



西瓜品种资源抗细菌性果斑病苗期鉴定

康保珊¹ 段曼曼^{1,2} 彭 斌¹ 李超汉³ 吴会杰¹ 顾卫红³ 古勤生^{1*}

(1. 中国农业科学院郑州果树研究所, 郑州 450009; 2. 南京农业大学植物保护学院, 南京 210095;
3. 上海市农业科学院园艺研究所, 上海市设施园艺技术重点实验室, 上海 201403)

摘要: 为筛选高抗瓜类细菌性果斑病的西瓜资源, 以24份西瓜品种资源为试材, 采用苗期喷雾接种法分别接种分离自甜瓜上的瓜类嗜酸菌 *Acidovorax citrulli* 菌株 pslb96 和 ZZ-1, 鉴定各品种资源对瓜类细菌性果斑病的苗期抗性。结果表明, 24份西瓜品种资源中未发现对2株菌株表现免疫的材料, 有7份资源对菌株 pslb96 表现高抗, 12份资源对菌株 ZZ-1 表现高抗; 9份资源对菌株 pslb96 表现中感或感病, 7份资源对菌株 ZZ-1 表现中感和感病; 对2株菌株均表现高抗的品种资源有野生型种质资源 A9 及商品种华欣、申蜜 968、申选 958 和申抗 988, 占总品种资源的 20.83%。部分品种资源 A4、A13 和申蜜 7 号对菌株 pslb96 和 ZZ-1 的抗性表现出明显的差异, 表明相同寄主来源的 2 株不同菌株致病力存在差异。

关键词: 细菌性果斑病; 西瓜; 抗病; 喷雾法; 瓜类嗜酸菌

Evaluation of watermelon seedlings for resistance to bacterial fruit blotch pathogen *Acidovorax citrulli*

Kang Baoshan¹ Duan Manman^{1,2} Peng Bin¹ Li Chaohan³ Wu Huijie¹ Gu Weihong³ Gu Qinsheng^{1*}

(1. Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Agricultural Academy Sciences, Zhengzhou 450009, Henan Province, China; 2. College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu Province, China; 3. Shanghai Key Laboratory of Protected Horticultural Technology Horticultural Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China)

Abstract: In order to screen watermelon varieties resistant to bacterial fruit blotch (BFB), caused by *Acidovorax citrulli*, 24 watermelon varieties and germplasm were inoculated with strains of *A. citrulli*, pslb96 and ZZ-1, derived from maskmelon through a seedling-spraying method. The results showed that out of the 24 varieties or germplasm tested, none were immune to the pathogenic strains; seven and 12 cultivars were highly resistant to pslb96 and ZZ-1, respectively; while nine and seven was susceptible to pslb96 and ZZ-1, respectively. Total five watermelon materials, accounting for 20.83%, including a germplasm, A9 as well as four cultivars, Huaxin, Shenmi 968, Shenxuan 958 and Shengkang 988, showed high resistance to both pslb96 and ZZ-1. Three varieties A4, A13 and Shemmi 7 showed much different responses to pslb96 and ZZ-1. The results indicated that the pathogenicities of the two strains derived from same host are different.

Key words: bacterial fruit blotch; watermelon; resistance; spray inoculation; *Acidovorax citrulli*

西瓜为葫芦科一年生蔓生藤本植物, 全国各地均有栽培, 是全球农业生产中的重要水果作物, 种植面积和产量在十大水果中位居第4。中国是西瓜生

产和消费大国, 产量占世界总产量的60%以上(王琛等, 2013)。随着西瓜种植面积的不断扩大, 以及气候的变化, 病害的发生日益严重。细菌性果

基金项目: 上海市种业发展项目(沪农科种字(2017)第2-2号), 国家自然科学基金(31701942), 上海市科技创新行动计划(20392000100), 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)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: guqinsheng@caas.cn

收稿日期: 2020-06-22

斑病作为毁灭性种传病害,近年来发生加重,严重威胁西瓜、甜瓜生产及制种业发展。西瓜细菌性果斑病是由瓜类嗜酸菌 *Acidovorax citrulli* 引起的一种病害,主要通过种子传播,也可借助土壤中的病残体及水流等进行传播(彭斌和古勤生,2014)。该病害在西瓜整个生长发育期都可发生,主要危害西瓜的叶片、叶柄和果实,后期可造成果实腐烂,失去商品价值。选育抗病品种是最经济有效的防治途径(阎莎莎等,2011;赵廷昌等,2014)。

