

青麻叶结球白菜雄性不育系的转育

闻凤英 宋连玖 王玉龙 刘晓晖 赵 冰 丘玉秀

(天津市蔬菜研究所, 天津 300384)

摘 要: 利用核型雄性不育系 3A 作为不育源, 以青麻叶材料黑 227 为目标亲本, 经过杂交、自交、兄妹交、测交等转育手段, 将雄性不育基因转育到青麻叶结球白菜上, 获得了青麻叶类型雄性不育系 S10, 其不育株率和不育度均为 100%, 蜜腺正常, 结籽正常, 农艺性状与青麻叶类型结球白菜基本相同。对育成的雄性不育系 S10 进行了配合力测定, 并对所配组合做了品比试验。

关键词: 结球白菜; 青麻叶类型; 雄性不育系; 转育; 杂交种

中图分类号: S 634.1; S 603 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2001) 02-0133-06

解决结球白菜 [*Brassica campestris* ssp. *pekinensis* (Lour) Olsson] 杂交制种的手段问题, 是广泛利用其杂种优势的关键。目前结球白菜大部分品种均采用自交不亲和系制种, 但存在亲本种子成本高、亲本经多代自交出现生活力退化、杂交种的杂交率不能达到 100% 等缺点^[1,2]。日本、韩国等于 60 年代已开展结球白菜雄性不育系的研究, 但无成功的报道。我国育种者自 70 年代初开始研究结球白菜的雄性不育性^[1,3], 1990 年育成了核基因互作型结球白菜雄性不育系, 其不育株率和不育度均达到 100%, 并用于生产一代杂种种子, 取得了良好的效益^[2]。1992 年柯桂兰等利用甘蓝型油菜不育胞质育成了不育株率达 100%、不育度达 95% 以上的结球白菜雄性不育系, 并用于选配一代杂种^[4,5]。

由于结球白菜的种植及食用习惯具有很强的区域性, 已育成的雄性不育系不能直接引进利用。青麻叶结球白菜是天津特有的类型, 其口感和营养品质以及抗病性优于其它类型^[6], 如果用其它类型的雄性不育系直接配制杂交种, 会改变其特有的性状。因此开展青麻叶结球白菜雄性不育系转育的研究非常必要。

1 材料和方法

1.1 材料及不育源的筛选

雄性不育源材料见表 1。目标亲本材料为: 杨 112、402、408-8、408-2、405、杨 194、黑 227、黑 265、黑 264。

1994~1996 年分别从不同单位引进核型雄性不育系作为不育源, 这些不育源的农艺性状各有不同。为了加快转育进程, 首先选择最佳不育源。直接选择法: 把引进的 12 个不育系种植到田间, 以典型的青麻叶品种‘秋绿 75’为对照, 对其农艺性状进行系统观察, 并与青麻叶品种进行比较, 选择与青麻叶品种最接近的不育系作为不育源。间接选

收稿日期: 2000-08-21; 修回日期: 2001-02-12

基金项目: 天津市重点攻关项目 (963113211)

择法：将 12 个不育系分别与部分典型青麻叶亲本材料配制组合，通过观察组合的一致性
及农艺性状来选择不育系。因为此类不育系本身即为 F_1 ，如果其甲型两用系和临时保持
系性状差别较大的话，配制的组合一致性会较差，转育后代的基因型就会更加复杂，影响
转育速度。因此要选择配制组合一致性较好的不育系作为不育源。

表 1 引进不育系一览表
Table 1 Introduced male sterile lines

不育系 Male sterile lines	来 源 Sources
2A、3A	沈阳东亚种苗公司 Dongya Seed & Seedling Company in Shenyang
938A、939A、985A	沈阳市农科院 Shenyang Agricultural Research Institute
1NA、2NA、3NA 96011、96081	沈阳农业大学 Shenyang Agricultural University
701A、702A	沈阳绿星大白菜研究所 Lǜxīng Chinese Cabbage Research Institute in Shenyang

1.2 转育方法

根据“复等位基因假说”遗传模式^[7~9]，如果待转育品系与核不育系杂交后代全为可
育株，则可以断定该可育品系基因型为 $Ms^f Ms^f$ ，其转育模式如图 1。

