

辣椒种质资源抗青枯病的鉴定与评价

党峰峰^{1a,b}, 雷玉芬^{1a}, 官德义^{1c}, 王再兴², 何水林^{1a,b*}

(1. 福建农林大学 a. 生命科学学院; b. 作物遗传改良和综合利用教育部重点实验室; c. 作物科学学院, 福州 350002;

2. 福建省惠安县农业科学研究所, 福建惠安 362100)

摘要: 采用青枯菌 FJC100301 菌株对田间辣椒 (*Capsicum annuum*) 抗病品种 76a 和感病品种 TW-1 分别作了不同温度、不同接种量和不同接种方法的接种试验。结果表明, 辣椒青枯病抗性的室内鉴定以接种温度 28℃、浸根 20 min 和 3×10^8 cfu/mL 接种浓度为宜; 辣椒种质田间抗青枯病接种鉴定宜选择 5 月上旬进行, 浸根 20 min, 接种浓度为 3×10^8 cfu/mL。采用田间抗性接种鉴定的方法, 用青枯菌 FJC100301 菌株对 106 份辣椒材料进行了抗性鉴定。田间接种后每隔 10 d 统计病情指数, 划分辣椒抗青枯病鉴定分级标准, 获得了高抗材料 14 份、抗病材料 8 份、中抗材料 23 份、中感材料 23 份、感病材料 20 份、高感材料 18 份; 采用离体叶片接种法对田间筛选得到的高抗和高感纯度较高品种进行抗性分析, 结果与田间鉴定一致。

关键词: 辣椒; 青枯菌; 种质资源; 鉴定; 评价

中图分类号: S641.303.3

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2013)04-0378-07

Identification and Evaluation of Resistance to Bacterial Wilt in Pepper

DANG Feng-Feng^{1a,b}, LEI Yu-Fen^{1a}, GUAN De-Yi^{1c}, WANG Zai-Xing², HE Shui-Lin^{1a,b*}

(1. Fujian Agriculture and Forestry University a. College of Life Science; b. National Education Minster Key Laboratory of Plant Genetic Improvement and Comprehensive Utilization; c. College of Crop Science, Fuzhou 350002, China;

2. Fujian Province Huian Agricultural Sciences Research Institute, Huian, Fujian 362100, China)

Abstract: Resistant levels of resistant pepper cultivar (76a) and susceptible pepper cultivar (TW-1) plants were evaluated after infection with *Ralstonia solanacearum* FJC100301 under different temperatures, concentrations and methods of inoculation. The results showed resistant identification of pepper plants grown in a growth room at 28°C and infected with 3×10^8 cfu · mL⁻¹ *R. solanacearum* suspension through root-soaking at 20 min. Resistant was identified and evaluated in pepper plants grown in the field after inoculation with 3×10^8 cfu · mL⁻¹ *R. solanacearum* suspension through root-soaking at 20 min in early May. A total of 106 pepper cultivars were tested in the field after infection with *R. solanacearum* FJC100301. Disease indexes were scored every 10 day. Meanwhile, standards of resistant levels were divided in pepper. The results showed high resistance in 14 pepper cultivars, resistance in 8 pepper cultivars, moderate resistance in 23 pepper cultivars, moderate susceptibility in 23 pepper cultivars, susceptibility in 20 pepper cultivars, and high susceptibility in 18 pepper cultivars. The same results were obtained in several high resistance and high susceptibility pepper inbred cultivars through leaf inoculation with *Ralstonia solanacearum* in vitro.

收稿日期: 2012-11-19, 修回日期: 2013-04-28。

基金项目: 国家自然科学基金项目(30971718); 国家高等教育博士研究基因项目(20093535110004); 转基因重大专项(2009ZX08001-015B); 福建省自然科学基金(2008J049) [National Natural Science Foundation of China (30971718); Research Fund for the Doctoral Program of Higher Education of China (20093535110004); The Transgenic Major Program (2009ZX08001-015B); Natural Science Foundation of Fujian Province, China (2008J049)]。

作者简介: 党峰峰(1986-), 男, 陕西富平人, 福建农林大学硕士研究生, 研究方向为植物基因表达与调控。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: shihe201304@aliyun.com)。

Key words: *Capsicum annuum*; *Ralstonia solanacearum*; Germplasm; Identification; Evaluation

