

# 大白菜抗根肿病“临时保持系”的选育方法研究

吴琼<sup>1</sup>, 沈向群<sup>1\*</sup>, 徐硕<sup>1</sup>, 聂凯<sup>2</sup>, 耿新翠<sup>1</sup>

(1. 沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁 沈阳 110866; 2 黑龙江省农科院 园艺分院, 黑龙江 哈尔滨 150069)

**摘要:**以现有的抗根肿病大白菜雄性不育甲型“两用系”CRAB742为不育源向本地主栽品种转育,采用同一轮回亲本,分别回交转育雄性不育甲型“两用系”和“临时保持系”。根据复等位基因遗传模式设计3种转育抗根肿病“临时保持系”的方法。结果表明:方法3得到的“临时保持系”抗病性及经济性状与来源同一材料的雄性不育甲型“两用系”最接近,均达到转育要求,可利用其配制抗根肿病的雄性不育系。

**关键词:**大白菜;根肿病;临时保持系;选育方法

中图分类号:S634.1 文献标识码:A 文章编号:1000-2286(2010)02-0289-06

## Studies on Breeding Method for Temporary Maintainer Line of Anti-clubroot Chinese Cabbage

WU Qiong<sup>1</sup>, SHEN Xiang-qun<sup>1\*</sup>, XU Shuo<sup>1</sup>, NIE Kai<sup>2</sup>, GENG Xin-cui<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 2. Subsidiary Court of Horticulture, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heilongjiang 150069, China)

**Abstract:** Anti-clubroot Chinese cabbage AB lines (type D) (CRAB42) were transferred to the main local cultivars as a source of male sterility, the same recurrent parents were adopted to backcrossing AB lines (type D) and temporary maintainer line respectively. Three methods to transfer anti-clubroot temporary maintainer line were designed based on Multiple Allele Hypothesis of genetic male sterility. The results showed that the resistance and economic traits of the temporary maintainer line obtained from the third method were most close to AB lines (type D) from the same materials, both met the demands for transferring, it can be used to breed anti-clubroot male sterility.

**Key words:** Chinese cabbage; clubroot disease; temporary maintainer line; breeding method

大白菜根肿病是由芸薹根肿菌 (*Plasmodiophora brassicae* Wotton) 侵染引起的一种世界性病害。该病最早发现于地中海西岸 (英国, 1737) 和欧洲南部 (前苏联列宁格勒, 1872)<sup>[1]</sup>, 现在我国的大白菜主产区如福建的高冷地、湖北的高山栽培、四川的彭州、云南的玉溪市、山东的小仓山、辽宁的新民、吉林的乌拉街、梨树和延吉、黑龙江的阿城等地均大面积发生, 蔓延速度之快已引起重视<sup>[2-5]</sup>。根肿病虽可使用化学药剂防治, 但目前还没有特效农药, 不但防治成本高, 更重要的是严重污染环境<sup>[6]</sup>。目前国内外已开展抗病育种研究工作, 培育抗根肿病品种已成为研究热点。大白菜为异花授粉作物, 杂种优势显著,

收稿日期: 2009-11-21 修回日期: 2010-01-14

基金项目: 辽宁省博士启动基金项目

作者简介: 吴琼 (1984-), 女, 硕士生, 主要从事蔬菜遗传育种研究, E-mail: wqdd3131@163.com; \*通讯作者: 沈向群, 博士生导师, 主要从事蔬菜和花卉遗传育种研究, E-mail: shenxiangqun54@163.com.

利用稳定遗传的抗根肿病雄性不育系配制杂交种,不但能够提高种子生产纯度和商业化育种,而且可以解决生产中防治难的问题,更有效地使知识产权得到自我保护。选育抗根肿病的核基因雄性不育系,必须育成甲型雄性不育“两用系”和与甲型雄性不育“两用系”经济性状相同的临时保持系,这是核基因雄性不育系利用的关键。但对于大白菜抗根肿病雄性不育的“临时保持系”的选育方法,国内外尚无报道。因此,本文利用已选育出的抗根肿病直筒型大白菜雄性不育甲型“两用系”为不育源,按照复等位基因遗传模式向本地主栽的“91-12”大白菜品种转育,通过3种转育方法筛选出经济性状优良、纯合抗病的“临时保持系”,解决了抗根肿病雄性不育系利用难的问题。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