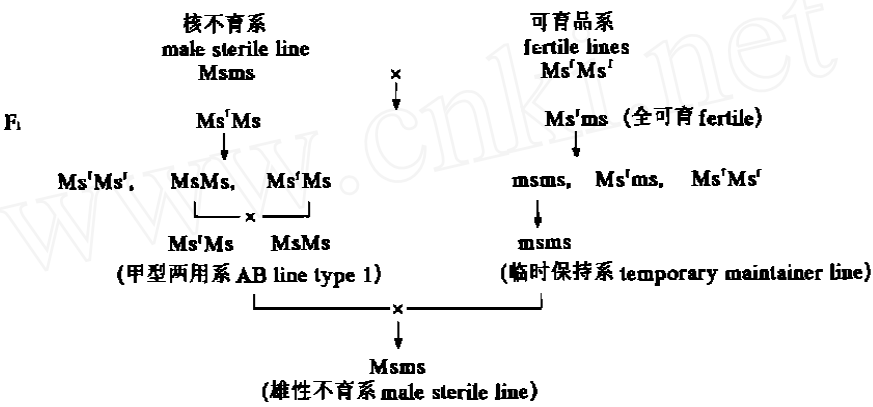


图 1 结球白菜核不育复等位基因雄性不育系转育模式

Fig. 1 Genetic model for breeding of male sterile line in Chinese Cabbage

本试验中以雄性不育系 3A 作为不育源，与 9 个青麻叶自交系杂交，从 9 个 F_1 中选择
100 % 可育的转育组合，并在这一组合中选 10 株自交。在 F_1 自交后代可育株与不育株 3 1
分离的株系内，选 5 株可育株与不育株杂交。如果杂交后代 1 1 分离，即为新甲型两用
系。在 F_1 自交后代全可育的株系内选 16 株与 F_1 自交 3 1 分离株系内的不育株杂交，如果
后代全为不育株，该可育株自交后代即为临时保持系。在杂交和自交授粉过程中，所取植
株均在开花前套袋隔离，授粉后在柱头有效期内继续隔离。取样完全随机，按 $\chi^2 = \sum$
[(| a - x | - 1/2)²] 做适合性测验。

1.3 温室加代育性鉴定和田间经济性状鉴定

采用育性快速鉴定技术和温室加代技术^[10]加快雄性不育转育速度。整个生长期对每
个转育材料进行系统的观察和详细记载，调查项目包括植物学性状、综合经济性状及抗病
性等。最终根据田间综合表现和温室育性鉴定结果进行株选。统一的标准是，田间综合
性状接近青麻叶结球白菜性状、抗病性强、温室育性鉴定结果符合要求。

2 结果与分析

2.1 不育源的筛选结果

12 个核不育系，经过直接种植田间观察和分别配制转育组合后对组合的观察比较，看出 3A 综合性状表现最好。

2.2 不育系转育结果

以 3A 为母本共配制转育组合 9 个，经育性鉴定，1 个组合的 F₁ 代为 100 %可育；1 个组合的 F₁ 代分离比例（可育株 不育株）为 3 1，并且有嵌合体现象；1 个组合的 F₁ 代分离比例为 5 3，并且也有嵌合体现象；其他 6 个组合的 F₁ 代全部为 1 1 分离（表 2）。

表2 青麻叶结球白菜核不育系转育一代组合育性鉴定结果
Table 2 Fertility expression of progenies from the crosses between male sterile line 3A and male fertile lines in qingmaye Chinese cabbage

组 合 Combinations	F ₁ 总株数 Total number of plants	可育株 不育株 No. of fertile plants/No. of sterile plants	嵌合体株数 No. of inlaid plants	理论分离比例 Ratio $\chi^2_{0.05,1} = 3.841$
3A ×杨 Yang 112	44	32 9	3	3 1, 0.0000
3A ×402	48	24 22	2	1 1, 0.0209
3A ×408-8	50	23 27		1 1, 1.8110
3A ×408-2	84	52 28	4	5 3, 0.0518
3A ×405	95	47 48		1 1, 0.0000
3A ×杨 Yang 194	90	44 46		1 1, 0.0111
3A ×黑 Hei 227	98	98 0		全可育 Fertile
3A ×黑 Hei 265	102	49 53		1 1, 0.0678
3A ×黑 Hei 264	113	61 52		1 1, 0.5700

根据核型雄性不育转育遗传规律，只有转育一代组合 100 %可育或分离比例为 3 1 才有可能转育成功。但嵌合体性状的遗传力很强，因此，只选择 100 %可育的组合 3A ×黑 227 进行自交，株数为 10 株；对 10 株自交后代（3A ×黑 227）- 1S~10S（代号 651~660）做了育性鉴定，其中 2 个单株群体 651 和 654 表现 3 1 分离，推测其基因型为 Ms^fMs；其它 8 株表现 100 %可育，推测其基因型为 Ms^fMs^f、Ms^fms 或 msms（表 3）。