目前,国内有关瓜类细菌性果斑病的抗病性鉴定研究报道较多,如李俊阁等(2015)报道从136份甜瓜品种资源材料中筛选出14份高抗材料;杨晓丽等(2008)报道从新疆维吾尔自治区推广的30份哈密瓜品种中筛选出1份高抗品种。免疫或高抗的商用西瓜品种目前尚未有报道,多数研究表明,不同西瓜品种间对瓜类细菌性果斑病的抗性存在明显差异(贾宋楠等,2013;刘欣欣等,2014;符启位等,2017);Hopkins & Thompson(2002)从1344份西瓜和空心瓜品种资源中筛选出5份对瓜类细菌性果斑病具有较好抗性的品种;Ma & Wehner(2015)筛选出23份高抗该病害的西瓜资源,这些抗性鉴定研究结果都为开展西瓜抗病育种提供了参考。由于细菌性果斑病原菌菌株的差异及接种鉴定环境的差异等原因,不同实验室间的鉴定结果存在重复性差问题。目前,我国西瓜生产上还没有明确的免疫或高抗西瓜品种,品种资源的抗病性鉴定筛选工作仍是开展抗病品种选育的首要研究内容。

因此,本研究比较胚根接种法、浸种接种法和喷雾接种法3种不同接种方法后的西瓜发病情况;通过采用室内苗期人工喷雾接种法对24份不同西瓜品种资源进行了细菌性果斑病苗期抗病性鉴定评价,以期今后开展抗病品种的选育研究提供参考数据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试西瓜品种资源:A1、A2、A4、A6、A7、A9、A13、A16、H1西瓜品种为自交系,ZXG637、ZXG938、PI 500331、PI 500303、PI 494817品种为种质资源,保存于中国农业科学院郑州果树研究所,商品种申蜜6号、申蜜7号、申蜜8号、申蜜968、申抗988、申选958由上海市农业科学院园艺研究所西瓜育种团队提供,商品种华欣、美都、西农八号、早佳购自上海农科种子种苗有限公司。西瓜品种ZK6保

存于中国农业科学院郑州果树研究所,仅用于本研究接种方法的比较试验。

供试菌株:瓜类嗜酸菌菌株pslb96由中国农业科学院植物保护研究所赵廷昌研究员赠予,分离自海南省甜瓜病株叶片(Zhong et al.,2016);瓜类嗜酸菌菌株ZZ-1分离自郑州市本地甜瓜病株叶片,2株菌株均保存于中国农业科学院郑州果树研究所实验室的-70℃冰箱。

培养基:酵母葡萄糖碳酸钙(yeast-extract dextrose calcium-carbonate, YDC)培养基包括酵母粉10 g、葡萄糖20 g、碳酸钙超微粉20 g、琼脂15 g、蒸馏水1000 mL;LB(Luria-Bertani)液体培养基:胰蛋白胨10 g、酵母粉5 g、NaCl 10 g、蒸馏水1000 mL。

试剂及仪器:试验所用的试剂均为国产分析纯。MLR-352H-PC植物光照培养箱,日本Panasonic公司;New Brunswick Innova 40恒温摇床,德国Eppendorf公司;SPX-60B5H-II恒温培养箱,上海新苗医疗器械制造有限公司;Bio Photometer Plus分光光度计,德国Eppendorf公司。

1.2 方 法

1.2.1 接种菌液制备

将瓜类嗜酸菌菌株pslb96和ZZ-1的菌液分别在YDC培养基上划线,于37℃恒温条件下培养24-48 h,待其长出单菌落。挑取单菌落加入至LB液体培养基中,于28℃、200 r/min下振荡培养2 d,用无菌水将菌液浓度调至 1×10^8 CFU/mL,加入0.5%吐温-20,备用。