CRAB742:纯合型抗根肿病大白菜甲型雄性不育“两用系”,基因型分别为  $M s M s R R, M s^f M s R R$ ;  $B_1$ :从91—12大白菜品种中选育的稳定自交系  $m s n s r r$ 。

### 1.2 方 法

1.2.1 试验设计 试验于2007-2009年在沈阳农业大学蔬菜基地进行,根据待转育品系的基因型,设计转育方案,采用回交、自交、测交等方法进行。转育后代进行严格的经济性状选择及抗病筛选。

样本容量按公式(1),适合性测验按公式(2)。

$$n = \lg(0.01) / \lg(1 - p) \tag{1}$$

$$\chi^2 = [A - ra] - (r+1) / 2 \tag{2}$$

(1)式中  $n$  为样本容量,  $p$  为目标基因发生概率。(2)式中  $\chi^2$  为卡平方,  $A$  和  $a$  分别为显性组和隐性组的实际观察次数,  $n = A + a$  即总次数,  $r$  为理论分离比率。

1.2.2 大白菜根肿病抗性基因与核不育基因的遗传规律 根据复等位基因遗传模式,不育性受同一位点3个基因控制:  $M s$  为显性不育基因,  $m s$  为  $M s$  的等位隐性可育基因,  $M s^f$  为  $M s$  的等位显性恢复基因。显隐关系  $M s^f > M s > m s$ , 可育株有4种基因型 ( $M s^f M s^f, M s^f M s, M s^f m s, m s n s$ )<sup>[7]</sup>。孙保亚等<sup>[8-10]</sup>通过实验证明抗性基因 ( $R R, r r$ ) 与育性基因之间是独立遗传的,并且抗性基因  $R$  对非抗性基因  $r$  是显性的。基因型为  $R R, R r$  的植株均表现为抗根肿病。

1.2.3 抗根肿病大白菜“临时保持系”的选育方法 以纯合抗根肿病大白菜甲型雄性不育“两用系”CRAB742 ( $M s M s R R, M s^f M s R R$ ) 为母本,以本地主栽品种“91—12” ( $m s n s r r$ ) 为轮回父本杂交,后代连续回交3代,每一世代首先进行抗病筛选,然后进行春化处理和育性调查,筛选具有抗根肿病基因的各种育性基因型试材 ( $M s n s R r, M s^f m s R r, m s n s R r$ )。通过严格的抗性,育性及经济性状选择得到纯合抗性的新甲型雄性不育“两用系”和“临时保持系”,最终配制雄性不育系。在选育抗根肿病雄性不育系的过程中,筛选抗根肿病的“临时保持系”有多种途径。

方法 1:甲型雄性不育“两用系”的不育株  $M s M s R R$  与轮回亲本  $m s n s r r$  连续回交过程中可育株连续自交,后代同时进行抗病筛选,直到没有感病植株出现,得到的即为纯合抗病的“临时保持系”  $m s n s R R$ 。

方法 2:甲型雄性不育“两用系”的可育株  $M s^f M s R R$  与轮回亲本  $m s n s r r$  杂交后代中的可育株与轮回亲本  $m s n s r r$  回交,后代均为可育株从表型上无法判断基因型,以纯合型的  $M s M s$  植株为母本进行测交,后代如果可育株与不育株 1:1 分离,说明可育株基因型为  $M s^f m s R r$ ,继续回交;回交后代再测交,如果后代全部为不育株,说明可育株基因型为  $m s n s R r$ ,将其连续自交,后代同时进行抗病筛选,直到没有感病植株出现,得到的即为纯合抗病的“临时保持系”  $m s n s R R$ 。

方法 3:利用已完成的  $M s n s R r, M s^f m s R r$  两个基因型杂交,重组后代中可育株与已知基因型不育株  $M s M s$  测交,后代都是不育株,被测植株为  $m s n s R R, m s n s R r$ ,将其连续自交,后代同时进行抗病筛选,直到没有感病植株出现,得到的即为纯合抗病的“临时保持系”  $m s n s R R$ 。

