DOI:10.16861/j.cnki.zggc.2026.0100

新疆主栽甜瓜品种白粉病抗性鉴定与评价

高浩宁[1,2],冯 静[2],韩 盛[2],周婷婷[2],热孜宛古丽•阿卜杜克热木[2],
王世维[2],麦合木提江•米吉提[1],玉山江•麦麦提[2]

(1.新疆农业大学农学院•农林有害生物监测与安全防控重点实验室 乌鲁木齐 830052; 2.新疆维吾尔自治区农业科学院植物保护研究所•农业农村部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室•国家植物保护库尔勒观测实验站•新疆农业生物安全重点实验室 乌鲁木齐 830091)

摘 要:白粉病严重影响甜瓜产量与品质,为明确新疆阿克苏地区甜瓜白粉病的病原及其生理小种,通过形态学和系统发育分析对采自新疆阿克苏地区的白粉病病原进行鉴定,并以国际通用的13个标准鉴别寄主对其进行生理小种鉴定,在此基础上采用室内苗期喷雾接种法对新疆50个主栽甜瓜品种进行白粉病抗性评价。结果表明,新疆阿克苏地区的白粉病病原为苍耳单囊壳*Podosphaera xanthii*,确定其生理小种为2France;新疆50个甜瓜主栽品种对白粉病病原菌株的抗性表现不同,其中有9个高感品种、10个感病品种、4个中感品种、2个中抗品种、3个抗病品种、22个高抗品种。本研究结果为新疆阿克苏地区甜瓜白粉病的科学防治奠定了理论基础。

关键词:甜瓜;白粉病;病原与生理小种鉴定;抗性品种

中图分类号:S652 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-2871(2026)10-049-12

Identification and evaluation of powdery mildew resistance of main melon varieties in Xinjiang

Gao Haoning[1,2], Feng Jing[2], Han Sheng[2], Zhou Tingting[2], Reziwanguli·Abudukeremu[2], Wang Shiwei[2], Maihemutijiang·Mijiti[1], Yushanjiang·Maimaiti[2]

(*1. College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University/Key Laboratory of Prevention and Control of Invasive Alien Species in Agriculture & Forestry, Urumqi 830052, Xinjiang, China; 2. Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northwestern Oasis, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/National Plant Protection Scientific Observation and Experiment Station of Korla/Xinjiang Key Laboratory of Agricultural Bio-safety, Urumqi 830091, Xinjiang, China*)

Abstract: Powdery mildew seriously affects the yield and quality of melon. To identify the pathogen of powdery mildew and its physiological race in Aksu prefecture, Xinjiang, morphological and phylogenetic analyses were conducted to identify powdery mildew pathogen collected from Aksu prefecture in Xinjiang, and its physiological race was identified by the 13 internationally recognized standards for host identification. On this basis, the powdery mildew resistance of 50 major melon cultivated varieties in Xinjiang was assessed using a laboratory-based seedling spray inoculation method. The results indicate that the pathogen of powdery mildew in Aksu prefecture is *Podosphaera xanthii*, with the physiological race identified as 2France. 50 major melon cultivated varieties exhibit different resistance to powdery mildew from Aksu prefecture, among them, there are 9 highly susceptible varieties, 10 susceptible varieties, 4 moderately susceptible varieties, 2 moderately resistant varieties, 3 resistant varieties, and 22 highly resistant varieties. The results of this study have laid a foundation for the scientific prevention and control of melon powdery mildew in Aksu prefecture, Xinjiang.

Key words: Melon; Powdery mildew; Pathogen and physiological race identification; Resistant variety

甜瓜(*Cucumis melo* L.)为葫芦科黄瓜属一年生蔓性草本植物,具有生产周期短、技术门槛低、生态适应广和消费需求大等特点,是一种高效的经济作物[1-2]。根据FAO数据库统计,2021年中国甜瓜产量为1407万t,占世界甜瓜产量的50%左右,据《中国统计年鉴》记录,2022年新疆甜瓜的产量为

收稿日期:2026-01-30;**修回日期:**2026-04-30

基金项目:农业科技创新稳定支持项目(xjnykydzc-2026001-66);新疆现代农业产业技术体系(XARS-06-2026-08)

作者简介:高浩宁,男,在读硕士研究生,研究方向为瓜类作物病虫害防治。E-mail:851265561@qq.com

通信作者:玉山江•麦麦提,男,研究员,主要从事瓜类作物病虫害防治研究。E-mail:yushanjiang@xaas.ac.cn

麦合木提江•米吉提,男,副教授,主要从事经济作物真菌病害监测与防控研究。E-mail:287600102@qq.com

213.70 万 t，占全国产量的 15.4%，排名全国第 2，新疆已成为中国西瓜、甜瓜生产优势最显著的区域之一，在调整种植业结构和增加瓜农收益中发挥了重要作用[2-3]。在生产实践中，白粉病是制约新疆地区甜瓜生产的重要病害之一，喀什和北疆等甜瓜产区白粉病的危害面积占年种植面积的 25%~30%[4]。该病害在甜瓜的苗期和生长期均可侵染，生长期发病较为严重，常造成植株光合能力下降，引起植株早衰，甚至死亡。白粉病一旦暴发，便迅速蔓延，可造成植株连片死亡，严重影响甜瓜的产量和品质[5]。

世界范围内有 4 种真菌可引起瓜类作物白粉病，即单囊壳属苍耳单囊壳 *Podosphaera xanthii*（异名 *Sphacelotheca fuliginea* Schlech ex Fr. Poll.）、戈洛文属烟草戈洛文白粉菌 *Golovinomyces tabaci*（异名 *Erysiphe cichoracearum* DC.）、奥隆特戈洛文白粉菌 *Golovinomyces orontii*（Castagne）Heluta、内丝白粉菌属鞑靼内丝白粉菌 *Leveillula taurica*（Lev.）Arnaud.[6-8]。在我国引起甜瓜白粉病的病原主要为苍耳单囊壳 *Podosphaera xanthii*，目前已存在 11 个生理小种，分别为生理小种 0、1、2US、2Fr、3Fr、4Fr、5Fr 和 N1、N2、N3、N4[9]。综合前人的研究成果[10-16]，我国苍耳单囊壳 *P. xanthii* 以生理小种 1 和 2France 为主，新疆北疆地区引起白粉病的优势小种为生理小种 1[17-19]。

化学防治是当前防控甜瓜白粉病的重要手段，但化学防治不仅会增加生产成本，过量、不当施药还会产生药害、抗药性等生态安全问题，同时白粉菌生理小种的迅速演替使甜瓜白粉病的防控难度加大，因此推广、种植抗病品种仍是目前防控甜瓜白粉病最为环保有效的策略[20-22]。国内学者采用室内苗期喷雾接种、离体叶片接种和田间自然发病等方法筛选出新密 45 号、绿洲红、苏乾 5 号和白兰瓜等白粉病抗性材料[17,23-24]。目前，针对新疆阿克苏地区甜瓜白粉病生理小种的研究还未见报道。鉴于此，笔者通过对 2023 年采集的新疆阿克苏地区白粉病株系进行病原鉴定和生理小种鉴定，并对目前新疆种植的 50 个甜瓜主栽品种进行抗病性评价，以期筛选出白粉病抗性品种，为新疆地区白粉病的科学防治及抗病育种提供理论依据，为合理布局农业生产、减药增效、推动绿色健康甜瓜产业发展奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

国际通用 13 种甜瓜白粉病生理小种标准鉴别寄主 Iran H、Top mark、Vedrantais、PMR 45、PMR 5、WMR 29、Edisto 47、PI 414723、MR 1、PI 124111、PI 124112、PMR 6、Nantais Oblong 均由新疆维吾尔自治区农业科学院植物保护研究所瓜类作物病虫害综合防控创新团队提供。

