

番茄白粉病室内苗期抗病性鉴定方法研究及种质资源抗病性评价

李小红¹, 赵雯¹, 周鹏泽¹, 周雪荣², 马雪静¹, 杨雯雯¹, 田飞燕¹, 王晓敏^{1,3,4,5}

(1. 宁夏大学农学院 银川 750021; 2. 澳大利亚联邦科工组织 澳大利亚堪培拉 2600 3. 宁夏现代设施园艺工程技术研究中心 银川 750021; 4. 宁夏优势特色作物现代分子育种重点实验室 银川 750021; 5. 宁夏设施园艺(宁夏大学)技术创新中心 银川 750021)

摘要: 为了筛选番茄白粉病室内苗期最适的抗病性鉴定方法, 并利用该方法对 30 份番茄种质进行抗病性评价, 以常温保存和新鲜孢子作对照, 通过设置不同的保存方法(低温保存法、甘油保存法和二甲基亚砜保存法)比较孢子萌发率、病情指数, 筛选最佳的保存条件; 采用四因素三水平正交试验设计, 对比发病率和病情指数。结果表明, 除新鲜孢子外, 4 °C 条件下保存 30、60、90 d 后孢子萌发率和病情指数分别为 44.20%、22.50; 39.60%、22.00; 27.50%、16.30, 在相应保存时间下均高于其他方法。(处理 5)4 叶期, 孢子浓度为 1×10^6 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$, 刷叶法, 保湿 24 h 条件下的发病率和病情指数分别是 76.45%、46.06, 高于其他处理; 筛选出抗病材料 16 份。最终得出 4 °C 是最佳的白粉菌保存条件; 4 叶期, 孢子浓度为 1×10^6 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$, 刷叶法, 保湿 24 h 是最佳的番茄白粉病室内苗期抗病性鉴定条件, 最抗病的番茄材料是 62850-1。

关键词: 番茄; 白粉病; 抗性鉴定; 种质资源

中图分类号: S641.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)11-080-06

Indoor seedling identification method research of tomato resistance topowdery mildew and disease resistance evaluation of its germplasm resources

LI Xiaohong¹, ZHAO Wen¹, ZHOU Pengze¹, ZHOU Xuerong², MA Xuejing¹, YANG Wenwen¹, TIAN Feiyan¹, WANG Xiaomin^{1,3,4,5}

(1. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, Ningxia, China; 2. Federal Science and Engineering Organization of Australia, Canberra 2600, Australia; 3. Ningxia Modern Facility Horticulture Engineering Technology Research Center, Yinchuan 750021, Ningxia, China; 4. Key Laboratory of Modern Molecular Breeding for Dominant and Special Crops in Ningxia, Yinchuan 750021, Ningxia, China; 5. Ningxia Facility Horticulture (Ningxia University) Technology Innovation Center, Yinchuan 750021, Ningxia, China)

Abstract: The identification method of indoor disease resistance at seedling stage of powdery mildew in tomato was screened, and by this method, the resistance of 30 tomato germplasms were evaluated. In this study, room temperature preservation and fresh spores were used as control, and different preservation methods were set: low temperature preservation, glycerol preservation and dimethyl sulfoxide preservation. The spore germination rate and disease index were compared to screen the best preservation conditions. Four-factor and three-level orthogonal design was used to compare the incidence and disease index. The results showed that in addition to CK2, after preservation (30, 60, 90 d) at 4 °C, the spore germination rate and disease index were 44.20% and 22.50, 39.60% and 22.00, 27.50% and 16.30, which were higher than other methods. The incidence rate and disease index of treatment 5 that was in four-leaf stage, the spore concentration was 1×10^6 spores $\cdot \text{mL}^{-1}$, using brushing method and under 24 h moisturizing condition, were 76.45% and 46.06 respectively,