遗传模式如下:

$$M s M s \begin{cases} M s^f M s & M s^f M s & M s M s & 1 & 1 \text{ (可育 不育)} \\ m s n s & M s n s & & & \text{全不育} \\ M s^f m s & M s^f M s & M s n s & 1 & 1 \text{ (可育 不育)} \end{cases}$$

## 2 结果与分析

方法 1 结果:按照图 1 模式,在前人工作的基础上,2007 秋进行第 3 代回交转育,苗期经过抗病筛选,理论上 2 株中即可筛选出 1 株杂合抗性单株,抗病植株与感病植株比例  $Rr:rr$  为 1:1,淘汰感病植株;回交转育过程中育性 1:1 分离,可育株 ( $m\ sn\ sRr$ ) 自交,自交结果如表 1 所示,对其自交后代人工接种根肿菌,表现为部分感病,比例近似 3:1,抗病植株基因型可推测为  $m\ sn\ sRR$  和  $m\ sn\ sRr$ ,比例近似 1:2,从每一系统抗病单株中各任选 5~7 株继续自交,自交后代出现完全抗病株系,可判断其基因型为  $m\ sn\ sRR$ ,继续自交得到经济性状优良抗病性稳定的株系即为抗根肿病的雄性不育系“临时保持系”。

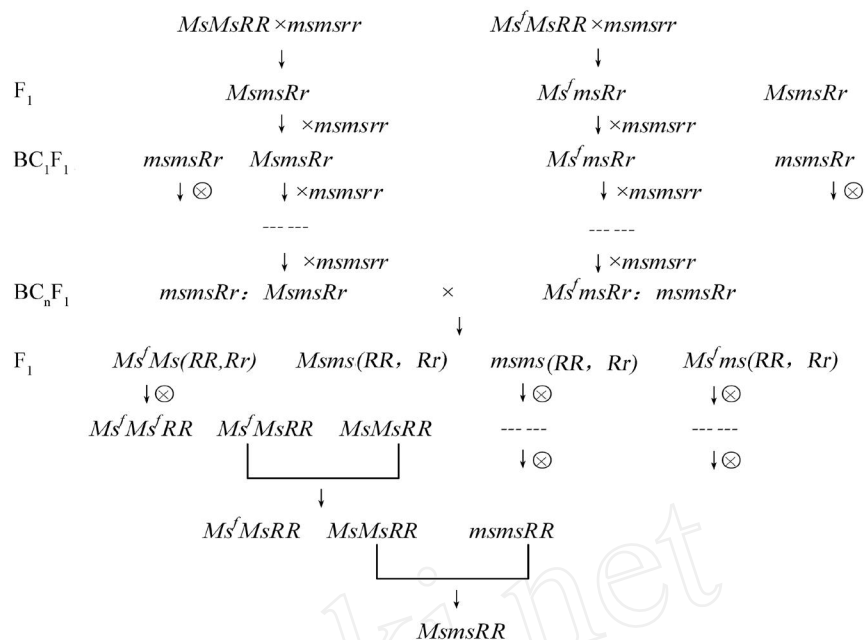


图 1 抗根肿病大白菜雄性不育系转育模式

Fig 1 Genetic model for breeding of anti-clubroot male sterile in Chinese cabbage

表 1 方法 1 抗根肿病大白菜 BC<sub>3</sub>F<sub>1</sub>, BC<sub>3</sub>F<sub>2</sub>, BC<sub>3</sub>F<sub>3</sub> 后代抗性分离比例

Tab 1 The 1<sup>st</sup> The resistance separation Anti-clubroot in generation of Chinese cabbage BC<sub>3</sub>F<sub>1</sub>, BC<sub>3</sub>F<sub>2</sub>, BC<sub>3</sub>F<sub>3</sub>

