

苗用白菜抗根肿病4号生理小种遗传规律研究

张淑霞, 杨晓云*, 张清霞, 司朝光

(青岛市农业科学研究院, 山东 青岛 266100)

摘要: 本试验以苗用白菜高代抗根肿病自交系 CRK8 和高代感根肿病自交系 D70 为材料, 对苗用白菜抗根肿病4号生理小种遗传规律进行研究。通过正交、反交和回交, 获得 P_1 、 P_2 、 F_1 、反交 F_1 、 $BC_1[(P_1 \times P_2) \times P_1]$ 、 $BC_2[(P_1 \times P_2) \times P_2]$ 和 $F_2[(P_1 \times P_2)]$ 共7个世代种子。使用注射法接种鉴定后调查, 结果表明正反交接种结果无差异, 表现为高抗; F_2 群体发生抗性分离, 抗、感比经 χ^2 测验为 3.465, 符合 3:1 的分离规律; BC_1 群体发生分离, 抗、感比经 χ^2 测验为 0.454, 抗感比符合 1:1 比率。表明苗用白菜对根肿病4号生理小种的抗性受一对显性核基因控制, 使用 CRK8 配制的杂交组合均表现为高抗根肿病也验证这一结果。 BC_2 和 F_2 中感病程度不同, 说明抗性还存在微效基因的影响。

关键词: 苗用白菜; 抗根肿病; 遗传规律; 4号生理小种

中图分类号: S634.3

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)05-0072-04

Study on the Genetic Inheritance of the Club Physiological Race 4 Resistant in Seedling-Edible Chinese Cabbage

ZHANG Shuxia, YANG Xiaoyun*, ZHANG Qingxia, SI Chaoguang

(Qingdao Academy of Agricultural Sciences, Qingdao 266100, China)

Abstract: The experiment was conducted to investigate the genetic inheritance to Physiological Race 4 of club resistant in seedling-edible Chinese cabbage. The high resistant inbred line CRK8 and the excellent susceptible inbred line D70 were used as materials to obtain the generations of P_1 , P_2 , F_1 , reciprocal F_1 , $BC_1[(P_1 \times P_2) \times P_1]$, $BC_2[(P_1 \times P_2) \times P_2]$, $F_2[(P_1 \times P_2)]$. These groups were inoculated at seedling stage using the injection method. The results showed that there was no difference in the results of the reciprocal vaccination, which showed high resistance. The F_2 population developed resistance separation, and the resistance and sensation were 3.465 compared with the χ^2 test, which was consistent with the separation rule of 3:1. The BC_1 population was isolated, and the resistance and susceptibility were 0.454 compared with the χ^2 test, and the resistance ratio was in accordance with the 1:1 ratio. The results showed that the resistance to Physiological Race 4 of the seedling-edible Chinese cabbage to club root disease was controlled by a pair of dominant nuclear genes. Hybridization combinations formulated with CRK8 were shown to be highly resistant to club root disease and verified this result. The degree of disease is different in BC_2 and F_2 , indicating that there is also a micro-gene effect in resistance.

Key words: Seedling-edible Chinese cabbage; Resistant to club root; Genetic development; Physiological Race 4

苗用白菜也称快菜, 主要以其嫩叶为食用部位, 近年来随着消费水平的提升、习惯的改变, 苗

用白菜在南方的栽培面积不断扩大, 北方种植也开始增多。伴随种植规模的增加, 十字花科蔬菜上流行的根肿病在苗用白菜上的发生也日趋严重^[1]。苗用白菜生长时间短且多为播种种植, 药剂防治效果差且易残留, 因此种植抗病品种是最佳防治办法。目前在大白菜、甘蓝和萝卜上已进行大量的抗根肿病育种工作, 育成并推广抗根肿病品种^[2]。苗用白菜抗病品种却鲜见。本研究使用在苗用白菜新品种选育中通过人工接种鉴定与田间种植相结合筛选出的高抗和高感根肿病的高代自交系对根肿病抗性进行遗传分析, 探明其抗

收稿日期: 2019-12-25

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2017YFD0101801); 山东省现代农业产业技术体系蔬菜创新团队建设资助项目(SDAIT-02-022-01); 山东省农业科学院农业科技自主创新工程资助项目(CXGC2017B01-SC)

作者简介: 张淑霞(1971-), 女, 副研究员, 硕士, 主要从事白菜遗传育种研究。

通讯作者: 杨晓云, 女, 博士, 研究员, E-mail: 13969887163@163.com

根肿病遗传规律,旨在为苗用白菜抗根肿病试材的创制和抗病育种提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试菌株采自青岛市农业科学院大白菜试验田中大白菜根肿菌根,使用 Willims 鉴别系统鉴定为4号生理小种。存放于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下备用。

