

# 番茄砧木及品种对南方根结线虫的抗性鉴定

韩利芳 曹志平\* 董道峰 王秀徽

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

**摘要:** 为了测定 3 种番茄砧木及 7 个番茄品种对南方根结线虫的抗病程度, 采用室内盆栽番茄人工接种南方根结线虫法调查番茄植株对根结线虫的抗性指标, 结果表明: 国外引进的 5 个番茄抗性品种 (Trofeo, Beatrice, 1411, Romana, Garry) 及两个番茄砧木 (Energy, He-Man) 均为抗性品种; 荷兰的 Cairo 和国内的耐线虫番茄品种中华一号为感病品种, 番茄砧木 Beaufort 为中感品种。

**关键词:** 番茄; 砧木; 南方根结线虫; 抗性鉴定

**中图分类号:** S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 05-1099-04

## Resistance Evaluation of Tomato Rootstocks and Cultivars (*Lycopersicon esculentum*) to Southern Root-knot Nematodes (*Meloidogyne incognita*)

Han Lifang, Cao Zhiping\*, Dong Daofeng, and Wang Xiuhui

(College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** Three tomato rootstocks and seven tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum*) were inoculated artificially separately on potted tomato to evaluate their resistance to southern root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in greenhouse. Five tomato cultivars and two rootstocks (Energy and He-Man) were remarkable resistant to the *Meloidogyne incognita*, Zhonghua 1 and Cairo were susceptible to *Meloidogyne incognita*; Beaufort was media-sensitive to *Meloidogyne incognita*.

**Key words:** Tomato; Rootstocks; Southern root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*); Nematode diseases resistance

### 1 目的、材料与方法

根结线虫是农业生产过程中的主要病害, 能够危害多种作物如番茄、黄瓜、棉花、大豆等。在生产实践中, 采用抗性品种和利用嫁接砧木都可以成为甲基溴替代技术中最有效的方法。目前在美国和欧洲应用的番茄品种很多都携带有抗线虫的 *Mi* 基因<sup>[1]</sup>。日本、意大利等国家采用抗性砧木嫁接番茄控制根结线虫病, 取得了良好的抗病效果。Cao 等<sup>[2]</sup>将引自国外的番茄抗性砧木与国内普通品种毛粉 802 嫁接后, 对根结线虫病、枯萎病、根腐病等土传病害的抗病效果非常明显。

目前, 我国使用的抗线虫番茄品种主要是从国外引进的, 国内尚无抗线虫的番茄品种。本文选用了 3 种番茄砧木、7 个番茄品种, 以 ‘合作 908’ 为感病对照 (表 1), 采用盆栽试验, 分 3 个阶段测定根结线虫抗性的指标, 从而确定其对根结线虫的抗性程度, 为进一步研究抗性机理奠定基础。

供试的南方根结线虫 (*M. incognita*) 采自山东省青州的温室大棚内, 按泰勒等<sup>[3]</sup>提供的方法经单卵块纯化, 通过会阴花纹形态识别鉴定后, 在感病的番茄品种 ‘合作 908’ 上扩大繁殖, 以获取供接种用的线虫种群。

各个番茄砧木及品种经过催芽、育苗后, 移栽到小花盆 (直径 15 cm) 中, 15 d 后接种南方根结线虫的卵<sup>[4]</sup>, 接种密度为 2 000 卵/株苗, 每个品种接种 30 株, 随机排列于植物生长网室中。接种后

收稿日期: 2006-02-05; 修回日期: 2006-08-09

资助项目: 中国—意大利可持续性植物保护国际合作项目; 北京市生态学重点学科资助项目 (XK10019440)

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: zhipingc@cau.edu.cn)

