甜瓜白粉病新抗源的抗性遗传规律

王 准[1,2],宫国义[2],柳唐镜[3],应泉盛[4],张海英[2],王绍辉[1]

(1.北京农学院植物科学技术学院 北京 102206; 2.北京市农林科学院蔬菜研究所 北京 100097;
3.广西壮族自治区农业科学院 南宁 530007; 4.宁波市农业科学研究院 浙江宁波 315040)

摘 要:白粉病是严重危害我国甜瓜生产的真菌性病害,寻找抗病性强、抗性稳定且品质优良的甜瓜白粉病抗源,并探明其遗传规律,有利于加速甜瓜抗病品种培育。以国外高品质厚皮甜瓜杂交1代中分离得到的高抗白粉病材料XQG(P_1)为抗源,与高感病哈密瓜亲本SM276(P_2)配置六世代分离群体,分析其白粉病抗性遗传规律。结果表明,F_1代表现抗病,但抗性水平低于抗病亲本XQG,F_2代抗感比符合13∶3的分离比例,BC_1P_1全部表现为抗病,BC_1P_2抗感比符合1∶1的分离比例。这说明XQG对甜瓜白粉病 *P. xanthii* 2France的抗性受一对不完全显性基因和一对隐性基因共同控制。

关键词:甜瓜;白粉病;种质资源;遗传规律

中图分类号:S652 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-2871(2022)04-008-06

Inheritance of a new resistance source for powdery mildew in melon (*Cucumis melo*)

WANG Zhun[1,2], GONG Guoyi[2], LIU Tangjing[3], YING Quansheng[4], ZHANG Haiying[2], WANG Shaohui[1]

(*1. College of Plant Science and Technology, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China; 2. Institute of Vegetable Science, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Science, Beijing 100097, China; 3. Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China; 4. Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315040, Zhejiang, China*)

Abstract: Powdery mildew, a fungal disease, seriously damages melon production in China. High and stable powdery mildew resistant melon with good quality and known inheritance will accelerate the breeding of resistant melon varieties. In this study, XQG (P_1), a high powdery mildew resistance inbred selected from a introduced high-quality melon hybrid, was crossed with a Hami melon parent SM276 (P_2), susceptible to powdery mildew, and generated six populations in order to analyze the inheritance of powdery mildew resistance in the melon. The results showed that F_1 was resistant, but the resistance level was lower than that of the resistant parent XQG. The separation ratio of the resistant and susceptible of F_2 generation was 13∶3. Moreover, all BC_1P_1 showed high disease resistance, and the separation ratio of resistant and susceptible of BC_1P_2 was 1∶1. Together, these results indicated that XQG resistance to powdery mildew *P. xanthii* 2France was jointly controlled by a partial dominant gene and a recessive gene.

Key words: Melon; Powdery mildew; Germplasm resources; Inheritance

白粉病是一种严重危害甜瓜生产的世界性病害,造成甜瓜产量和质量下降[1],其防控难题已经严重影响我国甜瓜产业的可持续发展。甜瓜白粉病防控难的一个主要原因是白粉病菌生理小种较多。危害葫芦科作物的白粉病菌多为单囊壳白粉菌(*Podosphaera xanthii*)和二孢白粉菌(*Golovinomyces cichoracearum*)。其中,*P. xanthii* 是危害我国葫芦科作物的主要白粉病菌,其生理小种多达11种[2-3]。已有鉴定结果表明,北京、吉林和海南地区存在白粉病菌 *P. xanthii* 小种1和2F,优势小种是小种2F[4-6];江浙沪地区优势小种是小种1,小种2F仅在浦东新区发现[7-8];在我国西北地区,甘肃靖远

收稿日期:2022-03-18;**修回日期:**2022-04-04

基金项目:北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJCX20200113);广西壮族自治区八桂学者项目(2016A11);宁波市科技创新2025重大专项(2019B10007)