收稿日期: 2022-04-02; 修回日期: 2022-07-08

基金项目: 宁夏回族自治区区级大学生创新创业训练计划项目(Q2020107490059); 国家自然科学基金项目(31860561); 宁夏大学园艺国家一流本科专业建设项目(2020); 宁夏回族自治区农业特色优势产业育种专项“瓜菜种质资源创新与新品种选育(2020—2024)”(NXNYYZ20200101)

作者简介: 李小红, 男, 在读本科生, 研究方向为蔬菜生物技术与遗传育种。E-mail: 1562959552@qq.com

通信作者: 王晓敏, 女, 副教授, 研究方向为蔬菜生物技术与遗传育种。E-mail: wangxiaomin_1981@163.com

which were higher than other treatments. 16 resistant materials were screened. The results showed that 4 °C was the best preservation condition for powdery mildew; Four-leaf stages, spore concentration is 1×10^6 spores \cdot mL⁻¹, using leaf brushing method, moisturizing 24 h were the best condition for indoor seedling resistance identification method of tomato powdery mildew, the most resistant tomato material was 62850-1.

Key words: Tomato; Powdery mildew; Resistance identification; Germplasm resource

番茄白粉病(Tomato powdery mildew)是番茄生产中一种危害非常严重的世界性真菌病害,已成为制约番茄绿色生产的主要障碍^[1]。该病害在我国最早发生于台湾省,近年来我国辽宁、新疆、河南、台湾等地相继报道了该病害的发生^[2-4]。随着宁夏地区番茄产业规模化效益显著、种植面积的不断扩大,在露地和设施栽培中,番茄白粉病危害越来越严重^[5]。白粉病主要发生在番茄生长的中、后期,病原菌会通过侵染叶片,导致叶片布满白色病斑,甚至枯萎,使番茄光合作用受到严重影响,对番茄果实的品质和产量有很大影响,可造成番茄产量下降30%~50%,严重时甚至绝产^[6-10]。

我国已经报道能够引起番茄白粉病的病原菌主要有蓼白粉菌(*Erysiphe polygoni* DC)、鞞鞞内丝白粉菌(*Leveillula taurica*)和新番茄粉孢菌(*Oidium neolycopersici* L. Kiss),属于子囊菌亚门真菌,专性寄生菌,用培养基无法培养保存^[11-13]。保存番茄白粉病病原菌主要有活体保存、叶片生根保存和离体叶片保存等方法,活体保存法保存时间最长为80 d,需要注意隔离保存^[14]。已报道对黄瓜白粉菌保存方法^[15]最好的是二甲基亚砷保存,保存90 d后病情指数为32.8%,且该方法能纯化保存病原菌。因此,借鉴黄瓜白粉菌的保存方法对番茄白粉菌的保存方法进行研究,旨在为番茄白粉菌的保存提供

最佳的保存条件。

可靠的抗病性鉴定方法是抗病育种的基础。郑坤^[14]系统地研究了番茄白粉病苗期抗病性鉴定的苗龄、孢子悬浮液浓度、接种方法,却没有考虑接种后保湿时间这一因素,且保湿时间是孢子萌发的重要因素,所以上述方法不是番茄白粉病抗病性鉴定的最佳方法。笔者拟通过对番茄白粉菌不同保存方法的研究,筛选出最佳的保存方法。采用四因素三水平L₉(3⁴)正交试验设计,筛选出最佳的番茄白粉病室内苗期抗病性鉴定方法,通过该方法对30份番茄种质资源进行室内苗期白粉病抗性评价,为有效开展番茄白粉病防治与白粉病抗病育种提供依据和参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料 番茄白粉菌材料:选取宁夏银川地区新番茄粉孢菌,配制成约 1×10^6 个 \cdot mL⁻¹孢子悬浮液,用刷叶法接种到健康的感病品种 Moneymaker (MM)上扩繁,并隔离保存。番茄品种:感病品种 MM 用于抗病性鉴定方法研究。番茄种质资源:由宁夏大学农学院蔬菜课题组与宁夏巨丰种苗有限责任公司共同收集的30份番茄种质资源,用于种质资源抗病性评价。种质资源信息详见表1。

