

苦瓜枯萎病抗性鉴定与抗性遗传规律研究

赵秀娟^{1,2}, 唐鑫², 胡开林^{2,*}

(¹广东科贸职业学院, 广州 510430; ²华南农业大学园艺学院, 广州 510642)

摘要: 以 4 份田间抗性水平不同的苦瓜为材料, 探讨了适用于苦瓜苗期人工接种枯萎病菌的抗性鉴定方法; 以此为基础, 对来自国内外的 43 份苦瓜种质资源进行了抗源筛选, 以其中的抗病亲本 ‘0417’ 和感病亲本 ‘472113’ 为材料, 研究了苦瓜对枯萎病抗性的遗传规律。结果表明, 直接水培接种法是较适合于苦瓜苗期枯萎病抗性鉴定的方法, 适宜的接种菌液孢子浓度为 $4 \times 10^6 \cdot \text{mL}^{-1}$ 。在苦瓜种质资源中, 枯萎病抗源普遍存在, 尤以野生种或半栽培种抗病性较强。苦瓜枯萎病抗性受单一显性核基因控制, 其广义遗传力为 90.78%。

关键词: 苦瓜; 枯萎病; 苗期接种; 抗性遗传

中图分类号: S 642.5

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2013) 04-0685-08

Studies on the Identification Technology and Inheritance of Disease Resistance to *Fusarium* Wilt in Bitter Gourd

ZHAO Xiu-juan^{1,2}, TANG Xin², and HU Kai-lin^{2,*}

(¹Guangdong Science and Tradition College of Vocation, Guangzhou 510430, China; ²College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The identification technology of resistance to *Fusarium* wilt in *Momordica charantia* was investigated with inbred lines presenting different degree of field resistance. Then a total of 43 *Momordica charantia* varieties (or inbred lines) from home and abroad were evaluated for resistance to *Fusarium* wilt. Furthermore, a highly susceptible inbred line ‘472113’ and a highly resistant inbred line ‘0417’ were used to study the inheritance of resistance to *Fusarium* wilt in *Momordica charantia*. The results indicated that direct hydroponic inoculation with concentration of 4×10^6 spores per milliliter was most suitable for resistance identification. And the existence of resistant resource is prevalent among the *Momordica charantia* germplasm resources. The broad-sense heritability of *Momordica charantia* resistance to *Fusarium* wilt is 90.78%. The resistance is controlled by single dominant nuclear gene without affecting by cytoplasm.

Key words: bitter gourd; *Fusarium oxysporum* f. sp. *momordicae* Sun & Huang; seedling inoculation; resistance inheritance

收稿日期: 2012-11-01; 修回日期: 2013-03-11

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目 (2012B091100167); 广东省科技计划项目 (20120201); 广东现代农业产业技术体系建设专项资金项目

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: hukailin@scau.edu.cn)

致谢: 广东省农业科学院植物保护研究所何自福研究员惠赠苦瓜枯萎病菌, 特此致谢!

苦瓜 (*Momordica charantia* L.) 枯萎病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *momordicae* Sun & Huang) (Sun & Huang, 1983) 是苦瓜生产中遇到的最严重病害之一, 在中国各苦瓜种植区均有发生, 尤其是近年来随着苦瓜种植面积的不断扩大, 以及频繁重茬, 苦瓜枯萎病发生与危害越来越严重, 给苦瓜生产带来了严重的损失, 已成为制约苦瓜生产的主要因素。

瓜类枯萎病菌存在明显的专化型差异。迄今为止, 已有报道的瓜类枯萎病菌有 8 种专化型, 即西瓜枯萎病专化型 (*Fusarium oxysporum* Schl. F. sp. *niveum*)、黄瓜枯萎病专化型 (*Fusarium oxysporum* Schl. F. sp. *cucumerinum*)、甜瓜枯萎病专化型 (*Fusarium oxysporum* Schl. F. sp. *melonis*)、葫芦枯萎病专化型 (*Fusarium oxysporum* Schl. F. sp. *lagenariae*)、冬瓜枯萎病专化型 (*Fusarium oxysporum* Schl. F. sp. *benincasae*)、丝瓜枯萎病专化型 (*Fusarium oxysporum* Schl. F. sp. *luffae*)、苦瓜枯萎病专化型 (*Fusarium oxysporum* Schl. F. sp. *momordicae*) 和瓜类专化型 (*Fusarium oxysporum* Schl. F. sp. *cucurbitacearum*) (戚佩坤, 1995)。吴营昌等 (1996) 报道, 黄瓜枯萎病专化型具有 10 条尖镰孢酯酶同工酶带, 冬瓜枯萎病专化型有 12 条尖镰孢酯酶同工酶带, 西瓜枯萎病专化型与葫芦枯萎病专化型都有 8 条尖镰孢酯酶同工酶带。苦瓜枯萎病是由尖镰孢苦瓜专化型侵染而引起的土传病害, 该专化型除危害苦瓜外, 不侵染其它植物 (朱天圣和戚佩坤, 1998)。

