$.

根据 F₁ 测交后代育性分离比率, 从 BC₁ 中分别选取 F₁ 基因型为 Ms^fms (F₁-P3) 和 Ms^fMs (F₁-P6) 所对应的回交群体, 每群体再各选 7 株, 一方面继续与 ‘四季油青’ 回交, 获得 BC₂, 同时与不育系 ‘00S107’ 测交, 鉴定 BC₁ 植株的基因型, 结果列于表 2.

根据回交后代的测交分离比率, 从基因型为

Ms^fMs 的 BC₁ 中 (BC₁-A7) 和基因型为 Ms^fms 的 BC₁ 中 (BC₁-B4) 所对应的 BC₂ 群体, 每群体再各选 7 株, 继续与 ‘四季油青’ 回交, 同时与不育系 ‘00S107’ 测交鉴定基因型. 如此往复回交 6 次.

2 个转育方向回交 6 代材料基因型为 Ms^fMs 和 Ms^fms 的植株分别自交, 后代育性分离比率列于表 3.

表 2 ‘四季油青’菜心核不育系转育 BC₁ 入选植株基因型鉴定结果
Tab.2 Genotype identification of selected plants in BC₁ in flowering Chinese cabbage

代号 ¹⁾	杂交组合	可育株: 不育株	理论分离比例 ²⁾	BC ₁ 基因型
BC ₁ -A1	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 6 × 四季油青) - 1	22: 16	1: 1 (0.427)	MsfMs
BC ₁ -A2	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 6 × 四季油青) - 2	34: 0	全可育	Ms ^f Ms ^f
BC ₁ -A3	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 6 × 四季油青) - 3	46: 0	全可育	Ms ^f Ms ^f
BC ₁ -A4	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 6 × 四季油青) - 4	18: 13	1: 1 (0.427)	Ms ^f Ms
BC ₁ -A5	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 6 × 四季油青) - 5	28: 25	1: 1 (0.075)	Ms ^f Ms
BC ₁ -A6	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 6 × 四季油青) - 6	44: 0	全可育	Ms ^f Ms ^f
BC ₁ -A7	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 6 × 四季油青) - 7	26: 19	1: 1 (0.427)	Ms ^f Ms
BC ₁ -B1	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 3 × 四季油青) - 1	49: 0	全可育	Ms ^f Ms ^f
BC ₁ -B2	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 3 × 四季油青) - 2	27: 17	3: 1 (3.667)	Ms ^f ms
BC ₁ -B3	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 3 × 四季油青) - 3	43: 0	全可育	Ms ^f Ms ^f
BC ₁ -B4	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 3 × 四季油青) - 4	34: 13	3: 1 (0.064)	Ms ^f ms
BC ₁ -B5	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 3 × 四季油青) - 5	44: 0	全可育	Ms ^f Ms ^f
BC ₁ -B6	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 3 × 四季油青) - 6	43: 9	3: 1 (1.256)	Msfms
BC ₁ -B7	00S107 × ((00S107 × 四季油青) - 3 × 四季油青) - 7	32: 13	3: 1 (0.185)	Msfms

1) BC₁-A1 ~ BC₁-A7 为回交一代两用系方向测交植株第 1 ~ 第 7 株; BC₁-B1 ~ BC₁-B7 为回交一代临时保持系方向测交植株第 1 ~ 第 7 株; 2) 括号内为 χ^2 值, $\chi^2_{(0.05, 1)} = 3.841$.

表 3 ‘四季油青’菜心核不育系转育回交 6 代植株自交后代育性分离比例
Tab.3 Fertility expression of progenies from BC6 selfing in flowering Chinese cabbage

代号	组合	可育株: 不育株	理论分离比例 ¹⁾
两用系方向	(((((00S107 × S) - 6 × S) - 7 × S) - 1 × S) - 5 × S) - 3 × S) - 7 × S) - 3 × S	34: 12	3: 1 (0.000)
保持系方向	(((((00S107 × S) - 3 × S) - 4 × S) - 5 × S) - 2 × S) - 1 × S) - 5 × S) - 2 × S	29: 0	全可育

1) 括号内为 χ^2 值, $\chi^2_{(0.05, 1)} = 3.841$.