表1 30份番茄种质资源信息

序号	材料编号	纯合度	来源	类型	序号	材料编号	纯合度	来源	类型
1	62615-1	纯合	千禧分离后代	无限、粉果、小	16	63102-1	纯合	天正 1567 分离后代	无限、红果、大
2	62640-1	纯合	釜山 88 分离后代	无限、粉果、中	17	62758-1	纯合	不详	无限、红果、小
3	62767-1	纯合	倍盈分离后代	无限、红果、小	18	62765-1	纯合	不详	无限、红果、中
4	D6220G-1	纯合	欧盾分离后代	无限、粉果、小	19	62764-1	纯合	不详	无限、红果、小
5	62579-1	纯合	不详	无限、红果、大	20	62763-1	纯合	不详	无限、红果、中
6	62756-1	纯合	不详	无限、红果、小	21	62760-1	杂合	不详	无限、红果、小
7	62755-1	纯合	不详	无限、红果、小	22	63191-1	杂合	粉霸分离后代	无限、粉果、小
8	62613-1	纯合	不详	无限、粉果、小	23	61972-7-1-3-16	杂合	海泽拉伊亚分离后代	无限、红果、中
9	62612-1	纯合	圣桃 6 号分离后代	无限、粉果、小	24	62736-1	纯合	不详	无限、粉果、小
10	62890-1	纯合	不详	无限、红果、小	25	62749-1	纯合	不详	无限、红果、大
11	62865-1	纯合	不详	无限、粉果、小	26	62754-1	纯合	不详	无限、红果、中
12	62850-1	纯合	不详	无限、红果、中	27	62752-1	纯合	不详	无限、红果、中
13	62828-1	纯合	不详	无限、粉果、小	28	63052-1	纯合	不详	无限、红果、小
14	62569-1	杂合	不详	无限、粉果、小	29	63022-1	纯合	4224 分离后代	无限、粉果、小
15	63187-1	纯合	圣尼斯 7845 分离后代	无限、红果、大	30	63014-1	纯合	不详	无限、红果、大

1.1.2 仪器 奥林巴斯 SC180 光学显微镜、血球计数板、5 mL 离心管、150 mL 喷壶、培养皿、载玻片。

1.2 方法

1.2.1 白粉菌保存条件筛选 于2021年9月在宁夏大学科技楼705室采用低温保存法、甘油保存法和二甲基亚砷保存法对番茄白粉病菌进行保存,分别于不同时期(30、60、90 d)测定孢子的萌发率及病情指数,从而筛选出最佳的菌种保存条件。

低温保存法:将干燥的孢子取等量分别装入无菌离心管中,放置到不同温度(4、-20、-80 °C)下进行菌种保存。甘油保存法:将干燥的孢子装入干燥且无菌的离心管中并加入甘油至孢子完全浸没,将孢子混合液置于-20 °C放置24 h,再放入-80 °C低温冰箱中保存。二甲基亚砷保存法:将干燥的孢子装入干燥且无菌离心管中并加入10%蔗糖(φ,后同)+12%甘油+7%二甲基亚砷+8%脱脂牛乳的混合液至孢子完全浸没,将孢子混合液置于不同温度(-20 °C、-20 °C放置24 h后转至-80 °C、-80 °C)下进行菌种保存。分别以室温保存和新鲜番茄白粉菌分生孢子的萌发率和病情指数为参照(CK1、CK2),采用水琼脂平板法^[16]测定孢子的萌发率,接种后调查发病情况,计算病情指数,从而筛选出最佳的菌种保存条件。萌发率/%=已萌发孢子数/观察孢子数×100,病情指数(DI)=Σ(各级病叶数×各级代表值)/(调查总叶数×最高级代表值)×100^[17]。

