

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2019.05.002

日光温室秋冬番茄多抗优良品种的筛选^①

杨超沙¹, 王国华¹, 尹伟平¹, 尹庆珍¹,
王静瑶², 曹秀莲³, 李宁馨⁴

1. 河北省农林科学院 经济作物研究所, 石家庄 050051;
2. 河北省高邑县农牧局农业技术推广中心, 河北 高邑 051330;
3. 河北中医学院, 石家庄 050021; 4. 河北经贸大学, 石家庄 050061

摘要: 本试验主要对 14 个番茄材料进行了 $Ty-1, Ty-2, Ty-3, Mi-1$ 和 $Cf-9$ 共 5 个抗性基因的检测, 并在自然条件下观察番茄植株对黄化曲叶病毒病、叶霉病、根结线虫病的抗性. 生物学检测结果表明, 14 个材料均含有黄化曲叶病毒病抗性基因、根结线虫抗性基因 $Mi-1$ 和番茄叶霉病抗性基因 $Cf-9$. 其中, 2 个番茄材料含有 5 个抗性基因, 8 个材料含有 4 个抗性基因, 4 个材料含有 3 个抗性基因. 田间抗病性调查并未发现显著的感病情况. 此外, 还对其生长习性等 13 个农艺性状进行了调查和统计. 综合抗病能力以及田间表现, 14, 21, 金棚 8B 等 3 个品种抗病能力强, 生长势好, 产量较高, 比较适宜日光温室秋冬茬番茄的种植.

关键词: 番茄; 黄化曲叶病毒病; 根结线虫病; 叶霉病; 抗性基因检测

中图分类号: S641.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2019)05-0007-07

番茄是我国重要的大宗蔬菜之一, 其较高的营养价值和经济价值使得番茄的种植面积和复种指数不断增加^[1]. 日光温室番茄的主要种植形式分为春秋茬(早春茬和秋冬茬)和越冬茬^[2]. 其中, 秋冬茬和越冬茬的育苗期和苗期正处于高温干燥条件, 此环境有利于黄化曲叶病毒在传播媒介烟粉虱体内的增殖和传播, 有利于根结线虫和叶霉病菌的繁殖^[3-5]. 黄化曲叶病毒主要由烟粉虱进行传播, 传播快, 为害严重, 对番茄品质和产量造成了严重的影响^[6]. 黄化曲叶病毒病自 20 世纪 60 年代被报道, 90 年代传入中国, 并逐渐自南向北为害中国番茄生产, 给我国番茄产业带来了巨大的影响^[7]. 2009 年, 河北省在邯郸、邢台、石家庄、衡水等地发现了番茄黄化曲叶病^[8], 目前已广泛分布于陕西、广西、上海、安徽、河北、山东、河南等 20 多个省(区、市)的设施蔬菜产区, 对中国番茄产业的可持续发展构成严重威胁^[9]. 根结线虫病是一种常见的为害番茄生产的极难防治的土传病害, 其寄主广泛, 可造成作物减产, 甚至导致绝产, 容易引发枯萎病等其他土传病害^[10]. 2006 年, 南方根结线虫已遍及河北省的 11 个地级市^[11]. 解决以上对番茄产量和品质影响较大病害的最为直接有效的方法是选用含有多个抗性基因的番茄品种. 近年来, 本团队在番茄耐贮运、硬度及可溶性固形物等品质方面的研究较为集中^[12-14]. 在本试验中, 主要针对秋冬茬所种植的 14 个番茄品种的抗病及植株、果实等性状进行初步统计, 即运用分子生物学技术, 检测生产上应用较多的番茄抗

① 收稿日期: 2018-04-24

基金项目: 河北省科技厅科技计划项目(16226308D-5); 河北省农林科学院现代农业科技创新工程项目(2019038183-2); 现代农业产业技术体系河北省创新团队建设(项目)(HBCT2018030204); 河北省第三批“巨人计划”—蔬菜科研创新团队项目.