作者简介:王 准,男,在读硕士研究生,主要从事西甜瓜种质资源与遗传育种研究工作。E-mail:wang.zhun@foxmail.com

通信作者:王绍辉,女,教授,主要从事设施蔬菜逆境生理与分子生物学研究工作。E-mail:wangshaohui@bua.edu.cn

张海英,女,研究员,主要瓜类育种与分子生物学研究工作。E-mail:zhanghaiying@nercv.org

县鉴定出小种 N2[9]，为国内首次报道；新疆北疆地区的优势小种为小种 1，而南疆喀什地区伽师县优势小种则是小种 5[10]。说明不同地区的白粉病菌，由于各地环境、气候等不同，其优势生理小种各不相同，只有针对性地培育和种植抗该地区优势生理小种的品种，才能减轻白粉病的危害。

同时，抗性遗传机制复杂是甜瓜白粉病防控难的另一个主要原因。已有研究表明，不同甜瓜材料对不同生理小种抗性的遗传规律存在差异。Epinat 等[11]发现，抗源 PMR 45 对 *P. xanthii* 小种 1 的抗性由单显性基因控制；Zhang 等[12]发现，位于甜瓜 2 号染色体上的 1 对显性基因控制了来源于日本网纹瓜的抗源对小种 2F 的抗性；Anagnostou 等[13]报道了抗源 PI 414723 对小种 2F 的抗性由 2 对隐性基因控制；咸丰等[14]报道了甜瓜云甜-930 对白粉病的抗性属于数量遗传，受 2 对加性-显性-上位主基因+加性-显性-上位性多基因控制；Cui 等[15]认为，抗源 PMR6 对小种 2F 的抗性由 1 对显性基因和 1 对隐性基因控制。明确白粉病抗性遗传规律是培育甜瓜抗病品种的基础，因此，只有鉴定各种抗源材料并充分了解其遗传特性，才能在甜瓜抗性育种中有的放矢地高效选择育种材料。

目前，我国的甜瓜材料鉴定报道多为不抗白粉病的薄皮甜瓜类型[16-18]，或是具有抗性但品质较差的野生或半野生厚皮甜瓜类型。因此，发掘和鉴定新的兼备抗性与品质的甜瓜材料，开展白粉病抗性遗传规律研究对甜瓜抗病育种具有重要的理论意义和应用价值。北京市农林科学院蔬菜研究所通过大量引进国外优良甜瓜杂交种开展分离纯化，获得了一批白粉病抗性十分稳定的育种材料，其中 XQG 表现突出。在北京春、秋两季及海南 10 月到翌年 4 月的种植中，XQG 在整个生长周期内，嫩叶、老叶与功能叶均表现出稳定的高抗性，且具有含糖量高、肉质脆硬、瓤色橘红、果柄不脱落等良好农艺性状，是改良我国甜瓜白粉病抗性不可多得的基础育种材料之一。笔者以高抗白粉病高代纯合自交系 XQG 为抗源，与感白粉病高代纯合哈密瓜自交系 SM276 杂交，配置 P_1、P_2、F_1、F_2、BC_1P_1 和 BC_1P_2 六世代群体，研究其对白粉病抗性的遗传规律，以期进一步创制抗性稳定且品质优良的甜瓜亲本材料，为抗病育种提供优良抗源和技术指导。

1　材料与方法

1.1　材料

白粉病病原菌：采自北京市大兴区甜瓜产区温室大棚。

抗病亲本 P_1 为 XQG（欧洲厚皮甜瓜类型，自交 10 代的高代自交系），感病亲本 P_2 为 SM276（哈密瓜类型，自交 10 代的高代自交系）。2021 年 3 月于北京市农林科学院蔬菜研究所大兴育种基地配置 XQG×SM276，获得 F_1；同年 8 月种植 P_1、P_2 和 F_1，配置获得 BC_1P_1、BC_1P_2 和 F_2 世代的种子。上述甜瓜材料、白粉病鉴别寄主种子及西葫芦京葫一号种子均由北京市农林科学院蔬菜研究所提供。

