

桔红心大白菜抗根肿病 不育系转育方法比较

耿新翠 沈向群* 李林 李茜 陈永浩

(沈阳农业大学 园艺学院 辽宁 沈阳 110866)

摘要:以普通心抗根肿病甲型“两用系”和桔红心自交系 LH 为试材,通过杂交、回交和系内交等方法研究了桔红心与普通心的遗传关系、桔红心自交系抗性和育性的基因型。试验结果表明:桔红心对普通心表现为一对隐性基因控制的简单遗传,桔红心自交系的抗性和育性基因型分别为 *rr* 和 *msms*;提出了桔红心大白菜抗根肿病雄性不育系的两种转育模式,其中系内交模式比回交模式提前一代得到新的不育系;在第二代筛选桔红心性状时,对子叶法、球心色法和花色法三种方法进行了比较,子叶法不但在幼苗期就可以筛选到桔红心性状,而且抗性调查和育性鉴定的群体最小,是三种方法中最理想的。

关键词:桔红心大白菜;抗根肿病;不育系;转育方法;比较

中图分类号: S634.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)02-0250-05

Comparison of Methods for Transferring Genetic Male Sterile Lines of Orange Head Chinese Cabbage with Anti-clubroot

GENG Xin-cui, SHEN Xiang-qun*, LI Lin,
LI Qian, CHEN Yong-hao

(Department of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Taking the genetic male sterile AB lines (type I) of yellow head Chinese cabbage with anti-clubroot and orange head Chinese cabbage lines (LH) as the test materials, the genetic relations between the head colors of orange and yellow and the genotypes of clubroot-resistance and fertility of orange head lines were studied through cross, backcross and sibling mate. The experimental results indicated clearly that orange to yellow was controlled by a pair of recessive genes, and *rr* and *msms* were the anti-clubroot genotype and fertile genotype of LH. In the light of these, this study proposed two models of transferring genetic male sterile lines of orange head Chinese cabbage with anti-clubroot, among which model (2) could get genetic male sterile lines in the fourth generation, but model (1) in the fifth generation. Although orange plants will be sifted out in the second generation using cotyledon method, head color method or flower color method, cotyledon method will be the best one, for in this way orange plants can be screened in the seedling stage, and survey groups of resistance and fertility will be smaller than other methods.

Key words: orange head Chinese cabbage; anti-clubroot; genetic male sterile lines; transformation methods; comparisons

收稿日期: 2011-12-20 修回日期: 2012-02-16

基金项目: 农业部公益性行业项目(201003029)

作者简介: 耿新翠(1972—),女,博士生,主要从事蔬菜遗传育种研究, E-mail: gengxincui@163.com; * 通讯作者: 沈向群,研究员,博士, E-mail: shenxiangqun54@163.com。

根肿病是全世界十字花科作物所面临的最严重的病害之一。几个世纪以来,根肿病给十字花科蔬菜生产带来了极大的危害,大白菜与其他根肿菌易侵染十字花科蔬菜相比,由于生长期长而受害最为严重^[1]。目前,在我国二十多个省、市、自治区都有根肿病发生,并且发病面积逐年增加,发病程度越来越严重^[2]。由于根肿菌休眠孢子可以在土壤中存活15年以上^[3],通过轮作难以控制根肿病,化学试剂防治由于环境污染问题或价格昂贵难以大面积推广。抗根肿病育种可以避免使用杀菌剂、减少作物产量损失、提高感病土壤使用价值,是一种控制根肿病的理想方法。瑞典在20世纪60年已经开始这一工作,并获得了部分抗性品种^[4]。日本对根肿病研究起步也较早,已经选育出抗病大白菜品种^[5],但是这些抗病品种在我国种植后出现了病毒病和缺钙病等问题。为了解决这一问题,沈向群从2000年起在国内广泛搜集根肿病菌,寻找并引进抗源,已经成功选育出适合我国北方栽培的抗根肿病大白菜品种^[6-7]。大白菜球心色主要有白色、黄色和桔红色,桔红心大白菜(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour) O Lsson)不但外观亮丽,而且营养丰富,保健价值高^[8]。由于经济价值优良,桔红心大白菜引进我国后先后被转育成适应不同生态环境栽培的品种^[9-11]。但是根肿病的大面积发生限制了这一优良品种在我国的推广,转育适合不同生态环境栽培的、抗不同地区根肿病的桔红心大白菜品种是解决这一问题的健康、有效途径。