表3 结球白菜核不育系 3A 与可育品系黑 227 杂交 F₂ 育性分离比例
Table 3 Fertility expression of progenies from F₂ of male sterile line '3A' ×male fertile line 'Hei227'

组 合 Combinations	编 号 Code	总 株 数 Total No. of plants	可育株 不育株 No. of fertile plants/No. of sterile plants	理论分离比例 Ratio $\chi^2_{0.05,1} = 3.841$
3A ×黑 Hei 227-1S	651	55	41 14	3 1, 0.0060
3A ×黑 Hei 227-2S	652	49	49 0	100 %可育, Fertile
3A ×黑 Hei 227-3S	653	48	48 0	100 %可育, Fertile
3A ×黑 Hei 227-4S	654	54	42 12	3 1, 0.1071
3A ×黑 Hei 227-5S	655	52	52 0	100 %可育, Fertile
3A ×黑 Hei 227-6S	656	47	47 0	100 %可育, Fertile
3A ×黑 Hei 227-7S	657	52	52 0	100 %可育, Fertile
3A ×黑 Hei 227-8S	658	45	45 0	100 %可育, Fertile
3A ×黑 Hei 227-9S	659	50	50 0	100 %可育, Fertile
3A ×黑 Hei 227-10S	660	33	33 0	100 %可育, Fertile

从 651 中选 5 株不育株 651-1A ~ 5A 分别与 5 个可育株 651-1B ~ 5B 做兄妹交, 同时以全可育株系 (3A × 黑 227) - 2S (652) 中 10 个单株 652-1 ~ 10 为父本进行测交; 654 中选 7 株不育株 654-1A ~ 7A 分别与 6 个可育株做兄妹交, 同时以全可育株系 (3A × 黑 227) - 3S (653) 中 10 个单株 653-1 ~ 10 为父本进行测交; 之后对这些兄妹交及测交组合全部做了育性鉴定, 结果 (表 4) 有 3 个测交组合 S7、S15 和 S31 表现 100 % 不育, 表明这 3 个测交父本为乙型可育株系, 其基因型为 $msms$; 有 3 个兄妹交组合 S2、S4、S23 表现 1 : 1 分离, 表明这 3 个组合为甲型两用系, 其基因型为 $M_s^f M_s \times M_s M_s$ 。

表 4 由 '3A × 黑 227' 转育雄性不育系测配结果

Table 4 Results of the test crosses for breeding of male sterile line in Chinese cabbage

组 合 Combinations	编 号 Code	总 株 数 Total no. of plants	可育株 不育株 No. of fertile plants/ no. of sterile plants	理论分离比例 Ratio $\chi^2_{0.05,1} = 3.841$
651-1A × 2B	S2	67	32 : 35	1 : 1, 0.0599
651-1A × 4B	S4	38	20 : 18	1 : 1, 0.0264
651-2A × 652-2	S7	27	0 : 27	100 % 不育, Fertile
651-4A × 652-10	S15	41	0 : 41	100 % 不育, Fertile
654-2A × 654-1B	S23	38	18 : 20	1 : 1, 0.0264
654-6 × 653-7	S31	28	0 : 28	100 % 不育, Fertile

鉴定的同时对甲型两用系继续配制兄妹交组合留种, 包括 S2-1A × 1B、S2-2A × 2B、S4-1A × 1B、S4-2A × 2B、S23-3A × 3B; 乙型可育株系自交留种, 包括 652-2、652-10、653-7。之后对上述材料重新做鉴定, 结果与上年一致。同时配制了 30 个甲型两用系组合、37 个雄性不育系组合, 乙型可育株系继续自交留种。对所有的组合做育性鉴定, 结果均与预测结果一致。

在育性鉴定的同时, 对每份转育材料的综合经济性状做系统观察和筛选, 选择目标是直筒型、青帮、叶色深绿、叶面无毛、结球性好、株型紧凑、中早熟并具有较强的抗病性和抗逆性, 同时甲型两用系和乙型可育株系的主要性状要基本相同。经过多代定向筛选, 转育出的甲型两用系、乙型可育株系及其配出的雄性不育系均已达到预期指标 (表 5)。

其中甲型两用系 S47 比转育父本黑 227 株形稍大, 株高 37.5 cm, 球高 33.5 cm, 开展度 46.5 cm, 外叶深绿, 多皱, 无绒毛, 外帮稍鼓, 帮色浅绿, 球帮较平, 抗病性较强。