世代 Generation	组合 Combination	抗病 / 感病 Resistance / Flu	抗性理论分离比例 Ratio $\chi^2_{0.05} = 3.841$	基因型 Gneotype
BC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	CR1⊗	38 12	3:1 (0.000)	$m\ sn\ sRr$
	CR2⊗	39 11	3:1 (0.107)	$m\ sn\ sRr$
	CR3⊗	38 12	3:1 (0.000)	$m\ sn\ sRr$
	CR4⊗	30 20	3:1 (5.227)	$m\ sn\ sRr$
	CR5⊗	31 19	3:1 (3.840)	$m\ sn\ sRr$
BC <sub>3</sub> F <sub>2</sub>	CR1 - 1⊗	39 12	3:1 (0.059)	$m\ sn\ sRr$
	CR1 - 2⊗	37 15	3:1 (0.231)	$m\ sn\ sRr$
	CR1 - 3⊗	52 0	全抗 Resistance	$m\ sn\ sRR$
	CR1 - 4⊗	33 20	3:1 (3.931)	$m\ sn\ sRr$
	CR1 - 5⊗	28 13	3:1 (0.659)	$m\ sn\ sRr$
	CR3 - 1⊗	28 13	3:1 (0.659)	$m\ sn\ sRr$
	CR3 - 2⊗	49 0	全抗 Resistance	$m\ sn\ sRR$
	CR3 - 3⊗	37 13	3:1 (0.000)	$m\ sn\ sRr$
	CR3 - 4⊗	39 14	3:1 (0.006)	$m\ sn\ sRr$
CR3 - 5⊗	35 15	3:1 (0.427)	$m\ sn\ sRr$	
BC <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	CR1 - 3 - 1⊗	49 0	全抗 Resistance	$m\ sn\ sRR$
	CR1 - 3 - 2⊗	51 0	全抗 Resistance	$m\ sn\ sRR$
	CR3 - 2 - 1⊗	47 0	全抗 Resistance	$m\ sn\ sRR$
	CR3 - 2 - 2⊗	49 0	全抗 Resistance	$m\ sn\ sRR$

方法 2 结果:按照图 1 模式,在前人工作的基础上,2007 秋进行第 3 次回交转育,苗期经过抗病筛选,理论上 2 株中即可筛选出 1 株杂合抗性单株,抗病植株与感病植株比例  $Rr rr$  为 1 1,淘汰感病植株,后代全为可育株,选 7 株自交,同时用  $M s M s$  测交(表 2),测交结果全不育的可育株连续自交,自交结果如表 3 所示,对其自交后代人工接种根肿菌,表现为部分感病,比例近似 3 1,抗病植株基因型可推测为  $m sm sRR$  和  $m sm sRr$ ,比例近似 1 2,从每一系统抗病单株中各任选 5~7 株继续自交,自交后代出现完全抗病株系,可判断其基因型为  $m sm sRR$ ,继续自交得到经济性状优良抗病性稳定的株系即为抗根肿病的雄性不育系“临时保持系”。

表 2 抗根肿病大白菜回交 3 代基因型鉴定结果

Tab 2 Results of the genotypic identification of anti-clubroot in Chinese cabbage in  $CB_3 F_1$

组合 Combination	可育株/不育 Fertile plants/sterile plant	育性理论分离比例 Ratio $\chi^2_{0.05} = 3.841$	基因型 Gneotype
$M s M s \times CR6$	38 28	1 1 (1.227)	$M sfn s$
$M s M s \times CR7$	0 53	全不育 Sterile	$m sm s$
$M s M s \times CR8$	30 35	1 1 (0.246)	$M sfn s$
$M s M s \times CR9$	28 25	1 1 (0.075)	$M sfn s$
$M s M s \times CR10$	0 47	全不育 Sterile	$m sm s$
$M s M s \times CR11$	30 27	1 1 (0.070)	$M sfn s$
$M s M s \times CR12$	31 28	1 1 (0.068)	$M sfn s$

表 3 方法 2 抗根肿病大白菜  $BC_3 F_1$ ,  $BC_3 F_2$ ,  $BC_3 F_3$  后代抗性分离比例

Tab 3 The 2<sup>nd</sup> the resistance separation of Anti-clubroot in Generation of Chinese cabbage  $BC_3 F_1$ ,  $BC_3 F_2$ ,  $BC_3 F_3$