作者简介: 杨超沙(1989-), 女, 硕士研究生, 主要从事番茄育种及栽培研究.

通信作者: 尹庆珍, 研究员.

病基因 $Ty-1$, $Ty-2$, $Ty-3$ ^[15], 根结线虫抗病基因 $Mi-1$ ^[10] 及叶霉病抗性基因 $Cf-9$ ^[16], 结合其在秋茬的田间表现以及其他的一些性状的调查结果, 比较各材料的综合条件, 筛选出适合河北省日光温室秋冬茬多抗、优良的番茄品种。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料由河北省高邑县郟丰蔬菜专业合作社提供, 共 14 份: 其中, 01, 05, 06, 13, 14, 21, 30 为自育杂交组合; 14-6, 14-8, 152, 940, 金棚 8B, 秋帅为西安金鹏种苗有限公司的品种; 圣番 863 为京研益农(北京)种业科技有限公司的品种。

1.2 试验设计

番茄材料于 2017 年 7 月 7 日播种, 采用基质育苗, 8 月 23 日定植在高邑县郟丰蔬菜专业合作社日光温室内, 种植密度为 37 500 株/hm², 定植采取宽窄行, 宽行 90 cm, 窄行 50 cm, 株距 40~50 cm。利用温室自带的烟粉虱、病菌及含根结线虫的病土自然接种, 进行简单的黄化曲叶病毒病、根结线虫及叶霉病的抗病观察。于 2017 年 11 月到 12 月进行植株性状、果实性状等的调查统计, 并取不同材料的叶片进行 $Ty-1$, $Ty-2$, $Ty-3$, $Mi-1$ 和 $Cf-9$ 共 5 个抗性基因的分子检测。

1.3 抗性基因的检测

1.3.1 番茄总 DNA 的提取

取各个待测材料的幼嫩叶片, 研磨后利用 CTAB 法提取番茄基因组 DNA, 用 TE 缓冲液溶解, 于 -20 °C 保存。

1.3.2 引物及试剂

试验所用引物由华大基因科技服务有限公司合成, GoldView I 型核酸染色剂购自北京索莱宝科技有限公司, *EasyTaq* DNA 聚合酶等购自北京全式金生物技术有限公司。

1.3.3 PCR 检测

番茄抗性基因 $Ty-1$, $Ty-2$, $Ty-3$ 的分子标记引物参照河北省地方标准番茄抗黄化曲叶病毒品种苗期快速鉴定技术规程, $Mi-1$ 和 $Cf-9$ 的分子标记引物参照华中农业大学番茄课题组所设计的引物。

PCR 反应各组分如下: DNA 适量, 引物各 0.2 μ M, 10 \times Buffer 2.5 μ L, dNTPs 0.2 mM, *EasyTaq* DNA 聚合酶 2.5 U, ddH₂O 补足至 25 μ L。反应程序: 94 °C 预变性 5 min; 94 °C 变性 30 s, 退火 30 s ($Ty-1$, $Ty-2$, $Ty-3$, $Mi-1$ 和 $Cf-9$ 的退火温度为 55~57 °C), 72 °C 延伸(延伸时间根据延伸速度及片段大小计算), 共 35 个循环; 72 °C 后延伸 10 min。

PCR 产物加入 6 \times Loading Buffer, 混匀后进行琼脂糖凝胶电泳, 120 V, 30 min 左右后在凝胶成像系统保存图像并统计结果。

1.4 性状调查

对每个材料的 5~10 棵植株的形态特征和生物学特性等进行调查统计, 包括生长习性、田间生长势、株高、首花序节位、花序类型、成熟果色、果肩、果形、果肉厚、单果质量、熟性、可溶性固形物、产量等共 13 个指标。其中, 可溶性固形物比例的检测使用手持式折光仪 N-10E, 测量范围为 0%~10%。果形指数 = 果实纵径/果实横径, 0.70 < 果形指数 \leq 0.86 为扁圆, 0.86 < 果形指数 \leq 1.00 为圆形。