有关瓜类枯萎病抗性鉴定方法及抗源筛选的研究, 在黄瓜 (翁祖信 等, 1985; 赵艳茹 等, 1999) 和西瓜 (吴学宏 等, 2003) 等作物上报道较多, 但对苦瓜枯萎病抗性鉴定与抗源筛选仅见少量报道。郭堂勋和莫贱友 (2007) 研究认为, 浸根接种法较适用于苦瓜枯萎病的抗性鉴定。罗方芳等 (2010) 采用浸根移栽接种法对广东省推广种植的 11 个苦瓜品种进行抗枯萎病鉴定的结果表明, 绝大多数苦瓜品种对枯萎病表现为抗病或中抗。曾华兰等 (2011) 将苦瓜幼苗切除部分须根后采用浸根移栽接种法对四川省 23 个苦瓜种质资源进行了枯萎病抗性评价, 结果表明, 达到抗或中抗水平的材料有 15 个, 占 65.22%。饶雪琴和李人柯 (1999) 进行了苦瓜枯萎病菌培养滤液浸苗法与病菌直接浸根法的鉴定比较, 认为二者鉴定结果基本一致。但是, 在本试验的预备试验中发现, 采用浸根接种法时, 存在因接种季节不同而表现抗性不稳定等问题, 因此认为有必要探讨和建立更为稳定的苦瓜抗枯萎病鉴定体系。

瓜类枯萎病抗性遗传较为复杂, 呈现‘遗传多样化’的特点。如西瓜枯萎病有单主效基因控制和隐性多基因控制 (于天祥和张明方, 2004)、多基因控制 (张国良和崔广海, 1999) 的报道。黄瓜对枯萎病抗性的遗传则更是复杂, 有单显性基因控制 (Netzer et al., 1977)、部分隐性基因控制 (韩旭和菅野绍雄, 1996) 和 4 对显性基因控制并受细胞质影响 (侯安福和尹彦, 1995) 等报道。至于苦瓜对枯萎病的抗性遗传研究至今尚鲜见报道。本试验中在比较苦瓜抗枯萎病鉴定方法的基础上, 对 43 份苦瓜种质进行抗源筛选, 并以抗病和感病亲本为材料, 开展苦瓜对枯萎病抗性遗传规律研究, 目的是探讨更适用于苦瓜枯萎病苗期鉴定的方法, 初步明确在苦瓜种质中枯萎病抗源的分布以及抗性基因的遗传规律, 为开展苦瓜抗枯萎病育种提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试材

用于比较枯萎病菌接种方法的苦瓜材料是‘0417’、‘472113’、‘UX203’和‘抗病苦瓜’, 于 2007—2010 年春秋季, 在华南农业大学蔬菜试验基地, 均为经 6~8 代自交获得的自交系。其中‘0417’是来自斯里兰卡的野生苦瓜, ‘472113’为广东省传统的大顶苦瓜, ‘UX203’和‘抗病苦瓜’是品质较好且具有一定抗性的栽培品种。它们在苦瓜连作地分别表现为‘0417’抗性最强, ‘UX203’和

‘抗病苦瓜’具有较强的抗性, ‘472113’抗性最差。

用于苦瓜枯萎病抗源筛选的 43 个苦瓜品种或自交系分别来自国内外 (表 2)。

用于枯萎病抗性遗传规律研究的抗病自交系为 ‘0417’, 感病自交系为 ‘472113’。

1.2 育苗

苦瓜种子先用 55 °C 温水浸泡 30 min, 经过浸种 10 h、催芽 48 ~ 72 h 后播于灭菌过的培养土中。待幼苗长至 3 ~ 4 片真叶时, 分别用于苗期人工接种鉴定。其中用于比较不同接种方法的 4 份试材为每处理设 3 次重复, 每重复 15 株, 共 45 株。用于抗源筛选的 43 份试材为每份材料 3 次重复, 每重复 10 株, 共 30 株。

1.3 苦瓜枯萎病菌孢子悬浮液的制备

苦瓜枯萎病菌由广东省农业科学院植物保护研究所分离鉴定及提供。取生长旺盛的枯萎病菌丝接种于 PDA 液体培养基中, 于 25 ~ 26 °C 条件下震荡培养 7 ~ 10 d。将培养液用双层纱布过滤去掉菌丝, 滤液以 3 500 ~ 4 000 r · min⁻¹ 离心 20 min, 去除上清液, 以无菌水洗出沉淀的苦瓜枯萎病菌孢子。用血球计数器计算病菌孢子的浓度, 最后调至所需的菌液浓度用于接种鉴定。