本研究采用的 52 份甜瓜栽培品种名称及来源见表 1，其中 2 份分别为感病与抗病对照。供试白粉病病原菌由新疆维吾尔自治区农业科学院植物保护研究所瓜类作物病虫害综合防控创新团队在 2023 年于阿克苏地区采集、分离纯化并保存。

1.2 方法

试验于 2025 年 6－9 月在新疆维吾尔自治区农业科学院植物保护研究所实验室进行。供试白粉病病原通过 2023 年野外采集带回实验室后进行纯化与保存，并完成形态学与分子生物学鉴定，试验开展前采用水琼脂叶片保湿法和活体植株培养法对该病原进行扩繁，依据鉴别寄主抗感反应进行生理小种的鉴定，进而开展新疆主栽甜瓜品种的白粉病抗性鉴定与评价工作。

1.2.1 *甜瓜白粉病病原的纯化与保存* 本试验采用水琼脂叶片保湿法进行白粉病病原的纯化与保存，试验前先对干净、健康的甜瓜叶片进行消毒处理，将消毒后的叶片插入 2%的水琼脂平板中，随后在体视显微镜下用眼睫毛挑针挑取单个分生孢子或分生孢子团放在干净无菌的叶片上，标记日期及菌株来源，以透气不透菌的封口膜封口后放入光照培养箱中，在 16 h 光照和 8 h 黑暗交替、26 ℃恒温、湿度 80%的条件下培养，接种 3 d 后开始观察，每隔 2 d 观察记录发病情况，单孢分离操作重复 3 次后获得纯株系。

1.2.2 *甜瓜白粉病病原菌的接种方法* （1）水琼脂叶片保湿法：预先准备好 2%的水琼脂培养基平板，将剪刀消毒后剪取干净、健康的叶片，使用 70%乙醇浸洗 15~20 s 进行叶表消毒处理，再用无菌水洗涤 3 次，用滤纸吸干叶片表面水分，将叶片正面朝上，叶柄插入 2%水琼脂培养基平板中。通过摩擦接种或挑取孢子团接种的方式将白粉菌菌株接种至干净无菌的水琼脂叶片进行菌株培养与扩繁。

（2）孢子悬浮液喷雾接种法：采集活体植株或水琼脂平板上发病的叶片，用灭菌毛刷将叶片上的白粉菌孢子刷至无菌蒸馏水中，在光学显微镜下用血球计数板观察计数，调整孢子悬浮液的孢子浓度为 1×10^5 个•mL^{-1}。依据康保珊等[25]的研究结果，笔

表 1　甜瓜品种名称和来源

Table 1　Name and source of melon variety

编号 No.	品种名称 Variety name	来源 Source
1	古尔巴出克 Guerbachuke	新疆昌吉市新科种子有限责任公司 Xinjiang Changji City Xinke Seeds Co., Ltd.
2	巴西蜜瓜 Baximigua	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
3	科宝蜜一号 Kebaomi No. 1	新疆昌吉市新科种子有限责任公司 Xinjiang Changji City Xinke Seeds Co., Ltd.
4	风味 5 号 Fengwei No. 5	新疆明鑫科鸿农业有限责任公司 Xinjiang Mingxin Kehong Agricultural Co., Ltd.
5	新密 14 号（新红心脆）Xinmi No. 14（Xinhongxincui）	新疆明鑫科鸿农业有限责任公司 Xinjiang Mingxin Kehong Agricultural Co., Ltd.
6	黄香玉 Huangxiangyu	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
7	黄旦子 Huangdanzi	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
8	红钻 F_1 Hongzuan F_1	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
9	蜜古丽 Miguili	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
10	热瓜蛋 F_1 Reguadan F_1	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
11	纳斯蜜 Nasimi	新疆维吾尔自治区农业科学院 Xinjiang Academy of Agricultural Sciences
12	世纪蜜 Shijimi	新疆昌吉市益丰种苗有限服务公司 Xinjiang Changji City Yifeng Seedling Service Co., Ltd.
13	黑眉毛蜜及甘 Heimeimaomijigan	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
14	沙驼 25 号 F_1 Shatuo No. 25 F_1	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
15	伯克扎德 Bokezhade	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
16	其里甘 Qiligan	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
17	黄梦脆 Huangmengcui	新疆明鑫科鸿农业有限责任公司 Xinjiang Mingxin Kehong Agricultural Co., Ltd.
18	青甜蜜 F_1 Qingtianmi F_1	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
19	欧亚蜜 Ouyami	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
20	昆仑蜜 Kunlunmi	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
21	俊秀（抗病对照）Junxiu（Resistant control）	新疆维吾尔自治区农业科学院 Xinjiang Academy of Agricultural Sciences
22	创科蜜 75 号 Chuangkemi No. 75	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
23	网纹白兰瓜 F_1 Wangwenbailangua F_1	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
24	银玉 3 号 Yinyu No. 3	新疆昌吉市新科种子有限责任公司 Xinjiang Changji City Xinke Seeds Co., Ltd.
25	西开心 Xikaixin	新疆昌吉市新科种子有限责任公司 Xinjiang Changji City Xinke Seeds Co., Ltd.
26	伽师瓜 3 号 Jiashigua No. 3	新疆昌吉市新科种子有限责任公司 Xinjiang Changji City Xinke Seeds Co., Ltd.
27	比西克新 90 Bixikexin No. 90	新疆昌吉市新科种子有限责任公司 Xinjiang Changji City Xinke Seeds Co., Ltd.
28	羊角酥 Yangjiaosu	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
29	创科蜜 35 号 Chuangkemi No. 35	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
30	创科蜜 31 号 F_1（新海蜜）Chuangkemi No. 31 F_1（Xinhaimi）	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
31	创科蜜 37 号 F_1 Chuangkemi No. 37 F_1	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
32	口口甜 Koukoutian	新疆昌吉市益丰种苗有限服务公司 Xinjiang Changji City Yifeng Seedling Service Co., Ltd.
33	斯穆拓（KR1222）Simutuo（KR1222）	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
34	脆宝蜜十七号 F_1 Cuibaomi No. 17 F_1	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
35	黄醉仙（新蜜杂九号）Huangzuixian（Xinmiza No. 9）	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
36	西州密十七号 Xizhoumi No. 17	新疆葡萄瓜果技术开发有限责任公司 Xinjiang Grape and Melon Fruit Technology Development Co., Ltd.
37	西州密二十五号 Xizhoumi No. 25	新疆葡萄瓜果技术开发有限责任公司 Xinjiang Grape and Melon Fruit Technology Development Co., Ltd.
38	新方蜜 1 号 Xinfangmi No. 1	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
39	风味 4 号 Fengwei No. 4	新疆明鑫科鸿农业有限责任公司 Xinjiang Mingxin Kehong Agricultural Co., Ltd.
40	雪里红 Xuelihong	新疆明鑫科鸿农业有限责任公司 Xinjiang Mingxin Kehong Agricultural Co., Ltd.
41	杂交伽师瓜 Hybrid Jiashigua	新疆昌吉市益丰种苗有限服务公司 Xinjiang Changji City Yifeng Seedling Service Co., Ltd.