形态标记直观、简单、无需任何分析过程,可以直接得到结果,利用形态标记可以提高选育效率^[12]。桔红心大白菜的球心色由一对隐性等位基因控制,其花色与球心色的遗传关系是连锁遗传或一多效^[13-14]。桔红心种子在萌发期进行遮光处理,子叶展开后放在阳光下子叶会由黄色转为桔红色,并且桔红子叶、桔红心和桔红花三者属于一因多效^[15],因此桔红子叶和桔红花可以作为形态标记性状在桔红心大白菜转育中加以应用。本文在本课题组研究的基础上,利用抗根肿病大白菜核基因雄性不育甲型“两用系”和桔红心自交系,探讨了桔红心与普通心的遗传关系和桔红心自交系抗性、育性基因组成,比较了桔红心大白菜抗根肿病雄性不育系的两种转育模式和筛选桔红心性状的三种方法,提出了切实可行的转育途径,为抗根肿病性状与优良经济性状整合提供了理论基础,解决了在根肿病地区栽培桔红心大白菜的难题。

1 材料与方法

1.1 材料

CRAB9112A和CRAB9112B:普通心抗根肿病大白菜雄性不育甲型“两用系”,心色浅黄,抗性纯合,由沈阳农业大学提供。

LH:龙园红自交系,心色桔红,由黑龙江省农科院提供。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 鉴定了桔红心自交系抗性和育性基因型,明确桔红心色与普通心色的遗传关系后,根据核基因雄性不育“复等位基因”遗传假说^[22]、抗根肿病基因和球心色遗传规律设计转育模式,利用形态标记筛选桔红心性状。

样本容量按公式 $n \geq \lg 0.01 / \lg(1 - P)$ 计算,其中 n 为样本容量, P 为目标基因发生概率。适合性检验按公式 $\chi^2 = [A - a - (r + 1) / 2]^2 / r$ 检验, χ^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,总次数 $n = A + a$, r 为理论分离比率。

1.2.2 抗性鉴定方法 采用菌土置入法接菌。按照15g鲜质量菌根配置100mL菌液加入300g风干草炭土的比例配置菌土,在23~28℃左右条件下,密封48h,使其充分发酵。将发酵过的菌土置入穴盘(50穴/盘)中,种子或芽保证播到菌土上,苗床地温控制在25℃左右,土壤湿度保持在80%~90%,pH值控制在6~7,为病菌发病营造良好条件,30d后洗根调查。

1.2.3 球心色筛选方法 子叶法: F_1 、 BC_1F_1 、 F_2 代种子在遮光条件下浸种催芽2d后置于阳光下2h,调查幼苗子叶颜色,淘汰黄色子叶幼苗,得到桔红子叶幼苗就是桔红心植株。球心色法: F_1 、 BC_1F_1 、 F_2 代种子在大田播种后到大白菜收获期剖心查看,桔红心大白菜心色桔红,普通心心色浅黄。花色法: F_1 、 BC_1F_1 、 F_2 代植株开花期调查花瓣颜色,花瓣桔红色的是桔红心植株。

2 结果与分析

2.1 桔红心与普通心的遗传关系

表 1 可以看出 桔红心与普通心杂交后 F_1 代球心色全部表现为黄色 F_1 系内交后代球心色表现为 3:1(普通心:桔红心)分离,回交后代球心色表现为 1:1 分离。这表明在桔红心与普通心的遗传中 桔红心性对普通心性表现为一对隐性基因控制的遗传。