1.2　方法

1.2.1　播种育苗　2021 年 11 月 22 日，将 300 粒易感白粉病西葫芦京葫一号温汤浸种，30 ℃恒温催芽 2 d 后，单粒播种于 12 cm×12 cm×10 cm 方形育苗杯，放置于北京市蔬菜研究所人工气候室，常规管理，等待扩繁白粉病菌。2021 年 12 月 20 日，将六世代群体以及 13 份国际通用白粉病鉴别寄主的种子温汤浸种，28 ℃恒温催芽 1 d 后，单粒播种于 72 孔穴盘，放置于北京市蔬菜研究所人工气候室，常规管理。其中，亲本、F_1 及 13 份白粉病鉴别寄主的种子采用随机区组方法播种 30 粒，F_2、BC_1P_1 和 BC_1P_2 采用完全随机方法各播种 288 粒、144 粒和 144 粒。

1.2.2　白粉病菌扩繁　2021 年 11 月 28 日于北京市大兴区甜瓜产区温室大棚内采集瓜类白粉病叶片，用毛刷从病叶上收集新鲜孢子于蒸馏水中，加入 1~2 滴吐温 20，充分混匀并用纱网布过滤孢子悬浮液。取悬浮液滴于载玻片，在 10×10 倍的显微镜下观察孢子数，调整浓度至每视野中孢子数约为 20 个，此时孢子悬浮液浓度约为 2.0×10^5 个•mL^{-1}。采用孢子悬浮液喷雾法[19]在京葫一号 2 叶 1 心期进行接种，间隔 5 d 进行第 2 次补充接种。接种后保持温度 28 ℃/20 ℃（昼/夜），相对湿度 70 %。

1.2.3　病菌形态观察　参照王娟等[4]的方法，将白粉病菌用毛刷收集到载玻片上，滴 3%的 KOH 溶液后，在显微镜下观察分生孢子特征。

1.2.4　病情调查与分级标准　参照白粉病菌扩繁接种方法，对六世代群体及 13 份鉴别寄主接种白粉病菌，待鉴别寄主中的易感病品种 Iran H 和 Topmark 充分发病后（接种 10 d 后），进行第 1 次试验材料的病情等级调查，间隔 5 d 进行第 2 次调查，检验调查结果。病情等级参考前人研究[4,20]，采用 6 级分级标准，0 级：整株植株无感染迹象；1 级：仅子叶的微量感染（＜10%）或有明显限制性坏死病斑；2 级：子叶轻微感染（10%~30%）；3 级：子叶中度感染

（＞30%~60%）；4 级：子叶严重感染（＞60%~90%）；5 级：全株感染或死亡。

1.2.5　数据统计　参照国际公认的 13 份白粉病生理小种鉴别寄主标准抗感反应表（表 1），对甜瓜白粉病鉴别寄主对 P_1、P_2、F_1 及鉴别寄主等群体计算病情指数（PDI），参照王娟等[4]的分级标准：0＜PDI≤40 时为抗病（R）；40＜PDI≤60 时为中间型（H）；PDI＞60 为感病（S）。计算公式如下：

PDI= [Σ（病级株数×代表等级）/（植株总和×发病最重级的代表数值）]×100。

依据发病级数，对 F_2、BC_1P_1 和 BC_1P_2 等分离群体的单株表型进行判定，0~2 级判定为抗病，3~5 级判定为感病。抗感植株的比值使用软件 SPSS 24 进行卡方检验（χ^2）。