表 1 （续）
Table 1 （Continued）

编号 No.	品种名称 Variety name	来源 Source
42	伽师瓜 Jiashigua	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
43	蜜甜 25 号 Mitian No. 25	新疆昌吉市益丰种苗有限服务公司 Xinjiang Changji City Yifeng Seedling Service Co., Ltd.
44	超早蜜 F_1 Chaozaomi F_1	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
45	黄皮 9818 Huangpi 9818	新疆明鑫科鸿农业有限责任公司 Xinjiang Mingxin Kehong Agricultural Co., Ltd.
46	青翠蜜 25 号 Qingcuimi No. 25	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
47	青脆蜜 8 号 F_1 Qingcuimi No. 8 F_1	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
48	联创蜜 Lianchuangmi	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
49	黄花脆 Huanghuacui	新疆联创种子有限责任公司 Xinjiang Lianchuang Seed Co., Ltd.
50	绿秀 Lüxiu	新疆维吾尔自治区农业科学院 Xinjiang Academy of Agricultural Sciences
51	喀甜抗 1 号 Katiankang No. 1	新疆明鑫科鸿农业有限责任公司 Xinjiang Mingxin Kehong Agricultural Co., Ltd.
52	新蜜杂 11 号（86-1）F_1（感病对照） Xinmiza No. 11（86-1）F_1 （Susceptible control）	新疆乌鲁木齐市新农种有限责任公司 Xinjiang Urumqi City Xinnong Seed Co., Ltd.

者选择 2 叶 1 心期进行接种。接种时，于傍晚使用小型喷雾器将配制好的孢子悬浮液均匀喷施于 2 叶 1 心期的健康无菌植株上。接菌后的植株放入光照培养箱中，在 16 h 光照和 8 h 黑暗交替、26 ℃恒温、湿度 80%的条件下培养。

1.2.3 *形态学鉴定* 以无菌水为浮载剂，在体视显微镜下用透明胶带粘取病斑部位的菌丝体置于浮载剂中，加盖盖玻片，使用微分干涉相差显微镜（尼康 NI-E）观察菌丝颜色、附着器类型、分生孢子梗及脚胞的形态、脚胞上接短细胞的数目、分生孢子着生方式、形状、有无纤维体及芽管萌发类型，使用 NIS-Elements D 软件测量菌丝宽度、分生孢子梗及脚胞的长度和宽度、分生孢子大小，每个特征值至少测量 30 个数据。依据分生孢子内有无棒状纤维体这一形态特征，区分单囊壳白粉菌属（*Podosphaera*）和戈洛文白粉菌属（*Golovinomyces*）白粉菌。

1.2.4 *分子生物学鉴定* 采用 Chelex-100 微量提取法提取阿克苏地区白粉病菌株系的 DNA[26-27]。使用 3 对白粉病特异性引物 PM1 和 TW14，PM10 和 PM2，PM3 和 NLP2 扩增目的基因片段[28]（引物序列见表 2）。引物由新疆有康生物技术有限公司合成。PCR 反应体系为 25 μL，其中 PCR Mix 12.5 μL，正反向引物各 1 μL，DNA 模板 2 μL，用 ddH_2O 补全反应体系。PCR 反应程序为预变性 95 ℃ 5 min；变性 94 ℃ 30 s，52~56 ℃ 30~60 s（视引物对和片段大小而定），延伸 72 ℃ 30 s，35 个循环；72 ℃延伸 8 min，4 ℃保存。对 PCR 产物进行琼脂糖凝胶电泳检测，将扩增成功的 PCR 产物送样至生工生物工程（上海）股份有限公司测序。将测序结果进行 NCBI-BLAST 比对，选择同源性较高的序列，利用 MEGA X进行多序列比对，并分别应用 PAUP* 4.0b10 和 raxml GUI 2.0 软件，使用最大简约法和最大似然法构建系统发育树。

表 2 引物序列
Table 2 Primer sequence

引物名称 Primer name	引物序列 Primer sequence	退火温度、时间 Annealing temperature and time
PM1	TCGGACTGGCCYAGGGAGA	52 ℃ 60 s
TW14	GCTATCCTGAGGGAAACTTC	
PM10	GGCCGGAAAGTTGTCCAAAC	56 ℃ 30 s
PM2	TCACTCGCCGTTACTGAGGT	
PM3	GKGCTYTMCGCGTAGT	52 ℃ 30 s
NLP2	GGTCCCAACAGCTATGCTCT	

1.2.5 *生理小种鉴定* 采用国际通用的 13 种甜瓜白粉病生理小种鉴别寄主进行新疆阿克苏甜瓜白粉病菌株系的生理小种鉴定。每个鉴别寄主种植 3 盆，每盆播 3 粒种子，在幼苗第 1 片真叶展开时疏苗至每盆 1 株。采用孢子悬浮液喷雾接种法接种新疆阿克苏株系的白粉菌。接种后进行遮光和保湿处理 48 h，接种 5 d 后观察鉴别寄主的植株状态，于 15 d 后充分发病时调查并记录各鉴别寄主植株的白粉病发生情况，确定其抗感病状态。叶片着生白色粉层为感病，叶片无白色粉层着生为抗病，感抗反应见表 3。依据具体感抗反应情况分析确定生理小种类型。

1.2.6 *甜瓜栽培品种的白粉病抗性评价* 采用盆

表 3　甜瓜通用鉴别寄主对不同白粉菌生理小种的标准抗感反应

Table 3　The standard resistance response of different powdery mildew physiological races of commonly identified host in melon

鉴别寄主 Differential host	苍耳单囊壳白粉菌生理小种 Physiological race of *Podpsphaera xanthii*											烟草戈洛文白粉菌生理小种 Physiological race of *Golovinomyces tabaci*	
	Race 0	Race 1	Race 2France	Race 2US	Race 3	Race 4	Race 5	N1	N2	N3	N4	Race 0	Race 1
Iran H	S	S	S	S	-	S	S	-	S	-	-	S	S
Topmark	R	S	S	S	S	S	S	-	S	-	-	S	S
Vedran tais	R	S	S	S	S	S	S	-	S	-	-	R	S
PMR 45	R	R	S	S	S	S	S	R	S	R	R	R	S
PMR 5	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R
WMR 29	R	R	R	H	-	S	S	R	R	R	R	R	S
Edisto 47	R	R	R	S	R	R	S	R	R	S	S	R	S
PI 414723	R	R	R	S	R	R	R	S	S	S	R	R	R
MR 1	R	R	R	R	R	R	R	-	R	-	-	R	R
PI 124111	-	R	R	R	R	-	-	-	R	-	-	-	-
PI 124112	R	R	R	R	R	R	R	-	R	-	-	R	R
PMR 6	R	R	R	R	S	-	-	-	R	-	-	-	-
Nantais Oblong	R	S	S	S	-	S	S	-	S	-	-	R	R

注：S. 感病；R. 抗病；-. 无数据；H. 混杂。

Note: S. Susceptible; R. Resistant; -. No data; H. Mixed.