两用系转育方向的回交 6 代材料基因型为 Ms^fMs 的植株,其自交后代育性分离比例为 3:1 ($1/4 Ms^fMs^f$, $2/4 Ms^fMs$, $1/4 MsMs$). 其中, Ms^fMs^f 和 Ms^fMs 植株均表现为可育,用其与同系中的不育株 ($MsMs$) 进行兄妹交,后代育性表现为 1:1 分离的即为新的两用系. 实际测配结果列于表 4. 表 4 中的 ($A-1 \times B-1$)、($A-2 \times B-3$) 和 ($A-3 \times B-5$) 均为新的雄性不育两用系.

表 4 ‘四季油青’菜心核不育系转育回交 6 代两用系测配结果

Tab.4 Test cross result of the AB line in BC₆ in flowering Chinese cabbage

杂交组合 ¹⁾	可育株: 不育株	理论分离比例 ²⁾
A-1 × B-1	20: 23	1: 1 (0.093)
A-1 × B-2	44: 0	全可育
A-2 × B-3	18: 22	1: 1 (0.225)
A-2 × B-4	37: 0	全可育
A-3 × B-5	19: 21	1: 1 (0.025)

1) A 为(((((((00S107 × S) - 6 × S) - 7 × S) - 1 × S) - 5 × S) - 3 × S) - 7 × S) - 3 植株自交后代中的不育株, B 代表可育株; 2) 括号内为 χ^2 值, $\chi^2_{(0.05, 1)} = 3.841$.

临时保持系转育方向的回交 6 代基因型为 Ms^fms 的植株,其自交后代全为可育株,基因型分离比例为 $1/4 Ms^fMs^f$ 、 $2/4 Ms^fms$ 和 $1/4 msms$. 从中选取 16 株与“两用系”中的不育株 ($MsMs$) 杂交,后代表现全不育的群体其对应的父本系即为新的临时保持系,获得的全不育群体即为新的雄性不育系. 回交 6 代材料临时保持系的测配结果列于表 5. 表 5 中的 ($A-1 \times D-3$)、($A-2 \times D-6$)、($A-4 \times D-12$) 和 ($A-4 \times D-13$) 即为新的雄性不育系,而 D-3、D-6、D-12 和 D-13 即为新的临时保持系. 至此,按照图 2 转育模式,经过 10 个有性世代的回交转育,育成了园艺学性状与转育目标品系‘四季油青’相近、不育株率和不育度均达到 100% 的菜心核基因雄性不育系 GMS203 (图 3a).

2.2 不育系植物学性状调查结果

按照图 2 模式转育成的‘四季油青’菜心核基因雄性不育系 GMS203,与转育目标品系‘四季油青’的植物学性状接近, GMS203 和四季油青的薹高、薹基粗、薹中粗、叶长、叶宽、叶柄长、叶柄宽分别为 20.01 和 21.20 cm、2.25 和 1.98 cm、1.32 和 1.29 cm、16.96 和 17.20 cm、8.70 和 8.40 cm、1.56 和 1.50 cm、0.91 和 0.83 cm. 田间观察其整齐度高,商品性

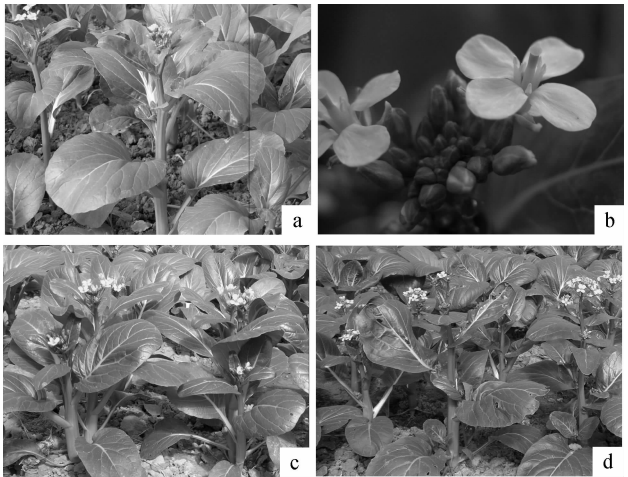
好,生长势中等,除雄蕊外其他花器官发育正常 (图 3b).