1.2.2 不同接种方法比较试验

胚根接种法:西瓜ZK6和ZXG637种子消毒后催芽,待胚根长约1 cm,将胚根分别浸入浓度为 1×10^8 CFU/mL的菌株pslb96和ZZ-1菌液中。浸泡时间分别为30、45和60 s,每个处理每份品种接种20个胚根,取出后播种于高9 cm的营养钵内,置于温度24℃、光照周期12 L:12 D、相对湿度70%下培养,采用无菌水喷淋的方式给幼苗补水,每天浇水2次。

浸种接种法:西瓜ZK6和ZXG637种子消毒后人工开壳,用无菌水浸种4 h后,分别置于浓度为 1×10^8 CFU/mL的菌株pslb96和ZZ-1菌液中,分别浸泡20、30和40 min,每个处理每份品种浸种30粒,取出后用无菌水冲洗,保湿催芽,播种于高9 cm的营养钵内。幼苗培养条件和管理同上。

喷雾接种法:西瓜ZK6和ZXG637种子消毒后催芽播种,待第4片真叶完全展开,将浓度为 1×10^8 CFU/mL菌液用喷雾器均匀喷洒到植株全部叶

片上,直到菌液开始下滴,每份品种接种30株,单株喷雾量约5 mL。接种后将植株置于黑暗条件下套袋保湿,48 h后去除套袋。幼苗培养条件和管理同上。

待处理种子出苗后或处理幼苗去除套袋后每天观察并记录幼苗出现病症的时间和植株的死亡率,植株死亡率=死亡总株数/处理总株数×100%。

1.2.3 不同西瓜品种资源的苗期人工接种鉴定试验

根据1.2.2结果选用最优接种方法对供试的24份西瓜品种资源进行苗期人工接种鉴定,方法同1.2.2。在相同接种培养条件下,根据各品种的生长特性分3批次进行抗性鉴定,每份品种接种15~20株,重复3次。ZXG637设为对照品种,3批次的试验中ZXG637品种病情指数无显著差异则结果视为有效。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,调查每株所有发病叶,并按照病情分级标准进行分级(Hopkins & Thompson, 2002; 符启位等, 2017), 0级:叶片无症状;1级:叶片上病斑小且少,发病叶病斑占叶片总面积的5%以下;3级:病斑小,发病叶病斑面积占叶片总面积的6%~30%;5级:病斑开始融合为较大的病斑,发病叶病斑面积占叶片总面积的31%~50%;7级:融合的病斑进一步扩大,占叶片总面积的51%~70%以上,发病叶片开始黄化;9级:病斑的面积在71%以上,或病叶枯死。计算发病率,发病率=发病总株数/调查总株数×100%;从接种处理后第3天开始统计病情指数,病情指数(disease index, DI)= Σ (各级病叶数×该病级代表数值)/(调查总叶数×最高级代表数值)×100。

每批次西瓜材料中病情指数最高的品种作为对照品种(贾宋楠等, 2016),计算相对病情指数和相对抗病指数,相对病情指数=鉴定品种的病情指数/对照品种的病情指数,相对抗病指数(relative resistance index, RRI)=1-相对病情指数。以相对抗病指数为指标评价各品种资源的抗性,划分标准为:1.00为免疫;0.80~0.99为高抗;0.40~0.79为中抗;0.20~0.39为中感;0.20以下为感病。

1.3 数据分析

采用SPSS 16.0软件进行统计分析,应用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同接种方法的比较试验结果

3种方法接种结果显示,胚根接种法植株发病

快,子叶展开后即有明显的水渍状病斑,但3 d后植株开始倒伏死亡,7 d后植株死亡率超过80%,同一品种3个不同处理时间之间植株的死亡率差异不明显。该接种方法操作简单,但植株病情发展快,品种的抗病程度及品种间的抗病性差异不易观察统计,不利于品种的抗性评价。

浸种接种法对种子的发芽率影响较大,在菌株pslb96菌液中浸泡不同时间后西瓜ZK6种子的发芽率均下降至几乎为0,ZXG637种子的发芽率也只有20%左右,且出苗后子叶上水渍状病斑明显,但和胚根接种法相同,子叶展开后3~4 d内植株快速倒伏死亡。

喷雾接种法接种后,ZK6和ZXG637的子叶和真叶上均出现明显病斑,接种后3~7 d内,2份品种的病情发展程度不同,易于观察、统计病情及数据分析,因此,喷雾法接种适用于西瓜品种资源的抗细菌性果斑病苗期鉴定评价。