栽育苗法对 50 个甜瓜栽培品种进行白粉病的抗性评价，额外增加 2 个对照品种，以新蜜杂 11 号（86-1）F1 为感病对照，以俊秀为抗病对照，共 52 个甜瓜品种。每个甜瓜品种种植 3 盆，每盆播 3 粒种子，播种后置于光照培养箱中，在 16 h 光照和 8 h 黑暗交替、恒温 26 ℃、湿度 80%条件下培养，于幼苗第 1 片真叶展开时疏苗至每盆 1 株。采用孢子悬浮液喷雾接种法接种白粉病病原，接种后进行遮光和保湿处理 48 h，接种 5 d 后开始观察，每 3 d 观察植株状态并记录发病情况，接种 15 d 拍照。参考 T/ZJSIA 0001－2024《甜瓜主要病害抗性鉴定与评价技术规程 第 4 部分：甜瓜白粉病抗性鉴定与评价技术规程》[29]（表 4、表 5）进行病情分级及抗病评价。病情指数（DI）= Σ（各级病叶数×该级代表值）/（调查总叶数×最高级数）×100。

1.3　数据处理

采用 Excel 软件对试验数据进行统计分析。

2　结果与分析

2.1　甜瓜白粉病病原的形态学鉴定

甜瓜白粉病菌丝体在叶片上两面生，也可着生于茎或果上，由白色圆斑扩展形成不规则斑片；菌丝宽 4.8~7.7 μm，直或弯曲，薄壁，光滑，透明；附着器不明显或呈乳头状突起，单生。分生孢子梗产生于

表 4　甜瓜白粉病病情级别划分

Table 4　Classification of melon powdery mildew disease

病级 Disease grade	病情指数 Disease index
0 级 Grade 0	无病症 Asymptomatic
1 级 Grade 1	0<病斑面积占整片叶面积≤5% 0<proportion of diseased area to total leaf area≤5%
3 级 Grade 3	5%<病斑面积占整片叶面积≤10% 5%<proportion of diseased area to total leaf area≤10%
5 级 Grade 5	10%<病斑面积占整片叶面积≤25% 10% <proportion of diseased area to total leaf area≤ 25%
7 级 Grade 7	25%<病斑面积占整片叶面积≤50% 25% <proportion of diseased area to total leaf area≤ 50%
9 级 Grade 9	50%<病斑面积占整片叶面积≤100% 50% <proportion of diseased area to total leaf area≤ 100%

菌丝母细胞表面上，直立或微弯，大小为（91.1~105.6）μm×（10.4~12.1）μm；脚胞直立或稍弯曲，圆柱形，大小为（45.4~78.9）μm×（10.2~13.5）μm，上接 1~2 个短细胞。分生孢子串生，易形成长的孢子链，具明显纤维体（图 1-H~I），卵圆形至椭圆形，大小为（26.0~32.3）μm×（13.1~19.2）μm，长宽比为 1.5~2.2

表 5　甜瓜对白粉病抗性评价标准

Table 5　Evaluation criteria for resistance of melon to powdery mildew

抗病性级别 Disease-resistance level	病情指数区间 Disease index range
高抗 Highly resistant（HR）	DI≤10.00
抗病 Resistant（R）	10.00＜DI≤35.00
中抗 Moderately resistant（MR）	35.00＜DI≤50.00
中感 Moderately susceptible（MS）	50.00＜DI≤60.00
感病 Susceptible（S）	60.00＜DI≤75.00
高感 Highly susceptible（HS）	75.00＜DI≤100.00

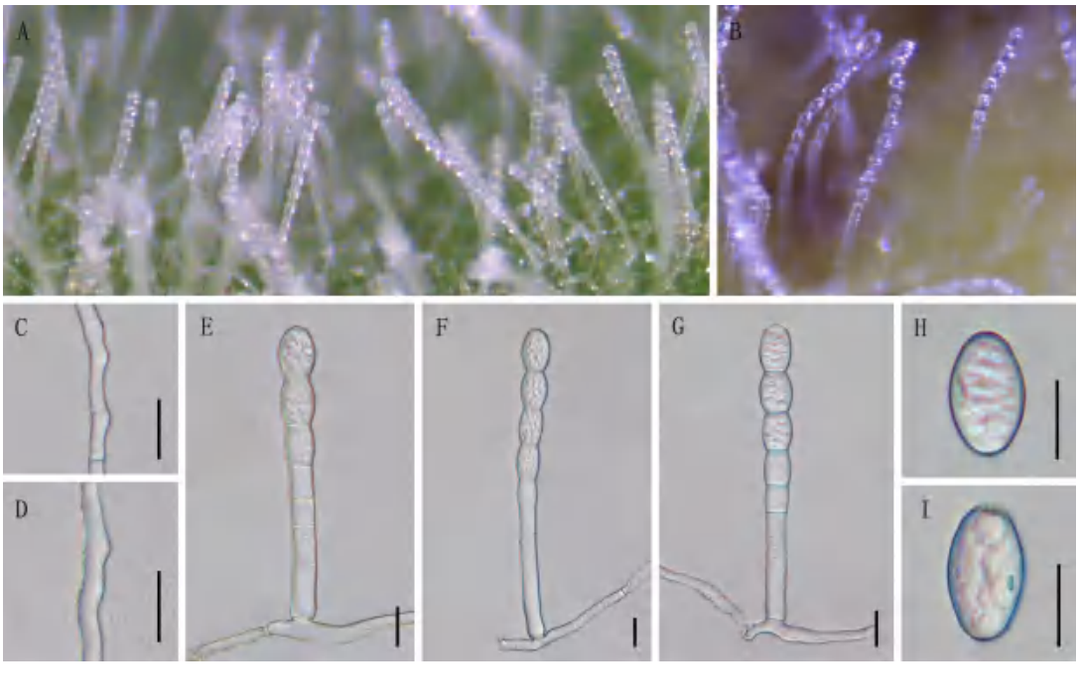
（图 1）。依据其具有纤维体这一典型形态特征，将新疆阿克苏地区的甜瓜白粉病病原初步鉴定为苍耳单囊壳 *Podosphaera xanthii*。

2.2　甜瓜白粉病病原的系统发育分析

笔者成功获得 2 个新疆阿克苏甜瓜白粉病菌株系的 ITS 和 28S rDNA 序列，联合 2 个基因片段后与 NCBI GenBank 数据库的相关序列进行比对和系统发育分析。序列比对结果表明，AKS-1 与单囊壳属（*Podosphaera*）的和尚菜单囊壳 *Podosphaera adenocauli*（MZ604267）、木槿生单囊壳 *P. hibiscicola*（AB936276）和苍耳单囊壳 *P. xanthii*（LC270779）的序列同源性分别为 100.00%、99.92%和 99.84%，AKS-2 与 *P. adenocauli*（MZ604267）、*P. hibiscicola*（AB936276）和飞扬草单囊壳 *P. euphorbiae-hirtae*（MZ663706）的序列同源性分别为 100.00%、99.92%和 99.83%。将获得的甜瓜白粉菌株系的 ITS+28S rDNA 序列与以上序列、已报道的瓜类作物白粉菌物种和单囊壳属多个物种的基因序列共同构建系统发育树（图 2），结果显示，阿克苏株系与 *P. xanthii* 聚在同一分支，且分支支持率达 100%，进一步确定其为苍耳单囊壳 *P. xanthii*。

2.3　甜瓜白粉病病原的生理小种鉴定

利用国际通用的 13 种甜瓜白粉菌生理小种标准鉴别寄主进行阿克苏株系的生理小种鉴定，接种病原菌 5 d 后开始观察，发现接种 7~9 d 时，Iran H、Topmark、Vedrantais、PMR 45、Nantais Oblong 等 5 个标准寄主的叶片出现白粉病病斑。接种 15 d 后再次统计 13 种鉴别寄主的感病、抗病情况，发现仍为 Iran H、Topmark、*Vedrantais*、PMR 45、Nantais Oblong 等 5 个标准寄主发病，其他 8 个鉴别寄主的叶片上均未发现病斑。对照鉴别寄主对不同白粉菌生理小种的标准抗感反应（表 3），将 2023 年在新疆阿克苏地区采集的白粉病病原株系鉴定为生理小



注：A~B. 近视野下叶片上的分生孢子梗；C~D. 附着器；E~G. 分生孢子梗；H~I. 分生孢子。比例尺（C~I）=20 μm。

Note: A-B. Close-up view of conidiophores on the leaf; C-D. Hyphal appressoria; E-G. Conidiophores; H-I. Conidia. Scale bar(C-I)=20 μm.