表 1 F_1 代、 F_2 代和 BC_1F_1 代球心色调查结果
Tab. 1 Surveying results of head color of F_1 , F_2 and BC_1F_1

组合 Combinations	普通心:桔红心 Yellow head: Orange head	理论分离比 Ratio $\chi^2_{0.05} = 3.841$	基因型 Genotype
CR9112A × LH	50:0	—	<i>Oo</i>
CR9112B × LH	50:0	—	<i>Oo</i>
(CR9112A × LH) - [1 × (9112A × LH) - 2]	38:12	3:1(0.000)	<i>OO, Oo, oo</i>
(CR9112B × LH) × [1 × (9112B × LH) - 2]	34:16	3:1(0.960)	<i>OO, Oo, oo</i>
(CR9112A × LH) × LH	26:24	1:1(0.020)	<i>Oo, oo</i>
(CR9112B × LH) × LH	22:28	1:1(0.500)	<i>Oo, oo</i>

2.2 桔红心自交系抗性、育性基因型鉴定

为了确定桔红心自交系对根肿病的抗性表现,以纯合抗性植株(*RR*)、杂合抗性植株(*Rr*)分别与桔红心自交系杂交,得到 F_1 , 然后对 F_1 和桔红心自交系进行抗性鉴定。从表 2 可以看出 桔红心自交系 100% 感病,纯抗株(*RR*)与桔红心自交系的杂交后代全部抗病,杂抗株(*Rr*)与桔红心自交系的杂交后代抗性有分离,抗病和感病的分离比符合 1:1。这说明桔红心自交系对根肿病表现为感病,抗性基因型为 *rr*。其遗传图解如下:

$$RR \times rr \rightarrow Rr \quad Rr \times rr \rightarrow Rr : rr$$

甲型和乙型不育株(*MSMS*, *MSms*)分别对桔红心自交系 LH 进行测交,测交后代育性分离结果见表 1。从表 3 可以看出 *MSMS* 与 LH 的杂交后代表现为全不育;*MSms* 与 LH 的杂交后代出现育性分离,分离比符合 1:1,甲型不育株和乙型不育株共同证明了桔红心自交系的育性基因型为 *msms*。其遗传图解如下:

$$MSMs \times msms \rightarrow MSms \quad MSms \times msms \rightarrow msms : MSms$$

2.3 转育模式比较

从图 1 可以看出:转育模式(1)的桔红心性通过回交得到纯合,经过重组得到纯合抗性的桔红心可育株,自交得到桔红心抗根肿病甲型“两用系”和临时保持系,第五代得到桔红心抗根肿病 100% 雄性不育系。转育模式(2)中桔红心性通过系内交得到纯合,同时抗性也得到纯合,经过自交得到桔红心抗根肿病甲型“两用系”和临时保持系,第四代得到桔红心抗根肿病 100% 雄性不育系。由此可知 转育

表 2 大白菜桔红心根肿病抗性鉴定结果

Tab. 2 Resistance expression of orange head inbred line and progenies from orange head inbred line crossing with *RR* and *Rr*

组合 Combinations	抗病:感病 Resistance: Flu	理论分离比 Ratio $\chi^2_{0.05} = 3.841$	基因型 Genotype
LH	0:49	—	<i>rr</i>
<i>RR</i> × LH	50:0	—	<i>Rr</i>
<i>Rr</i> × LH	21:29	1:1(0.980)	<i>Rr, rr</i>

表 3 大白菜桔红心自交系育性测定结果

Tab. 3 Fertility expression of progenies from orange head inbred line crossing with *MSMS* and *MSms*

组合 Combinations	可育:不育 Fertile: Sterile	理论分离比 Ratio $\chi^2_{0.05} = 3.841$	基因型 Genotype
<i>MSMS</i> × LH	0:50	—	<i>MSms</i>
<i>MSms</i> × LH	28:23	1:1(0.314)	<i>msms, MSms</i>