表 5 ‘四季油青’菜心核不育系转育回交 6 代材料临时保持系测配结果

Tab.5 Test cross result of the maintainer line in BC₆ in flowering Chinese cabbage

杂交组合 ¹⁾	可育株: 不育株	理论分离比例 ²⁾
A-1 × D-1	39: 0	全可育
A-1 × D-2	33: 0	全可育
A-1 × D-3	0: 28	全不育 (GMS ₂₀₃)
A-2 × D-4	18: 20	1: 1 (0.026)
A-2 × D-5	21: 23	1: 1 (0.023)
A-2 × D-6	0: 35	全不育
A-2 × D-7	41: 0	全可育
A-2 × D-8	25: 23	1: 1 (0.021)
A-3 × D-9	21: 18	1: 1 (0.103)
A-3 × D-10	36: 0	全可育
A-3 × D-11	17: 19	1: 1 (0.028)
A-4 × D-12	0: 31	全不育
A-4 × D-13	0: 17	全不育
A-5 × D-14	22: 23	1: 1 (0.000)
A-5 × D-15	22: 23	1: 1 (0.000)
A-6 × D-16	33: 0	全可育

1) A 为两用系转育方向(((((((00S107 × S) - 6 × S) - 7 × S) - 1 × S) - 5 × S) - 3 × S) - 7 × S) - 3 植株自交后代中的不育株, D 为临时保持系转育方向(((((((00S107 × S) - 3 × S) - 4 × S) - 5 × S) - 2 × S) - 1 × S) - 5 × S) - 2 植株; 2) 括号内为 χ^2 值, $\chi^2_{(0.05, 1)} = 3.841$.



a: 不育系 GMS203; b: 不育系 GMS203 花序; c: GMS203 × D1; d: GMS203 × D2.

图 3 菜心雄性核不育系及杂交组合
Fig.3 The genetic male sterile line and combination

2.3 杂交组合试配结果

品种比较的试验结果表明,以新育成的‘四季油青’菜心核基因雄性不育系 GMS203 为母本,与菜心自交系 D1、D2、D3、D4 和 D5 试配的杂交组合小区 (1.8 m^2) 产量分别为 5.67、5.55、4.72、3.07、2.84 kg,均高于对照油青甜菜心(2.66 kg)。

新复极差法多重比较结果表明,组合间小区产量有显著差异,杂交组合 GMS203 $\times$ D1 和 GMS203 $\times$ D2 这 2 个组合的小区产量极显著高于对照品种及其他组合.这 2 个组合的叶片呈卵圆形、花茎亮绿、花薹粗壮、生长势强、杂种优势显著(图 3c、3d),从播种至采收 35~40 d。

3 结论

本项目研究进行定向转育的目的是获得与待转育品系材料性状相近的新不育系,因此,转育目标品系的选择十分重要.只有选择配合力高、抗病能力强、品质佳、应用前景好的材料,才能获得优异的雄性不育系.菜心核不育系的定向转育,是通过不育源与转育目标品系连续多代回交实现的.回交代数过少或过多,可能会出现效果不佳或衰退现象.本试验回交 6 代材料育成的不育系与转育目标品系“四季油青”在植物学性状上和经济性状十分接近,因此回交 6 代比较适宜。