辣椒是一种重要蔬菜, 典型的茄科忌连作植物。我国南方辣椒生产常因青枯菌等土传病害而减产甚至绝收^[1,2]。青枯菌 (*Ralstonia solanacearum*, 青枯雷尔菌), 是一种世界范围内的重要土传性病害, 可浸染 300 多种植物, 甚至在许多非寄主植物的根部也有发现^[3]。据发现至今 150 多年间, 没有一种农药可有效控制青枯病的发生, 所以称其为“植物里的癌症”^[4]。我国有关辣椒抗青枯病室内活体或离体、田间鉴定和分级标准的报道较少, 大部分集中在辣椒疫病^[5,6]。因此, 确定辣椒品种抗青枯病的实验室与田间抗性接种方法和发病分级标准, 对于加快辣椒与青枯菌互作的分子机制研究、抗病品种的选育与推广具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 植物材料

辣椒 (*Capsicum annuum*) 品种 76a、TW-1、宁优 6-2-4、65-5-B、31-2-a、52-5-2 纯、桂-1-3 纯、126-1、68-4、55-2-5、6-1-1 单、22-1-3、83B-2 × 18-1、26-4 × 42-4、87-2-1、HN 大红-2-3、140-2、154-2、136-3-1 等 107 份材料, 均为福建农林大学蔬菜生物技术与遗传改良课题组提供。

1.1.2 菌株

青枯菌 (*Ralstonia solanacearum*) 菌株 FJC100301, 于 2010 年从福建省福清市的辣椒青枯病典型病株中分离获得。菌种保存在无菌水中, 分别存放于 20℃ 和常温下。使用时移到 PSA (马铃薯 200 g, 蔗糖 20 g, 牛肉浸膏 3 g, 蛋白胨 5 g, 琼脂粉 12 g, 双蒸水 1 L) 斜面上, 28℃ 培养 24 h, 加 1 mL 无菌水悬浮, 无菌条件下倒入 150 mL PSA 液体培养基中, 28℃ 震荡培养 36 h, 备用^[7]。

1.2 试验方法

1.2.1 接种温度试验

试验于 2010 年 4–5 月在福建农林大学现代设施农业 3 号楼温室进行, 参试辣椒材料为 76a 和 TW-1。供试辣椒材料均按常规方法栽培, 当植

株生长至 10 叶期, 设置 25℃、28℃、35℃、室温 (30℃ 维持 6 h, 其他时间 24℃~32℃) 和玻璃房 (37℃ 维持 6 h, 其它时间 28℃~38℃) 等 5 个不同处理温度进行接种。接种采用针注法, 菌液浓度为 3×10^8 cfu/mL (cfu, colony forming units, 菌落形成单位)。试验设置 3 个重复, 每个重复每个辣椒材料 15 株苗。

1.2.2 接种方法试验

参试材料为 76a 和 TW-1, 当辣椒生长进入 10 叶期, 分别采取灌根、浸根、刺茎、剪叶和针注等方法进行接种方法试验。灌根: 将打孔器 (直径 1.4 cm) 靠近植株基部插入土中, 随后每株浇灌菌液 10 mL; 浸根: 将 10 叶期的辣椒植株连根拔起, 洗净后浸入菌液 20 min, 取出移栽; 刺茎 (针刺): 在植株顶芽下第 5 或 6 片叶的叶腋间滴 1 滴菌液, 用细针穿过菌液垂直方向刺入茎部; 剪叶: 用沾过菌液的剪刀从辣椒植株顶芽下第 5 或 6 片叶的叶尖横切剪去 1/5; 针注: 于植株顶芽下第 5 或 6 片叶背的叶脉, 用微量注射器 (10 μ L) 将菌液注射到叶片细胞间隙, 所用菌液浓度均为 3×10^8 cfu/mL ($OD_{600} = 0.8$)。每个品种做 3 个重复, 每个重复含 15 株辣椒苗^[8]。

1.2.3 接种浓度试验

参试材料为 76a 和 TW-1, 当辣椒生长进入 10 叶期, 采用浸根法, 菌液浓度设置为 3×10^7 、 3×10^8 、 5×10^9 cfu/mL 3 个浓度进行接种。试验设置 3 个重复, 每个重复每个辣椒材料 15 株苗。

1.2.4 田间抗性接种鉴定

试验于 2010 年 5 月 10 日–7 月 4 日在福建省惠安县农业科学研究所试验田内进行, 参试材料为 76a、宁优 6-2-4、65-5-B 和 31-2-a 等 106 份 (除 TW-1, 下同) 辣椒材料, 接种采用浸根法 (取苗前半小时, 先用水浇湿育苗畦)。试验设 3 个重复, 各小区按随机排列, 每个小区 6 棵辣椒苗。

1.2.5 病情调查

根据不同试验要求, 从发病初始起每隔 5 d 调查 1 次。实验室发病始期为接种后 7 d, 田间为接种后 10 d。辣椒品种实验室病情分级标准, 以烟草种质资源抗青枯病分级标准为基本依据^[8]; 田