世代 Generation	组合 Combination	抗病/感病 Resistance / Flu	抗性理论分离比例 Ratio $\chi^2_{0.05} = 3.841$	基因型 Gneotype
$BC_3 F_1$	CR7 ⊙	38 12	3 1 (0.000)	$m sm sRr$
	CR10 ⊙	39 11	3 1 (0.107)	$m sm sRr$
$BC_3 F_2$	CR7 - 1 ⊙ 38 12	3 1 (0.000)	$m sm sRr$	
	CR7 - 2 ⊙	50 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$
	CR7 - 3 ⊙	31 19	3 1 (3.840)	$m sm sRr$
	CR7 - 4 ⊙	39 12	3 1 (0.007)	$m sm sRr$
	CR7 - 5 ⊙	39 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$
	CR10 - 1 ⊙	52 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$
	CR10 - 2 ⊙	33 20	3 1 (3.931)	$m sm sRr$
	CR10 - 3 ⊙	28 13	3 1 (0.659)	$m sm sRr$
	CR10 - 4 ⊙	28 13	3 1 (0.659)	$m sm sRr$
$BC_3 F_3$	CR10 - 5 ⊙	49 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$
	CR7 - 2 - 1 ⊙	47: 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$
	CR7 - 2 - 2 ⊙	39 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$
	CR7 - 5 - 1 ⊙	35 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$
	CR7 - 5 - 2 ⊙	49 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$
	CR10 - 1 - 1 ⊙	51 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$
	CR10 - 1 - 2 ⊙	47 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$
CR10 - 5 - 1 ⊙	48 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$	
CR10 - 5 - 2 ⊙	49 0	全抗 Resistance	$m sm sRR$	

方法 3 结果: 按照图 1 模式, 以方法 1  $M\overline{M}sRR$  和轮回亲本  $m\overline{sn}srr$  通过连续 3 代回交得到的抗病不育株  $M\overline{sn}sRr$  为母本; 方法 2 甲型“两用系”的可育株  $M\overline{M}sRR$  与轮回亲本  $m\overline{sn}srr$  通过连续回交 3 代得到抗病的可育株  $M\overline{M}sRr$ ;  $m\overline{sn}sRr$ , 利用甲型“两用系”的不育株  $M\overline{M}s$  测交筛选育性 3:1 分离的株系, 即  $M\overline{M}sRr$  为父本杂交重组, 后代育性分离比例 3:1, 基因型比例为  $1/4M\overline{M}s$ 、 $1/4M\overline{M}s$ 、 $1/4m\overline{sn}s$ 、 $1/4m\overline{sn}s$ ,  $m\overline{sn}s$  即为“临时保持系”, 由于  $M\overline{M}s$ 、 $M\overline{M}s$  和  $m\overline{sn}s$  在表现型上均为可育, 可以通过自交和甲型“两用系”不育株 ( $M\overline{M}s$ ) 测交, 根据后代育性分离比例加以区分, 自交后代育性分离的基因型为  $M\overline{M}s$ , 测交后代均为不育的株系即为  $m\overline{sn}s$  (表 4), 对其进行连续自交即可得到经济性状优良、抗病性稳定的株系即为抗根肿病的雄性不育“临时保持系” (表 5)。

表 4 抗根肿病大白菜杂交重组后代基因型鉴定结果

Tab 4 Results of the genotypic identification of crossing generation of Chinese cabbage with anti-clubroot

组合 Combination	可育/不育 Fertile plants/sterile plant	育性理论分离比例 Ratio $\chi^2_{0.05} = 3.841$	基因型 Gneotype
$M\overline{M}s \times CR13-1$	25:24	1:1 (0.000)	$M\overline{M}s$ 或 $M\overline{M}s$
$M\overline{M}s \times CR13-2$	24:28	1:1 (0.173)	$M\overline{M}s$ 或 $M\overline{M}s$
$M\overline{M}s \times CR13-3$	22:28	1:1 (0.500)	$M\overline{M}s$ 或 $M\overline{M}s$
$M\overline{M}s \times CR13-4$	23:27	1:1 (0.180)	$M\overline{M}s$ 或 $M\overline{M}s$
$M\overline{M}s \times CR13-5$	0:50	全不育 Sterile	$m\overline{sn}s$
$M\overline{M}s \times CR13-6$	27:21	1:1 (0.521)	$M\overline{M}s$ 或 $M\overline{M}s$
$M\overline{M}s \times CR13-7$	0:55	全不育 Sterile	$m\overline{sn}s$

表 5 抗根肿病大白菜杂交重组自交后代抗性分离比例

Tab 5 Results of resistance separation of crossing generation of Chinese cabbage with anti-clubroot

