

# 甜瓜抗白粉病的苗期鉴定

康保珊, 郝小苑, 吴会杰, 彭斌, 刘莉铭, 古勤生

(中国农业科学院郑州果树研究所 郑州 450009)

**摘要:**为筛选快速高效的甜瓜白粉病苗期人工接种鉴定方法,选择6个甜瓜品种作为试材,围绕接种苗龄、接种液浓度、调查时间点3个重要因素设置试验处理,筛选周期短且结果稳定的试验组合,确定甜瓜苗期室内最佳的鉴定方法。结果显示,部分甜瓜品种子叶期接种的病情指数与真叶期相比差异显著,表明子叶期不适合甜瓜白粉病接种;2叶1心期和4叶1心期接种的病情指数之间差异不显著,因此为缩短鉴定周期,2叶1心期为最佳接种时期;通过设置不同接种浓度发现,当孢子浓度为 $10^4$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 时,感病品种接种后12d的病情指数无法达到感病级别,而当孢子浓度为 $10^7$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 时,供试品种的病情指数偏高,甜瓜白粉病菌适宜的接种浓度为 $10^5\sim 10^6$ 个孢子 $\cdot$ mL $^{-1}$ 。综上所述,甜瓜白粉病抗性鉴定的最佳接种条件为:植株在2叶1心期接种浓度为 $10^5$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 的孢子悬浮液并于接种后12d进行调查或接种浓度为 $10^6$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 的孢子悬浮液并于接种后8~12d调查,其结果可充分展示不同品种间的抗性差异。

**关键词:**甜瓜;白粉病;苗期;抗性

中图分类号:S652

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2022)11-022-05

## Identification method of resistance to powdery mildew in melon at seedling stage

KANG Baoshan, HAO Xiaoyuan, WU Huijie, PENG Bin, LIU Liming, GU Qinsheng

(Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, Henan, China)

**Abstract:** In order to determine the rapid and efficient inoculation methods for powdery mildew on melon seedlings, in this study, we used six varieties of melon (*Cucumis melo* L.) to analyze the effect of spore suspension concentration, seedling age, and investigation time on disease indexes (DIs) of melon powdery mildew (*Podosphaera xanthii*). The method with time-saving and stable results was determined to be the optimal identification method for melon at seedling stage. The results showed that the DIs of some melon varieties inoculated at the cotyledon stage were significantly different compared to that at the true leaf stage, indicating the cotyledon stage was not optimal for inoculation. Compared DIs at two true leaves stage and four true leaves stage, no significant difference was displayed. Therefore, two true leaves stage was considered as the best inoculation period to shorten the identification time. In the test of spore concentration, it was found the DIs of the susceptible varieties at 12 day post-inoculation (dpi) could not reach the susceptible level when inoculation using  $10^4$  spores  $\cdot$  mL $^{-1}$ . While the spore concentration was  $10^7$  spores  $\cdot$  mL $^{-1}$ , the DIs of the tested varieties were higher than other concentrations, maybe leading to a big deviation from the field resistance. The results indicated that the appropriate inoculation concentrations for powdery mildew of melon range from  $10^5$  to  $10^6$  spores  $\cdot$  mL $^{-1}$ . Taken together, the optimal inoculation conditions for the identification of melon powdery mildew resistance were determined as follows: at two true leaves stage the seedlings were inoculated with  $10^5$  spores  $\cdot$  mL $^{-1}$  and investigated at 12 day, or with  $10^6$  spores  $\cdot$  mL $^{-1}$  and investigated at 8-12 day. Under the conditions, the results can fully screen out the resistance among different varieties.