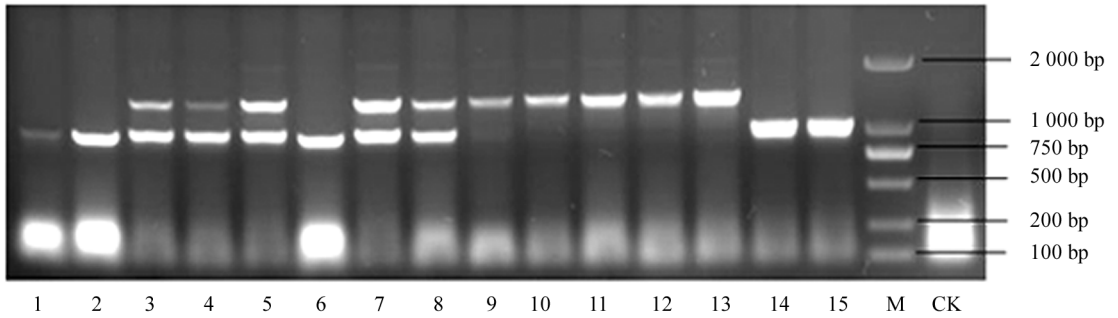
2 结果与分析

2.1 番茄抗性基因的检测

2.1.1 黄化曲叶病毒病抗性基因 $Ty-1$ 的检测

以水为阴性对照, 对 14 个番茄材料进行了黄化曲叶病毒病抗性基因 $Ty-1$ 的检测(图 1)。纯合抗病

材料为仅出现 984 bp 的片段, 编号分别为 1, 2, 6, 14, 15; 杂合抗病材料为共有 984 bp 和 1 434 bp 两条片段, 编号分别为 3, 4, 5, 7, 8, 9; 仅含有 1 434 bp 片段的材料不含有 *Ty-1*, 编号分别为 10, 11, 12, 13.



M: Marker; CK: 阴性对照; 1~13 依次为: 01, 05, 06, 13, 14, 21, 30, 14-6, 14-8, 152, 940, 金棚 8B, 秋帅; 14 和 15 为圣番 863. 图 2 至图 5 同.

图 1 黄化曲叶病毒病抗性基因 *Ty-1* 的检测结果

2.1.2 黄化曲叶病毒病抗性基因 *Ty-2* 的检测

以水为阴性对照, 对 14 个番茄材料进行了黄化曲叶病毒病抗性基因 *Ty-2* 的检测(图 2). 纯合抗病材料为仅出现 195 bp 的片段, 本试验中未检测到; 杂合抗病材料为共有 195 bp 和 550 bp 两条片段, 编号分别为 8, 9, 10, 11, 12, 13; 仅含有 550 bp 片段的材料不含有 *Ty-2*, 编号分别为 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 15.