世代 Generation	组合 Combination	抗病/感病 Resistance / Flu	抗性理论分离比例 Ratio $\chi^2_{0.05} = 3.841$	基因型 Gneotype
F <sub>1</sub>	CR13-5⊙	50:0	全抗 Resistance	$m\overline{sn}sRR$
	CR13-7⊙	37:10	3:1 (0.177)	$m\overline{sn}sRr$
F <sub>2</sub>	CR13-5-1⊙	50:0	全抗 Resistance	$m\overline{sn}sRR$
	CR13-5-2⊙	40:0	全抗 Resistance	$m\overline{sn}sRR$
	CR13-7-1⊙	50:0	全抗 Resistance	$m\overline{sn}sRR$
	CR13-7-2⊙	37:10	3:1 (0.177)	$m\overline{sn}sRr$

#### 2.4 抗根肿病大白菜“临时保持系”选育效果分析

通过方法 1 获得 100% 抗根肿病大白菜“临时保持系” CR1-3-1, CR1-3-2, CR3-2-1, CR3-2-2, 其中 CR1-3-1 和 CR3-2-2 后代整齐一致, 通过方法 2 获得 100% 抗根肿病大白菜“临时保持系” CR7-2-1, CR7-2-2, CR7-5-1, CR7-5-2, CR10-1-1, CR10-1-2, CR10-5-1, CR10-5-1, 其中 CR7-5-2 和 CR10-1-2 后代整齐度高, 通过方法 3 杂交重组的得到的可育株经过测交, 连续自交 2 代, 获得 100% 抗根肿病大白菜“临时保持系” CR13-5-1, CR13-5-2, CR13-7-1。将不同方法得到的“临时保持系”以及原始材料 CRAB742、本地主栽品种 B<sub>1</sub> 和甲型“两用系”不育株 A 的植物学形状经行比较鉴定, 结果如表 6。

从表 6 可以看出, 不同回交途径经过连续的回交均可获得新的“临时保持系”, 所获得的“临时保持系”除了具有纯合抗病基因以外, 其抱合类型与轮回亲本相同, 株高、株幅、叶长、叶宽、叶柄宽、叶球高、叶球直径等性状接近轮回亲本, 达到转育效果, 其中 CR13-5-1, CR13-5-2 和 CR13-7-1 各经济形状均超过轮回亲本, 与育成的“甲型两用系”的不育株经济性状差距小。

表 6 新临时保持系及其亲本植物学形状调查结果

Tab 6 Results of botany character investigate between new temporary maintainer line and parents

材料 Material	株高 /cm Plant height	株幅 /cm Angular divergence	抱合类型 Shape of head	叶长 /cm Leaf length	叶宽 /cm Leaf width	叶柄宽 /cm Petiole width	叶球高 /cm Leaf head height	叶球直径 /cm Diameter of leaf head	毛重 /kg Gross weight	净重 /kg Net weight
CR1 - 3 - 1	36.8	49.3	ZD	37.7	24.4	6.0	36.4	14.1	2.7	2.0
CR3 - 2 - 2	37.2	50.0	ZD	38.1	24.9	6.1	36.9	14.2	2.8	2.1
CR7 - 5 - 2	36.0	46.5	ZD	36.7	23.7	5.9	35.6	13.6	2.6	1.9
CR10 - 1 - 2	36.3	46.7	ZD	36.9	23.8	5.9	35.9	13.7	2.6	1.9
CR13 - 5 - 1	38.6	51.2	ZD	39.0	25.2	6.1	38.0	14.5	3.1	2.4
CR13 - 5 - 2	38.6	51.0	ZD	39.0	25.1	6.0	37.9	14.5	3.0	2.4
CR13 - 7 - 1	38.4	51.0	ZD	38.9	25.2	6.1	37.8	14.4	3.0	2.4
AB724	45.2	46.4	ZS	42.1	24.5	6.1	43.8	13.3	3.9	3.2
B <sub>1</sub>	35.8	50.5	ZD	36.0	24.2	6.1	37.5	14.2	2.6	1.9
A	38.4	51.0	ZD	38.6	25.0	6.1	37.7	14.6	3.0	2.3