表 1　13 份白粉病生理小种鉴别寄主标准抗感反应

鉴别寄主	单囊壳白粉菌（*P. xanthii*）											二孢白粉菌（*G. cichoracearum*）	
	Race 0	Race 1	Race 2 US	Race 2F	Race 3	Race 4	Race 5	N1	N2	N3	N4	Race 0	Race 1
Iran H	S	S	S	S	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	S	S
Topmark	S	S	S	S	S	S	S	ND	ND	ND	ND	S	S
Vedrantais	R	S	S	S	S	S	S	ND	ND	ND	ND	R	S
PMR 45	R	R	S	S	S	S	S	R	R	R	R	R	S
PMR 5	R	R	R	R	S	R	R	R	S	R	R	R	R
WMR 29	R	R	H	R	ND	S	S	R	R	R	R	R	S
Edisto47	R	R	S	R	R	R	S	ND	ND	ND	ND	R	S
PI 414723	ND	R	S	R	ND	R	R	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MR 1	ND	R	R	R	R	ND	R	S	S	S	R	R	R
PI 124111	ND	R	R	R	R	ND	ND	R	R	S	S	ND	ND
PI 124112	R	R	R	R	R	R	R	ND	ND	ND	ND	R	R
PMR 6	R	R	R	R	S	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nantais Oblong	R	S	ND	S	ND	S	S	ND	ND	ND	ND	R	R

注：S 表示感病，R 表示抗病，H 表示杂合，ND 表示目前无数据。

2　结果与分析

2.1　大兴区甜瓜产区田间白粉病菌生理小种鉴定

将从大兴区甜瓜产区田间采集的瓜类白粉病菌进行显微观察，镜检结果显示，分生孢子呈椭圆形、串生（图 1-A），其内含有明显的新月形纤维状体（图 1-B），这表明本试验所采集到的白粉病菌是 *P. xanthii*。

待 13 份甜瓜鉴别寄主充分发病后，统计各寄主单株病情等级并计算 PDI 值，判断各寄主整体抗感反应（表 2）。结果显示，Iran H、Topmark、Vedrantais、PMR 45 和 Nantais Oblong 等 5 个寄主表现为感病，其余的 PMR 5、WMR 29、Edisto 47、PI 414723、MR 1、PI 124112、PI 124111 和 PMR 6 等 8 个寄主都表现为抗病。依据标准的国际通用甜瓜白粉病菌生理小种鉴定表（表 1），鉴别寄主 Nantais Oblong 可以区分 *P. xanthii* 和 *G. cichoracearum*，其鉴定结果表现为感病，可以确定白粉病菌为 *P. xan-*

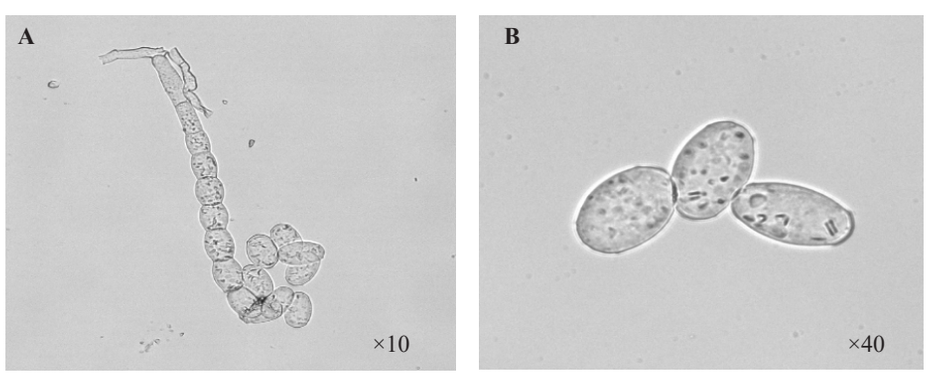

图 1　分生孢子形态特征观察

表 2　甜瓜白粉病生理小种鉴别寄主抗感情况

鉴别寄主	病情等级						PDI	抗感反应
	0	1	2	3	4	5		
Iran H					3	5	92.50	S
Topmark						10	100.00	S
Vedrantais					3	7	94.00	S
PMR 45				3	6		73.33	S
PMR 5	10						0.00	R
WMR 29		10					20.00	R
Edisto 47		7	3				26.00	R
PI 414723		8	2				24.00	R
MR 1		10					20.00	R
PI 124111		6	3				26.67	R
PI 124112		10					20.00	R
PMR 6	10						0.00	R
Nantais Oblong						10	100.00	S