1.4 苗期接种

待苦瓜幼苗长至 3 ~ 4 片真叶时, 自营养钵内小心挖出, 经清水洗净后, 分别采用浸根移栽接种法 (root-soaking transplant inoculation, RST)、浸根水培接种法 (root-soaking hydroponic inoculation, RSH) 和直接水培接种法 (direct hydroponic inoculation, DH) 进行接种。浸根移栽接种法是将苦瓜幼苗根部置于含有苦瓜枯萎病菌孢子的悬浮液中浸泡 30 min, 设清水浸根作对照, 然后移栽到营养钵中。浸根水培接种法是将苦瓜幼苗根部置于含有苦瓜枯萎病菌孢子的悬浮液中浸泡 30 min, 然后每 5 株幼苗放入霍格兰营养液 (100 mL · 瓶⁻¹) 中培养, 设清水浸根作对照。直接水培接种法是不经病菌孢子悬浮液浸根, 每 5 株幼苗直接放入含接种病菌孢子浓度的霍格兰营养液 (100 mL · 瓶⁻¹) 中培养, 设霍格兰营养液培养作对照。接种苦瓜枯萎病菌的孢子浓度为 1 × 10⁶ · mL⁻¹、4 × 10⁶ · mL⁻¹ 和 1.6 × 10⁷ · mL⁻¹。接种后放在 (28 ± 1) °C、RH 90%、光照 12 h · d⁻¹ (4 000 lx) 人工培养室里培养, 采用浸根水培接种法和直接水培接种法的每天补充营养液至原定容量, 以确保营养液量的相对稳定, 采用浸根移栽接种法的用营养液淋水保持土壤水分。于接种 48 h 后开始每隔 1 d 观察统计植株发病情况。

1.5 苗期人工接种病情与抗病性分级标准

按照周凯南等 (1989) 的方法, 将植株病情分为 5 级, 品种抗病性分为 5 级。病情 0 级: 无症状; I 级: 1 ~ 2 片子叶明显变黄; II 级: 子叶发黄并萎蔫, 维管束轻度变色; III 级: 子叶枯死, 真叶发黄, 维管束褐色; IV 级: 全株萎蔫或枯死, 维管束褐色。0 ~ I 级为抗病植株, II ~ IV 级为感病植株。根据病情指数 (DI) 进行品种抗病性分级, 病情指数 0 ~ 15 为高抗 (HR), 15 ~ 30 为抗病 (R), 30 ~ 50 为中抗 (MR), 50 ~ 70 为感病 (S), 70 ~ 100 为高感 (HS)。病情指数 = Σ (病株数 × 该级代表值) / (总株数 × 最高级代表) × 100。

1.6 抗性遗传试验

于 2010 和 2011 年春秋季, 在华南农业大学蔬菜试验基地, 以 ‘472113’ 为母本、‘0417’ 为父本进行杂交获得 F₁ 代; 以 F₁ 进行人工隔离并自交获得 F₂; 以 F₁ 为母本、‘472113’ 和 ‘0417’ 为父本进行杂交分别获得 (‘472113’ × ‘0417’) × ‘472113’ (BC_{1,1}) 和 (‘472113’ × ‘0417’) × ‘0417’

(BC_{1,2}); 以 ‘472113’ 为母本、F₁ 为父本进行杂交获得 ‘472113’ × (‘472113’ × ‘0417’) (BC_{1,3})。‘0417’ 和 ‘472113’ 各 75 株, 每重复 25 株; F₁ 为 90 株, 每重复 30 株; F₂ 为 200 株, 每重复 66 ~ 67 株; 回交代 BC_{1,1} 为 97 株, 每重复 32 ~ 33 株; BC_{1,2} 为 138 株, 每重复 46 株; BC_{1,3} 为 69 株, 每重复 23 株; 均为 3 次重复。

2 结果与分析

2.1 不同接种方法及接种浓度的比较

3 种接种方法均在接种后 3 ~ 4 d 开始发病, 其中浸根移栽接种法和浸根水培接种法在接种后 10 ~ 11 d 发病较为集中, 至接种后 14 d 植株发病情况基本稳定; 而直接水培接种法在接种后 7 d 植株发病较为集中, 至接种后 12 d 植株发病情况基本稳定。在植株发病稳定期, 对植株发病情况进行统计的结果 (表 1) 表明, 4 份苦瓜材料的病情指数均随接种浓度升高而升高, 而在同一接种浓度条件下, 采用 3 种接种方法所得结果除了 ‘UX203’ 稍有差异外, 其余 3 份材料基本一致。初步认为 3 种接种方法用于苦瓜枯萎病抗性鉴定的结果是相同的。由于采用直接水培接种法和浸根水培接种法可省去再次移栽的工作, 操作简便, 认为是可以作为代替前人所用的浸根移栽接种法而较适合于苦瓜枯萎病抗性鉴定的人工接种方法。