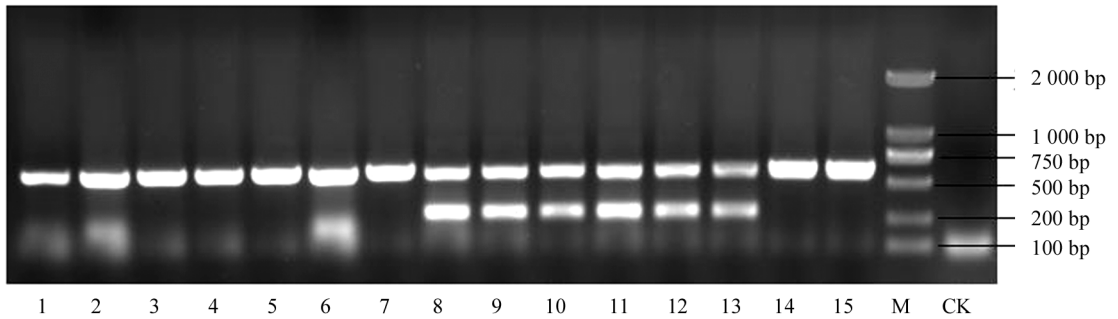


图 2 黄化曲叶病毒病抗性基因 *Ty-2* 的检测结果

2.1.3 黄化曲叶病毒病抗性基因 *Ty-3* 的检测

以水为阴性对照, 对 14 个番茄材料进行了黄化曲叶病毒病抗性基因 *Ty-3* 的检测(图 3). 纯合抗病材料为仅出现 510 bp 的片段, 编号分别为 2, 6, 14; 杂合抗病材料为共有 260 bp 和 510 bp 两条片段, 编号分别为 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9; 仅含有 260 bp 片段的材料不含有 *Ty-3*, 编号分别为 10, 11, 12, 13.

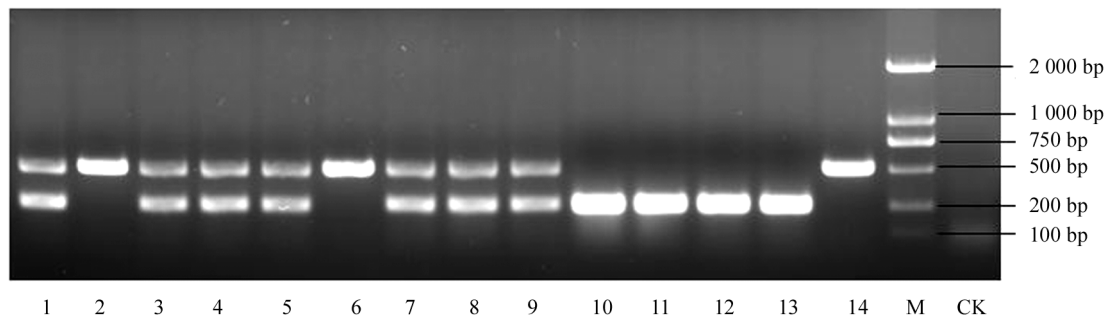
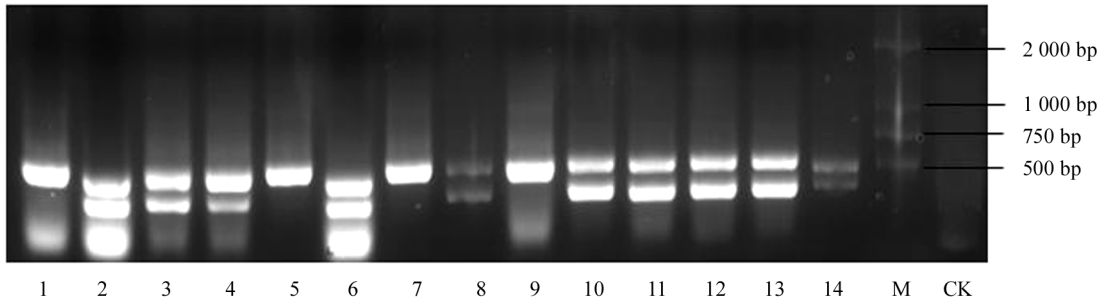