抗病亲本 P_1 (CRK8)为青岛市农业科学院选育的苗用白菜高代纯合自交系,由苗用白菜自交系与高抗根肿病自交系杂交后经多代自交分离育成。感病亲本 P_2 (D70)为青岛市农业科学院选育的苗用白菜高代纯合自交系,表现为高感根肿病。2015年4月于温室内配制 $P_1 \times P_2$,获得 F_1 ,秋季人工接种鉴定为高抗根肿病。2016年秋季将 P_1 、 P_2 、 F_1 种植于田间,11月选择种株定植于温室,于2017年3月配制获得 P_1 、 P_2 、 F_1 、反交 F_1 、 $BC_1[(P_1 \times P_2) \times P_1]$ 、 $BC_2[(P_1 \times P_2) \times P_2]$ 和 $F_2[(P_1 \times P_2)]$ 共7个世代种子。

1.2 试验方法

2017年9月30日取出存放于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的菌根,自然融化后用匀浆机打碎。浆液用4层纱布过滤

后装入离心管。 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下4000 r/min离心10 min,将上清液倒掉用蒸馏水悬浮沉淀,重复3次。用蒸馏水将沉淀悬浮摇匀后血球计数板计数,将孢子液浓度调到 2×10^8 CFU/mL, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下备用。

9月30日将已获得的7个世代种子分别播于72孔穴盘。 P_1 、 P_2 、 F_1 和反交 F_1 各1盘, BC_1 和 BC_2 各2盘, F_2 4盘。每穴播种1~2粒。播后放于连栋温室中。10月1日使用注射法进行接种。用移液枪吸取1 mL菌液注入播种处,每穴1 mL。常规管理,6周后调查。

病级调查标准参照参考文献[3]。感病病情指数 ≥ 10 ;抗病病情指数 < 10 。

2 结果与分析

2.1 7个世代苗用白菜抗根肿病抗性鉴定结果

2017年11月对接种的苗用白菜7个世代进行根肿病发病情况调查,结果见表1。 P_1 病情指数为2.10,表现为高抗, P_2 病情指数为77.78,表现为高感, F_1 及反交 F_1 个体均无发病,病情指数为0。 BC_1 病情指数为1.17,抗性表现偏于亲本 P_1 ,表现为高抗, BC_2 病情指数为34.52,表现为感病, F_2 病情指数为23.25,表现为感病。

表1 根肿病抗性鉴定结果

世代	总株数	抗性级别						病情指数
		0	1	3	5	7	9	
P_1	74	72				2		2.10
P_2	72					72		77.78
F_1	60	60						0
反交 F_1	72	72						0
BC_1	142	139		1	1	1		1.17
BC_2	141	75	1	4	3	56	2	34.52
F_2	291	204	2	9	9	34	33	23.25

2.2 苗用白菜根肿病抗性遗传规律分析

调查后将 F_1 、 BC_1 、 BC_2 和 F_2 的抗、感病株数进行卡方适合性测验,进行抗性遗传规律分析(表

2)。 F_1 接种鉴定72株,成活60株,均表现抗病,符合理论上抗感比1:0比例。反交 F_1 接种鉴定72株,成活72株,均表现抗病,符合理论上抗感比1:

表2 根肿病抗性遗传分析

世代	抗病株数	感病株数	理论分离比例	χ^2	P值
P_1	72	2	1:0		
P_2	0	72	0:1		
F_1	60	0	1:0		
反交 F_1	72	0	1:0		
BC_1	139	3	1:0		
BC_2	75	66	1:1	0.454	0.500
F_2	204	87	3:1	3.465	0.063

注: $\chi^2_{0.05}=3.841$

0比例。BC₁接种144株,成活142株,其中抗病株为139株,感病株为3株。BC₂接种144株,成活141株,其中抗病株为75株,感病株为66株,经 χ^2 检验, $\chi^2=0.454 < \chi^2_{0.05}=3.841$, $P=0.500 > 0.05$,抗感分离比在0.05水平上符合1:1比例。F₂代接种295株,成活291株,其中抗病株为204株,感病株为87株,经 χ^2 检验, $\chi^2=3.465 < \chi^2_{0.05}=3.841$, $P=0.063 > 0.05$,抗感分离比在0.05水平上符合3:1比例。综

上结果,苗用白菜对根肿病的抗病性符合孟德尔遗传规律,即受一对显性核基因控制,且抗病对感病为显性。同时在调查中发现,BC₂和F₂发病株的发病等级不同即被感染程度不同,说明对根肿病的抗性还可能存在微效基因的影响(图1)。