1.2.2 番茄白粉病室内苗期抗病性鉴定方法正交试验 2021年10月在宁夏大学试验农场育苗温室将试验材料MM播种到98孔穴盘,待幼苗生长至2叶1心,移至育苗钵(18 cm×15 cm×13 cm)继续缓苗,待幼苗长至3、4、5叶期进行人工接种。采用完全随机试验设计,采用四因素三水平L₃(3⁴)的正交试验设计对番茄苗龄(A)、孢子悬浮液浓度(B)、接种方法(C)及保湿时间(D)4个因素,进一步优化番茄白粉病室内苗期抗病性鉴定方法。每个处理3次重复,每次重复种3株番茄,试验小区面积为6.2 m²,株距为18 cm,行距为38 cm。设计因素与水平详见(表2、表3)。

表2 番茄白粉病室内苗期抗病性鉴定试验因素与水平

因素	水平		
	1	2	3
A 苗期	3 叶期	4 叶期	5 叶期
B 孢子悬浮液浓度/(个·mL ⁻¹)	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷
C 接种方法	摩擦法	喷雾法	刷叶法
D 保湿时间/h	12	24	36

表3 番茄白粉病室内苗期抗病性鉴定试验正交设计

处理	A 苗期	B 孢子悬浮液浓度/(个·mL ⁻¹)	C 接种方法	D 保湿时间/h
1	3 叶期	10 ⁵	摩擦法	36
2	3 叶期	10 ⁶	喷雾法	12
3	3 叶期	10 ⁷	刷叶法	24
4	4 叶期	10 ⁵	喷雾法	12
5	4 叶期	10 ⁶	刷叶法	24
6	4 叶期	10 ⁷	摩擦法	36
7	5 叶期	10 ⁵	刷叶法	24
8	5 叶期	10 ⁶	摩擦法	36
9	5 叶期	10 ⁷	喷雾法	12

接种后观察发病情况,25 d 后病害充分发生并稳定,调查发病率和病情指数:发病率/%=发病叶片数/调查总叶片数×100,病情指数(DI)=Σ(各级病叶数×各级代表值)/(调查总叶数×最高级代表值)×100^[18]。分级标准参照郑坤^[14]的报道,具体如下:0级,不发病;1级,叶片有粉斑,茎秆、叶柄无病斑;2级,叶片有粉斑,叶柄病斑≤5%,茎秆上无病斑;3级,叶片有粉斑,5%<叶柄病斑≤30%,茎秆上无病斑;4级,叶片有粉斑,叶柄病斑大于30%,茎秆上有病斑。

1.2.3 番茄种质资源室内苗期白粉病抗病性评价 选用1.2.2中最优的抗病性鉴定方法,在2021年12月对30份番茄种质资源进行了抗病性鉴定分析,采用完全随机试验设计,25 d 后调查发病率及病情指数。

抗病性划分标准如下^[13]:免疫(I),病情指数为0;抗病(R),病情指数在20.00以下;中抗(MR),病情指数在20.01~40.00;感病(S),病情指数在40.01~60.00;极感病(ES),病情指数在60.00以上。

1.3 数据处理

采用 Excel 2010 进行数据整理,采用 SPSS 20 软件对试验数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 番茄白粉病病原菌保存方法研究

由表4可见,处理1在30 d时的病情指数与处理2无显著差异,与其他处理的孢子萌发率和病情指数均存在显著差异。处理1在60 d时孢子萌发率和病情指数与其他8个处理均有显著差异,处理1在90 d时与处理6无显著差异,与其他7个处理均有显著差异。处理1低温保存法,保存条件4 °C,在30 d时,孢子萌发率和病情指数分别为44.20%和22.50;60 d时,孢子萌发率和病情指数为