间病情分级标准,以参试辣椒材料(106 份)接种后 10 d 青枯病抗性水平为依据,结合其它作物(如烟草^[8]等)种质资源抗青枯菌鉴定筛选病情分级标准,划分辣椒种质资源抗青枯病分级标准和抗性评价标准。

病情分级标准为,0 级:辣椒植株正常,无病;1 级:辣椒植株轻微枯萎,基部 1~2 片叶子枯萎,顶端正常;2 级:辣椒植株叶片除顶端部位外,1/2 的叶片枯萎,顶端正常(注:抗病鉴定过程中,辣椒植株基部正常,上部分叶片 1~2 片枯萎,也规为 2 级);3 级:辣椒植株叶片除顶端部位外,2/3 的叶片枯萎,顶端正常;4 级:辣椒植株叶片大部分发生枯萎,顶端叶片开始发生枯萎;5 级:辣椒植株整株顶端大部分发生枯萎,或者植株死亡(详见图 1)。

抗性评价标准为,高抗(high resistance, HR): 0.0~15.0(病情指数,下同);抗(resist-

ance, R): 15.1~30.0; 中抗(moderate resistance, MR): 30.1~50.0; 中感(moderate susceptibility, MS): 50.1~70.0; 感(susceptibility, S): 70.1~85.0; 高感(high susceptibility, HS): 85.1~100.0。

病情指数 = $\frac{100 \times \sum (\text{各级病株数} \times \text{各级代表值})}{\text{调查总植株数} \times \text{最高级代表值}}$

1.2.6 离体鉴定方法

根据田间调查结果,选用高抗(76a 和宁优 6-2-4)和高感(65-5-C, 68-4 和桂-1-3 纯)辣椒品种进行离体鉴定。待植株生长至 10 叶期时,取顶芽下第 5 或 6 片叶,进行离体抗病性鉴定。采集离体叶片,用无菌水清洗 2 次,75% 酒精消毒 2 min,再用无菌水清洗 2 次,之后浸没于浓度为 3×10^8 cfu/mL 青枯菌菌液中 2 min,取出放置于 0.5% 琼脂平板上,于 $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下培养,光照强度为 $60 \sim 70 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光暗周期为 16 h/8 h^[9]。