2.2 不同西瓜品种苗期抗性接种鉴定结果

苗期采用喷雾法接种后第3天,各西瓜品种资源的幼苗子叶和真叶上均出现不同程度的水浸状病斑,感病品种叶片上的病斑迅速扩大融合,部分植株叶片枯死。调查发现,同一批次同一菌株条件下,不同西瓜品种的病情发展速度不同,如A7接种菌株pslb96后第3天病情指数为24.27,第6天病情指数达到47.20;ZXG938和PI 500303接种后第3天病情指数仅为2.30和9.68,但随后几天病情迅速发展,第6天病情指数分别达到43.06和55.08(图1-A)。接种菌株ZZ-1后第3天,ZXG637的病情指数为25.00,ZXG938仅为2.77,第6天二者的病情指数分别达到41.68和22.48,ZXG938的病情发展速度远高于ZXG637(图1-B)。通过对不同西瓜品种病情指数的连续统计分析,发现大部分品种在接种嗜酸菌后第6~7天病情趋于稳定(图1-A,B)。由此,确定病情指数统计时间为接种后第7天。

鉴定结果显示,24份供试西瓜品种资源中,未发现对菌株pslb96和ZZ-1免疫的品种。对菌株pslb96表现高抗的品种有7份,分别是A2、A9、A16、华欣、申蜜968、申选958和申抗988;对菌株pslb96表现中感和感病的品种有9份,这些植株接种后部分叶片出现枯死症状,发病率达到100.00%,病情指数大于35.00。对菌株ZZ-1表现高抗的品种有12份,分别为A4、A9、A13、西农八号、华欣、早佳、申蜜6号、申蜜7号、申蜜8号、申蜜968、申选958、申抗988;表现中感和感病的品种有7份。同时发现,A9、华欣、

申蜜 968、申选 958 和申抗 988 品种对菌株 pslb96 和 ZZ-1 均表现高抗, 占供试品种的 20.83%(表 1)。

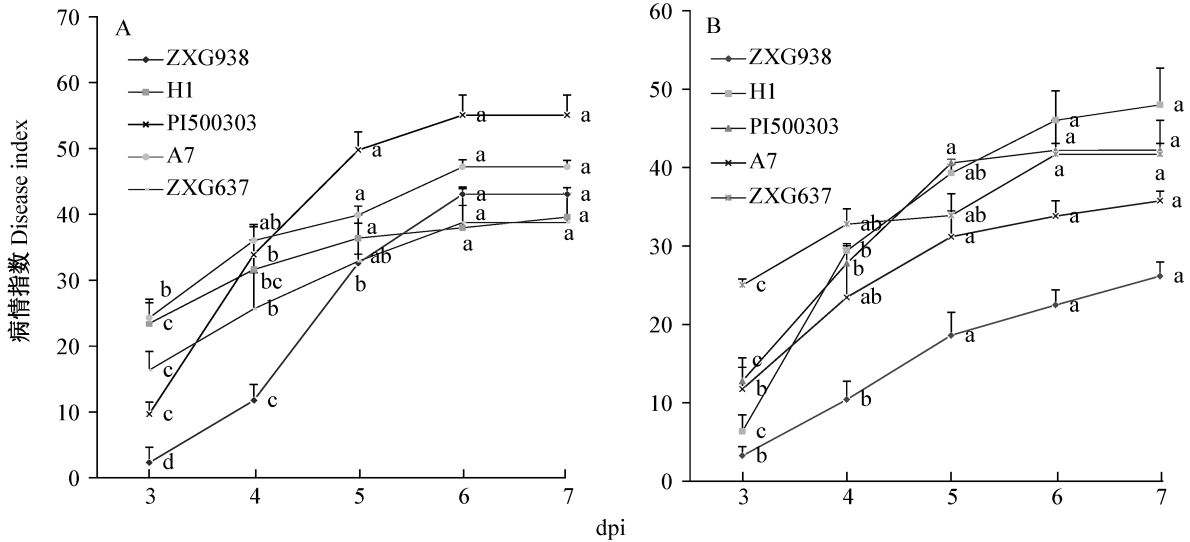


图 1 部分西瓜品种接种菌株 pslb96(A)和菌株 ZZ-1(B)后病情指数的变化

Fig. 1 The progresses of disease index on some watermelon lines 3 to 7 days post-inoculation with strains pslb96 (A) and ZZ-1 (B) dpi: 接种后天数。图中数据为平均数±标准误。同一品种不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。dpi: Days post inoculation. Data are mean±SE. Different letters indicate significant difference at $P < 0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