模式(2)比转育模式(1)提前一代得到新的不育系,转育速度快,是转育桔红心大白菜抗根肿病雄性不育系的理想途径。

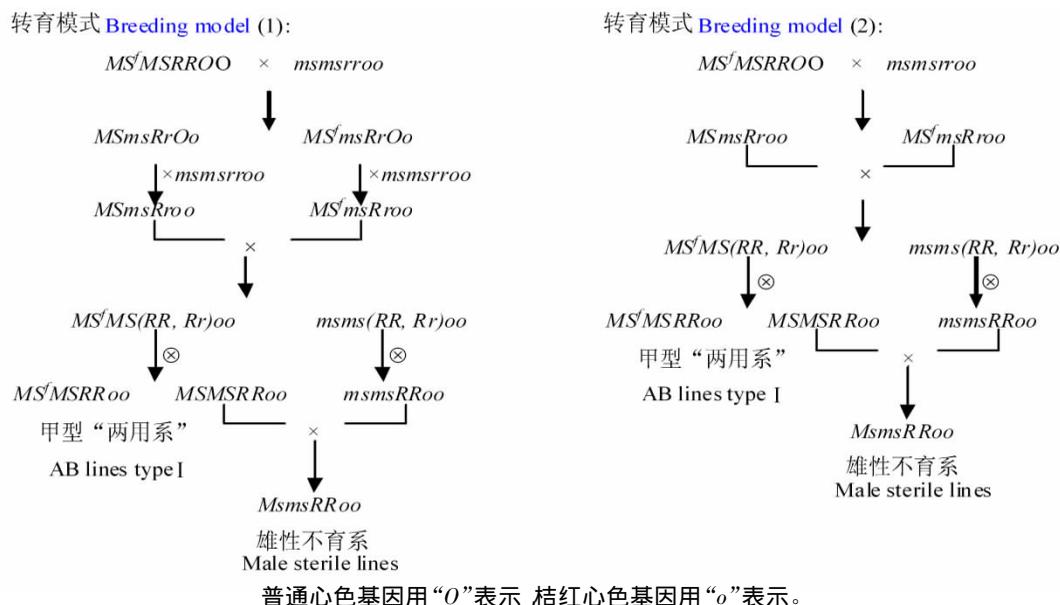


图 1 抗根肿病大白菜桔红心不育系转育模式

Fig. 1 Genetic model for breeding of anti - clubroot male sterile lines of orange head Chinese cabbage

2.4 桔红心筛选方法比较

在筛选桔红心性状时,球心色调查方法有子叶法、球心色法和花色法三种,三种方法的调查时间分别是子叶期、结球期和开花后期。从表 4 可以看出,三种方法所需的时间基本相同,子叶法仅仅比其它方法多 2 d 或者说子叶法只是比其它方法提前两天开始。在 BC₁F₁ 代抗性和经济性状调查群体以子叶法最小,分别是调查总数的 1/2 和 1/4,子叶法和球心色的育性调查群体较小。F₂ 代同样是子叶法抗性和经济性状调查群体最小,分别是调查总数的 1/4 和 3/16,花色法的育性调查群体最大,其它两种方法调查群体相同。

表 4 BC₁F₁ 和 F₂ 抗根肿病桔红心筛选方案比较

Tab. 4 Comparisons of screening methods of orange head plants of BC₁F₁ 和 F₂ with anti - clubroot genes

材料 Materials	方法 Methods	调查次序 Survey orders	各阶段所需时间/d Time required for phases	各阶段调查群体 Survey group of phases
BC ₁ F ₁	子叶法	球心色→抗性→经济性状→育性	2→30→90→60	1→1/2→1/4→1/4
BC ₁ F ₁	球心色法	抗性→球心色+经济性状→育性	30→90→60	1→1/2→1/4
BC ₁ F ₁	花色法	抗性→经济性状→球心色+育性	30→90→60	1→1/2→1/2
F ₂	子叶法	球心色→抗性→经济性状→育性	2→30→90→60	1→1/4→3/16→3/16
F ₂	球心色法	抗性→球心色+经济性状→育性	30→90→60	1→3/4→3/16
F ₂	花色法	抗性→经济性状→球心色+育性	30→90→60	1→3/4→3/4