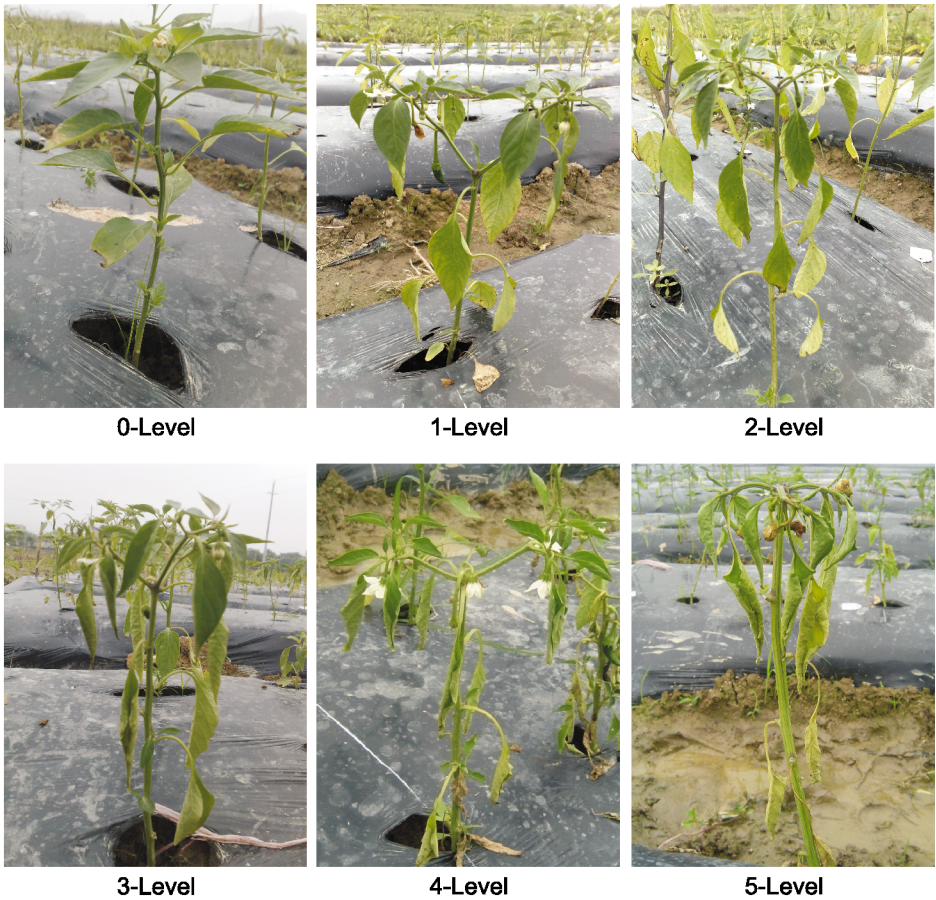


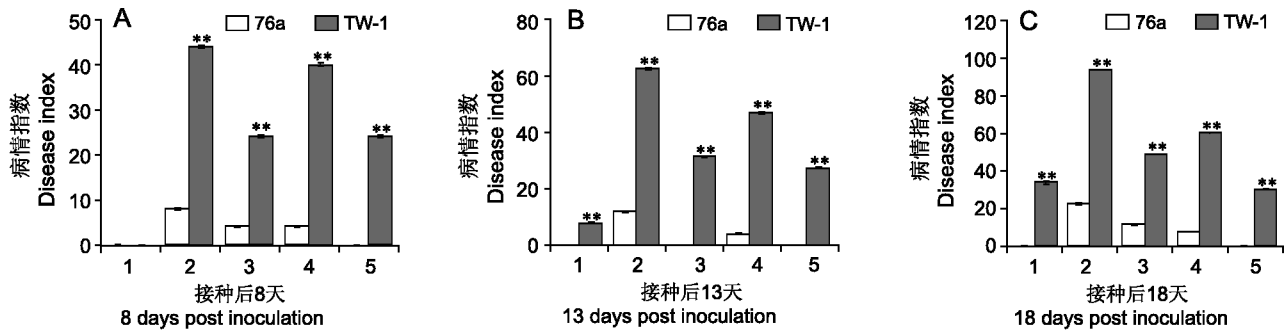
图 1 辣椒种质资源抗青枯病抗源筛选病情分级标准
Fig. 1 Disease standards of resistance levels in selection of resistant resources of *Ralstonia solanacearum* in pepper

2 结果与分析

2.1 辣椒青枯病抗性鉴定的因素

2.1.1 温度

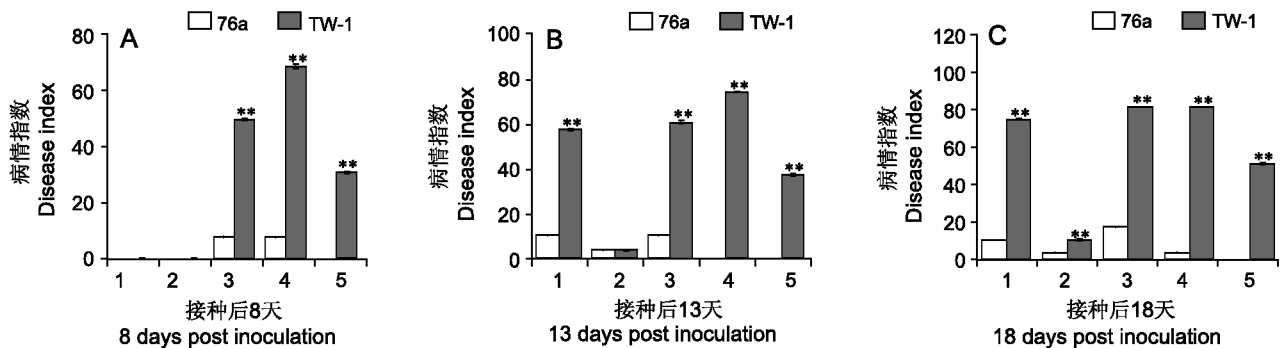
参试的辣椒 76a 和 TW-1 的 10 叶期植株在不同温度(25℃、28℃、35℃、室温和玻璃房)下进行青枯菌接种测定。结果表明(图 2)，在接种后第 8、13、18 d，28℃下的辣椒 76a 和 TW-1 品种病情指数都达到最高，同时辣椒 76a 与 TW-1 品种间病情指数存在显著性差异，可看出 76a 较抗青枯病，TW-1 易感青枯病，与辣椒 76a 和 TW-1 材料在田间自然病圃中的发病情况相吻合，即 76a 较抗青枯病，TW-1 感病。



横坐标上的 1、2、3、4、5 分别表示各种温度：25℃、28℃、35℃、室温和玻璃房。数值来源于 3 组，每组 5 株。误差线代表标准误差，Student-Newman-Keuls 检验，星号表示显著性差异 (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$)。下同。
The number 1, 2, 3, 4 and 5 of abscissa represents the different temperatures 25℃, 28℃, 35℃, room temperature and glass house in figure, respectively. Values based on 3 groups, each group with 5 plants. Error bars indicate standard error; Asterisks indicate significant differences as determined by Student-Newman-Keuls Test (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$). The same below.