表 1 不同西瓜品种资源的苗期接种鉴定结果

Table 1 Disease incidence, disease index, relative resistance and resistance evaluation for watermelon materials inoculated with strains of *A. citrulli*, pslb96 and ZZ-1 at seedling stage

批次 Batch	西瓜编号 Name	pslb96			ZZ-1		
		发病率 Incidence/%	病情指数 Disease index	抗性 RI	发病率 Incidence/%	病情指数 Disease index	抗性 RI
第 1 批 First	A13	100.00±0.00 a	68.18±4.27 a	0.00 S	24.60±7.47 hi	0.70±0.29 e	0.98 HR
	A2	37.50±10.20 ef	6.40±1.20 hi	0.91 HR	87.53±0.75 ab	12.50±0.98 de	0.70 MR
	A16	37.50±5.89 ef	10.56±0.62 hi	0.84 HR	62.50±4.86 cde	24.30±1.73 cd	0.42 MR
	A4	100.00±0.00 a	53.05±1.94 bc	0.27 MS	37.50±5.30 fgh	6.98±3.27 e	0.83 HR
	ZXG637	95.23±3.89 ab	38.76±4.58 de	0.43 MR	100.00±0.00 a	41.68±4.37 ab	0.00 S
第 2 批 Second	A1	71.47±6.73 bcd	33.28±3.19 efg	0.44 MR	50.00±10.10 efg	14.30±5.27 de	0.70 MR
	A9	30.16±6.86 f	3.06±0.26 i	0.94 HR	62.50±6.50 cde	6.125±2.37 e	0.82 HR
	A7	100.00±0.00 a	47.95±0.99 bcd	0.14 S	87.50±5.89 ab	35.76±1.20 abc	0.26 MS
	PI 500331	88.89±9.07 abc	35.97±1.20 ef	0.36 MS	87.51±6.55 ab	45.22±4.18 a	0.06 S
	PI 500303	100.00±0.00 a	55.08±6.81 b	0.00 S	80.00±9.00 abcd	42.20±0.89 a	0.12 S
	PI 494817	85.61±11.67 abc	28.56±1.59 fg	0.48 MR	85.72±7.94 abc	32.05±2.45 bc	0.33 MS
	A33	100.00±0.00 a	31.63±2.15 efg	0.43 MR	100.00±0.00 a	37.03±2.64 abc	0.23 MS
	H1	100.00±0.00 a	40.01±1.21 de	0.28 MS	100.00±0.00 a	48.01±4.69 a	0.00 S
	ZXG938	90.00±4.71 abc	45.44±1.35 cd	0.18 S	71.40±2.69 bcde	26.16±1.88 bcd	0.46 MR
	ZXG637	100.00±0.00 a	32.67±3.31 efg	0.41 MR	90.00±4.25 ab	40.00±2.47 ab	0.17 S
第 3 批 Third	华欣 Huaxin	49.67±4.91 def	2.79±0.59 i	0.95 HR	49.62±4.23 efg	3.88±0.82 e	0.89 HR
	美都 Meidu	100.00±0.00 a	53.88±0.64 bc	0.00 S	100.00±0.00 a	26.23±2.15 bcd	0.32 MS
	西农八号 Xinong 8	71.45±6.73 bcd	15.89±2.28 h	0.72 MR	50.00±3.37 efg	0.09±0.57 e	0.99 HR
	早佳 Zaojia	100.00±0.00 a	25.00±2.72 g	0.54 MR	30.00±9.43 ghi	1.56±0.67 e	0.96 HR
	申蜜 6 号 Shenmi 6	90.00±4.71 abc	14.60±0.49 h	0.75 MR	20.00±8.17 hi	0.83±0.85 e	0.98 HR