表4 番茄白粉菌不同保存方法研究

保存时间/d	处理	保存方法	保存温度/°C	孢子萌发率/%	病情指数
30	1	低温保存法	4	44.20±0.56 b	22.50±0.56 b
	2	低温保存法	-20	32.40±1.04 c	19.60±1.01 bc
	3	低温保存法	-80	22.60±1.21 d	11.40±0.90 de
	4	甘油保存法	-20(24 h)转-80	16.20±1.08 e	5.80±0.65 f
	5	二甲基亚砷保存法	-20	25.50±0.64 d	13.30±1.05 d
	6	二甲基亚砷保存法	-20(24 h)转-80	35.70±1.20 c	17.40±0.86 c
	7	二甲基亚砷保存法	-80	15.40±0.95 e	5.60±0.55 f
	8	CK1	25	15.30±0.70 e	8.80±0.78 ef
	9	CK2		60.70±2.27 a	36.50±2.46 a
60	1	低温保存法	4	39.60±1.70 b	22.00±0.82 b
	2	低温保存法	-20	30.50±1.03 c	18.50±1.17 c
	3	低温保存法	-80	18.43±1.11 de	10.60±0.87 ef
	4	甘油保存法	-20(24 h)转-80	15.70±1.21 e	8.10±0.68 fg
	5	二甲基亚砷保存法	-20	20.10±1.16 d	13.40±0.57 de
	6	二甲基亚砷保存法	-20(24 h)转-80	27.20±0.76 c	15.80±1.14 cd
	7	二甲基亚砷保存法	-80	10.50±0.64 f	5.10±0.55 g
	8	CK1	25	8.20±1.00 f	5.30±0.44 g
	9	CK2		60.70±0.27 a	36.50±2.46 a
90	1	低温保存法	4	27.50±1.59 b	16.30±1.13 b
	2	低温保存法	-20	19.60±0.78 c	12.50±0.46 cd
	3	低温保存法	-80	10.40±0.91 e	8.10±0.64 e
	4	甘油保存法	-20(24 h)转-80	12.30±1.32 de	8.60±0.51 e
	5	二甲基亚砷保存法	-20	14.70±0.72 d	10.60±1.10 de
	6	二甲基亚砷保存法	-20(24 h)转-80	24.60±1.51 b	14.40±1.30 bc
	7	二甲基亚砷保存法	-80	6.50±0.46 f	3.40±0.40 f
	8	CK1	25	0.00±0.00 g	0.00±0.00 g
	9	CK2		60.70±0.27 a	60.70±0.27 a

注:表中同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,下同。CK1 为室温保存的番茄白粉菌;CK2 为新鲜番茄白粉菌。

39.60%和 22.00;90 d 时,孢子萌发率和病情指数为 27.50%和 16.30。处理 1 在对应的时间内,孢子的萌发率和病情指数均高于除 CK2 外的其他 7 个处理。表明低温保存法保存温度为 4 °C是番茄白粉菌的最佳保存条件。

2.2 番茄白粉病室内苗期抗病性鉴定方法筛选

由表 5 可以看出,在不同接种方法处理 25 d 后对番茄白粉病的发病率和病情指数进行调查,处理 5 仅与处理 9 无显著差异,与其他 7 个处理均存在显著差异。处理 5 的发病率为 76.45%,病情指数为 46.06,均高于其他 8 个处理。因此,处理 5 为最佳的番茄白粉病室内苗期抗病性鉴定方法,即接种苗龄为 4 叶期、接种浓度为 10⁶ 个·mL⁻¹、刷叶法、保湿时间为 24 h。

2.3 30 份番茄种质资源室内苗期白粉病抗病性评价

30 份种质资源白粉病抗病性评价结果见表 6,

表5 番茄白粉病室内苗期抗病性鉴定方法研究结果

处理	发病率/%	病情指数
1	52.91±0.02 de	29.47±0.01 bc
2	50.21±0.03 f	23.88±0.01 cd
3	36.38±0.03 g	20.62±0.02 d
4	54.99±0.02 de	29.91±0.02 bc
5	76.45±0.03 a	46.06±0.03 a
6	39.55±0.04 g	22.16±0.02 d
7	64.76±0.03 bc	34.58±0.02 b
8	61.20±0.03 cd	30.14±0.02 bc
9	72.31±0.20 ab	41.75±0.02 a