第 8 周, 将未进行抗性指标调查的番茄苗连带花盆里的土都移栽到直径为 20 cm (容量为 8 L) 的瓦氏盆中, 以利于番茄植株的进一步生长。分别于接种后第 5 周、第 8 周及第 16 周进行抗性指标的测定, 每个品种每次取样均为 10 株, 其中, 苗期鉴定 (接种后第 5 周) 调查根结指数; 成株期 (接种后第 8 周) 测定根结个数、卵块个数; 结果期 (接种后第 16 周) 测定根结指数、卵块个数、番茄植株地下部生物量 (根干样质量)。

表 1 供试番茄砧木及品种

Table 1 Tomato rootstocks and varieties used in this study

材料 Varieties	商品名 Trade name	抗性 Resistant	来源 Origin
砧木 Root stocks	Beaufort	N, F, V, P, TMV	意大利 SPA 公司
	Energy		Nuovo Centro S. E. I. A. -SPA, Italy
	HeMan		
品种 Varieties	多菲亚 Tiofeo	N, F, V, TMV	以色列泽文公司 Zeraim Gadera Seed Company of Israel
	卓越 Beatrice	N, F, V, TMV	
	1411	N, F, V, TMV	
	佳丽 Garry	N, F, V, TMV	荷兰西部种业公司 Netherlands Western Seed Incorporation
	罗曼娜 Romana	N, F, V, TMV	
	卡依罗 Cairo	N, F, V, TMV	
	中华一号 Zhonghua 1	N, F, TMV, CMV	山东省淄博市天农农资经营部
			Zibo Tiannong Incorporation of Shandong Province
			上海番茄研究所 Shanghai Institution of Tomato Research
对照 Control	合作 908 Hezuo 908	CMV, TMV	

注: N: 根结线虫; V: 轮枝菌 (黄萎病); F: 尖孢镰刀菌 (枯萎病); P: *Pyrenochaeta lycopersici*; TMV: 烟草花叶病毒; CMV: 黄瓜花叶病毒。

Note: N: Root-knot nematodes; V: *Verticillium* spp.; F: *Fusarium oxysporum*; P: *Pyrenochaeta lycopersici*; TMV: Tobacco mosaic virus; CMV: Cucumber mosaic virus

根结指数采用 0~5 级<sup>[5]</sup>分类法 (0 级: 所有的根上都没有根结; 1 级: 1%~10% 的根系上有根结; 2 级: 10%~20% 的根系上有根结; 3 级: 20%~50% 的根系上有根结; 4 级: 50%~80% 的根系上有根结; 5 级: 80%~100% 的根系上有根结); 卵块个数采用直接计数法; 番茄根系的生物量采用 105 杀青 30 min 后, 70 烘干法。在根结指数的基础上, 计算病情指数 [病情指数 = 各级病级数 × 该级发病株数 / (最高病级数 × 调查总株数) × 100], 根据病情指数将群体抗性划分为 4 级: 病情指数在 25 以下为高抗, 25.1~50 为中抗, 50.1~75 为中感, 75 以上为高感。

用 SPSS 软件对 3 次测得的数据按随机区组资料的进行统计, 并采用配对 *t* 检验、独立样本 *t* 检验和 Duncan's 方法对数据进行比较。

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 耐病品种、抗性砧木及抗性品种对南方根结线虫的抗病程度

国内的耐病品种中华一号根结指数在第 5 周时极显著低于对照合作 908; 卵块个数第 16 周极显著低于对照; 中华一号的根干样质量显著低于对照 (表 2)。表明南方根结线虫可以在中华一号上进行发育和繁殖, 但苗期的发育程度显著低于对照, 结果期繁殖程度极显著低于对照。

表 2 耐病品种与对照品种接种南方根结线虫后根结指数、卵块数及根干样质量之间的比较

Table 2 Gall index, number of eggs per root system and dry mass of root of Zhonghua 1 and control