将 4 份苦瓜材料的人工接种鉴定结果与在苦瓜连作地的田间实际抗性表现进行分析, 认为以接种孢子浓度为 $4 \times 10^6 \cdot \text{mL}^{-1}$ 时, 与田间实际抗性较为吻合。因为当接种孢子浓度为 $1 \times 10^6 \cdot \text{mL}^{-1}$ 时, 在田间表现为高抗的苦瓜自交系 ‘0417’ 接种后表现为免疫或完全不发病, 说明接种浓度可能偏低; 而当接种孢子浓度为 $1.6 \times 10^7 \cdot \text{mL}^{-1}$ 时, 在田间表现具有一定抗性的苦瓜自交系 ‘抗病苦瓜’ 接种后则表现为感病, 说明接种浓度可能偏高。因此, 认为苦瓜枯萎病菌接种孢子浓度以 $4 \times 10^6 \cdot \text{mL}^{-1}$ 较为适宜。

表 1 不同接种方法和接种浓度下的病情指数
Table 1 Effect of different inoculate methods and concentration on disease-index (DI)

| 材料 Material | 浓度/ (孢子 · mL ⁻¹) Concentration | 浸根移栽接种法 Root-soaking transplant inoculation | | 浸根水培接种法 Root-soaking hydroponic inoculation | | 直接水培接种法 Direct hydroponic inoculation | |
|----------------|--|--|------------------------------|--|------------------------------|--|------------------------------|
| | | 病情指数 DI | 抗病性 Disease resistance | 病情指数 DI | 抗病性 Disease resistance | 病情指数 DI | 抗病性 Disease resistance |
| 0417 | 1×10^6 | 0 | HR | 0 | HR | 0 | HR |
| | 4×10^6 | 3.89 | HR | 4.44 | HR | 3.33 | HR |
| | 1.6×10^7 | 16.67 | R | 18.89 | R | 20.56 | R |
| 472113 | 1×10^6 | 64.44 | S | 66.67 | S | 71.11 | HS |
| | 4×10^6 | 89.44 | HS | 90.0 | HS | 91.11 | HS |
| | 1.6×10^7 | 97.22 | HS | 97.78 | HS | 98.89 | HS |
| UX203 | 1×10^6 | 4.44 | HR | 11.11 | HR | 13.33 | HR |
| | 4×10^6 | 8.89 | HR | 15.56 | R | 17.78 | R |
| | 1.6×10^7 | 20.56 | R | 22.22 | R | 35.56 | MR |
| 抗病苦瓜 | 1×10^6 | 15.56 | R | 17.78 | R | 20.00 | R |
| Kangbing | 4×10^6 | 33.33 | MR | 35.56 | MR | 38.89 | MR |
| Bitter Gourd | 1.6×10^7 | 50.00 | S | 54.44 | S | 55.56 | S |

2.2 苦瓜抗源筛选

采用直接水培接种法, 以菌液孢子浓度 $4 \times 10^6 \cdot \text{mL}^{-1}$ 接种后 12 d 对供试的 43 份材料进行统计的结果 (表 2) 表明, 高抗材料有 5 份, 即 ‘0417’、‘马来西亚 - 6’、‘奇俊 925’、‘狼牙棒状苦瓜’

和‘广西野生苦瓜’, 占 11.6%; 抗病材料 12 份, 如‘屯昌苦瓜’和‘马来西亚-2’等粗棱无瘤和棒形的苦瓜, 占 27.9%; 中抗材料 22 份, 如‘980822’和‘红籽大顶’等, 占 51.2%; 感病材料 3 份, 即‘惠州大顶’、‘DY951’和‘翠宝珍珠大顶’, 占 7.0%; 高感材料 1 份, 即‘472113’, 占 2.3%。说明在苦瓜种质资源中枯萎病抗源普遍存在。另一方面, 从 43 份苦瓜种质资源的抗性来看, 来源于国内外的野生种和半栽培种的抗病性较强, 这也为苦瓜抗枯萎病选育种更好地利用野生种或半栽培种提供了参考。

表 2 苦瓜材料的抗性鉴定效果

Table 2 Evaluation for resistance to *Fusarium* wilt of 43 varieties (or inbred lines)