**Key words:** Melon; Powdery mildew; Seedling; Resistance

白粉病是甜瓜生产中一种重要的真菌性病害,从植株苗期到成熟期均可发生,但在中、后期危害严重,主要危害叶片,严重时亦可危害叶柄、茎蔓和

果实。白粉病发生初期在叶面产生白色粉斑,随后病斑迅速扩大连片,白粉层加厚,叶片逐渐萎黄干枯,植株光合效能减弱,严重影响果实产量和品

收稿日期:2022-06-10;修回日期:2022-09-27

基金项目:国家自然科学基金重点项目(U21A20229);财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系(CARS-25);中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP-2022-ZFRI-09);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(1610192022105)

作者简介:康保珊,女,副研究员,研究方向为葫芦科作物抗病性遗传。E-mail:kangbaoshan@caas.cn

通信作者:古勤生,男,研究员,研究方向为植物病理学。E-mail:guqinsheng@caas.cn

质。近年来,随着我国现代农业发展和产业结构转型升级,设施甜瓜种植面积不断扩大,其特有的高温、高湿环境条件,加剧白粉病的发生和危害。目前生产中防治该病害仍然过度依赖化学农药,而过量使用农药带来的药害、环境污染和抗药性等问题日益突出。因此,选育推广抗白粉病甜瓜品种显得尤为迫切。

抗病性鉴定是选育和推广抗病品种的关键步骤,鉴定结果受多种因素的影响,包括孢子悬浮液浓度、苗龄和调查时间等。田间接种鉴定不仅耗时长,而且环境条件变化大易导致重复性差、鉴定不准确等问题。目前大多数研究采用室内苗期喷雾法接种鉴定<sup>[1-4]</sup>,但接种的具体参数和细节不尽相同。首先接种苗龄不同,有文献报道甜瓜白粉病接种宜在子叶展开时进行<sup>[5-6]</sup>,但也有报道显示最佳接种时期为2叶1心期或4叶1心期<sup>[7-9]</sup>;其次,接种采用的孢子浓度不同,从 $10^3\sim 10^6$ 个 $\cdot\text{mL}^{-1}$ 均有报道<sup>[1,6,9-10]</sup>;鉴定方法的差异可能导致不同的鉴定结果。为此,笔者通过设置不同接种参数分析接种白粉病后甜瓜的病情指数,确定耗时短且结果稳定的鉴定方法,以期为培育抗白粉病的甜瓜新品种提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

试验于2021年9月至2022年5月在中国农业科学院郑州果树研究所进行。为筛选高效的接种方法,供试材料选用经前期试验确定具有抗性差异的6个甜瓜品种,其中白玫由新疆农业科学院哈密瓜研究中心惠赠;MJ21、SD4、SD6为F1代杂交种,MX-20、VP-20为自交种,均来自中国农业科学院郑州果树研究所。MX-20和VP-20分别为高感和高抗品种,其他4个品种抗性依次为SD4>SD6>白玫≈MJ21。

供试白粉病病原菌:采集于中国农业科学院郑州果树研究所试验基地大棚内具有典型白粉病病斑的甜瓜病叶,分离物经形态学鉴定确认为单囊壳白粉菌(*Podosphaera xanthii*)后,接种于健康的甜瓜品种MX-20上进行繁殖,新长出的孢子作为接种用病原体;病原菌采用活体保存,病株置于光照培养箱中生长。

### 1.2 处 理 方 法

供试甜瓜品种催芽后,播种于装有灭菌土的营养钵中,于23~27℃培养室条件下生长,常规管理,

待幼苗生长到接种所需时期后转移到培养箱中待用。

将白粉病病菌孢子收集到含0.05%( $\varphi$ )吐温20的无菌水中,充分震荡,取少量稀释一定倍数后用血球计数板镜检计数,确定原始孢子悬浮液浓度,在此基础上进行10倍梯度稀释,分别制成不同浓度梯度的孢子悬浮液,采用喷雾接种法均匀喷洒到幼苗叶片上,放置于人工气候箱中黑暗培养24h,培养条件:25℃,湿度75%;之后置于培养箱中,培养条件:23℃黑暗10h,26℃光照14h,湿度65%;待植株发病后统计病情指数。

不同接菌时期试验于2021年进行,供试品种为SD4、SD6、白玫和MX-20;设3个接种时期:子叶期、2叶1心期、4叶1心期。确定最佳接种时期后于2022年进行不同接种浓度试验,供试品种为VP-20、SD4、MJ21和MX-20,设置4个孢子悬浮液浓度,分别为 $10^7$ 、 $10^6$ 、 $10^5$ 、 $10^4$ 个 $\cdot\text{mL}^{-1}$ 。采用单因素分析方法,即分析接种时期时采用 $10^5$ 个 $\cdot\text{mL}^{-1}$ 喷施,于接种后12d调查病情指数;分析孢子悬浮液浓度时在2叶1心期喷施,分别于接种后8d和12d调查病情指数。每个处理12株,3次重复。