图 1　甜瓜白粉病病原苍耳单囊壳无性型显微形态图

Fig. 1　Morphology of *Podosphaera xanthii* induced melon powdery mildew

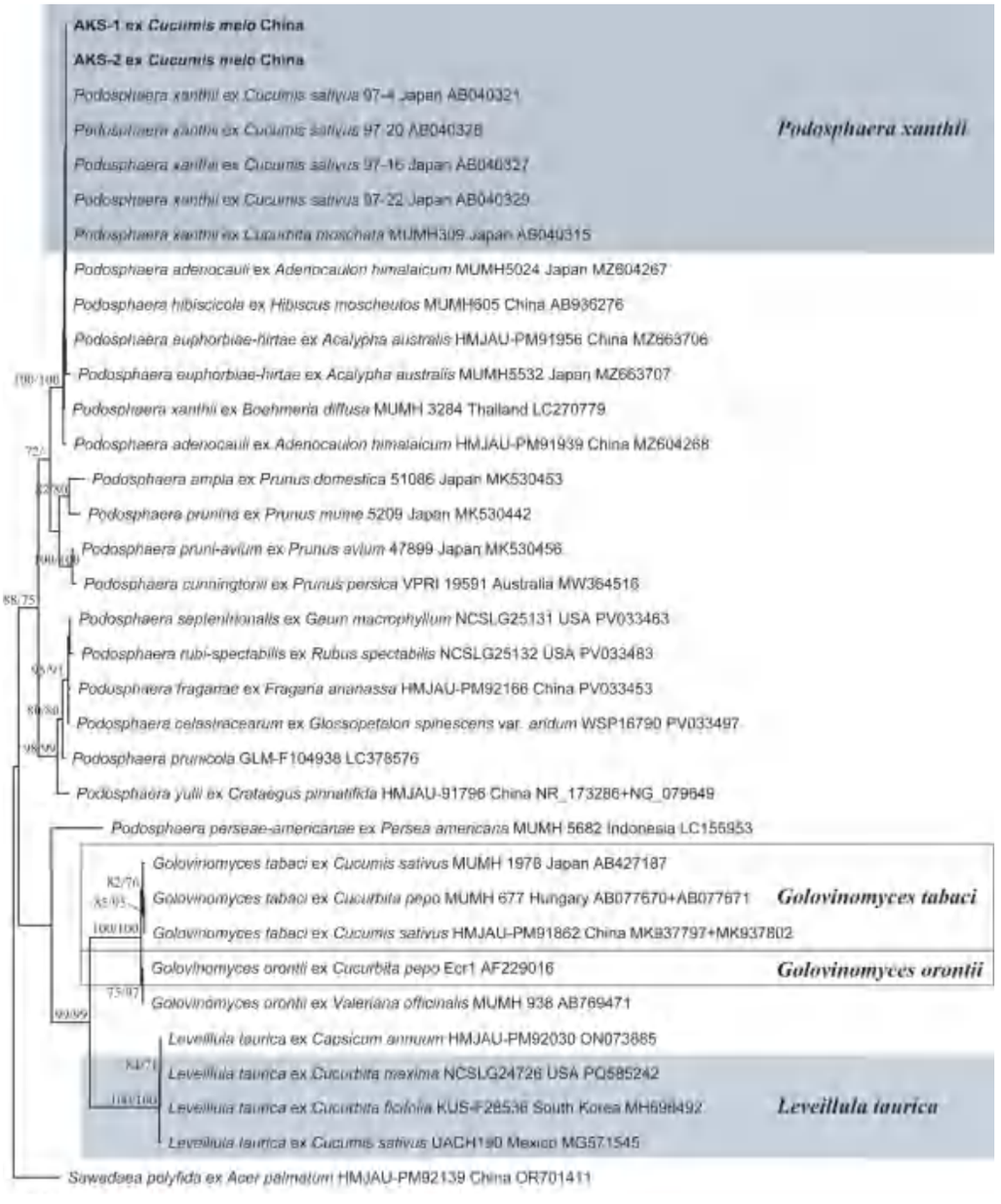


图 2　基于 ITS+28S rDNA 序列构建的葫芦科植物白粉菌系统发育树

Fig. 2　Phylogenetic tree of powdery mildew of Cucurbitaceae based on ITS+28S rDNA sequences

种 2France。

2.4　甜瓜栽培品种白粉病抗性评价

甜瓜栽培品种白粉病抗病性评价试验中，发现接种 5 d 后部分品种开始发病，叶片出现点状白色病斑，接种 10 d 大部分品种叶片出现白斑，且原有病斑逐渐扩展，接种 25 d 后达到发病盛期，根据病级划分记录发病情况，计算病情指数，按照抗病评价标准整理数据，结果见图 3、表 6。结果表明，50 个栽培品种中（感病和抗病对照的 2 个品种不计入结果统计），有 9 个高感品种、10 个感病品种、4 个中感品种、2 个中抗品种、3 个抗病品种、22 个高抗品种。

3　讨论与结论

引起我国瓜类作物白粉病的病原主要有苍耳单囊壳 *Podosphaera xanthii* 和烟草戈洛文白粉菌 *Golovinomyces tabaci*（异名 *Erysiphe cichoracearum* DC.）两种。甜瓜白粉病生理小种众多，分化演替快，生理小种变化易受环境因素影响，据前人研究报道，新疆阿勒泰地区、昌吉地区、伊犁地区、吐鲁番地区、哈密地区的甜瓜白粉病菌均为 *P. xanthii* 生理小种 1，喀什地区的生理小种略有争议[17-19, 30]，苏瑞等[19]将伽师县甜瓜白粉病菌的生理小种鉴定为小种 5，而张学军等[17]将喀什地区的生理小种鉴定为