30 份材料中,62850-1 病情指数最低,为 19.85,为抗病材料;62754-1 病情指数最高,为 62.11,是极感病材料;中抗材料有 15 份,为 62767-1、D6220G-1、62579- 1、62756- 1、62755- 1、62613- 1、62612- 1、62890- 1、62828- 1、62569- 1、63187- 1、63102- 1、63191-1、63022-1、63014-1;感病材料有 13 份,为 62615- 1、62640- 1、62865- 1、62758- 1、62765- 1、

表6 30份番茄种质资源抗白粉病评价结果

序号	材料编号	病情指数	抗性级别	序号	材料编号	病情指数	抗性级别
1	62615-1	45.36±1.67 abcd	S	16	63102-1	38.43±6.43 bcde	MR
2	62640-1	51.02±1.14 abcd	S	17	62758-1	42.36±0.12 bcde	S
3	62767-1	34.10±4.00 cdef	MR	18	62765-1	45.07±4.45 abcd	S
4	D6220G-1	29.68±2.75 def	MR	19	62764-1	41.59±2.48 bcde	S
5	62579-1	28.34±1.71 def	MR	20	62763-1	40.93±3.87 bcde	S
6	62756-1	39.06±4.87 bcde	MR	21	62760-1	40.10±4.15 bcde	S
7	62755-1	36.50±19.97 bcdef	MR	22	63191-1	38.57±1.12 bcde	MR
8	62613-1	35.05±1.56 cdef	MR	23	61972-7-1-3-16	45.87±7.99 abcd	S
9	62612-1	33.91±2.71 cdef	MR	24	62736-1	40.58±1.37 bcde	S
10	62890-1	39.08±2.04 bcde	MR	25	62749-1	45.49±10.59 abcd	S
11	62865-1	54.69±0.92 abc	S	26	62754-1	62.11±2.07 a	ES
12	62850-1	19.85±2.03 f	R	27	62752-1	43.39±2.02 bcde	S
13	62828-1	26.25±6.00 ef	MR	28	63052-1	51.16±1.09 abcd	S
14	62569-1	32.93±0.88 cdef	MR	29	63022-1	33.98±1.53 cdef	MR
15	63187-1	30.85±4.19 def	MR	30	63014-1	35.14±4.37 cdef	MR

注:R为抗病,MR为中抗,S为感病,ES代表极感病。

62764-1、62763-1、62760-1、61972-7-1-3-16、62736-1、62749-1、62752-1、63052-1。

3 讨论与结论

番茄白粉菌属于子囊亚门真菌,用培养基无法培养保存,不论是无性阶段的分生孢子还是菌丝体,均无法在脱离活体寄主后长期保持活力,而病原菌的长期保存有利于对抗病、致病机制研究,加快抗病育种进程^[19-21]。笔者通过借鉴小麦白粉菌和黄瓜白粉菌的保存方法^[15, 22-24],对比低温保存法、甘油保存法和二甲基亚砷保存法与不同保存条件及2个对照共9个处理后测定孢子萌发率和病情指数,筛选番茄白粉菌最适宜的保存方法。笔者的研究结果明确了番茄白粉菌最适宜保存方法是低温保存法(4℃),保存90d后检测孢子的萌发率和病情指数,除低于对照新鲜孢子外,均高于其他保存方法。郑坤^[14]采用活体植株保存法、叶片生根保存法和离体叶片保存法3种方法均可保存,其中活体植株保存法可保存时间最长达80d,但受寄主植株生育期限制,需要隔离保存,较为麻烦。吴明藻等^[22]和李中存等^[23]对小麦白粉菌分别采用试管小苗培养保存、四圃纯化白粉病保存,保存简单方便、时间长、不易污染,缺点是保存菌量较少、不能为抗病育种提供足够的病原菌。康萍芝等^[15]研究黄瓜白粉病菌适宜的保存方法为10%蔗糖+12%甘油+7%二甲基亚砷+8%脱脂牛乳混合液保存法,在-20℃冰箱中保存效果较好,优点在于脱离活体寄主进行保存。