注：S 表示感病，R 表示抗病。

thii，与镜检结果一致。PMR 45 表现为感病，可以确定生理小种是小种 2，而 Edisto 47 和 PI 414723 都表现为抗病，可以确定生理小种是 2F。因此，本试验使用的甜瓜白粉病菌生理小种为 *P. xanthii* 2F。

2.2　甜瓜 XQG 抗白粉病生理小种 2F 的遗传规律分析

接种鉴定结果显示，亲本之间的白粉病抗性差异明显（图 2）。XQG（P_1）病情指数为 0，表明 XQG 为高抗，而 SM276（P_2）病情指数高达 78，为高感（表 3）。

F_1 代材料共接种鉴定 30 株，虽然整体表现为抗病，但因部分单株病情等级是 1、2 级，导致 F_1 代病情指数为 10，其抗性水平低于抗病亲本 XQG，表明该抗病性状由不完全显性基因控制。

F_2 代材料共接种鉴定 218 株，抗病 176 株，其中

注：A. 甜瓜 XQG（P_1）幼苗与果实；B. 甜瓜 SM276（P_2）幼苗与果实。

图 2　抗感亲本接种后的抗感反应

表 3　甜瓜 XQG 遗传规律分析

世代	病情等级						病情指数	抗病株数	感病株数	观测比值	理论比值	χ^2	*P*-value
	0	1	2	3	4	5							
XQG（P_1）	30						0	30	0				
SM276（P_2）				9	15	6	78	0	30				
F_1	18	9	3				10	30	0				
F_2	92	66	18	26	12	4		176	42	12.57∶3	13∶3	0.018	0.891
BC_1P_1	131	9	4					144	0				
BC_1P_2	29	31	14	22	32	15		74	69	1.07∶1	1∶1	0.087	0.767

0 级 92 株，1 级 66 株，2 级 18 株，高抗植株占比较大；感病 42 株，其中 3 级 26 株，4 级 12 株，5 级 4 株，重度感病植株较少，大部分为中度感病。观测抗感比值为 12.57∶3，依据自由组合定律，符合 13∶3 的理论分离比例，经卡方检验，χ^2=0.018，*P*-value=0.891，表明实际抗感比与理论抗感比无显著差异。

BC_1P_1 代材料共接种了 144 株单株，其中 0 级 131 株，1 级 9 株、2 级 4 株。按抗感标准，全部表现为抗病。

BC_1P_2 共接种了 143 株单株，抗病 74 株，其中 0、1、2 级分别为 29、31、14 株；感病 69 株，3、4、5 级分别为 22、32、15 株，观测抗感比值为 1.07∶1。依据自由组合定律，基本符合 1∶1 的理论分离比例，经卡方检验，χ^2=0.087，*P*-value=0.767，表明实际抗感比与理论抗感比无显著差异。

依据 F_2、BC_1P_1、BC_1P_2 的抗感分离比例和卡方测验值以及病情等级分布，表明有两对基因与甜瓜 XQG 对小种 2F 的抗性有关，且其中一对为不完全显性基因，另一对为隐性基因。

3 讨论与结论

白粉病菌 *P. xanthii* 小种 1、2F 是我国主要甜瓜产区的优势小种，部分地区也出现过小种 N2、5、2U.S. 等[9,10,23]。由于白粉病菌生理小种具有分化快，演变规律复杂这一特点，同一地区不同时段的生理小种也有所不同[21-23]，给白粉病的防控及培育抗病品种带来了挑战。本试验通过镜检确认了所采集的白粉病菌为 *P. xanthii*，采用孢子悬浮液喷雾法对国际通用的 13 份甜瓜白粉病菌生理小种鉴别寄主进行白粉病菌接种，确认了本试验使用的甜瓜白粉病菌生理小种为 *P. xanthii* 2F。该鉴定结果与 2006 年王娟等[4]的研究结果一致，在北京市大兴区甜瓜产区内，甜瓜白粉病菌优势生理小种仍为 *P. xanthii* 2F。