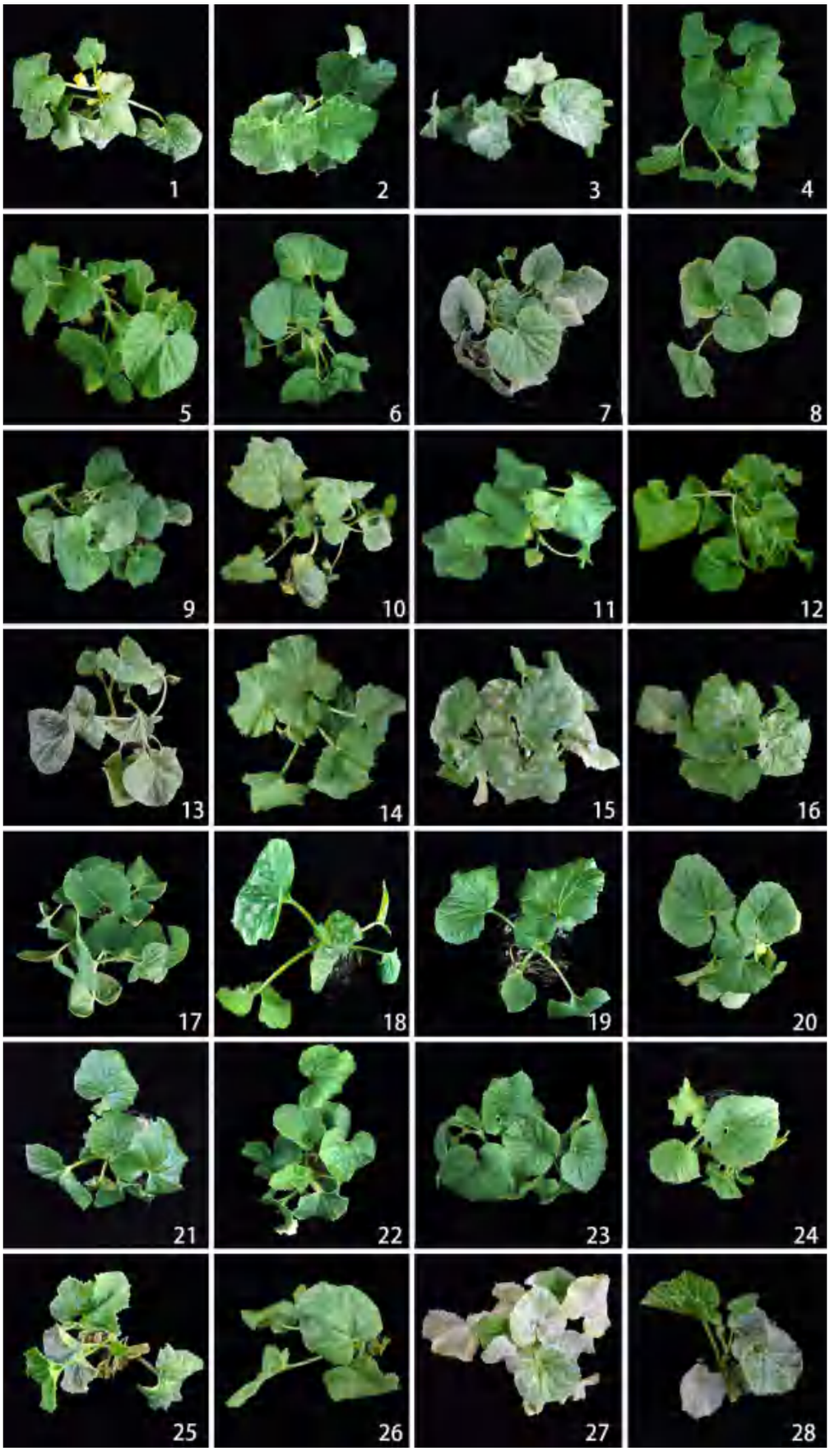


图 3　52 个甜瓜品种接种白粉病 15 d 后的发病情况

Fig. 3　Status of 52 melon varieties after inoculating powdery mildew for 15 d

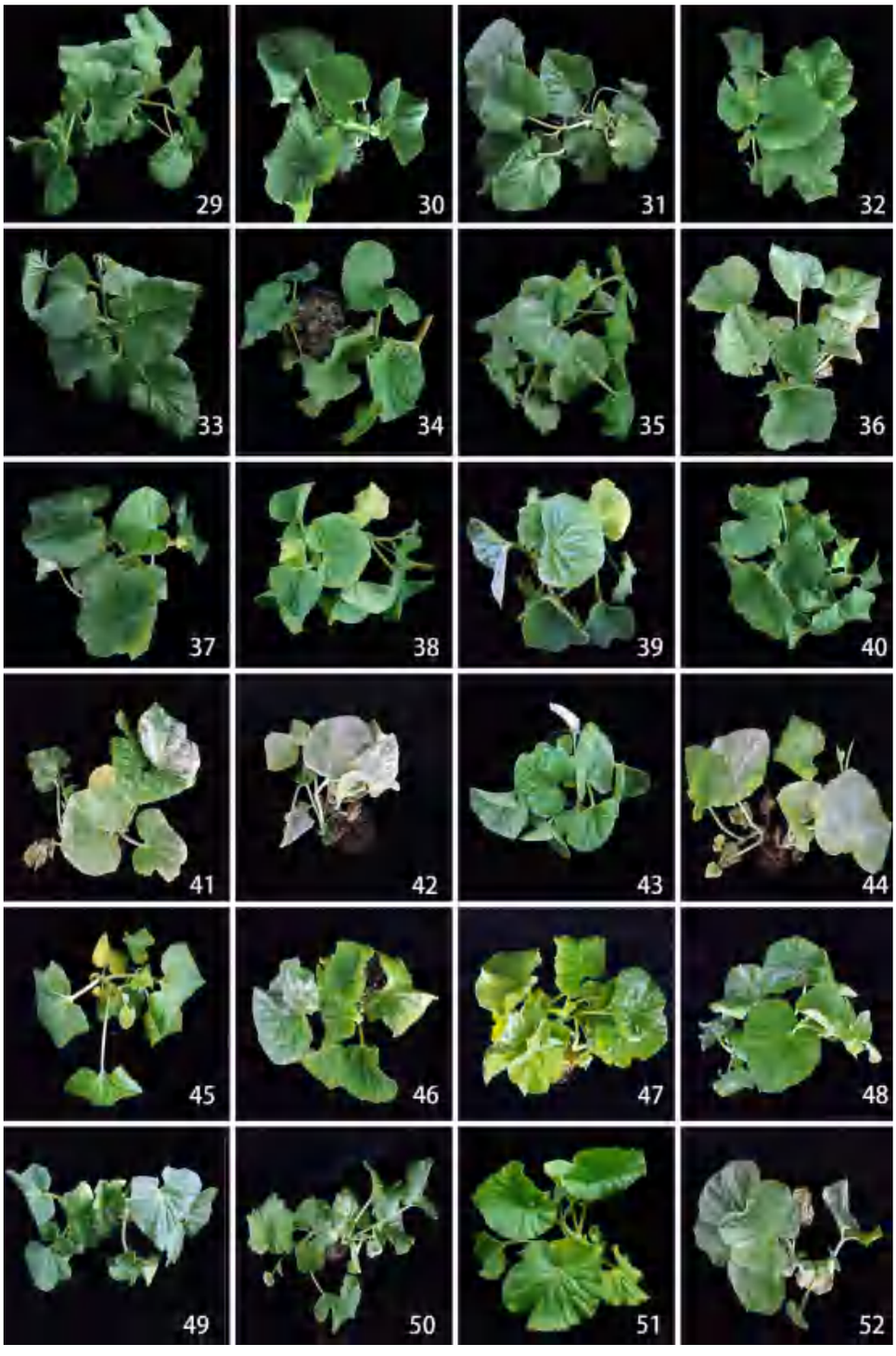


图 3 （续）

Fig. 3 （Continued）

小种 1，赵文言[18]再次将喀什地区伽师县的生理小种鉴定为小种 5，该结果可能受样品采集地点不同或采集年份不同影响。相关研究表明，甜瓜白粉菌的生理小种在同一地区的不同年份也会发生变化，如 2015 年李苹芳等[31]鉴定江浙沪地区甜瓜白粉病菌的生理小种为小种 1，而 2022 年徐兵划等[16]的研究结果表明，江浙沪地区瓜类作物白粉病菌的生理小种为小种 2France。前人已报道的新疆瓜类作物白粉病生理小种鉴定结果距今约 10 a（年），其生理小种是否发生新的变化尚未探明，并且目前的研究缺少对新疆甜瓜主产区同一地区连续多年的白粉病菌生理小种的监测报道，因此亟需开展全面系统的生理小种调查研究和长期的定点监测鉴定工作。本研究结果表明，2023 年采集的新疆阿克苏地

表 6　52 个甜瓜品种的抗白粉病病情指数与抗性评价

Table 6　Disease index and resistance evaluation of powdery mildew of 52 melon varieties