图 3 黄化曲叶病毒病抗性基因 *Ty-3* 的检测结果

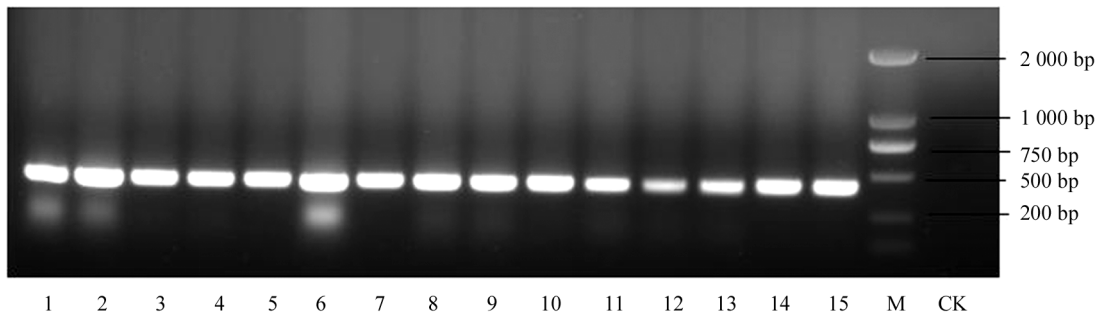
2.1.4 根结线虫病抗性基因 *Mi-1* 的检测

以水为阴性对照, 对 14 个番茄材料进行了根结线虫病抗性基因 *Mi-1* 的检测(图 4). 纯合抗病材料为仅出现 550 bp 的片段, 编号分别为 1, 5, 7, 9; 其余为杂合抗病材料, 有 550 bp 和 350 bp 两条片段, 编号分别为 2, 3, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14.

图 4 根结线虫病抗性基因 *Mi-1* 的检测结果

2.1.5 叶霉病抗性基因 *Cf-9* 的检测

以水为阴性对照,对 14 个番茄材料进行了叶霉病抗性基因 *Cf-9* 的检测.检测 *Cf-9* 所用试验方法为显性标记,如图 5 所示,含抗病基因 *Cf-9* 的材料出现 415 bp 片段,没有此片段的为不含 *Cf-9* 的材料.本试验中,14 个材料都含有 *Cf-9*.

图 5 叶霉病抗性基因 *Cf-9* 的检测结果

2.1.6 基因型分析

抗性基因检测结果统计详见表 1.试验结果显示,14 个材料均含有黄化曲叶病毒病抗性基因、根结线虫抗性基因 *Mi-1* 以及叶霉病抗病基因 *Cf-9*.含 *Ty-1* 的番茄材料共 10 个,其中的 4 个基因型为纯合,6 个为杂合;含 *Ty-2* 的番茄材料共 6 个,都是杂合;含 *Ty-3* 的番茄材料共 10 个,7 个杂合,3 个纯合.含有纯和抗性基因 *Mi-1* 的材料共有 4 个,其余为杂合.含有 5 个抗性基因的番茄材料共 2 个,含有 4 个抗性基因的共 8 个,含有 3 个抗性基因的共 4 个.

表 1 抗性基因检测结果统计

试材	<i>Ty-1</i>	<i>Ty-2</i>	<i>Ty-3</i>	<i>Mi-1</i>	<i>Cf-9</i>
01	++	--	+-	++	+
05	++	--	++	+-	+
06	+-	--	+-	+-	+
13	+-	--	+-	+-	+
14	+-	--	+-	++	+
21	++	--	++	+-	+
30	+-	--	+-	++	+
14-6	+-	+-	+-	+-	+
14-8	+-	+-	+-	++	+
152	--	+-	--	+-	+
940	--	+-	--	+-	+
金棚 8B	--	+-	--	+-	+
秋帅	--	+-	--	+-	+
圣番 863	++	--	++	+-	+

注:“++”表示含有该抗性基因,且基因型为纯合;“+-”表示基因型为杂合;“--”表示未检测到该抗性基因;“+”为检测到基因 *Cf-9*.

2.2 自然发病的抗性观察结果

本试验并未使用针对性的病原进行接种, 只是依赖于温室自然发病后进行观察, 田间发病结果并未发现这 14 个材料有明显的感病情况. 其中, 14 和 14-8 的抗黄化曲叶病毒病的能力较好, 基本上没有感染; 其余 12 个材料的叶片颜色偏黄, 但并没有影响植株正常的生长发育, 与温室内明显矮化黄化的无果实或果实少的感病材料(采种时高度在 0.5~1 m 左右)具有显著差异. 14 个材料并未见明显感染叶霉病或根结线虫的情况, 即叶面上未见明显的白斑、坏死斑、黄化斑、霉状物和孢子, 根系上无根结或根结少于 5 个.