3 讨论和结论

3.1 桔红心自交系球心色、根肿病抗性和育性的遗传表现

大白菜球心色遗传中,黄色对白色表现为完全显性,由一对等位基因控制;桔红色对白色表现为隐性,由一对等位基因控制^[16]。而张德双等^[13]认为桔红色对白色表现为一对隐性等位基因控制的简单遗传,黄色对白色表现为数量遗传的特点。二者结论不同可能是因为黄心材料不同,前者黄心材料是质量性状遗传,后者黄心材料是数量性状遗传的缘故。根据核不育“复等位基因”遗传规律,可育株的基因型有 *msms*、*MS^fMS^f* 和 *MS^fms* 三种,高代自交系育性基因型有两种可能 *msms* 或 *MS^fMS^f*。本试验结果

表明桔红心和普通心的杂交后 F_1 代球心色全部为黄色,系内交后代 F_2 和回交后代 BC_1F_1 (回交亲本 LH) 的球心色分离比分别为 3:1 和 1:1; LH 抗性鉴定结果 100% 感病,其与纯合抗性材料和杂合抗性材料杂交后代的抗性鉴定结果分别为全部抗病和 1:1 分离; LH 与不育株 ($MSMS$) 的杂交后代全不育,与不育株 ($MSms$) 的杂交后代育性分离比为 1:1。这说明桔红心对普通心的遗传由一对隐性基因控制,桔红心自交系 LH 抗根肿病基因和育性基因组成分别为 rr 和 $msms$ 。

3.2 桔红心大白菜抗根肿病不育系的转育方法

抗根肿病基因位于大白菜参考图谱 R8、R2、R3 和 R6^[17],桔红心基因位于大白菜参考图谱 R9 上^[18],大白菜核不育基因 MS 位于 A07^[19],抗根肿病基因与核不育复等位基因独立遗传^[20],球色与育性基因独立遗传^[14]。这些研究结果说明抗根肿病基因、不育基因和桔红心基因分别位于大白菜不同的染色体上,三者遗传过程中遵循自由组合规律,通过重组可以得到抗根肿病大白菜桔红心雄性不育系。在遗传表现上,抗根肿病基因是一对显性等位基因控制的遗传^[21],而大白菜不育性受 MS^f 、 ms 和 MS 三个基因控制, MS 是不育基因, MS^f 是 MS 的等位显性可育基因, ms 是 MS 的等位隐性可育基因;乙型“两用系”的基因型分别为 $MSms$ 和 $msms$,甲型“两用系”的基因型为 $MSMS$ 和 MS^fMS ,它们分别通过兄妹交来保持不育性,育性分离比为 1:1;甲型不育株 $MSMS$ 与临时保持系杂交即得到 100% 的核基因雄性不育系^[22]。本试验根据桔红心基因、抗根肿病基因和核不育复等位基因在大白菜连锁图谱中的位置和各自的遗传特征,提出了先纯合桔红心性,再纯合抗性,最后得到不育系的转育路线,具体有回交和系内交两种转育模式,其中系内交模式第 4 代就得到理想的不育系,比回交模式提前一代。

根肿菌存在不同的生理小种,生理小种还会发生变异,日本抗根肿病品种抗性的逐渐丧失就是一个明显的例证^[23]。在转育抗根肿病大白菜时必须明确抗源是针对哪一个或哪些生理小种的,还要注意在转育过程中抗性是否消失。在我国大白菜根肿菌 4 号小种是平原地区危害面积最大的种群^[24]。本试验选用的抗源主要针对 4 号生理小种。另外,利用核不育复等位基因转育不育系时,甲型两用系的可育株与临时保持系的经济性状要整齐一致,这样不育系才会整齐,所以在转育过程中经济性状筛选也很重要,否则得到的不育系经济性状不理想,利用不育系所配的组合也就没有商业价值。