续表1 Continued

批次 Batch	西瓜编号 Name	pslb96			ZZ-1		
		发病率 Incidence/%	病情指数 Disease index	抗性 RI	发病率 Incidence/%	病情指数 Disease index	抗性 RI
	申蜜7号 Shenmi 7	100.00±0.00 A	46.39±2.28 bcd	0.16 S	10.00±4.71 i	0.28±0.23 e	0.99 HR
	申蜜8号 Shenmi 8	90.00±8.17 ABC	15.00±1.05 h	0.75 MR	60.00±8.17 def	5.01±1.35 e	0.87 HR
	申蜜968 Shenmi 968	50.00±12.47 DEF	3.07±0.22 i	0.95 HR	13.33±7.15 hi	0.83±0.68 e	0.98 HR
	申选958 Shenxuan 958	70.00±8.17 CD	8.05±1.20 hi	0.85 HR	30.03±7.15 ghi	1.96±0.82 e	0.95 HR
	申抗988 Shengkang 988	60.00±4.08 DE	5.26±0.66 hi	0.90 HR	10.00±4.72 i	0.35±0.25 e	0.99 HR
	ZXG637	100.00±0.00 A	33.56±3.31 efg	0.38 MS	87.50±5.91 ab	38.60±3.19 abc	0 S

RI: 相对抗病指数。HR: 高抗; MR: 中抗; MS: 中感; S: 感病。表中数据为平均数±标准误。不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。RI: Relative resistance index; HR: High resistance; MR: moderate resistance; MS: moderate susceptibility; S: susceptibility. Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P < 0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

鉴定过程中发现, A4、A13 和申蜜7号对菌株 pslb96 和 ZZ-1 的感病程度明显不同, 在相同接种培养条件下, A4、A13 和申蜜7号对 ZZ-1 表现高抗, 而对菌株 pslb96 则表现感病。如 A4 接种菌株 pslb96 后第3天发病率达到 90.00%, 部分叶片病斑已扩大到几乎整个叶片, 病情指数为 41.34, 第7天发病率达到 100.00%, 病情指数达到 53.05; 而在相同培养条件下, A4 接种菌株 ZZ-1 后第3天发病率仅 12.50%, 病情指数仅为 4.86, 第7天发病率为 37.50%, 病情指数仅 6.98(表1)。同一品种对菌株 pslb96 和 ZZ-1 抗病性的差异, 表明相同寄主来源的2株不同菌株之间致病力存在差异。

3 讨论

温度、湿度和光照是影响瓜类果斑病发生和扩散的关键因素, 同时也影响寄主的抗病性反应。在室内进行苗期接种抗性鉴定, 因环境条件一致, 能客观反映出不同材料之间的抗性差异。抗性鉴定结果不仅取决于寄主自身抗性, 同时与接种方法以及嗜酸菌菌株等因素密切相关(韩宏伟等, 2018)。目前国内研究普遍采用喷雾法接种(金岩, 2003; Zivanovic & Walcott, 2017)。Wechter et al. (2011) 在鉴定甜瓜资源时同时采用了种子真空导入接种法和喷雾接种法, 发现同一甜瓜品种采用2种方法接种后, 抗性结果完全不同。本研究中浸种接种法与种子真空导入接种法类似, 不同的是真空导入法采用负压使菌液渗入种皮, 而本研究中浸种接种法通过种子开壳使菌液进入种皮。在 Wechter et al.

(2011) 的研究中 351 份甜瓜资源仅 19 份未发芽, 而本研究中浸种接种后几乎 100% 的种子不发芽, 原因可能是种子开壳后导致种仁带菌过多而腐烂, 同样胚根接种法中植株快速倒伏死亡可能也是带菌量过大所致, 因此, 胚根接种法和浸种接种法尚需进一步优化接种菌液浓度和处理时间。