2.3 番茄品种的性状特征

如表 2 所示, 14 个番茄材料都属于无限生长类型. 其中, 01 生长势较弱, 14, 14-8 和圣番 863 生长势较强, 05, 06, 13, 21, 30, 14-6, 152, 940, 金棚 8B 和秋帅的生长势中等. 14 个材料株高为 1.30~1.56 m; 叶裂刻深浅各有不同. 01, 05, 06, 30, 14-6, 152, 金棚 8B 和秋帅的首花序节位为 6-7 位, 14, 21, 14-8, 940 的首花序节位为 7-8 位, 13 和圣番 863 的首花序节位为 8-9 位; 05, 06, 21, 14-6 为单双歧花序都有, 其余为单歧花序. 成熟果色都为粉红色, 其中, 21 的颜色较深; 成熟果无绿肩(圣番 863 在未成熟时有绿肩, 成熟时消失); 通过计算果形指数, 01, 06, 13, 14, 30, 14-8, 940, 金棚 8B, 秋帅和圣番 863 的果实形状为圆形, 其余为扁圆; 果肉厚为 0.62~0.80 cm; 05 和圣番 863 果肉厚最大, 14-6 果肉厚最小; 单果质量为 162.50~238.33 g, 14 的单果质量最大, 14-8 的单果质量最小; 01 为早熟, 13 和圣番 863 为晚熟, 其余为中熟. 14 个番茄材料的可溶性固形物比例为 4.00%~5.22%, 风味较好, 14-8 的可溶性固形物比例最高(5.22%), 其次为金棚 8B(5.10%); 14 的产量最高, 其次为 152.

综合抗病能力以及田间表现, 14, 21 和金棚 8B 的坐果率高, 果形及果色好, 果实均匀, 抗病能力强, 单果质量在 200 g 左右, 可溶性固形物比例较高, 比较适宜日光温室秋冬茬番茄的种植及市场需求.

表 2 番茄农艺性状调查

试材	生长习性	生长势	株高/ m	首花序 节位/位	花序 类型	成熟 果色	果肩	果形	果肉厚/ cm	单果 质量/g	熟性	可溶性固 形物/%	产量/ (kg·hm ⁻²)
01	无限	弱	1.30	6-7	单	粉	无	圆形	0.74	204.00	早熟	4.70	91 800.2
05	无限	中等	1.50	6-7	单/双	粉	无	扁圆	0.80	211.67	中熟	4.18	103 189.1
06	无限	中等	1.30	6-7	单/双	粉	无	圆形	0.76	199.33	中熟	4.80	97 173.4
13	无限	中等	1.45	8-9	单	粉	无	圆形	0.76	214.40	晚熟	4.74	96 480.3
14	无限	强	1.56	7-8	单	粉	无	圆形	0.76	238.33	中熟	4.80	116 185.9
21	无限	中等	1.45	7-8	单/双	深粉	无	扁圆	0.74	205.00	中熟	4.98	99 937.5
30	无限	中等	1.50	6-7	单	粉	无	圆形	0.76	223.75	中熟	4.00	106 078.5
14-6	无限	中等	1.35	6-7	单/双	粉	无	扁圆	0.62	224.00	中熟	4.30	105 000.2
14-8	无限	强	1.50	7-8	单	粉	无	圆形	0.72	162.50	中熟	5.22	79 218.8
152	无限	中等	1.30	6-7	单	粉	无	扁圆	0.74	233.33	中熟	4.52	109 373.4
940	无限	中等	1.35	7-8	单	粉	无	圆形	0.66	181.67	中熟	4.64	88 564.1
金棚 8B	无限	中等	1.40	6-7	单	粉	无	圆形	0.78	194.80	中熟	5.10	94 965.1
秋帅	无限	中等	1.38	6-7	单	粉	无	圆形	0.64	183.33	中熟	4.80	89 373.4
圣番 863	无限	强	1.40	8-9	单	粉	有	圆形	0.80	170.67	晚熟	4.78	83 201.6

3 讨 论

抗病育种是目前世界范围内番茄育种的重要目标之一, 利用分子生物学检测抗病基因可以准确、有效地缩短育种时间, 提高育种效率^[17]. 但环境、基因型以及植物本身及其所处的生长阶段都会影响番茄的抗病能力, 因此, 只通过分子检测并不能确定番茄植株的抗病能力, 将分子鉴定结果与田间鉴定结合起来,

才能筛选出更符合当地的抗性品种^[18].