3.3 桔红心筛选方法比较

桔红心是一对隐性基因控制的质量性状,杂交后通过回交或系内交第二代就可以得到桔红心性。在第二代调查球心色时,还要进行抗性和育性调查筛选,所以球心色、抗性和育性调查的先后顺序不同,会直接影响抗性和育性调查群体的大小,使转育过程中不同阶段的工作量明显不同。本研究表明:在筛选桔红心抗根肿病植株时,无论是 BC_1F_1 代还是 F_2 代,子叶法的抗性鉴定群体和经济性状调查群体都是最小,只有球心色法和花色法的 1/2。子叶法和球心色法的育性调查群体相同,是花色法的 1/2,所以利用子叶法筛选桔红心性时各阶段工作量最少,降低了转育过程中的工作强度,是三种方法中最理想的方法。

参考文献:

- [1] Geoffrey R Dixon. The Occurrence and Economic Impact of *Plasmodiophora brassicae* and Clubroot Disease [J]. Plant Growth Regulation, 2009, 28(3): 194-202.
- [2] 司军, 李成琼, 宋洪元, 等. 十字花科植物根肿病及抗根肿病育种研究进展 [C]//中国十字花科蔬菜研究进展 2008. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008: 25-31.
- [3] Roelande Voorrips, Dirk Visser. Examination of resistance to clubroot in accessions of Brassica oleracea using a glasshouse seedling test [J]. Netherlands Plant Pathology, 1993, 99(5/6): 269-276.
- [4] Wallenhammar A C, Johnsson L, Gerhardsson B. Agronomic Performance of Partly Clubroot-resistant Spring Oilseed Turnip Rape Lines [J]. Phytopathology, 2000, 148(7): 495-499.
- [5] 吉川弘昭, 王素. 日本十字花科作物的抗根肿病育种 [J]. 中国蔬菜, 1989(3): 55-56.
- [6] 张玉光, 沈向群, 聂凯, 等. 向大白菜 A1, A2 同步转育抗根肿病基因和显性核不育基因的研究 [J]. 河南农业科学, 2008, 37(6): 89-91.
- [7] 吴琼, 沈向群, 徐硕, 等. 大白菜抗根肿病“临时保持系”的选育方法研究 [J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(2): 289-294.

(下转第 258 页)

- [3]刘友良,朱根海,刘祖祺.植物抗冻性测定技术的原理和比较[J].植物生理学通讯,1985(1):40-43.
- [4]朱根海,刘祖祺,朱培仁.应用 Logistic 方程确定植物组织低温半致死温度研究[J].南京农业大学学报,1986(3):11-16.
- [5]杨凤翔,金芳,颜霞.不同草莓品种抗寒性综合评价[J].果树学报,2010,27(3):368-372.
- [6]罗娅,汤浩茹,张勇.低温胁迫对草莓叶片 SOD 和 AsA - GSH 循环酶系统的影响[J].园艺学报,2007,34(6):1405-1411.
- [7]王飞,李嘉瑞.用电导法配合 Logistic 方程确定杏花期的抗寒性[J].西北农业大学学报,1997,25(5):59-63.
- [8]杨建民,孟庆瑞,彭伟秀,等.冰核细菌对杏花器官抗寒性的影响[J].园艺学报,2002,29(1):20-24.
- [9]孟庆瑞,王文凤,梁隐泉,等.杏品种花器官过冷却点及结冰点的研究[J].中国农业科学,2008,41(4):1128-1133.
- [10]李捷,王有科.四个杏品种抗寒性的比较研究[J].甘肃农业大学学报,2010,45(1):37-40.
- [11]杨春祥,李宪利,高东升.低温胁迫对油桃花器官膜脂过氧化和保护酶活性的影响[J].果树学报,2005,22(1):69-71.
- [12]李娜,房伟民,陈发棣,等.切花寒菊小花对低温胁迫的生理响应及其抗寒性分析[J].西北植物学报,2010,30(4):645-651.
- [13]李盼华,石丽环,沙翠云,等.10种早春开花植物花器官抗寒临界温度比较研究[J].中国农学通报,2011,27(8):98-102.
- [14]李俊才,刘成,王家珍,等.洋梨枝条的低温半致死温度[J].果树学报,2007,24(4):529-532.
- [15]Harris R E. Relative hardiness of strawberry cultivars at three times of the winter[J]. Can J Plant Sci, 1973, 53: 147-152.
- [16]Waalén W M, Tanino K K, Olsen J E, et al. Freezing tolerance of winter canola cultivars is best revealed by a prolonged freeze test[J]. Crop Sci, 2011, 51: 1988-1996.