| 编号 No. | 材料 Material | 收集地 Origin | 主要特点 Main characteristics | 病情指数 DI | 抗性等级 Classification |
|-----------|--|-------------------|---|------------|------------------------|
| 1 | 0417 | 斯里兰卡 Sri Lanka | 尖刺瘤, 短纺锤形 Acute wart, short spindle | 3.33 | HR |
| 2 | 马来西亚-6 Malaysia-6 | 马来西亚 Malaysia | 尖刺瘤, 短纺锤形 Acute wart, short spindle | 11.67 | HR |
| 3 | 奇俊 925 Qijun 925 | 泰国 Thailand | 粗棱, 无瘤, 短棒形 Oblong, short bar | 12.50 | HR |
| 4 | 狼牙棒状苦瓜 Langya Bangzhuang Bitter Gourd | 云南 Yunnan | 尖刺瘤, 纺锤形 Acute wart, spindle | 14.46 | HR |
| 5 | 广西野生苦瓜 Guangxi Wild Bitter Gourd | 广西 Guangxi | 尖刺瘤, 短纺锤形 Acute wart, short spindle | 14.61 | HR |
| 6 | 屯昌苦瓜 Tunchang Bitter Gourd | 海南 Hainan | 粗棱, 无瘤, 短棒形 Oblong, short bar | 17.34 | R |
| 7 | UX203 | 佛山 Foshan | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 17.78 | R |
| 8 | 978067 | 广州 Guangzhou | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 20.00 | R |
| 9 | 978061 | 广州 Guangzhou | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 20.00 | R |
| 10 | 金船 8 号 Jinchuan 8 | 汕头 Shantou | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 20.45 | R |
| 11 | 翠绿油绿苦瓜 Cuilü Youlǜ Bitter Gourd | 南宁 Nanning | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 20.69 | R |
| 12 | 海南苦瓜 Hainan Bitter Gourd | 海南 Hainan | 粗棱, 无瘤, 短棒形 Oblong, short bar | 20.83 | R |
| 13 | 农博士 Nongboshi | 汕头 Shantou | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 20.83 | R |
| 14 | 马来西亚-3 Malaysia-3 | 马来西亚 Malaysia | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 23.49 | R |
| 15 | 崖城苦瓜 Yacheng Bitter Gourd | 海南 Hainan | 棱细, 圆瘤, 短棒形 Fine-ridge and rounded wart, short bar | 25.0 | R |
| 16 | DY 姚香 1120 DY Yaoxiang 1120 | 广州 Guangzhou | 棱细, 圆瘤, 长棒形 Fine-ridge and rounded wart, long triangular | 28.13 | R |
| 17 | 马来西亚-2 Malaysia-2 | 马来西亚 Malaysia | 粗棱, 无瘤, 短棒形 Oblong, short bar | 29.85 | R |
| 18 | 980822 | 广州 Guangzhou | 棱细, 大圆瘤, 倒锥形 Fine-ridge and rounded wart, triangular | 34.17 | MR |
| 19 | 奇俊 426 白瓜 Qijun 426 Baigua | 泰国 Thailand | 棱细, 圆瘤, 长棒形 Fine-ridge and rounded wart, long bar | 35.12 | MR |
| 20 | 黑籽油瓜 Heizi Yougua | 汕头 Shantou | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 35.83 | MR |
| 21 | 9814 | 广州 Guangzhou | 粗棱, 无瘤, 短棒形 Oblong, short bar | 37.13 | MR |
| 22 | ZY | 广州 Guangzhou | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 37.92 | MR |
| 23 | 抗病苦瓜 Kangbing Bitter Gourd | 泰国 Thailand | 粗棱, 无瘤, 短棒形 Oblong, short bar | 38.89 | MR |
| 24 | 978063 | 广州 Guangzhou | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 39.17 | MR |
| 25 | 奇俊 42612 Qijun 42612 | 泰国 Thailand | 棱细, 圆瘤, 长棒形 Fine-ridge and rounded wart, long bar | 39.19 | MR |