### 1.3 病 情 分 级 及 抗 性 评 价

病情分级及抗性评价标准参考文献<sup>[11]</sup>及国家行业标准《黄瓜主要病害抗病性鉴定技术规程第2部分:黄瓜抗白粉病鉴定技术规程》(NY/T 1857.2—2010)<sup>[12]</sup>中的方法进行。具体如下:以幼苗叶片出现病斑为感病指标,从叶片出现症状时开始统计。调查每个单株叶片病情级别,按照以下标准进行分级:0级,叶片无病症;1级,叶片病斑小且少,占叶片总面积的1/3以下;2级,白粉病斑较明显,发病叶病斑面积占叶片总面积的1/3~2/3;3级,白粉状病斑连片为较大的病斑,发病叶病斑面积占叶片总面积的2/3以上;4级,白粉层浓厚,叶片病斑开始黄化;5级,叶片病斑变褐干枯,或病叶枯死。病情指数按照下面公式计算:

$$\text{病情指数(DI)} = \frac{\sum(\text{各级病叶数} \times \text{该级代表值})}{\text{调查总叶数} \times \text{最高级数}} \times 100。$$

抗性评价标准如下:免疫(I)DI=0;高抗(HR)0<DI≤15;抗病(R)15<DI≤35;中抗(MR)35<DI≤55;感病(S)55<DI≤75;高感(HS)DI>75。

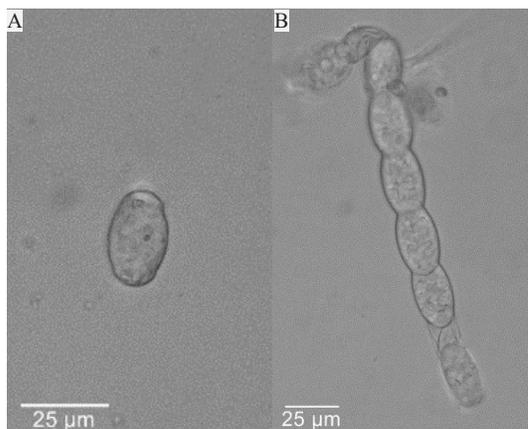
### 1.4 数 据 分 析

利用SPSS 16.0软件对试验数据进行单因素方差分析,采用Duncan's新复极差法检验差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 白粉病病原菌镜检观察

收集白粉病孢子后取少量在显微镜下观察,镜检结果显示分生孢子均为椭圆形、单胞,串生呈念珠状,且具有纤维状体(图 1-A,B),根据其分生孢子形态及内部含有发达的纤维状体等特征初步确定笔者采集的白粉病菌为单囊壳属单囊壳白粉菌(*P. xanthii*)。



注:A. 椭圆形分生孢子;B. 串生孢子。

图 1 白粉病菌孢子

### 2.2 接种时期对甜瓜品种病情指数的影响

调查结果显示,叶片最早开始出现白粉状病斑的时间是接种后 7~8 d,3 个接种时期无明显差异。由表 1 可知,4 个品种在 2 叶 1 心期接种的病情指数与 4 叶 1 心期相比较,病情指数差异均不显著;除 SD4 外,其他 3 个品种在子叶期接种的病情指数与真叶期呈显著差异。说明子叶期接种鉴定容易产生较大误差,造成抗性评价不准确,而相比 2 叶 1 心期,植株生长到 4 叶期需要更长的时间和更大的空间,因此,确定 2 叶 1 心期为甜瓜幼苗接种鉴定的最佳时期。

表 1 甜瓜接种白粉病 12 d 后的病情指数

接种时期	SD4	SD6	MX-20	白玫
子叶期	25.40±6.49 a	53.88±3.42 a	38.23±3.11 b	33.81±5.36 b
2 叶 1 心期	30.25±2.20 a	43.08±3.67 b	75.15±1.71 a	58.83±0.82 a
4 叶 1 心期	26.85±2.49 a	43.69±2.97 b	73.15±3.15 a	60.39±4.71 a