乙型可育株系 11, 株高 32.5 cm, 球高 28 cm, 开展度 41.5 cm, 外叶灰绿色, 少皱, 叶面无绒毛, 直筒花心, 较早熟, 较抗病。

雄性不育系 S10 整齐度较高, 株高 35.5 cm, 球高 31.2 cm, 开展度 44.5 cm, 外叶深绿, 帮色绿且平展, 叶皱中等, 结球紧实, 早熟性好, 对叶部病害抗性强。此外其花期不育株率和不育度均达到 100 %, 且蜜腺正常, 结籽正常。至此核型雄性不育性向青麻叶类型结球白菜的转育已基本成功。

2.3 配合力测定及组合选配结果

在获得不育株率和不育度均达到 100 % 的 6 个不育系的同时, 选用黑 265、杨 194 等 9 个自交系为父本配制组合, 进行配合力测定。在 47 个配制杂交组合中, 6 个不育系均表现出较好的配合力, 即杂交一代具有明显优势。其中以 S10 × 杨 194 表现最好, 该组合株高 45.5 cm, 球高 37.5 cm, 开展度 60.5 cm, 外叶数 11 ~ 13 片, 这些指标的变异系数均

在 4.6~5.8 之间,表明株形已达到较高的整齐度。

1999 年将 S10 × 杨 194 组合以秋绿 60 为对照进行了品比试验,结果平均小区 (7.5 m²) 产量 79.5 kg,与对照秋绿 60 (74.5 kg) 无显著差异。

另外田间调查结果, S10 × 杨 194 的霜霉病、病毒病病情指数和软腐病发病率分别为 11.2、0、5.7%,对照分别为 13.5、0、2.9%,均差异不显著。

表 5 结球白菜雄性不育系与青麻叶外观性状比较

Table 5 Character checking of male sterile lines and male fertile lines

类 型	编号及组合	株 形	球 形	帮 色	叶 色	绒毛	叶 皱
Type	Code & combinations	Shape of plant	Shape of head	Color of rib	Color of leaf	Hairs	Fold of leaf
不育源 Source of male sterility	3A	松 散	疏心直筒	白	灰 绿	有	少
		Loose	Tube shaped	White	Greygreen	Have	Few
目标亲本	黑 Hei 227	紧 凑	疏心直筒	绿	墨 绿	无	多
Goal parent		Most compact	Tube shaped	Green	Blackish green	No	More
甲型两用系	S47 (S50-1A × 1B)	较紧凑	疏心直筒	浅 绿	深 绿	无	中
AB lines type		More compact	Tube shaped	Light green	Dark green	No	Middle
乙型两用系	11 (653-7-1-2)	较紧凑	疏心直筒	浅 绿	深 绿	无	中
AB lines type		More compact	Tube shaped	Light green	Dark green	No	Middle
雄性不育系	S10 (S50-1A × 11)	较紧凑	疏心直筒	浅 绿	深 绿	无	中
Male sterile line		More compact	Tube shaped	Light green	Dark green	No	Middle
组 合	S10 × 杨 Yang 194	较紧凑	疏心直筒	浅 绿	深 绿	无	中
Combination		More compact	Tube shaped	Light green	Dark green	No	Middle
对 照	秋绿 Qiul ü60	较紧凑	疏心直筒	浅 绿	深 绿	无	中
Control		More compact	Tube shaped	Light green	Dark green	No	Middle

3 讨论

我国结球白菜类型很多,核型雄性不育系首先在白帮直筒类型中育成,不同类型的雄性不育系直接用来配制组合的效果不好^[2]。而将雄性不育系在不同类型间转育是一个新的尝试。由于不同类型间性状存在一定差异,因此在转育过程中不仅要注意育性的选择,同时更应该注意性状的筛选,特别是在转育前期,要把育性鉴定结果和田间性状观察结果结合起来,根据育性鉴定结果筛选株系,根据性状观察结果选择单株,以保证在最短的时间内获得具有目标性状的雄性不育系。试验结果证明,结球白菜不同类型间雄性不育性的转育是成功的,说明该转育方法是可行的,而在青麻叶类型结球白菜中育成核型雄性不育系为首次,这将为提高杂交种质量、降低生产成本打下良好的基础。

从转育结果看,不是所有的材料都能够转育出雄性不育系,在本试验中有 22.2% 的青麻叶材料有可能转育成功。转育成的雄性不育系只能与目标亲本相近,不可能与其完全相同,但一次转育可以形成多个相同类型不同性状的不育系用于配制不同的组合,培育成不同的品种。