由于抗源材料的差异，甜瓜对白粉病抗性的遗传规律研究结果也不尽相同，主要分为由显性或不完全显性单基因控制的简单遗传和多基因遗传[24-31]。本试验通过配置六世代群体，表明甜瓜材料 XQG 的白粉病抗性受一对不完全显性基因和一对隐性基因共同控制。该遗传规律虽与 Cui 等[15]研究 PMR 6 抗性规律的结果相同，但其抗性是否属于同一来源需要进一步通过遗传研究与分子试验来证实。PMR 6 是甜瓜白粉病生理小种鉴别寄主，其品质与农艺性状较差，转育相对较为困难，本试验使用有良好果实品质的资源 XQG 作为抗源将具有更大优势。需要指出的是，由于 XQG 带有麝香味，不符合我国消费习惯，不宜直接作为亲本配置新品种，需进一步将其稳定抗性转育到我国大面积种植的哈密瓜类型品种中。另外，XQG 的抗性受双基因控制，采用常规育种技术将这一稳定抗性高效转育到哈密瓜品种上依然有一定难度，需要进一步开展抗病基因连锁分子标记或抗病功能基因研究。

通过镜检与 13 份鉴别寄主接种观察，明确了北京市大兴区甜瓜产区的白粉病优势生理小种为 *P. xanthii* 2F。通过以抗性优良且农艺性状较好的甜瓜材料 XQG 为抗源，配置六世代群体，分析群体抗感分离情况，明确了 XQG 对 *P. xanthii* 2F 的抗性受一对不完全显性基因和一对隐性基因共同控制，为甜瓜白粉病抗病育种提供了优良抗源和技术指导。

参考文献

[1] PÉREZ-GARCÍA A，Romero D，FERNÁNDEZ-ORTUÑO D，et al. The powdery mildew fungus *Podosphaera fusca*（synonym *Podosphaera xanthii*），a constant threat to cucurbits[J]. Molecular Plant Pathology，2009，10（2）：153-160.

[2] 徐志豪，寿伟林，黄凯美，等.白粉病菌的生理小种及其对不同基因型甜瓜的致病性（英文）[J].浙江农业学报，1999，11（5）：245-248.

[3] HOSOYA K，KUZUYA M，MURAKAMI T，et al. Impact of resistant melon cultivars on *Sphaerotheca fuliginea*[J]. Plant Breeding，2000，119（3）：286-288.

[4] 王娟，宫国义，郭绍贵，等.北京地区瓜类蔬菜白粉病菌生理小种分化的初步鉴定[J].中国蔬菜，2006（8）：7-9.

[5] 张波，王利波，崔四川，等.吉林省薄皮甜瓜主产区白粉病菌生理小种的初步鉴定[J].吉林蔬菜，2011（6）：100-101.

[6] 包海清，许勇，杜永臣，等.海南三亚地区葫芦科作物白粉病菌生理小种分化的鉴定[J].长江蔬菜，2008（1）：49-51.

[7] 李苹芳，朱凌丽，羊杏平，等.江浙沪甜瓜白粉病菌及其生理小种的鉴定[J].中国瓜菜，2015，28（6）：16-20.

[8] 顾海峰，张旭，张文芳，等.上海地区西甜瓜白粉病菌生理小种的鉴定[J].上海农业学报，2010，26（4）：155-158.

[9] 刘东顺，程鸿，孔维萍，等.甘肃甜瓜主产区白粉病菌生理小种的鉴定[J].中国蔬菜，2010（6）：28-32.

[10] 赵文言.新疆部分地区甜瓜白粉病生理小种鉴定及抗性评价和遗传分析[D].乌鲁木齐：新疆农业大学，2014.

[11] EPINAT C，PITRAT M，BERTRAND F. Genetic analysis of resistance of five melon lines to powdery mildews[J] . Euphytica，1992，65（2）：135-144.