本试验所用生理小种为4号小种,对其他生理小种抗性及其遗传规律有待于进一步确证。

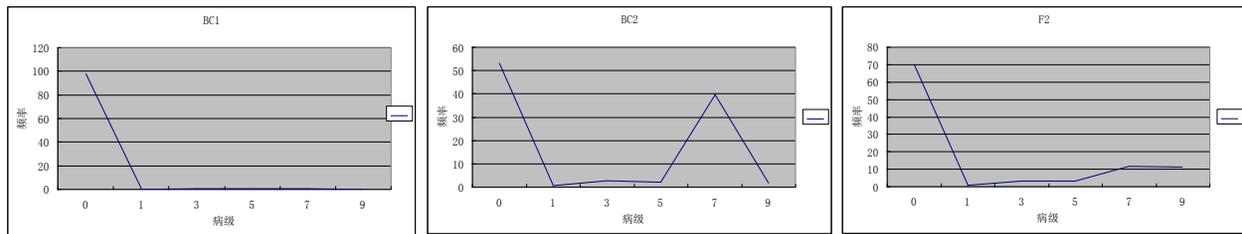


图1 D70×CRK8的BC₁、BC₂及F₂群体中根肿病抗性频率分布

2.3 配制组合的表现

对抗病亲本P₁(CRK8)配制的组合进行苗用白菜遗传规律研究的同时,使用相同的菌种(4号生理小种)于2017年秋季进行根肿病抗性鉴定。结果见表3。配制组合中的另一亲本材料均对根

肿病表现高感(2016年进行,测试菌种及方法同本试验,数据略)。试验中8个组合均对根肿病表现为高抗,发病率均为0。验证苗用白菜根肿病抗病性由一对显性核基因控制,配制组合时双亲有一个对根肿病表现高抗,则杂交组合表现为高抗。

表3 使用CRK8为亲本测配的组合对根肿病的抗性

组合代号	母本	父本	根肿病发病率	病情指数
3	CRK8-2	D61:K1-1-1-3	0	0
22	CRK8-2	K6-单株1	0	0
23	CRK8-2	K6-单株3	0	0
24	CRK8-2	K6-单株6	0	0
26	K7-单株8	CRK8-2	0	0
27	K8-单株1	CRK8-2	0	0
29	K10-14-1	CRK8-2	0	0
30	K10-16-1	CRK8-2	0	0

3 结论与讨论

近年来十字花科作物根肿病的发生越来越严重,在生产上造成极大危害。选育抗病品种是减轻根肿病发生最经济有效方法。苗用白菜虽然生育期短,但主要播期在夏季,气温适宜根肿病的发生,所以在苗用白菜新品种选育上抗根肿病也是一个主要的育种目标。培育抗病品种首先应弄清其抗性遗传规律,选用合适方法聚合抗病基因才能获得抗病品种。迄今为止在十字花科蔬菜中对根肿病的抗性遗传规律和新品种的选育已进行大量研究工作。大白菜对根肿病的抗性是由少数几个相对独立的主效基因控制^[4]。大白菜根肿病是由一对显性抗病基因控制^[5-6]。甘蓝抗病性受3

对以上基因控制,为不完全隐性,呈现出数量遗传的特点^[7]。本研究表明苗用白菜对根肿病的抗性由一对显性核基因控制,双亲之一对根肿病表现免疫或高抗,配制的组合即表现抗病,同时对配制组合的抗病性鉴定结果也证实了这一推断。但从F₂、BC₁中存在不同感病等级中可以看出存在微效基因的影响。这与四季萝卜的研究相似^[8]。研究表明国内根肿病应用Willims鉴别寄主系统鉴定出的生理小种有2号、4号、7号和11号^[9-12]。本研究使用的菌种为4号生理小种。但不同试验材料可对不同生理小种表现出不同的遗传性,这在欧洲油菜上得到验证^[13]。本结果是否适用于所有根肿菌生理小种,还需进一步试验^[14-15]。由于根肿病致病菌为专性寄生,致病力强且易分化使

得抗病品种的抗病性极易丧失,因此选育苗用白菜新品种时应注重选育针对多个生理小种具有复合抗性的品种才能真正做到抗病丰产。

参考文献:

- [1] 唐文华.北京十字花科蔬菜根肿病的发生和鉴定[J].植物保护,1990,16(1):17-18.
- [2] 王丽丽,王鑫,吴海东,等.我国主要抗根肿病大白菜品种抗性鉴定及评价[J].中国蔬菜,2017(8):46-50.
- [3] 张淑霞,杨晓云,司朝光,等.大白菜根肿病人工接种鉴定方法比较[J].山东农业科学,2010(1):78-79.
- [4] 王芳展,刘亚培,张梅,等.十字花科作物根肿病的侵染生理与抗性遗传规律研究进展[J].中国油料作物学报,2012(2):215-224.
- [5] 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.
- [6] 张红,张斌,闻凤英,等.大白菜根肿病的遗传规律及抗病基因定位研究[J].华北农学报,2017,32(4):60-66.
- [7] 司军,李成琼,肖崇刚,等.甘蓝根肿病抗性遗传规律的研究[J].园艺学报,2003,30(6):658-662.
- [8] 洪雅婷,沈向群,陈永浩,等.四季萝卜(*Raphanus sativus* var. *Radicula*)抗根肿病遗传规律[J].西北农业学报,2013,22(7):138-142.
- [9] Williams P H. A system for the determination of races of *Plasmodiophora brassicae* that infect cabbage and rutabaga[J]. Phytopathology, 1966, 56: 624-626.
- [10] 原玉香,赵艳艳,魏小春,等.河南省大白菜根肿病菌生理小种鉴定[J].河南农业科学,2017,46(7):71-76.
- [11] 丁云花,简元才,余阳俊,等.我国8省市十字花科蔬菜根肿病菌生理小种的鉴定[J].中国蔬菜,2013(16):85-88.
- [12] 刘峰,张丽辉,姬广海.云南和西藏十字花科蔬菜根肿病菌生理小种鉴定[J].中国蔬菜,2013(20):77-81.
- [13] Chiang M S, Chiang B Y, Grant W F. Clubroot resistance transferred to cabbage[J]. Euphytica, 1977, 26: 319-336.
- [14] 于维,栾奕,李明姝,等.大豆土传病害抗性资源筛选[J].东北农业科学,2020,45(3):12-15.
- [15] 韩亚丽,林春晶,赵丽梅,等.作物杂种优势预测研究进展[J].东北农业科学,2020,45(3):30-34.

(责任编辑:王昱)

(上接第36页)

- [18] Farmaha B S, Fernandez F G, Nafziger E D. Soybean seed composition, aboveground growth, and nutrient accumulation with phosphorus and potassium fertilization in no-till and strip-till[J]. Agronomy Journal, 2015, 104(4): 1006-1015.
- [19] 张冲,吴努,张延化,等.国内外免耕播种技术发展现状及趋势[J].江苏农业科学,2018,46(16):1-5.
- [20] 解宏图,李飒.美国保护性耕作条耕技术与机具[J].农机市场,2020(4):27-28.
- [21] 王长伟.吉林省中部地区免耕技术及配套机具应用研究[D].长春:吉林农业大学,2016.
- [22] 张海林,高旺盛,陈阜,等.保护性耕作研究现状、发展趋势及对策[J].中国农业大学学报,2005(1):16-20.
- [23] 李克,李想,李宗岭.连云港市秸秆全量还田条耕条播技术试验研究与分析[J].农业装备技术,2014,40(2):17-19.
- [24] 李宗岭,谢韵清,王琪玲.苏北地区秸秆还田后条耕条播试验研究[J].农机科技推广,2014(7):39-40.
- [25] 于沙沙,窦森,黄健,等.吉林省耕层土壤有机碳储量及影响因素[J].农业环境科学学报,2014,33(10):1973-1980.
- [26] 范作伟,彭畅,金荣德,等.东北地区主要土壤类型及其肥力指标与气象因子的相关性[J].玉米科学,2018,26(3):140-146.
- [27] 刘博洋.吉林省西部盐碱土不同利用方式对土壤化学性质的影响[D].长春:吉林农业大学,2016.
- [28] 刘剑钊,袁静超,梁尧,等.玉米秸秆全量深翻还田地力提升技术模式实证及效益分析[J].作物杂志,2021(2):135-139.
- [29] 陈源泉,隋鹏,高旺盛.不同方法对保护性耕作的生态评价结果对比[J].农业工程学报,2014,30(6):80-87.
- [30] 柴誉铎.寒地大垄玉米原茬地精量播种机械化技术对比试验研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [31] 郝展宏,沙野,米国华.东北地区玉米秸秆覆盖技术应用现状与对策[J].玉米科学,2021,29(3):100-110.
- [32] 米国华,伍大利,陈延玲,等.东北玉米化肥减施增效技术途径探讨[J].中国农业科学,2018,51(14):2758-2770.
- [33] 王奇.行间清秸耕整关键技术及条带耕整机研究[D].长春:吉林大学,2019.

(责任编辑:王丝语)