本试验主要对 14 个番茄材料进行了黄化曲叶病毒病抗性基因($Ty-1, Ty-2, Ty-3$)、根结线虫抗性基因($Mi-1$)以及叶霉病抗性基因($Cf-9$)的检测,并观察生长在自带病原温室内的番茄对番茄黄化曲叶病毒病、根结线虫病及叶霉病的抗病能力.郑积荣等^[19,4]指出,在含有单个黄化曲叶病毒病抗病基因材料中,含有 $Ty-2$ 的材料以及含有两个抗病基因的材料均具有较强的抗病能力;含有 $Mi-1$ 的番茄材料能有效抵制南方根结线虫的为害.于拴仓等^[20]指出, $Cf-9$ 对我国的 2 个叶霉病优势生理小种具有较强的抗性.本试验中的番茄材料,152,940,金棚 8B 和秋帅仅含有 $Ty-2$,其余的材料至少含有两个番茄黄化曲叶病毒病抗病基因,都含有根结线虫病抗病基因 $Mi-1$ 和叶霉病抗病基因 $Cf-9$,因此都具有对番茄黄化曲叶病毒病、根结线虫病及叶霉病较强的抗病能力.此外,本试验还对这 14 个材料进行了初步的性状调查.结果显示,14 个材料都是无限生长类型,成熟果粉红色,果实圆形或接近圆形,成熟果实无绿肩.14-8 的可溶性固形物比例最高(5.22%),其次为金棚 8B(5.10%);01 为早熟,13 和圣番 863 为晚熟,其余为中熟;14 单果质量最大,为 238.33 g,14-8 的单果质量最小.01 生长势较弱,14,14-8 和圣番 863 生长势较强,05,06,13,21,30,14-6,152,940,金棚 8B 和秋帅的生长势中等.总的来说,14,21 和金棚 8B 在抗病性、生长势、果形、果色、单果质量、可溶性固形物比例等方面表现较好,商品性较高,基本满足日光温室秋冬番茄的种植和市场需求.

参考文献:

- [1] 马兆红. 从生产市场需求谈我国番茄品种的变化趋势 [J]. 中国蔬菜, 2017(3): 1-5.
- [2] 刘富中, 张志斌, 贺超兴, 等. 越冬长季日光温室番茄高产栽培配套技术研究 [J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 39-42.
- [3] 陈 勇. 番茄黄化曲叶病毒病的发生与防治 [J]. 现代农业科技, 2013(16): 119, 122.
- [4] 郑积荣, 胡浅浅, 李成清. 番茄育种种质对南方根结线虫抗性评价及 $Mi-1$ 基因检测 [J]. 分子植物育种, 2015, 13(4): 832-839.
- [5] 马秀玲, 杨金明, 廖开志, 等. 温室番茄叶霉病防治试验 [J]. 上海蔬菜, 2008(6): 78, 86.
- [6] 杨欢欢, 赵婷婷, 刘 冠, 等. 番茄黄化曲叶病抗病基因与抗病育种的最新进展 [J]. 分子植物育种, 2016, 14(8): 2044-2049.
- [7] 刘 卫, 姚永康, 刘士辉. 番茄黄化曲叶病毒及其抗性基因研究进展 [J]. 上海农业科技, 2015(4): 15-16, 23.
- [8] 张爱红, 张书敏, 刘 帅, 等. 河北省番茄黄化曲叶病毒病发生危害和分布 [J]. 植物保护, 2010, 36(4): 127-129, 137.
- [9] 邵秀丽, 陈星星, 张慎璞, 等. 不同番茄品种番茄黄化曲叶病毒病抗性及其产量与品质比较 [J]. 北方园艺, 2016(24): 116-119.
- [10] 高莹梅, 胡靖康, 赵婷婷, 等. 番茄抗根结线虫 $Mi-1$ 基因研究进展 [J]. 分子植物育种, 2017, 15(8): 3010-3015.
- [11] 陈书龙, 李秀花, 马 娟. 河北省根结线虫发生种类与分布 [J]. 华北农学报, 2006, 21(4): 91-94.
- [12] 尹庆珍, 王国华, 韩建会, 等. 番茄新品种‘冀 P135’和‘冀 S136’ [J]. 园艺学报, 2010, 37(3): 503-504.
- [13] 尹庆珍, 张立永, 王国华, 等. 硬粉果番茄硬度遗传分析 [J]. 农学学报, 2016, 6(10): 58-62.
- [14] 尹庆珍, 杨超沙, 尹伟平, 等. 优质抗病耐运番茄新品种冀番 137 和冀番 138 的选育 [J]. 河北农业科学, 2017, 21(3): 86-88.
- [15] 董淑芳. 番茄抗黄化曲叶病毒基因 $Ty-2$ 的精细定位及 BAC 文库的构建与筛选 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
- [16] 孙亚林. 番茄四个抗病基因的基因标记的创建与辅助选择 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [17] 尹贤贵, 王小佳, 张 贇, 等. DNA 分子标记及其在番茄遗传育种中的应用 [J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004, 26(6): 663-668.
- [18] 杜敏敏, 周 明, 邓 磊, 等. 番茄分子育种现状与展望——从基因克隆到品种改良 [J]. 园艺学报, 2017, 44(3):