注:同列数字后不同字母表示同一品种不同接种期的病情指数在 0.05 水平差异显著。

### 2.3 孢子浓度对甜瓜品种病情指数的影响

由表 2 和图 2 可以看出,孢子浓度为  $10^4$  个·mL<sup>-1</sup>

表 2 不同孢子浓度接种甜瓜后的病情指数

孢子浓度/ (个·mL <sup>-1</sup> )	调查时间/d	品种			
		VP-20	SD4	MX-20	MJ21
$10^4$	8	0	0	0	0
	12	0	0	32.23±4.61 d(R)	20.70±1.81 d(R)
$10^5$	8	0	0	38.20±1.59 d(MR)	23.93±1.37 d(R)
	12	4.63±0.75 a(HR)	30.25±2.20 c(R)	75.15±1.71 c(HS)	67.76±4.78 bc(S)
$10^6$	8	4.73±1.46 a(HR)	19.52±2.23 d(R)	75.16±2.57 c(HS)	60.20±2.98 c(S)
	12	5.53±0.57 a(HR)	34.33±1.67 bc(R)	89.36±3.14 a(HS)	71.63±3.45 b(S)
$10^7$	8	4.60±0.90 a(HR)	38.96±2.83 b(MR)	82.50±4.01 b(HS)	67.43±5.62 bc(S)
	12	7.30±1.37 a(HR)	46.10±4.71 a(MR)	92.83±1.94 a(HS)	81.70±2.72 a(HS)

注:同列数字后不同小写字母表示同一品种不同孢子浓度下的病情指数在 0.05 水平差异显著;HR:高抗;R:抗病;MR:中抗;S:感病;HS:高感。



图 2 甜瓜品种接种白粉病菌 *P. xanthii*(孢子浓度为  $10^5$  个·mL<sup>-1</sup>, 8 d)发病情况

时,4个品种只有MX-20和MJ21在接种后12d出现白粉状病斑,且病情指数均小于35,未达到感病级别;孢子浓度为 $10^5$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 时,4个品种中MX-20和MJ21在接种后8d的病情指数分别为38.20和23.93,到接种12d时病情发展变缓,病情指数分别为75.15和67.76,VP-20和SD4在接种后8d时均无明显的发病症状,到接种后12d时的病情指数分别为4.63和30.25,此时4个品种表现出不同的抗性差异;孢子浓度为 $10^6$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 时,4个品种在接种后8d和12d的抗性等级均在同一等级,但品种间抗性存在差异;孢子浓度为 $10^7$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 时,除MJ21外,其他3个品种在接种后8d和12d的病情指数也显示为同一抗性等级。另外,除SD4外,同一个品种接种浓度为 $10^5$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 、接种后12d的病情指数与浓度为 $10^6$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 、接种后8d的病情指数差异不显著,抗性等级相同。上述结果表明,有效接种的孢子浓度须高于 $10^4$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ ;随着孢子浓度增大,病情发展速度加快,鉴定周期缩短;试验结果显示,孢子浓度为 $10^7$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 时,病情发展迅速,接种8d时感病品种MX-20病情指数已达到82.50,对于抗病(R)或中抗(MR)品种(如SD4)容易出现病情指数偏高、抗病性偏差的结果;孢子浓度为 $10^5\sim 10^6$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 时,病情发展速度适中,品种间抗性存在差异,因此确定孢子浓度为 $10^5$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 、接种后12d调查或孢子浓度为 $10^6$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 、接种后8~12d调查为合适的接种鉴定条件。

### 3 讨论

白粉菌是一种专性寄生菌,只能在活体寄主上存活,目前的研究表明子囊菌亚门下有3个属6个种的真菌均可引起葫芦科植物白粉病,在我国致使葫芦科作物发病的主要是单囊壳属单囊壳白粉菌(*P. xanthii*)和白粉菌属二孢白粉菌(*Golovinomyces cichoracearum*)<sup>[13-16]</sup>。这两种白粉病菌产生所需要的环境条件不同,相对高温高湿的条件下白粉病的发生主要由单囊壳白粉菌引起,在相对干燥的条件下白粉病多由二孢白粉菌引起,目前大多数研究鉴定的白粉病菌均属于单囊壳白粉菌,笔者采集的白粉病菌经鉴定也属于单囊壳白粉菌,与赵光伟等<sup>[17]</sup>的鉴定结果一致。报道显示其分生孢子萌发的最适条件为温度25℃,相对湿度100%<sup>[18]</sup>。然而笔者在繁殖白粉病菌时观察到当相对湿度达到100%时,叶片产生露水,此时叶片上白粉状病斑扩展缓慢,白粉病菌产孢减少。于静等<sup>[19]</sup>在研究茄白粉菌