本研究设计的定向转育方案,兼顾了不育基因的转育和园艺学性状转育.转育获得的雄性不育“两用系”和“临时保持系”之间相当于姊妹系,而且经多代回交其性状已趋近于转育目标品系,用其配成的不育系性状遗传稳定.用这样的不育系配制杂交种,相当于两系制种,整齐度高,保证了商业制种的整齐度,解决了该类不育系选育和利用的难题.该方法可以应用于其他白菜类蔬菜核基因雄性不育系的转育。

按照定向转育遗传模式,完成菜心核不育系定向转育,通常需要 6~8 个有性世代,转育时间长,限制了核不育系的有效利用.菜心正常条件下 1 年只能繁殖 1 代,为了缩短育种年限,必须应用加代繁殖技术,实现 1 年 2~3 个有性世代的繁殖,加快育种步伐.本试验秋季加代成功,实现 1 年 2 个有性世代繁殖,使试验更早期达到预期目标。

本试验转育成的‘四季油青’菜心核基因雄性不育系,不育株率和不育度均为 100%,且配合力高、制种性能好,验证了定向转育方案可以实现不育性和其他性状的同时转育,具有较大的应用前景.目前,正用其广泛配制杂交组合,以期选育出更多的优良杂交种,推动菜心品种的优化进程。

参考文献:

- [1] 刘自株,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(5):13-15.
- [2] 赵利民,柯桂兰,宋胭脂.菜薹胞质雄性不育系 TC1-3-1 的选育及应用[J].西北农林科技大学学报,2005,33(3):76-78.
- [3] 赵利民,柯桂兰,宋胭脂.胞质雄性不育系配制的菜薹新品种‘秦薹 1 号’[J].园艺学报,2002,29(4):399.
- [4] 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.
- [5] 冯辉.大白菜核基因雄性不育系遗传假说及其验证[C]//中国园艺学会.中国科研第二届青年学术年会园艺学论文集.北京:北京农业大学出版社,1995:485-466.
- [6] FENG H, WEI Y T, XU M. Multiple allele model for genetic male sterility in Chinese cabbage [J]. Acta Horticulturae, 1996, 467: 133-142.
- [7] 岳艳玲,冯辉.核基因雄性不育在不同生态型大白菜间的转育[J].中国蔬菜,2005(7):22-23.
- [8] 李骋宇,冯辉.大白菜细胞核复等位基因型雄性不育系转育研究[J].中国农学通报,2006,22(7):377-379.
- [9] 冯辉,王玉刚,林桂荣,等.大白菜细胞核雄性不育基因向小白菜中转育的研究[J].河北科技师范学院学报,2004,18(2):10-13.
- [10] 许巍,冯辉,王玉刚.‘奶白菜 AI023’品系核基因雄性不育系的定向转育[J].园艺学报,2007,34(3):659-664.
- [11] 辛彬,冯辉,杨晓飞,等.青梗菜核基因雄性不育系的转育[J].中国蔬菜,2009(14):38-42.
- [12] 许明,魏毓棠.白菜细胞核雄性不育基因向菜心品种早-49 的转育研究[J].沈阳农业大学学报,2006,37(2):165-168.
- [13] 许明,李雁雁.白菜细胞核雄性不育基因向晚熟菜心品种“80 天菜心”的转育[J].西北农学报,2009,18(5):223-227.
- [14] 王玉刚,冯辉,岳艳玲,等.菜心核基因雄性不育系转育研究[J].华北农学报,2006,21(6):19-21.
- [15] 刘镜,沈向群,张海楼,等.菜薹核基因雄性不育系转育研究初报[J].中国蔬菜,2006(5):4-6.
- [16] 李石,高灿红,沈向群,等.‘油青四九’菜心核基因雄性不育甲型“两用系”的回交选育[J].中国农业大学学报,2008,13(3):80-84.
- [17] 张秀荣,沈向群,张丽楠,等.‘油青四九’菜心核基因雄性不育“临时保持系”的回交选育[J].中国农业大学学报,2009,14(4):47-53.
- [18] 周鹏,冯辉,王慧,等.圆叶型菜心核基因雄性不育系转育研究[J].西北农林科技大学学报,2010,38(9):87-894.