ZD表示直筒叠抱型; ZS表示直筒疏心型。

ZD mean cylindrical and overlapping type; ZS mean cylindrical and dispersed type

### 3 结论与讨论

利用雄性不育系生产杂交种是理想的育种手段,雄性不育系生产杂交率高,亲本繁殖成本较低,但亲本繁殖及制种复杂,技术要求较高较严格。100%核基因雄性不育系本身即为一代杂种,配制新组合即为三交种,为提高商品整齐度,选择经济性状优良植物学性状差距小的甲型雄性不育“两用系”和“临时保持系”是必要的<sup>[11]</sup>。目前,大白菜根肿病在我国大面积发生,培育整齐一致抗根肿病 F<sub>1</sub> 品种为解决这一问题的有效途径。据孙保亚等报道抗根肿病基因与雄性不育基因独立遗传的特性<sup>[8]</sup>。本试验设计了抗病性与育性同时转育模式,通过 3 种途径分别转育了抗根肿病大白菜“临时保持系”,转育结果与同时转育的甲型雄性不育“两用系”进行经济性状比较,方法 3 得到的“临时保持系”的经济性状与育成的甲型雄性不育“两用系”经济性状差距小,所配制的雄性不育系达到要求。Williams 在 1965 年证实根肿病存在生理小种分化<sup>[12]</sup>,由于单一品种几乎不能同时对所有小种都具有抗性,而且某一品种对某些小种的抗性也会由于小种本身的变异而消失<sup>[13]</sup>。本试验所选根肿病菌为生理小种 4,抗病品种仅针对生理小种 4,对生理小种 4 的发病地区是有效的,可能不具有广泛性。

利用此转育方法,可以育成纯合抗病的“临时保持系”,与同时转育的抗根肿病甲型“两用系”杂交即可培育出经济性状优良的抗根肿病雄性不育系,可直接应用于一代杂交种的生产,市场潜力大。

#### 参考文献:

- [1] 杨永林. 十字花科蔬菜根肿病抑菌型土壤初探 [J]. 植物保护报, 1990, 17(2): 127 - 131.
- [2] 李宝聚. 李宝聚博士诊病手记 (一): 湖北长阳火烧坪十字花科根肿病——蔬菜“一乡一品”带来的问题 [J]. 中国蔬菜, 2008(7): 55.
- [3] 杨莲, 代玉华, 赵艳梅, 等. 白菜根肿病田间发生消长规律研究 [J]. 植保技术与推广, 2003, 23(7): 17 - 18.
- [4] 李熙英, 刘为勇. 延吉市白菜根肿病发生危害及其防治 [J]. 延边大学农学学报, 2008, 30(2): 126 - 128.
- [5] 汪喜龙, 朱荣杰, 蒋兵涛, 等. 拉萨地区大白菜根肿病防治技术 [J]. 西藏农业科技, 2008, 30(3): 26 - 28.
- [6] 同军, 李成琼, 任雪松, 等. 十字花科植物根肿病及抗根肿病育种研究进展 [J]. 西南农业学报, 2002, 15(2): 69 - 72.
- [7] 冯辉, 魏毓棠, 许明. 大白菜核基因雄性不育的复等位基因假说 [C]// 辽宁省第二届青年学术年会论文集. 大连: 大连理工大学出版社: 149 - 153.
- [8] 孙保亚, 沈向群, 郭海峰, 等. 大白菜抗根肿病遗传规律初探 [J]. 中国蔬菜, 2005(6): 15 - 17.
- [9] 孙保亚, 沈向群, 郭海峰, 等. 十字花科植物根肿病及抗病育种研究进展 [J]. 中国蔬菜, 2005(4): 34 - 37.
- [10] 孙保亚. 大白菜抗根肿病遗传机理及其应用研究 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2006.
- [11] 王玉刚, 徐巍, 覃兴, 等. 白菜核基因雄性不育系的转育模式与利用 [J]. 种子, 2006, 25(10): 66 - 67.
- [12] Williams P H. A system for the determination of races of *Plasmodiophora brassicae* that infect cabbage and rutabaga [J]. Phytopathology, 1966, 56: 624 - 626.
- [13] 张玉光, 沈向群, 聂凯, 等. 将抗根肿病和显性核不育基因向大白菜 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> 的同步转育研究 [J]. 河南农业科学, 2008(6): 89 - 91.