续表 2

| 编号 No. | 材料 Material | 收集地 Origin | 主要特点 Main characteristics | 病情指数 DI | 抗性等级 Classification |
|-----------|-------------------------------------|------------------|---|------------|------------------------|
| 26 | 大沥苦瓜 - 1 Dali Bitter Gourd-1 | 佛山 Foshan | 粗棱, 无瘤, 短棒形 Oblong, short bar | 39.55 | MR |
| 27 | 天天好 13 号 Tiantianhao 13 | 南宁 Nanning | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 40.0 | MR |
| 28 | ZYUX | 广州 Guangzhou | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 43.03 | MR |
| 29 | 槟城 1 号苦瓜 Bincheng 1 Bitter Gourd | 马来西亚 Malaysia | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 43.33 | MR |
| 30 | 南海苦瓜 Nanhai Bitter Gourd | 佛山 Foshan | 粗棱, 无瘤, 短棒形 Oblong, short bar | 45.00 | MR |
| 31 | 新优 ZY Xinyou ZY | 广州 Guangzhou | 粗棱, 无瘤, 长棒形 Oblong, long bar | 45.83 | MR |
| 32 | 奇俊 426212 Qijun 426212 | 泰国 Thailand | 棱细, 圆瘤, 长棒形 Fine-ridge and rounded wart, longt bar | 47.22 | MR |
| 33 | 长涩苦瓜 Changshan Bitter Gourd | 广州 Guangzhou | 棱细, 圆瘤, 长棒形 Fine-ridge and rounded wart, longt bar | 47.65 | MR |
| 34 | 44 | 四川 Sichuan | 棱细, 多凸瘤, 长棒形 Fine-ridge and obtuse wart, longt bar | 47.92 | MR |
| 35 | 62111 | 江门 Jiangmen | 棱细, 大圆瘤, 倒锥形 Fine-ridge and rounded wart, triangular | 48.68 | MR |
| 36 | 68121 | 惠州 Huizhou | 棱细, 大圆瘤, 倒锥形 Fine-ridge and rounded wart, triangular | 48.74 | MR |
| 37 | MS 黑姚香 MS Heiyaoxiang | 广州 Guangzhou | 棱细, 大圆瘤, 倒锥形 Fine-ridge and rounded wart, triangular | 49.15 | MR |
| 38 | 江门大顶 Jiangmen Dading | 江门 Jiangmen | 棱细, 大圆瘤, 倒锥形 Fine-ridge and rounded wart, triangular | 49.65 | MR |
| 39 | 红籽大顶 Hongzi Dading | 广州 Guangzhou | 棱细, 大圆瘤, 倒锥形 Fine-ridge and rounded wart, triangular | 48.97 | MR |
| 40 | 惠州大顶 Huizhou Dading | 惠州 Huizhou | 棱细, 大圆瘤, 倒锥形 Fine-ridge and rounded wart, triangular | 50.33 | S |
| 41 | DY951 | 广州 Guangzhou | 棱细, 大圆瘤, 倒锥形 Fine-ridge and rounded wart, triangular | 58.63 | S |
| 42 | 翠宝珍珠大顶 Cuibao Zhenzhu Dading | 广州 Guangzhou | 大圆瘤, 倒锥形 Rounded wart, triangular | 63.33 | S |
| 43 | 472113 | 广州 Guangzhou | 棱细, 大圆瘤, 倒锥形 Fine-ridge and rounded wart, triangular | 91.67 | HS |

2.3 苦瓜枯萎病抗性遗传

从苦瓜抗、感亲本及其子代病害级次分布的结果(图 1)来看, 自交系‘0417’群体中 0~I 级的抗病株占 96%, $DI = 3.33$, 属于高抗类型; 自交系‘472113’群体中 II~IV 级的感病株占 93.33%, $DI = 91.67$, 为高感类型。方差分析表明, 2 个亲本基因型对枯萎病的抗性存在真实的极显著差异, 因此可以做进一步的遗传分析。

感病亲本与抗病亲本杂交获得的 F_1 表现为高抗 ($DI = 9.44$, 属于 0~I 级的抗病株占 88.89%), 抗病性表现为完全显性。可见, 在选育苦瓜抗枯萎病杂种一代时, 只要选择一个高抗或免疫的亲本, 就有可能获得高抗苦瓜枯萎病的杂种一代。

对 F_2 群体进行抗病株、感病株的统计和作 χ^2 检验的结果(图 1, 表 3)表明, 其 χ^2 值未达到显著水平, F_2 群体中的抗病株、感病株的分离比例符合 3:1 的孟德尔分离规律, 符合单显性基因控制的分离比例, 即抗病对感病呈单一显性基因遗传。苦瓜抗枯萎病的广义遗传力为 90.78%, 说明 F_2 代的抗性有 90.78% 是由于遗传差异引起的, 而不是环境差异引起的。

对回交群体进行抗病株、感病株的统计和作 χ^2 检验的结果(图 1, 表 3)表明, 在回交组合 $BC_{1.3}$ 和 $BC_{1.1}$ 的群体中, 抗病株、感病株的分离比例符合 1:1 的分离比例, 不存在细胞质遗传。在回交组合 $BC_{1.2}$ 的群体中, 抗病株、感病株的分离比例符合 1:0, 同样说明抗病性受单一显性基因控制。

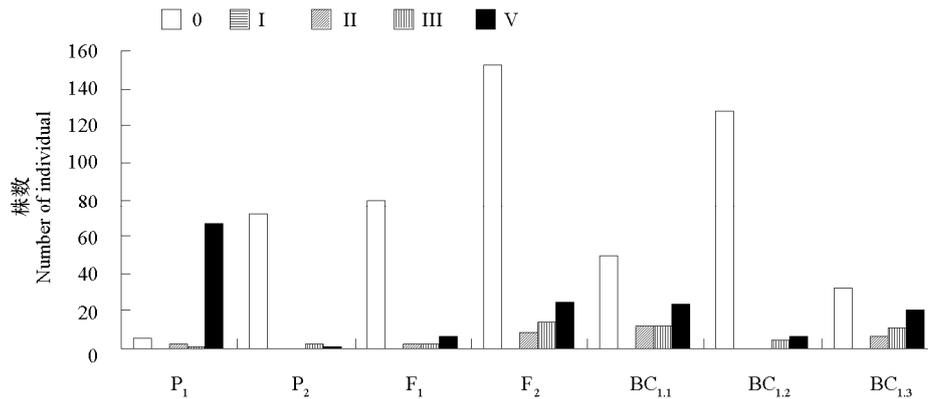


图 1 苦瓜亲本及其子代的病害级次分布

Fig. 1 Frequency distribution of disease for bitter melon parents and their offsprings