但笔者的研究表明,该方法对番茄白粉菌的保存效果较差,没有低温保存法(4℃)效果好,这可能与白粉菌不同种属、不同生理小种本身特性有关,需要对白粉菌的特性进行进一步研究。后续也可以在4℃保存的基础上增加其他因素来研究白粉菌的保存时间是否更长。

高效的抗病鉴定技术是筛选抗病种质资源的重要手段。抗病性鉴定方法与试验材料抗性、苗龄、接种方法、保湿时间等因素互相作用有关^[24]。李成伟等^[25]将孢子悬浮液浓度调至 2×10^4 个·mL⁻¹,在番茄苗龄为4~5片真叶时进行喷雾接种。王联德等^[26]采用叶片摩擦法将孢子接种到4叶期的感病番茄第一生长叶片上,他们对接种方法没有研究。郑坤^[14]以东农714为材料,通过正交试验,对番茄白粉病苗期的抗病性鉴定方法进行了初步探讨,结果表明,接种方法为喷雾法、接种苗龄为4叶期和接种孢子悬浮液浓度为 10^6 个·mL⁻¹是最佳组合。笔者的研究表明,刷叶法和喷雾法均可作为番茄苗期室内抗病性鉴定方法,其中刷叶法所需苗龄较小,孢子浓度低,可提前接种,喷雾法所需苗龄较刷叶法大,用菌量较大。与郑坤^[14]不同的主要原因有两方面,一是用于抗病性鉴定的材料不同;二是增加了保湿时间这一因素,综合考虑了苗龄、孢子浓度、接种方法及保湿时间4个因素之间交互作用,更加系统全面地研究了番茄苗期白粉病抗病性鉴定方法。从30份番茄种质资源中筛选出1份抗病材料和1份易感材料,15份中抗材料,13份感病材

料。抗病材料和感病材料可分别用于番茄白粉病的抗病机制和致病机制研究,抗病材料也可用于抗病育种,但抗病材料太少。因此当前最紧迫的工作是广泛地从国内外番茄种质中心及野生种质中收集抗源,为白粉病抗病品系选育提供材料。

笔者的研究结果明确了4℃是最佳的白粉菌保存条件;4叶期,孢子浓度为 1×10^6 个 \cdot mL⁻¹,采用刷叶法,保湿24h是最佳的番茄白粉病室内苗期抗病性鉴定条件;最抗病番茄材料为62850-1。