除接种方法外, 嗜酸菌菌株也是影响抗性鉴定结果的一个重要因素。Hopkins & Thompson(2002) 报道的高抗西瓜种质 PI 500331 和 PI 500303 在本研究中分别表现为中感和感病。前者采用的嗜酸菌菌株来自商品种西瓜, 而本研究接种用的 2 个嗜酸菌菌株均分离自甜瓜。由于嗜酸菌菌株具有很高的遗传多样性, 不同寄主或地区来源的菌株间致病力存在差异(Oliveira et al., 2007; Melo et al., 2014; 乔培等, 2020), 因此菌株间致病性的差异可能是与 Hopkins & Thompson(2002) 研究结果不同的原因。本研究发现, 即使寄主相同, 不同地区来源菌株间的致病力也存在差异, 同一品种的抗性鉴定结果也会不同。这也是在不同接种试验条件下, 大多数鉴定结果重复性差的原因(Zivanovic & Walcott, 2017)。另外, 由于部分种质资源的纯合性差, 植株之间的抗性差异大。例如种质资源 PI 500331 的平均病情级别为 7.7, 选择抗性好的植株连续自交纯化后, 平均病情级别下降至 4.1(Hopkins & Thompson, 2002)。本研究中 PI 500331 表现为感病, 可能因连续自交后抗性基因丢失。

迄今, 国内尚无报道有免疫或高抗细菌性果斑病的西瓜品种。高抗种质资源 PI 482279 和 PI

494817的抗性由多基因控制,转育困难(Hopkins & Levi, 2008),本研究筛选出5份对嗜酸菌菌株pslb96和ZZ-1均表现高抗的西瓜品种资源,其中4份是商品种。相比实验室条件,大田环境条件复杂多变。因此,本研究鉴定的高抗西瓜品种还需进行大田成株期的抗病性鉴定,以获得抗病性稳定的高抗西瓜品种资源,为开展抗细菌性果斑病西瓜育种研究提供种质资源。

参 考 文 献 (References)