的生物学特性时也发现分生孢子一旦浸在水滴中就不再萌发。前人研究表明充足的氧气对于孢子的萌发至关重要,当环境湿度过大导致叶片表面有凝结水时,孢子周围氧气减少即可能导致孢子不萌发,影响最终鉴定结果<sup>[18-19]</sup>。

白粉病抗性鉴定的相关文献中有选择在子叶期进行接种鉴定的<sup>[2,5,20]</sup>,主要是因为子叶期接种耗时短,占用空间小,操作方便。但在笔者的研究中发现子叶期接种鉴定结果相比真叶期有显著差异,如甜瓜品种白玫子叶期接种病情指数是33.81,表现为抗病,但真叶期接种病情指数可达到58.83~60.39,表现为感病,说明子叶和真叶的抗性存在差异。臧全宇等<sup>[7]</sup>研究指出某些甜瓜材料在子叶期抗性会增强;Ben-Naim等<sup>[21]</sup>研究西瓜白粉病抗性时发现子叶期与真叶期抗性的差异是由于抗性基因的不同,子叶期抗性受1对不完全显性基因控制,而真叶期抗性是由3对互补的不完全显性基因控制。另外,光合效率也是影响植株抗性的一个重要因素,甜瓜子叶的光合效率显著低于真叶,产生抗性物质的速率和含量与真叶差异较大,这可能也是造成子叶与真叶抗性鉴定结果差异的一个重要原因<sup>[22-24]</sup>。王禄星等<sup>[9]</sup>认为苗龄为4叶1心期是接种的最佳时期,笔者的研究结果表明,4叶1心期和2叶1心期接种结果差异不显著,而且相比4叶1心期,在2叶1心期接种鉴定周期缩短,效率提高,是最佳接种时期,这与张若伟等<sup>[8]</sup>的研究结果一致。

孢子浓度是影响病情指数的一个重要因素。笔者的研究结果表明,当孢子悬浮液浓度低于 $10^5$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 时,植株不发病或病情发展缓慢,病情指数偏低。王迪等<sup>[25]</sup>报道,当接种孢子浓度为 $10^4$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 时,甜瓜发病率仅为48%,表明甜瓜白粉病的有效接种浓度须高于 $10^4$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 。另外,笔者的研究结果表明,当孢子浓度达到 $10^7$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 时,植株发病迅速,病情指数偏高,抗病品种表现为中抗,因此孢子浓度过低或过高都可能对品种真实抗性水平的影响产生较大差异。目前多数文献报道采用的孢子浓度为 $10^5$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ ,笔者研究发现,当孢子浓度为 $10^6$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 时,植株发病相对较快,接种后8d即可进行统计调查,但需菌量相对 $10^5$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ 较大。因此,在鉴定时可根据实际情况选择孢子浓度及相应的调查时间。

总之,快速高效的接种鉴定方法可提高抗性种质筛选、抗性品种选育的效率,笔者筛选出的接种条件对于其他葫芦科作物的抗性鉴定具有一定的

参考价值。

## 4 结 论

利用喷雾接种法鉴定甜瓜苗期白粉病抗性的最佳条件为:植株在2叶1心期接种浓度为 $10^5$ 个 $\cdot\text{mL}^{-1}$ 的孢子悬浮液并于接种后12 d调查,或接种浓度为 $10^6$ 个 $\cdot\text{mL}^{-1}$ 的孢子悬浮液并于接种后8~12 d调查,其结果可表现不同品种间的抗性差异。