581-600.

- [19] 郑积荣, 胡浅浅, 王慧俐. 番茄育种材料对黄化曲叶病毒抗性鉴定及抗性基因检测 [J]. 浙江农业学报, 2015, 27(6): 1015-1023.
- [20] 于拴仓, 柴敏, 姜立纲. 番茄叶霉病高抗基因 *Cf-9*、*Cf-11* 和 *Cf-19* 的分子标记 [J]. 植物病理学报, 2005, 35(3): 286-288.

Comparison Test of Multi-Resistant and High-Quality Tomato Cultivars in a Solar Greenhouse During Autumn and Winter Cultivation

YANG Chao-sha¹, WANG Guo-hua¹, YIN Wei-ping¹, YIN Qing-zhen¹,
WANG Jing-yao², CAO Xiu-lian³, LI Ning-xin⁴

1. Institute of Cash Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China;

2. Agricultural Technology Extension Center of Gaoyi County Agriculture and Animal Husbandry Bureau, Gaoyi Hebei 051330, China;

3. College of Pharmacy, Hebei University of Chinese Medicine, Shijiazhuang 050021, China;

4. Hebei University of Economics and Trade, Shijiazhuang 050061, China

Abstract: In this study, 14 tomato varieties were used to evaluate their resistance to tomato yellow leaf curl virus (TYLCV), leaf mould and root-knot nematode by natural incidence in a solar greenhouse, and TYLCV-resistance genes *Ty-1*, *Ty-2*, and *Ty-3*, root knot nematode resistance gene *Mi-1* and tomato leaf mould resistance gene *Cf-9* in them were detected with PCR. According to molecular detection, all the 14 varieties contained TYLCV-resistance gene(s), *Mi-1* and *Cf-9*. Of them, 2 contained 5 resistance genes, 8 contained 4 resistance genes, and 4 contained 3 resistance genes. In a field resistance survey, no significant TYLCV, leaf mould or root-knot nematode was detected. In addition, 13 agronomical characters of the varieties were investigated and analyzed. Based on their comprehensive disease resistance and field performance, the varieties 14, 21, and Jinpeng8B were identified as highly disease-resistant, with the potentials of vigorous growth and high yield, and were recommended for planting in autumn and winter in solar greenhouses.

Key words: tomato; yellow leaf curl virus; root-knot nematode disease; leaf mould; detection of resistance genes

责任编辑 王新娟