图 2 不同温度对辣椒 76a 和 TW-1 品种(10 叶期苗)青枯菌接种测定的影响

Fig. 2 Effects of different temperatures were tested after inoculation with *Ralstonia solanacearum* in resistant levels of 76a and TW-1 pepper cultivars



横坐标上的 1、2、3、4、5 分别表示不同接种方法：浸根、剪叶、针刺、针注和灌根。
The number 1, 2, 3, 4 and 5 of abscissa represents the different inoculation methods root-soaking, leaf-cutting, needling, syringe injection and root-irrigation in figure, respectively.

图 3 不同接种方法对辣椒 76a 和 TW-1 品种青枯菌接种测定的影响

Fig. 3 Effects of different inoculation methods tested after inoculation with *Ralstonia solanacearum* in resistant levels of 76a and TW-1 pepper varieties

2.1.2 接种方法

采用浸根、剪叶、针刺、针注和灌根等 5 种接种方法，在 28℃下分别进行辣椒抗青枯病接种试验，结果表明(图 3)，使用针刺、针注和灌根接种，在接种后第 8、13、18 d，辣椒 76a 和 TW-1 发病病情指数均存在显著性差异。采用针注法接种时 TW-1 品种表现出较高的病情指数。采用不同的接种方法时，76a 和 TW-1 在接种后 13 d 和 18 d 发病病情指数均表现出显著性差异，其中 TW-1 品种浸根接种病情指数高于灌根接种，而低于针刺和针注接种。

2.1.3 接种浓度

于 28℃下，采用 3 种菌液接种浓度(3×10^7 、

3×10^8 、 5×10^9 cfu/mL) 对参试的辣椒 76a 和 TW-1 苗期植株进行青枯菌接种测定。结果表明(图 4), 在接种后第 8、13、18 d, 随着青枯菌接种量的增加, 辣椒 76a 和 TW-1 品种发病变得严重, 并且品种之间存在显著性差异。

根据田间自然病圃发病分析, 辣椒栽培品种 76a 和 TW-1, 分别为青枯菌抗病和感病品种。通过在不同接种温度、不同接种方法和不同接种浓度下进行辣椒 76a 和 TW-1 品种青枯菌接种测定, 结果显示进行辣椒种质资源青枯菌抗病性鉴定, 较优的接种方式为: 浸根 20 min, 菌液浓度 3×10^8 cfu/mL, 于 28℃ 培养。鉴于此, 在田间进行

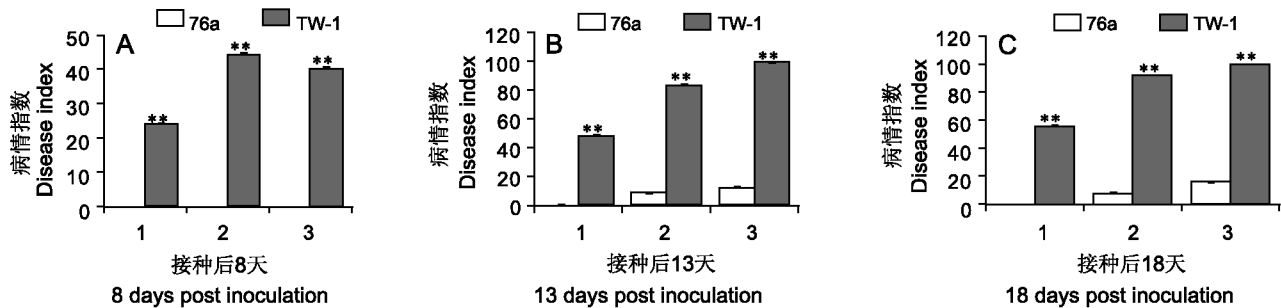
辣椒种质资源抗青枯病抗性筛选中, 可采用辣椒 10 叶期幼苗、浸根 20 min、菌液浓度 3×10^8 cfu/mL 进行鉴定。

2.2 辣椒种质资源抗青枯病抗源筛选

通过分析从 2010 年 5 月 2 日–6 月 9 日共 5 次辣椒品种抗青枯病接种鉴定统计数据, 以 2010 年 5 月 30 日调查结果为基础, 结合其余 4 次调查结果, 初步选择出抗感材料, 按抗性水平划分为高抗、抗、中抗、中感、感、高感几种材料(表 1)。

2.3 田间抗病鉴定与室内抗病鉴定的结果比较

对田间抗病鉴定中分别表现为对 FJC100301 高抗(76a 和宁优 6-2-4)和高感(65-5-C、68-4 和



横坐标上的 1、2、3 分别表示不同接种浓度: 3×10^7 、 3×10^8 、 5×10^9 cfu/mL。
The number 1, 2 and 3 of abscissa represents the different concentrations 3×10^7 , 3×10^8 and 5×10^9 cfu/mL in figure, respectively.