[12] ZHANG C Q，REN Y，GUO S G，et al. Application of comparative genomics in developing markers tightly linked to the *Pm-2F* gene for powdery mildew resistance in melon（*Cucumis melo* L.）[J]. Euphytica，2013，190（2）：157-168.

[13] ANAGNOSTOU K，JAHN M，PERL-TREVES R. Inheritance and linkage analysis of resistance to zucchini yellow mosaic virus，watermelon mosaic virus，papaya ringspot virus and powdery mildew in melon[J]. Euphytica，2000，116（3）：265-270.

[14] 咸丰，张勇，马建祥，等.野生甜瓜‘云甜-930’对白粉病抗性的遗传分析[J].西北植物学报，2010，30（12）：2394-2399.

[15] CUI H N，DING Z，FAN C，et al. Genetic mapping and nucleotide diversity of two powdery mildew resistance loci in melon（*Cucumis melo*）[J]. Phytopathology，2020，110（12）：1970-1979.

[16] 南宇航，朱子成，王学征，等.甜瓜种质资源苗期对枯萎病和白粉病的抗性评价[J].中国蔬菜，2016（1）：37-44.

[17] 王建设，唐晓伟，孟淑春，等.甜瓜白粉病抗源鉴定与抗性遗传分析[J].华北农学报，2002，17（3）：124-128.

[18] 马鸿艳，祖元刚，栾非时.甜瓜种质资源苗期抗白粉病鉴定[J].东北农业大学学报，2009，40（12）：18-23.

[19] 张玉勋，焦自高，王崇启，等.厚皮甜瓜白粉病苗期接种方法及抗性鉴定[J].北方园艺，2000（1）：48.

[20] ZHANG H Y，GUO S G，GONG G Y，et al. Sources of resistance to race 2WF powdery mildew in US watermelon plant introductions[J]. HortScience，2011，46（10）：1349-1352.

[21] MOHAMED Y F，BARDIN M，NICOT P C，et al. Causal agents

of powdery mildew of cucurbits in Sudan[J]. Plant Disease，1995，79（6）：634-636.

[22] HOSOYA K，NARISAWA K，PITRAT M，et al. Race identification in powdery mildew（*Sphaerotheca fuliginea*）on melon（*Cucumis melo*）in Japan[J]. Plant Breeding，1999，118（3）：259-262.

[23] 张莉，张慧君，张建农，等.甘肃甜瓜白粉病病原种及生理小种的鉴定[J].甘肃农业大学学报，2011，46（2）：87-91.

[24] MCCREIGHT J D，PITRAT M，THOMAS C E，et al. Powdery mildew resistance genes in muskmelon[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science，1987，112（1）：156-160.

[25] EPINAT C，PITRAT M，BERTRAND F. Genetic analysis of resistance of five melon lines to powdery mildews[J]. Euphytica，1993，65（2）：135-144.

[26] KENIGSBUCH D，COHEN Y. Independent inheritance of resistance to Race 1 and Race 2 of *Sphaerotheca fuliginea* in muskmelon[J]. Plant Disease，1989，73（3）：206-208.

[27] 王建设，宋曙辉，唐晓伟，等.甜瓜白粉病抗性基因的遗传与分子标记[J].华北农学报，2005，20（1）：89-92.

[28] 赵光伟，徐永阳，徐志红，等.甜瓜抗白粉病基因 SRAP 分子标记筛选[J].西北植物学报，2010，30（6）：1105-1110.

[29] BOHN G W，WHITAKER T W. Genetics of resistance to powdery mildew race 2 in muskmelon[J]. Phytopathology，1964，54（5）：587-591.

[30] COHEN R. A leaf disk assay for detection of resistance of melons to *Sphaerotheca fuliginea* race 1[J]. Plant Disease，1993，77（5）：513-517.

[31] 程振家，王怀松，张志斌，等.甜瓜白粉病抗性遗传机制研究[J].江苏农业科学，2006，34（6）：224-225.