(上接第254页)

- [8]张德双,徐家炳,张凤兰.不同球色大白菜主要营养成分分析[J].中国蔬菜,2004(3):37.
- [9]余阳俊,陈广,徐家炳,等.早中熟桔红心大白菜新品种“北京桔红2号”[J].园艺学报,2005,32(2):372.
- [10]鹿英杰,史庆馨.彩色大白菜“龙园红1号”的选育[J].北方园艺,2005(6):31.
- [11]张鲁刚,惠麦侠,张明科.彩色大白菜新品种“金冠2号”的选育[J].西北农业学报,2007,16(1):204-206.
- [12]吴新杰,陈凤祥,胡宝成,等.甘蓝型油菜形态标记性状研究进展[J].中国农学通报,2005,21(12):28-31.
- [13]张德双,张凤兰,徐家炳.大白菜花色和球色遗传规律的研究[J].华北农学报,2003,18(2):81-84.
- [14]冯辉,姜楠.橘红心大白菜核基因雄性不育系转育方法研究[J].中国蔬菜,2009(12):48-52.
- [15]侯华.大白菜根肿病抗性与橘红心性状遗传关系研究及其与雄性不育性转育分析[D].沈阳:沈阳农业大学,2011.
- [16]余阳俊,陈广,段建雄.大白菜球色的遗传[J].北京农业科学,1993,11(5):18-19.
- [17]Zhongyun Piao, Nirala Ramchiary, Yong Pyo Lim. Genetics of Clubroot Resistance in *Brassica* Species [J]. Plant Growth Regulation, 2009, 28(3): 252-264.
- [18]于拴合,于仁波,戚佳妮,等.大白菜桔红心 or 基因的定位研究[C]//中国遗传学会植物遗传和基因组学专业委员会 2007 年学术研讨会摘要集.北京:中国遗传学会,2007:28.
- [19]Feng H, Wei P, Piao Z Y, et al. SSR and SCAR mapping of a multiple - allele male - sterile gene in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.) [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2009, 119(2): 326-333.
- [20]孙保亚,沈向群,周永红,等.大白菜抗根肿病与核基因雄性不育性的遗传关系[J].中国蔬菜,2007(1):13-15.
- [21]孙保亚,沈向群,郭海风,等.大白菜抗根肿病遗传规律初探[J].中国蔬菜,2005(6):15-17.
- [22]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[C]//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,1995:32-34.
- [23]Yasuhisa Kuginuki, Hiroaki Yoshikawa, Masashi Hirai. Variation in virulence of *Plasmodiophora brassicae* in Japan tested with clubroot - resistant cultivars of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) [J]. European Journal of Plant Pathology, 1999, 105(4): 458-466.
- [24]沈向群,聂凯,吴琼,等.大白菜根肿病主要生理小种群分化鉴定初报[J].中国蔬菜,2009(8):59-62.