图 4 不同接种浓度对辣椒 76a 和 TW-1 品种青枯菌接种测定影响
Fig. 4 Effects of different concentrations tested after inoculation with *Ralstonia solanacearum* in resistant levels of 76a and TW-1 pepper varieties

表 1 106 份辣椒种植资源青枯病抗性分析
Table 1 Analysis of resistance levels of bacterial wilt in 106 pepper cultivars

抗性水平 Resistance levels	数量 Count	品种名称 Cultivars name
高抗(HR)	14	宁优 6-2-4, 31-2-a, 79-5 × 18-1, SE, 79-5 × 18-1, 52-5-2 纯, 39-2-a-1, 136-3, 65-5-B, 76a, 宁优 6-1 × 18-1, 64-5 纯牛, 83B-2 × 18-1, 55-2-2-2
抗(R)	8	51-5-1, 52-3-1, 186-4, 55-2-2-8-2 泡椒, 79-5 × 62-2-1, 87-2-1, 52 × 61, 39-1-a 单
中抗(MR)	23	12-1-2, 65-5-B 纯, 78-1-1 单纯, 66-2-1, 76B-2-a, 79-5 × 62-2-1, 140-2, 62-2-2 纯, 宁优 6-1 × 62-2-1, 140-1, 宁优 6-2 纯, 136-3-1, 154-1-1, 83B-2 × 62-2-1, 5-1-2, 55-2-7, 96-3-1, 4 × 76, 55-2-2-1, 133-2-3, 宁优 6-3-2, 金 B-1, 宁优 6-2-1
中感(MS)	23	187-1, 68-3-5 单, 26-4 × 18-1, 187-3, 2-3 纯, 26-4 × 42-4, HN 大红-2-3, 63-3-1 纯, 83B-2 × 68-2, 52d 纯, HN 大红-1 × 90-1, HN 大红-1 × 62-2-1, HN 大红-1 × 90-1, AVR, 宁优 6-1 × 90-1, 154-4, 83B-2 × 90-1, 26-4 × 90-1, 42-3-1 单, 188-1 混, 26-4 × 68-2, 83-2, 65-5-E
感(S)	20	64-2, 6-1-1 单, HN 大红-3-2, HN 大红-1-1, 4-2 纯, 79-5 × 42-4, 42-4-2 单, 宁优 6-1 × 42-4, 96-2-1, 79-7-c, 18-2-3, 宁优 6-1 盆栽单株单果, 12-4, 7a-7-a, 79-5 × 90-1, 宁优 6-1 × 63-2, 79-6-2, 65-B-1 纯, 126-1 单, 71-b-1
高感(HS)	18	30-1-2, 79-5, 83B-2 × 42-4, HN 大红-1 × 68-2, 126-1, 76B-2-c-1, 154-2, HN 大红-1 × 42-4, 188-1-1 混, 154-2, 55-2-5, 68-4, 174(杂)-4 单, 65-5-c, 174-10-1-1, 桂-1-3 纯, 168-3, 68-3-1

桂-1-3 纯) 的材料进一步进行室内接种离体抗青枯病接种鉴定。结果表明(图 5)，在接种后 15 d，高感材料 65-5-C、68-4 和桂-1-3 纯出现了很明显的青枯病发病症状，而高抗材料 76a 和宁优 6-2-4 仅表现出较轻微的青枯病发病症状，这一结果与田间抗性接种鉴定结果高度一致。