表 3 子代群体抗病和感病单株的分离规律

Table 3 Segregation of resistance in the offspring populations

| 子代群体 Offspring populations | 抗病株数 Number of resistant individual | 感病株数 Number of susceptible individual | 理论比值 Expected ratio | χ^2 | P |
|-------------------------------|---|---|------------------------|----------|------|
| F ₂ | 152 | 48 | 3 : 1 | 0.11 | 0.74 |
| BC _{1.3} | 32 | 37 | 1 : 1 | 0.36 | 0.55 |
| BC _{1.2} | 128 | 10 | 1 : 0 | 0.07 | 0.79 |
| BC _{1.1} | 49 | 48 | 1 : 1 | 0.01 | 0.92 |

注: $\chi^2_{0.05} = 3.84$, $\chi^2_{0.01} = 6.63$ 。

3 讨论

常用于苦瓜枯萎病苗期抗性鉴定的方法是浸根移栽接种法。在温度适合、湿度控制良好的环境条件下, 利用该方法基本可以反映不同苦瓜材料苗期的抗性差异。但是, 本试验的研究结果表明, 浸根水培接种法和直接水培接种法同样适用于苦瓜枯萎病苗期抗性鉴定, 而且不仅发病时间缩短, 还可省去移栽过程, 操作更为简便, 故认为是一种更适用于大规模苗期接种鉴定的方法。

采用直接水培接种法对来自国内外的 43 份苦瓜种质资源进行枯萎病抗性鉴定的结果表明, 在苦瓜种质资源中抗源普遍存在, 尤其是源于国内外的野生种和半栽培种其抗病性较强, 这为苦瓜开展抗枯萎病选育种提供了参考。

有关苦瓜枯萎病抗性遗传的研究, 迄今鲜见报道。本试验的结果表明, 苦瓜枯萎病抗性受单一显性核基因控制, 其广义遗传力为 90.78%。因此, 如果进行苦瓜抗枯萎病一代杂种选育, 只要选择一个高抗或免疫的亲本, 通过杂交就有可能获得高抗枯萎病的一代杂种; 如果进行抗病常规杂交育种或亲本自交系的选育, 则可在早期世代对抗病植株加以选择。

References

- Guo Tang-xun, Mo Jian-you. 2007. Resistance to the blight disease (*Fusarium oxysporum* f. sp. *momordicae*) of several bitter melon varieties. *Guangxi Agriculture Sciences*, 38 (4): 408 - 410. (in Chinese)
- 郭堂勋, 莫贱友. 2007. 几个苦瓜品种对枯萎病的抗性测定. *广西农业科学*, 38 (4): 408 - 410.
- Han Xu, Jianye Shao-xiong. 1996. Example of resistance to cucumber *Fusarium* wilt by partial recessive gene. *Northern Horticulture*, (2): 7 - 9. (in Chinese)