参考文献

- [1] JONES H, WHIPPS J M, GURR S J. The tomato powdery mildew fungus *Oidium neolycoptrici*[J]. *Molecular Plant Pathology*, 2001, 2(6):303-309.
- [2] TSAY J G, CHEN R S, WANG H L, et al. First report of powdery mildew caused by *Erysiphe diffusa*, *Oidium neolycoptrici* and *Podosphaera xanthii* on papaya in taiwan[J]. *Plant Disease*, 2011, 95(9):1188.
- [3] 王文静, 裴冬丽, 马原松, 等. 商丘地区番茄白粉菌的鉴定[J]. *河南大学学报(自然科学版)*, 2009, 39(5):505-508.
- [4] 贾菊生. 新疆番茄病害一新记录: 番茄白粉病[J]. *植物保护*, 1990, 16(4):54.
- [5] 周鹏泽, 王晓敏, 孔维康, 等. 银川市番茄白粉病原菌的鉴定[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2022, 48(2):196-200.
- [6] 董莉, 欧勇, 孟庆林. 辽宁朝阳地区番茄白粉病发生调查研究[J]. *园艺与种苗*, 2020, 40(1):12-13.
- [7] 李帅, 朱路路, 李景富, 等. 黑龙江省番茄白粉病原鉴定[J]. *植物保护*, 2014, 40(4):112-114, 129.
- [8] 房德纯, 王振东, 刘志恒, 等. 番茄新病害: 白粉病[J]. *辽宁农业科学*, 1992(5):51-52.
- [9] 王进明, 屈星, 陈秀蓉, 等. 番茄白粉病田间扩展流行规律与药剂防治试验[J]. *植物保护*, 2009, 35(3):106-110.
- [10] 谭海文, 吴永琼, 秦莉, 等. 我国番茄侵染性病害种类变迁及其发生概况[J]. *中国蔬菜*, 2019(1):80-84.
- [11] 刘微, 刘淑艳, 李玉, 等. 番茄白粉病的病原菌鉴定[J]. *植物病理学报*, 2009, 39(1):11-15.
- [12] 王媛媛, 陈立杰, 段玉玺, 等. 沈阳地区温室番茄发生白粉病[J]. *植物保护*, 2004, 30(5):91.
- [13] FLETCHER J. T, SMEWIN B J, COOK R. T. A. Tomato powdery mildew[J]. *Plant Pathology*, 1988, 37(4):594-598.
- [14] 郑坤. 番茄白粉病苗期抗病性鉴定方法及抗病种质资源筛选[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012.
- [15] 康萍芝, 白小军, 张丽荣, 等. 宁夏黄瓜霜霉病和白粉病原菌种类鉴定及保存方法研究[J]. *宁夏农林科技*, 2018, 59(10):7-9.
- [16] 韩冬, 张洪臣, 柯希望, 等. 红小豆锈病菌夏孢子萌发条件研究[J]. *黑龙江八一农垦大学学报*, 2017, 29(4):11-15.
- [17] 王进明. 张掖市加工番茄白粉病的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [18] 唐伯让, 朱文珍, 孟繁华. 小麦离体叶段鉴定白粉病抗性方法的研究[J]. *植物保护学报*, 1995, 22(4):309-314.
- [19] GULLNER G, JUHÁSZ C, NÉMETH A, et al. Reactions of tobacco genotypes with different antioxidant capacities to powdery mildew and *Tobacco mosaic virus* infections[J]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2017, 119:232-239.
- [20] MORI Y, SATO Y, TAKAMATSU S. Evolutionary analysis of the powdery mildew fungi using nucleotide sequences of the nuclear ribosomal DNA[J]. *Mycologia*, 2000, 92(1):74-93.
- [21] 黎豪, 龚诗琦, 宋慧娟, 等. 南瓜白粉病研究进展[J]. *中国瓜菜*, 2021, 34(2):8-11.
- [22] 吴明藻, 燕嗣皇, 胡贵棋. 小麦白粉菌培养保存方法研究[J]. *贵州农业科学*, 1982(6):11-15.
- [23] 李中存, 田纪春, 彭清才, 等. 小麦白粉菌纯化方法的研究[J]. *中国农学通报*, 2002, 18(2):18-19.
- [24] 张子君, 孙亚男, 王涛, 等. 番茄灰叶斑病人工接种技术研究及抗病种质资源筛选[J]. *园艺与种苗*, 2021, 41(11):8-10.
- [25] 李成伟, 王晓武, GUUSJE B. 番茄植株与白粉菌互作过程中叶片胞间蛋白变化的初步分析[J]. *中国蔬菜*, 2003(3):10-12.
- [26] 王联德, STEFAN V, 黄建, 等. 番茄感染白粉病对丽蚜小蜂寄主搜索行为的影响[C]//农业生物灾害预防与控制研究 2005 中国会议. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005.