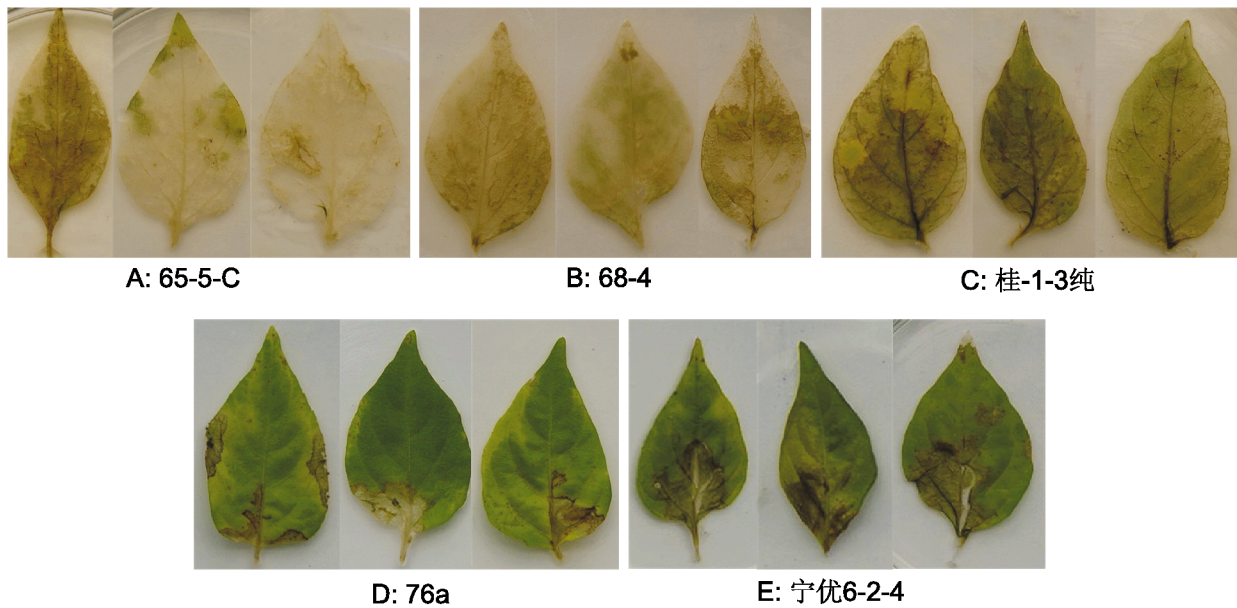
3 讨论

辣椒青枯病在高温高湿下发病严重，是我国广大辣椒产区，特别是南方辣椒产区发生较为严重的病害之一。筛选获得辣椒抗病育种材料是有效开展辣椒抗青枯病遗传改良的重要前提，而辣椒抗青枯病鉴定方法的建立则是筛选获得辣椒抗青枯病遗传资源的重要基础。辣椒青枯病(pepper bacterial wilt)主要从辣椒根部伤口侵入，发病初期顶端叶片中午萎焉，早晚恢复，随后下中部叶片凋萎，数天后整株急剧萎焉，但叶片仍为绿色，呈现青枯症状，同时病株基部及根部维管束出现变褐等症状。

辣椒抗青枯病室内鉴定，中华人民共和国农业部公布的辣椒抗青枯病鉴定技术规程(标准号：

NY/T 2060. 2-2011)，采用伤根灌根接种法进行室内鉴定。此方法对于辣椒品种审定、抗感材料确定和少量资源筛选，具有较强的操作性和较高精确性。但在大量辣椒资源抗性筛选中，如采用灌根室内鉴定，条件要求较高，操作性较差。如采用灌根田间鉴定，势必大量增加鉴定田圃外来青枯菌含量，破坏农田。对于辣椒与青枯菌互作分子机制研究，在病毒诱导基因沉默和瞬间超表达基础上，进行特定叶片离体鉴定，灌根接种法也不适用。

因此，我们在相关研究基础上，采用浸根方法进行辣椒种质资源田间抗源筛选，降低了对田圃的损坏，结合离体叶片鉴定进一步确认高抗和高感材料。离体叶片抗病性鉴定，在确认筛选抗源基础上，对辣椒与青枯菌互作分子机制研究，提供了可行的方法。同时，可以更加直观观察到辣椒生长期过程中田间青枯病的发病情况，掌握更多相关抗源材料信息，对寻找合适时间点进行青枯病防治提供了信息。浸根法不足之处是，对田圃选择要求较高，适合于我国南方青枯病多发地区。北方地区则存在较高难度。同时，需要结合当地辣椒自然生长期，模拟辣椒田间发病时间段，选择高温高湿环境



A: 高感材料 65-5-C 出现严重的青枯病病症；B: 高感材料 68-4 出现严重的青枯病病症；C: 高感材料桂-1-3 纯出现严重的青枯病病症；D: 高抗材料 76a 出现轻微的青枯病病症；E: 高抗材料宁优 6-2-4 出现轻微的青枯病病症。
A: HS cultivar 65-5-C shows serious symptoms of bacterial wilt; B: HS cultivar 68-4 shows serious symptoms of bacterial wilt; C: HS cultivar Gui-1-3 chun shows serious symptoms of bacterial wilt; D: HR cultivar 76a shows minor symptoms of bacterial wilt; E: HR cultivar Ningyou 6-2-4 shows minor symptoms of bacterial wilt.