- 韩旭, 菅野绍雄. 1996. 部分隐性基因控制黄瓜枯萎病抗性的试例. 北方园艺, (2): 7 - 9.
- Hou An-fu, Yin Yan. 1995. Research on resistance to *Fusarium* wilt in cucumber // Li Shu-de. The progress of Chinese vegetable breeding for disease resistance. Beijing: Science Press: 439 - 444. (in Chinese)
- 侯安福, 尹彦. 1995. 黄瓜枯萎病抗性遗传规律的研究//李树德. 中国主要蔬菜抗病育种进展. 北京: 科学出版社: 439 - 444.
- Luo Fang-fang, He Zi-fu, She Xiao-man, Zhai Ying-fen, Luo Xue-mei, Yu Hao. 2010. Identification and evaluation of bitter melon varieties resistant to wilt disease in Guangdong. Guangdong Agriculture Sciences, (9): 72 - 73. (in Chinese)
- 罗芳芳, 何自福, 余小漫, 翟英芬, 罗学梅, 虞皓. 2010. 广东苦瓜主要品种对枯萎病的抗性评价. 广东农业科学, (9): 72 - 73.
- Netzer D, Niego S, Galun E. 1977. A dominant gene conferring resistance to *Fusarium* wilt in cucumber. Phytopathology, (67): 525 - 527.
- Qi Pei-kun. 1995. A survey on the *Fusarium oxysporum* f. spp. of Cucurbitaceae. Journal of South China Agricultural University, 16 (4): 110 - 114. (in Chinese)
- 戚佩坤. 1995. 瓜类枯萎病菌专化型研究简介. 华南农业大学学报, 16 (4): 110 - 114.
- Rao Xue-qin, Li Ren-ke. 1999. Studies on identification of resistance to bitter melon wilt at seedling stage with the filtrate of *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *momordicae*. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 21 (3): 367 - 369. (in Chinese)
- 饶雪琴, 李人柯. 1999. 苦瓜枯萎病菌滤液鉴定苗期抗病性的初步探讨. 江西农业大学学报, 21 (3): 367 - 369.
- Sun S K, Huang J W. 1983. A new *Fusarium* wilt of bitter melon in Taiwan. Plant Disease, 67: 226 - 227.
- Weng Zu-xin, Jiang Xing-xiang, Xiao Xiao-wen. 1985. Study on the method of *Fusarium* wilts resistance in cucumber - Embryo root inoculation. China Vegetables, (2): 30 - 33. (in Chinese)
- 翁祖信, 蒋兴祥, 肖小文. 1985. 黄瓜枯萎病抗病性鉴定方法研究——胚根接种法. 中国蔬菜, (2): 30 - 33.
- Wu Xue-hong, Hao Jing-jing, Wang Hong-mei, Gao Ren-jun. 2003. Inoculation methods comparison of watermelon blast fungus. Journal of Changjiang Vegetables, (3): 38 - 39. (in Chinese)
- 吴学宏, 郝京京, 王红梅, 高仁君. 2003. 西瓜枯萎病菌几种接种方法比较实验. 长江蔬菜, (3): 38 - 39.
- Wu Ying-chang, Wang Shou-zheng, Li Hong-lian, Yuan Hong-xia. 1996. A preliminary study on forma specialis of gourd *Fusarium* wilt. Acta Agriculturae Universitatis Henanensis, 30 (1): 89 - 93. (in Chinese)
- 吴营昌, 王守正, 李洪连, 袁红霞. 1996. 瓜类枯萎病菌尖镰孢专化型研究初报. 河南农业大学学报, 30 (1): 89 - 93.
- Yu Tian-xiang, Zhang Ming-fang. 2004. Research progress on watermelon *Fusarium* wilt. Journal of China Watermelon and Melon, (1): 17 - 19. (in Chinese)
- 于天祥, 张明方. 2004. 西瓜枯萎病研究进展. 中国西瓜甜瓜, (1): 17 - 19.
- Zeng Hua-lan, He Lian, Liu Zhao-hui, Ye Peng-sheng, Wei Shu-gu, Zhang Qian-fang, Li Qiong-ying. 2011. Resistance evaluation of bitter melon resource to *Fusarium* wilt. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 24 (1): 137 - 139. (in Chinese)
- 曾华兰, 何炼, 刘朝辉, 叶鹏盛, 韦树谷, 张骞方, 李琼英. 2011. 苦瓜品种资源抗枯萎病性评价. 西南农业学报, 24 (1): 137 - 139.
- Zhang Guo-liang, Cui Guang-hai. 1999. Research on transformation of watermelon *Fusarium* wilt resistant line and its heritance. Journal of Anhui Agriculture Sciences, 27 (6): 616 - 618. (in Chinese)
- 张国良, 崔广海. 1999. 西瓜枯萎病抗性材料的转育及遗传规律的研究. 安徽农业科学, 27 (6): 616 - 618.
- Zhao Yan-ru, Yang De-qi, Chen Chun-xiu. 1999. Study on identification and screening of resistant strains of watermelon with *Fusarium* wilts. Beijing Agriculture Sciences, 13 (4): 25 - 28. (in Chinese)
- 赵艳茹, 杨德岐, 陈春秀. 1999. 西瓜枯萎病抗性品系鉴定与筛选. 北京农业科学, 13 (4): 25 - 28.
- Zhou Kai-nan, Zhang Li-xiu, Lü Shi-en, Gong Feng-tian. 1989. Identification of variety resistance to diseases at seeding stage with the toxin filtrate of *Fusarium* pathogen. Journal of Shandong Agricultural University, 20 (4): 45 - 49. (in Chinese)
- 周凯南, 张立修, 吕士恩, 巩凤田. 1989. 植物致病镰刀菌毒素滤液浸苗鉴定作物苗期抗病性. 山东农业大学学报, 20 (4): 45 - 49.
- Zhu Tian-sheng, Qi Pei-kun. 1998. Study on the pathogen of bitter melon wilt in Guangdong. Journal of South China Agricultural University, 19 (4): 14 - 18. (in Chinese)
- 朱天圣, 戚佩坤. 1998. 苦瓜枯萎病病原菌研究. 华南农业大学学报, 19 (4): 14 - 18.