### 参考文献

- [1] LI B, ZHAO Y L, ZHU Q L, et al. Mapping of powdery mildew resistance genes in melon (*Cucumis melo* L.) by bulked segregant analysis[J]. *Scientia Horticulturae*, 2017, 220: 160-167.
- [2] 刘柳, 南宇航, 沙彤芸, 等. 西瓜种质资源对枯萎病和白粉病的抗性评价[J]. *北方园艺*, 2018(11): 43-49.
- [3] CAO Y, DIAO Q, CHEN Y, et al. Development of KASP markers and identification of a QTL underlying powdery mildew resistance in melon (*Cucumis melo* L.) by bulked segregant analysis and RNA-Seq[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2021, 11: 593207.
- [4] 高启帆, 孙敬贤, 王刚, 等. 黄瓜白粉病菌在不同抗性黄瓜材料上的侵染过程[J]. *植物保护*, 2021, 47(2): 28-36.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 臧全宇, 汪炳良, 王毓洪, 等. 甜瓜白粉病苗期鉴定方法研究[C]//纪念全国西瓜甜瓜科研与生产协作50周年暨第12次全国西瓜甜瓜学术研讨会论文摘要集, 河南开封: 中国园艺学会, 2009: 170.
- [8] 张若纬, 彭冬秀, 武云鹏, 等. 甜瓜白粉病苗期抗病性鉴定方法[J]. *中国瓜菜*, 2017, 30(2): 25-26.
- [9] 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.
- [10] LIU L Z, CHEN Y Y, SU Z H, et al. A sequence-amplified characterized region marker for a single, dominant gene in melon pi 134198 that confers resistance to a unique race of *Podosphaera xanthii* in China[J]. *Hortscience*, 2010, 45(9): 1407-1410.
- [11] 周凤珍, 王永健. 黄瓜白粉病抗病鉴定方法的研究[J]. *蔬菜*, 1987(1): 10-11.
- [12] 中华人民共和国农业部 黄瓜主要病害抗病性鉴定技术规程第2部分: 黄瓜抗白粉病鉴定技术规程: NY/T 1857.2—2010[S]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [13] 吕元佐, 崔浩楠, 朱强龙, 等. 甜瓜白粉病不同生理小种发病环境条件分析[J]. *北方园艺*, 2018(16): 35-40.
- [14] 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.
- [15] 王艳, 李良友, 张海燕. 吐鲁番春秋季哈密瓜白粉病菌生理小种的鉴定[J]. *甘肃农业科技*, 2018, 50(9): 45-48.
- [16] 丁卓, 崔浩楠, 高鹏. 葫芦白粉病病原菌观察及系统进化分析[J]. *西北农业学报*, 2021, 30(4): 610-617.
- [17] 赵光伟, 徐志红, 徐永阳, 等. 郑州地区甜瓜白粉病菌生理小种鉴定[J]. *中国瓜菜*, 2012, 25(6): 13-15.
- [18] 邹凯茜, 田丽波, 商桑, 等. 不同培养条件对苦瓜白粉病菌分生孢子萌发的影响[J]. *南方农业学报*, 2020, 51(3): 571-578.
- [19] 于静, 梁晨, 邢荷荷. 茄白粉病菌的生物学特性[J]. *沈阳农业大学学报*, 2014, 45(4): 473-477.
- [20] 张成花, 林涛, 李菊芬, 等. 甜瓜白粉病病原鉴定及苗期抗性鉴定[J]. *中国瓜菜*, 2012, 25(2): 11-14.
- [21] BEN-NAIM Y, COHEN Y. Inheritance of resistance to powdery mildew race 1W in watermelon[J]. *Phytopathology*, 2015, 105(11): 1446-1457.
- [22] 王虹. 光质对黄瓜幼苗光合效率和白粉病抗性的调控机理[D]. 杭州: 浙江大学, 2009.
- [23] 陈年来, 李浩霞. 甜瓜不同基因型子叶与真叶光合特性的比较[J]. *中国西瓜甜瓜*, 2004, 17(1): 1-4.
- [24] 陈健, 侯昕. 拟南芥子叶与真叶差异基因的生物信息分析[J]. *分子植物育种*, 2019, 17(12): 3894-3901.
- [25] 王迪, 田丽美, 李德泽, 等. 甜瓜白粉病苗期接种方法和接种浓度的研究[J]. *北方园艺*, 2010(11): 185-186.