- Fu QW, Wang S, Xiao CL, Liu Y, Li QJ, Luo F, Han XY, Kong XY. 2017. Identification on resistance of different varieties of watermelon at seedling stage to bacterial fruit blotch. *Journal of Changjiang Vegetables*, 22: 76–79 (in Chinese) [符启位, 王爽, 肖春雷, 刘勇, 李秋洁, 罗丰, 韩晓燕, 孔祥义. 2017. 西瓜不同品种苗期对细菌性果斑病的抗性鉴定. *长江蔬菜*, 22: 76–79]
- Han HW, Liu HF, Han S, Zhuang HM, She JH, Wang Q, Wang H. 2018. Identification of resistance to *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* among 17 cantaloupe cultivars at the seedling stage. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 55(10): 1863–1869 [韩宏伟, 刘会芳, 韩盛, 庄红梅, 余建华, 王强, 王浩. 2018. 哈密瓜种质资源苗期细菌性果斑病抗性鉴定. *新疆农业科学*, 55(10): 1863–1869]
- Hopkins DL, Levi A. 2008. Progress in the development of Crimson sweet-type watermelon breeding lines with resistance to *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*.//Pitrat M. *Cucurbitaceae 2008, Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae, France*, pp. 157–162
- Hopkins DL, Thompson CM. 2002. Evaluation of *Citrullus* sp. germplasm for resistance to *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Plant Disease*, 86(1): 61–64
- Jia SN, Wang HL, Zheng J, Gao Q. 2013. Identification of resistance to *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* of edible seed watermelon germplasm resources. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 50(5): 864–869 (in Chinese) [贾宋楠, 王惠林, 郑健, 高强. 2013. 籽用西瓜种质资源对细菌性果斑病的抗性鉴定. *新疆农业科学*, 50(5): 864–869]
- Jin Y. 2003. The research on watermelon bacterial fruit blotch. Master thesis. Changchun: Jilin Agricultural University (in Chinese) [金岩. 2003. 西瓜细菌性果斑病研究. 硕士学位论文. 长春: 吉林农业大学]
- Li JG, Wang HL, Zhang L, Zheng J, Gao Q. 2015. Identification of resistance to *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* among different melons (*Cucumis* spp.) at the seedling stage. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 52(10): 1843–1848 (in Chinese) [李俊阁, 王惠林, 张亮, 郑健, 高强. 2015. 甜瓜细菌性果斑病抗性鉴定及抗性相关生理研究. *新疆农业科学*, 52(10): 1843–1848]
- Liu XX, Wang WB, Pan CQ, Miao D, Wang XZ, Hong F, Zhang YJ. 2014. Resistance identification of watermelon and melon varieties and their germplasm resources in Heilongjiang Province against *Acidovorax avenae*. *China Vegetables*, (9): 23–26 (in Chinese) [刘欣欣, 王文博, 潘春清, 苗笛, 王学征, 洪峰, 张艳菊. 2014. 黑龙江省西瓜栽培品种及种质资源对细菌性果斑病的抗性鉴定. *中国蔬菜*, (9): 23–26]
- Ma S, Wehner TC. 2015. Flowering stage resistance to bacterial fruit blotch in the watermelon germplasm collection. *Crop Science*, 55: 727–736
- Melo LA, Tebaldi ND, Mehta A, Marques ASA. 2014. Comparing *Acidovorax citrulli* strains from melon and watermelon: phenotypic characteristics, pathogenicity and genetic diversity. *Tropical Plant Pathology*, 39(2): 154–162
- Oliveira JC, Silveira EB, Mariano RLR, Cardoso E, Viana IO. 2007. Caracterização de isolados de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Fitopatologia Brasileira*, 32(6): 480–487
- Peng B, Gu QS. 2014. Survival and pathogenicity of *Acidovorax citrulli* overwintering in soils. *Journal of Plant Protection*, 41(3): 381–382 (in Chinese) [彭斌, 古勤生. 2014. 西瓜嗜酸菌的土壤越冬存活和致病性测定. *植物保护学报*, 41(3): 381–382]
- Qiao P, Liu B, Yang YW, Guo YT, Guan W, Zhao TC. 2020. Functional analysis of fruit blotch pathogen *hflX* in *Acidovorax citrulli*. *Journal of Plant Protection*, 47(1): 150–160 (in Chinese) [乔培, 刘博, 杨玉文, 郭彦彤, 关巍, 赵廷昌. 2020. 西瓜噬酸菌 *hflX* 基因功能分析. *植物保护学报*, 47(1): 150–160]
- Wang C, Zhang L, Zhao J, Wu JX. 2013. Analysis of China's watermelon market and its future prospect. *Agricultural Outlook*, 4(9): 27–30 (in Chinese) [王琛, 张琳, 赵姜, 吴敬学. 2013. 中国西瓜市场形势分析与展望. *农业展望*, 4(9): 27–30]
- Wechter WP, Levi A, Ling KS, Kousik C. 2011. Identification of resistance to *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* among melon (*Cucumis* spp.) plant introductions. *HortScience*, 46(2): 207–212
- Yan SS, Wang TL, Zhao TC. 2011. Advances in the bacterial fruit blotch of melons caused by *Acidovorax citrulli*. *Plant Quarantine*, 25(3): 71–76 (in Chinese) [阎莎莎, 王铁霖, 赵廷昌. 2011. 瓜类细菌性果斑病研究进展. *植物检疫*, 25(3): 71–76]
- Yang XL, Ma JY, Hu BS, Chen T, Li XX. 2008. Identification of disease resistance of different varieties of Hami melon at seedling stage to *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 45(3): 452–455 (in Chinese) [杨晓丽, 马俊义, 胡白石, 陈涛, 李晓霞. 2008. 不同哈密瓜品种苗期对细菌性果斑病的抗病性鉴定. *新疆农业科学*, 45(3): 452–455]
- Zhao TC, Song FM, Gu QS, Zhang YJ. 2014. Status, challenges and trend of watermelon and melon disease and insect control in China. *China Cucurbits and Vegetables*, 27(6): 1–5, 13 (in Chinese) [赵廷昌, 宋凤鸣, 古勤生, 张友军. 2014. 我国西瓜甜瓜病虫害防控现状、存在问题与发展趋势. *中国瓜菜*, 27(6): 1–5, 13]
- Zhong J, Lin ZY, Ma YM, Gao BD, Liu HQ, Zhao TC, Schaad NW. 2016. Rapid discrimination between groups I and II of *Acidovorax citrulli* using a primer pair specific to a *pilL* gene. *Journal of Phytopathology*, 164: 558–562
- Zivanovic M, Walcott RR. 2017. Further characterization of genetically distinct groups of *Acidovorax citrulli* strains. *Phytopathology*, 107: 29–35