品种名称 Variety name	类型 Type	果皮性状 Peel trait	病情指数 Disease index	抗性评价 Resistance evaluation
杂交伽师瓜 Hybrid Jiashigua	厚皮 Thick skin	椭圆、灰绿、网纹 Oval, grayish green, netted	95.93	高感 HS
伽师瓜 Jiashigua	厚皮 Thick skin	椭圆、灰绿、网纹 Oval, grayish green, netted	87.47	高感 HS
蜜甜 25 号 Mitian No. 25	厚皮 Thick skin	椭圆、黄绿、网纹 Oval, yellowish green, netted	86.87	高感 HS
其里甘 Qiligan	厚皮 Thick skin	扁圆、绿皮 Oblate, green-skinned	85.98	高感 HS
比西克新 90 Bixikexin No. 90	厚皮 Thick skin	扁圆、黄绿、网纹 Oblate, yellowish green, netted	84.29	高感 HS
西开心 Xikaixin	厚皮 Thick skin	椭圆、黄皮、网纹 Oval, yellow-skinned, netted	84.10	高感 HS
沙驼 25 号 F_1 Shatuo No. 25 F_1	厚皮 Thick skin	卵圆、浅麻绿、网纹 Ovate, light mottled green, netted	79.73	高感 HS
西州密十七号 Xizhoumi No. 17	厚皮 Thick skin	椭圆、黑麻绿、网纹 Oval, dark mottled green, netted	78.78	高感 HS
伯克扎德 Bokezhade	厚皮 Thick skin	椭圆、灰绿 Oval, grayish green	76.65	高感 HS
伽师瓜 3 号 Jiashigua No. 3	厚皮 Thick skin	椭圆、青绿网纹 Oval, green-netted	74.18	感病 S
黄醉仙（新蜜杂九号） Huangzuixian（Xinmiza No. 9）	厚皮 Thick skin	高圆、黄皮、网纹 High round, yellow-skinned, netted	73.81	感病 S
西州密二十五号 Xizhoumi No. 25	厚皮 Thick skin	椭圆、浅绿、网纹 Oval, light green, netted	71.20	感病 S
青甜蜜 F_1 Qingtianmi F_1	厚皮 Thick skin	长锥形、墨绿 Long conical, dark green	70.62	感病 S
热瓜蛋 F_1 Reguadan F_1	厚皮 Thick skin	高圆、黄皮、网纹 High round, yellow-skinned, netted	70.56	感病 S
黄旦子 Huangdanzi	厚皮 Thick skin	圆形、黄皮、网纹 Round, yellow-skinned, netted	69.79	感病 S
新蜜杂 11 号（86-1）F_1（感病对照） Xinmiza No. 11（86-1）F_1（Susceptible control）	厚皮 Thick skin	椭圆、黄绿、网纹 Oval, yellowish green, netted	68.16	感病 S
脆宝蜜十七号 F_1 Cuibaomi No. 17 F_1	厚皮 Thick skin	椭圆、绿皮、网纹 Oval, green-skinned, netted	67.50	感病 S
羊角酥 Yangjiaosu	厚皮 Thick skin	羊角形、灰绿 Goat horn-shaped, grayish green	61.02	感病 S
黑眉毛蜜及甘 Heimeimaomijigan	厚皮 Thick skin	椭圆、黄绿、网纹 Oval, yellowish green, netted	60.96	感病 S
古尔巴出克 Guerbachuke	厚皮 Thick skin	高圆、青黄、网纹 High round, greenish yellow, netted	60.82	感病 S
超早蜜 F_1 Chaozaomi F_1	厚皮 Thick skin	圆形、黄绿、网纹 Round, yellowish green, netted	56.14	中感 MS
青翠蜜 25 号 Qingcuimi No. 25	厚皮 Thick skin	椭圆、浅麻绿、网纹 Oval, light mottled green, netted	53.44	中感 MS
青脆蜜 8 号 F_1 Qingcuimi No. 8 F_1	厚皮 Thick skin	椭圆、绿皮、网纹 Oval, green-skinned, netted	52.01	中感 MS
红钻 F_1 Hongzuan F_1	厚皮 Thick skin	椭圆、黄皮 Oval, yellow-skinned	51.29	中感 MS
科宝蜜一号 Kebaomi No. 1	厚皮 Thick skin	卵圆、黄绿、网纹 Ovate, yellowish green, netted	42.69	中抗 MR
口口甜 Koukoutian	厚皮 Thick skin	椭圆、浅绿、网纹 Oval, light green, netted	38.89	中抗 MR
蜜古丽 Miguili	厚皮 Thick skin	圆形、黄皮、网纹 Round, yellow-skinned, netted	20.30	抗病 R

表 6 （续）
Table 6 （Continued）

品种名称 Variety name	类型 Type	果皮性状 Peel trait	病情指数 Disease index	抗性评价 Resistance evaluation
银玉 3 号 Yinyu No. 3	厚皮 Thick skin	高圆、白皮、网纹 High round, white-skinned, netted	11.67	抗病 R
联创蜜 Lianchuangmi	薄皮 Thin skin	椭圆、黄绿、网纹 Oval, yellowish green, netted	11.52	抗病 R
创科蜜 35 号 Chuangkemi No. 35	厚皮 Thick skin	椭圆、黄绿、网纹 Oval, yellowish green, netted	8.56	高抗 HR
黄梦脆 Huangmengcui	厚皮 Thick skin	卵圆、黄皮、网纹 Ovate, yellow-skinned, netted	8.21	高抗 HR
巴西蜜瓜 Baximigua	厚皮 Thick skin	椭圆、绿皮、网纹 Oval, green-skinned, netted	6.30	高抗 HR
纳斯蜜 Nasimi	厚皮 Thick skin	椭圆、黄皮、网纹 Oval, yellow-skinned, netted	1.59	高抗 HR
斯穆拓（KR1222） Simutuo（KR1222）	厚皮 Thick skin	椭圆、墨绿、网纹 Oval, dark green, netted	1.57	高抗 HR
欧亚蜜 Ouyami	厚皮 Thick skin	高圆、墨绿、网纹 High round, dark green, netted	1.23	高抗 HR
黄香玉 Huangxiangyu	厚皮 Thick skin	椭圆、黄皮、网纹 Oval, yellow-skinned, netted	1.01	高抗 HR
世纪蜜 Shijimi	厚皮 Thick skin	椭圆、白皮、网纹 Oval, white-skinned, netted	0.41	高抗 HR
风味 5 号 Fengwei No. 5	厚皮 Thick skin	长卵形、白皮、网纹 Long ovate, white-skinned, netted	0.00	高抗 HR
新密 14 号（新红心脆） Xinmi No. 14（Xinhongxincui）	厚皮 Thick skin	长卵形、浅绿、网纹 Long ovate, light green, netted	0.00	高抗 HR
昆仑蜜 Kunlunmi	厚皮 Thick skin	椭圆、黄皮、网纹 Oval, yellow-skinned, netted	0.00	高抗 HR
俊秀（抗病对照） Junxiu（Resistant control）	厚皮 Thick skin	椭圆、黄绿、网纹 Oval, yellowish green, netted	0.00	高抗 HR
创科蜜 75 号 Chuangkemi No. 75	薄皮 Thin skin	椭圆、白皮（白兰瓜） Oval, white-skinned（Bailan melon）	0.00	高抗 HR
网纹白兰瓜 F_1 Wangwenbailangua F_1	厚皮 Thick skin	圆形、白皮、网纹 Round, white-skinned, netted	0.00	高抗 HR
创科蜜 31 号 F_1（新海蜜） Chuangkemi No. 31 F_1（Xinhaimi）	厚皮 Thick skin	椭圆、黄皮、网纹 Oval, yellow-skinned, netted	0.00	高抗 HR
创科蜜 37 号 F_1 Chuangkemi No. 37 F_1	厚皮 Thick skin	椭圆、墨绿、网纹 Oval, dark green, netted	0.00	高抗 HR
新方蜜 1 号 Xinfangmi No. 1	厚皮 Thick skin	椭圆、白皮（白兰瓜） Oval, white-skinned（Bailan melon）	0.00	高抗 HR
风味 4 号 Fengwei No. 4	厚皮 Thick skin	卵圆、浅黄、网纹 Ovate, light yellow, netted	0.00	高抗 HR
雪里红 Xuelihong	厚皮 Thick skin	椭圆、乳白色、网纹 Oval, milky white, netted	0.00	高抗 HR
黄皮 9818 Huangpi 9818	厚皮 Thick skin	椭圆、黄皮、网纹 Oval, yellow-skinned, netted	0.00	高抗 HR
黄花脆 Huanghuacui	厚皮 Thick skin	椭圆、黄绿、网纹 Oval, yellowish green, netted	0.00	高抗 HR
绿秀 Lüxiu	厚皮 Thick skin	短椭近圆、黑绿皮、网纹 Short elliptical to nearly round, dark green-skinned, netted	0.00	高抗 HR
喀甜抗 1 号 Katiankang No. 1	厚皮 Thick skin	椭圆、墨绿、网纹 Oval, dark green, netted	0.00	高抗 HR