参考文献:

- 1 钮心铭, 吴飞燕, 钟惠宏, 等. 大白菜雄性不育两用系的选育和利用. 园艺学报, 1980, 7 (1): 25~32
- 2 张书芳, 宋兆华, 赵雪云. 大白菜细胞核基因互作雄性不育系选育及应用模式. 园艺学报, 1990, 17(2): 117~125
- 3 沈向群. 大白菜雄性不育研究及利用现状. 北方园艺, 1992 (4): 12~15

- 4 柯桂兰, 赵稚雅, 宋胭脂, 等. 大白菜异源胞质雄性不育系 CMS3411-7 的选育及应用. 园艺学报, 1992, 19 (4): 333 ~ 340
- 5 柯桂兰, 张鲁刚. 大白菜异源胞质雄性不育恢保关系的研究. 西北农业学报, 1993, 2 (1): 15 ~ 20
- 6 闻凤英. 天津大白菜栽培. 天津: 天津科技出版社, 1997. 1 ~ 2
- 7 魏毓棠, 冯 辉, 张蜀宁. 大白菜雄性不育遗传规律的研究. 沈阳农业大学学报, 1992, 23 (4): 37 ~ 41
- 8 冯 辉, 魏毓棠, 许 明. 大白菜核基因雄性不育系遗传假说及其验证. 见: 中国科协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. 458 ~ 466
- 9 冯 辉. 大白菜核基因雄性不育性的研究: [博士学位论文]. 沈阳: 沈阳农业大学, 1996. 66 页
- 10 何启伟, 郭素英. 十字花科蔬菜优势育种. 北京: 农业出版社, 1993. 124 ~ 127

Breeding of Nuclear Male Sterile Line in Qingmaye Type of Chinese cabbage

Wen Fengying, Song Lianjiu, Wang Yulong, Liu Xiaohui, Zhao Bing, and Qiu Yuxiu

(Tianjin Vegetable Research Institute, Tianjin 300384)

Abstract: The male sterile line 3A was being used as a source of male sterility, the fertile line Qingmaye Hei227 as goal parent, the gene of male sterility was transferred to the Qingmaye type of Chinese cabbage by crossing, self, sibling and test crossing. The male sterile line of Qingmaye type S10 was obtained, its sterility percent and degree were all 100%, its nectary and seed were all normal. Its horticultural characters were same as Qingmaye type. The combining ability of S10 and its combinations was tested. The transferring method of genetic male sterile line was discussed.

Key words: Chinese cabbage; Qingmaye type; Male sterile line; Transfer; Hybrid

征 文

第 26 届国际园艺大会将在加拿大多伦多举行

大会由国际园艺学会主办, 美国园艺学会、美国马铃薯协会、美国果树学会协办, 加拿大园艺学会承办, 将于 2002 年 8 月 11 ~ 17 日在加拿大多伦多市举行。会议内容有园艺作物育种、栽培、植物保护、生物技术、园艺工程、采后技术、保护地栽培、城郊型园艺、教育培训、经济管理、无土基质、热带及亚热带园艺等。会议设大会、分组会、墙报和贸易展览, 并安排 2 ~ 3 天的专业参观。此届会议主席诺尔曼·卢尼 (Norman E. Looney) 博士表示尽力为中国与会专家寻找经费, 欢迎中国同行参加大会。

2001 年 10 月 15 日为论文摘要投稿截止日期, 2001 年 12 月 1 日通知论文摘要接受与否, 2002 年 3 月 1 日正式通知论文作者是口头发言还是墙报展示。2002 年 4 月 15 日为论文代表注册截止日期。收到论文全文截止日期为 2002 年 8 月 17 日。联系人地址:

1. Congress Canada
49 Bathurst Street, Suite 101
Toronto, ON
Canada M5V 2P2
Phone: +1 461 504 4500
Fax: +1 416 504 4505
E-mail: IHCReg@congresscan.com

2. Dr. Yves Desjardins
Department de phytologie
Pavillon Paul-Comtois, Local 3236C
Universit Laval
Quebec, Canada
G1K 7P4
Phone: +1 418 656 2131, Poste 2359
Fax: +1 418 656 7871
E-mail: Yves.Desjardins@plg.ulaval.ca

3. 刘广树
单位: 中国农业科学院
蔬菜花卉研究所科研处
地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号
邮编: 100081
电话: 010-68919531 010-68975140
传真: 010-62174123
电子信箱: ivfcass@public3.bta.net.cn