图 5 接种后 15 d，部分田间筛选的辣椒品种抗源抗性确定

Fig. 5 15 days after inoculation, resistance levels were confirmed in part of resistance sources of pepper

进行鉴定。

结合相关研究及本研究结果,我们认为在辣椒抗青枯病鉴定中,凡涉及辣椒品种审定、抗感材料确定和少量资源筛选,可选择伤根灌根接种和离体叶片鉴定相结合的方式;凡涉及大量辣椒抗源筛选,可选择浸根方式进行田间抗源筛选;而有关辣椒与青枯菌互作分子机制研究,则以针注和离体叶片鉴定相结合的方式为好。

在我国南方辣椒产区,可选择高温高湿天气青枯病频发的5月份进行田间接种鉴定,选择时间过早,辣椒青枯病不易发病,过迟,辣椒则不易移栽成活。同时在辣椒植株生长期要严防辣椒疫病发生。从本研究结果来看,田间发病统计结果显示,接种后10 d开始统计,每隔5 d统计1次,在接种后20 d,辣椒整体发病趋于稳定。辣椒青枯病感染部位主要是根茎,受害部位主要是叶片。病情分级以叶片受害程度为主,可结合考察黑色条斑在辣椒茎部的扩展情况。在品种抗性评价标准上,应缩小高抗高感范围。我们在对辣椒种质资源青枯病抗性鉴定中,确定了抗性鉴定方法、病情分级标准和品种抗性评价标准。对实验室保存的辣椒种植资源进行了抗病性鉴定,筛选获得了一批抗病和感病材料,为辣椒抗青枯病育种奠定了基础,还进一步研究辣椒与青枯菌互作分子机制,为开发分子标记提供了重要材料。本研究结果为辣椒等茄科抗青枯病抗源筛选提供了参考。

致谢:感谢福建农林大学方树民教授在青枯病病株样本收集、辣椒种质抗青枯菌实验室与田间抗性接种方法、辣椒青枯病发病分级标准中的指导。

参考文献:

[1] Wang Y N, Dang F F, Liu Z Q, Wang X, Eulgem T, Lai Y, Yu L, She J J, Shi Y L, Lin J H, Chen

C C, Guan D Y, Mou S L, He S L. *CaWRKY58*, encoding a group I WRKY transcription factor of *Capsicum annuum*, negatively regulates resistance to *Ralstonia solanacearum* infection [J]. *Mol Plant Pathol*, 2013, 14(2): 131–144.

- [2] Dahal D, Heintz D, Van Dorsselaer A, Braun H P, Wydra K. Pathogenesis and stress related, as well as metabolic proteins are regulated in tomato stems infected with *Ralstonia solanacearum* [J]. *Plant Physiol Bioch*, 2009, 47(9): 838–846.
- [3] Hayward A. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* [J]. *Annu Rev Phytopathol*, 1991, 29(1): 65–87.
- [4] 胡青平, 徐建国, 刘会龙, 陈五岭, 朱战烽. 番茄茎内生细菌的分离鉴定及青枯病拮抗菌的筛选 [J]. 西北植物学报, 2006(10): 2039–2043.
- [5] 刘建华, 杨宇红, 卢鉴植, 章志强, 王鸣, 巩振辉. 辣椒种质资源对疫霉的抗病性鉴定研究 [J]. 湖南农业科学, 1988(3): 30–31.
- [6] 易图永, 张宝玺, 谢丙炎, 高必达, 马新卫. 辣椒疫病三种接种方法的比较 [J]. 中国蔬菜, 2003(2): 16–18.
- [7] Dang F F, Wang Y N, Yu L, Eulgem T, Lai Y, Liu Z Q, Wang X, Qiu A L, Zhang T X, Lin J, Chen, Y S, Guan D Y, Cai H Y, Mou S L, He S L. *CaWRKY40*, a WRKY protein of pepper, plays an important role in the regulation of tolerance to heat stress and resistance to *Ralstonia solanacearum* infection [J]. *Plant Cell Environ*, 2013, 36, 757–774.
- [8] 纪成灿, 方树民, 顾钢, 林海, 吴正举, 陈剑芳. 烟草品种抗青枯病鉴定中的相关因素分析 [J]. 中国烟草科学, 2000(2): 1–4.
- [9] Afroz A, Khan M R, Ahsan N, Komatsu S. Comparative proteomic analysis of bacterial wilt susceptible and resistant tomato cultivars [J]. *Peptides*, 2009, 30(9): 1600–1607.

(责任编辑: 张 平)