区的甜瓜白粉病病原为苍耳单囊壳 *P. xanthii*，生理小种为 2France。

陈建军等[32]从 30 份厚皮甜瓜材料中筛选出对白粉病免疫的材料 2 份、高抗材料 3 份，均为网纹类型甜瓜。参考马鸿艳等[33]研究发现的“从厚皮甜瓜中筛选出来的抗白粉病资源比薄皮甜瓜多”这一结论，结合本研究和陈建军等[32]的研究结果，说明网纹型甜瓜中存在更为丰富的白粉病抗性种质资源。但两项研究所用的品种材料中网纹甜瓜品种远多于光皮甜瓜品种，因此不足以很好地证实以上结论，后续研究可收集相同或相近数量的网纹和光皮甜瓜品种开展进一步研究。

综上所述，笔者通过形态学观察和系统发育分析，确定 2023 年采集的新疆阿克苏地区的白粉病病原为苍耳单囊壳 *P. xanthii*，通过鉴别寄主的抗感反应将新疆阿克苏地区甜瓜白粉病菌株鉴定为生理小种 2France，并采用室内苗期喷雾接种法从 50 个甜瓜主栽品种中筛选出黄梦脆、纳斯蜜、斯穆拓（KR1222）等高抗品种 22 份（不含俊秀这一抗病对照品种）、蜜古丽等抗病品种 3 份，中抗品种 2 份。22 份高抗品种中 20 份为厚皮网纹型甜瓜，1 份为厚皮白兰瓜型，1 份为薄皮白兰瓜型。此外，本研究用于白粉病抗性评价的品种均为商品种，可直接为农户种植时提供参考，但因其为室内抗性评价结果，田间种植时受气候、环境等因素的影响，病害复杂多样，可进一步开展田间试验验证后再推广应用。

参考文献

[1] 林德佩.甜瓜（*Cucumis melo* L.）种下分类专论[J].中国瓜菜，2012，25（5）：42-46.

[2] 谢奇君，夏咏.中国农产品出口贸易潜力研究：以甜瓜为例[J].北方经贸，2024（12）：38-42.

[3] 袁瑞帆，王福红，夏咏.新疆西瓜甜瓜产业发展现状及对策建议[J].食品安全导刊，2024（29）：176-179.

[4] 翟文强，王豪杰，李俊华，等.新疆甜瓜（*Cucumis melo* L.）白粉病抗性育种研究[J].新疆农业科学，2011，48（9）：1602-1605.

[5] 崔浩楠，朱强龙，朱子成，等.甜瓜白粉病及其抗性分子遗传研究进展[J].中国瓜菜，2018，31（3）：1-7.

[6] Qiu P L，Qi X F，Li Y，et al. Epitypification and molecular confirmation of *Erysiphe cucurbitacearum* as a synonym of *Golovinomyces tabaci*[J]. Mycoscience，2020，61（1）：30-36.

[7] Vakalounakis D J，Klironomou E. Race and mating type identification of powdery mildew on cucurbits in Greece[J]. Plant Pathology，1995，44（6）：1033-1038.

[8] Braun U，Shin H D，Takamatsu S，et al. Phylogeny and taxonomy of *Golovinomyces orontii* revisited[J]. Mycological Progress，2019，18（3）：335-357.

[9] 彭冬秀，张若纬，武云鹏，等.甜瓜白粉病抗性遗传育种研究进展[J].农业科学，2019，9（7）：593-602.

[10] 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.

[11] 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.

[12] 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.

[13] 张慧君，张佩，吴乔歆，等.淮北地区甜瓜白粉病生理小种的鉴定[J].分子植物育种，2017，15（3）：1084-1089.

[14] 王晓敏，王禄星，宋建宇，等.宁夏西瓜、甜瓜白粉病病原菌鉴定及抗性种质资源筛选[J].甘肃农业大学学报，2021，56（5）：83-91.

[15] 袁悦，任俭，王转茸，等.武汉地区甜瓜白粉病病原菌生理小种鉴定[J].长江蔬菜，2022（22）：65-69.

[16] 徐兵划，汪国莲，仲秀娟，等.瓜类白粉病菌生理小种鉴定及抗白粉病甜瓜品种筛选[J].江苏农业科学，2022，50（23）：102-109.

[17] 张学军，季娟，翟文强，等.新疆地区厚皮甜瓜白粉病菌生理小种的鉴定[J].新疆农业科学，2013，50（8）：1450-1455.

[18] 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.

[19] 苏瑞，王惠林，高强，等.新疆部分地区籽用西瓜、甜瓜白粉病菌生理小种鉴定[J].中国蔬菜，2013（10）：90-94.

[20] 韩欢欢，谢冰.瓜类蔬菜抗白粉病育种研究现状及展望[J].中国瓜菜，2012，25（4）：43-48.

[21] 邱果，刘柳，李小梅，等.甜瓜抗枯萎病和白粉病育种研究进展[J].生物技术通报，2017，33（8）：14-19.

[22] 李健荣，刘媛，马景，等.设施甜瓜白粉病农药减量化防控效果研究[J].蔬菜，2024（7）：56-60.

[23] 王禄星，王晓敏，宋建宇，等.宁夏甜瓜白粉病室内苗期抗病性鉴定方法及抗性种质资源筛选[J].中国瓜菜，2020，33（8）：11-15.

[24] 刘露.新疆地方甜瓜种质资源遗传多样性分析及耐盐与抗病性鉴定[D].乌鲁木齐：新疆农业大学，2025.

[25] 康保珊，郝小苑，吴会杰，等.甜瓜抗白粉病的苗期鉴定[J].中国瓜菜，2022，35（11）：22-26.

[26] Walsh P S，Metzger D A，Higuchi R. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material[J]. Biotechniques，1991，10（4）：506-513.

[27] Hirata T，Takamatsu S. Nucleotide sequence diversity of rDNA internal transcribed spacers extracted from conidia and cleistothecia of several powdery mildew fungi[J]. Mycoscience，1996，37（3）：283-288.

[28] Bradshaw M，Tobin P C. Sequencing herbarium specimens of a common detrimental plant disease（powdery mildew）[J]. Phytopathology，2020，110（7）：1248-1254.

[29] T/ZJSDIA 0001－2024 甜瓜主要病害抗性鉴定与评价技术规程第 4 部分：甜瓜白粉病抗性鉴定与评价技术规程[S].

[30] 邓丽君.新疆吐鲁番地区甜瓜白粉病生理小种鉴定及抗性遗传分析[D].乌鲁木齐：新疆农业大学，2015.

[31] 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.

[32] 陈建军，王锋，陈积豪，等.甜瓜白粉病病原菌鉴定及抗病种质资源筛选[J].中国蔬菜，2024（3）：67-74.

[33] 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.