品种 Varieties	根结指数 Gall index			卵块个数 Number of eggs			根干样质量 Dry mass of root (g)
	第 5 周 The 5 th week	第 8 周 The 8 th week	第 16 周 The 16 th week	第 5 周 The 5 th week	第 8 周 The 8 th week	第 16 周 The 16 th week	
合作 908 Hezuo 908 (CK)	4.8 ± 0.13	5 ± 0	5 ± 0	0 ± 0	131.7 ± 10.68	442.0 ± 7.79	11.48 ± 0.96
中华一号 Zhonghua 1	3.1 ± 0.18**	5 ± 0	5 ± 0	0 ± 0	114.2 ± 9.11	255.8 ± 7.48**	7.33 ± 0.80*

注: 表格中的数据为 10 次重复的平均值 ± 标准误, \* 配对 *t* 检验差异显著 ( $P < 0.05$ ), \*\* 处理之间差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

Note: Data are means ± Std. Error of 10 replicates, use Pairs *t*-test\* means significance at  $P < 0.05$ , \*\* means at  $P < 0.01$ .

意大利引进的 3 种砧木为对线虫抗性砧木，其根结指数在第 5、8 和 16 周均显著低于对照；第 8、16 周时，Energy 和 HeMan 的卵块个数均显著低于对照；Beaufort 的卵块个数第 8 周时与对照没有显著差异，第 16 周显著低于对照，但显著高于 Energy 和 HeMan；3 种砧木的根干样质量和对照之间均无显著差异（表 3）。表明南方根结线虫在 Energy 和 HeMan 上几乎不能发育和繁殖；在 Beaufort 上的发育和繁殖程度均显著低于对照，但显著高于 Energy 和 HeMan。

表 3 不同砧木品种接种南方根结线虫后的根结指数、卵块数和根干样质量

Table 3 Gall index, number of eggs per root system and dry mass of root of rootstocks and control

品种 Varieties	根结指数 Gall index			卵块个数 Number of eggs			根干样质量 Dry mass of root (g)
	第 5 周	第 8 周	第 16 周	第 5 周	第 8 周	第 16 周	
	The 5 th	The 8 th	The 16 th	The 5 th	The 8 th	The 16 th	
	week	week	week	week	week	week	
合作 908 Hezuo 908 (CK)	4.8 $\pm$ 0.13a	5.0 $\pm$ 0a	5.0 $\pm$ 0a	0 $\pm$ 0	131.7 $\pm$ 10.68a	442.0 $\pm$ 7.79a	11.42 $\pm$ 0.96a
Beaufort	1.0 $\pm$ 0b	3.7 $\pm$ 0.15b	2.9 $\pm$ 0.10b	0 $\pm$ 0	117.8 $\pm$ 13.56a	156.6 $\pm$ 7.93b	11.12 $\pm$ 0.94a
Energy	1.0 $\pm$ 0b	2.2 $\pm$ 0.25c	2.0 $\pm$ 0c	0 $\pm$ 0	17.8 $\pm$ 2.50b	70.0 $\pm$ 6.95c	9.17 $\pm$ 0.85a
HeMan	0.3 $\pm$ 0.15c	0.5 $\pm$ 0.17d	0.8 $\pm$ 0.13d	0 $\pm$ 0	0.4 $\pm$ 0.22b	2.9 $\pm$ 1.71d	10.84 $\pm$ 1.41a

注：表格中的数据为 10 次重复的平均值  $\pm$  标准误，采用 Duncan's 多重比较，不同字母的数据代表处理之间差异显著 ( $P = 0.05$ )。

Note: Data are means  $\pm$  Std. Error of 10 replicates, use Duncan's multiple range test data in a row followed by the same letter means significance at  $P = 0.05$ .

所试的 6 个番茄品种中，5 个抗性品种 (Trofeo、Beatrice、1411、Romana、Garry) 的根结指数在第 5、8 和 16 周均显著低于对照，而 Cairo 与对照之间无显著差异；第 8 周时，除 Cairo 根系上的卵块个数显著高于对照外，其余 5 个品种均显著低于感病对照 '合作 908'；6 个品种的根干样质量均显著低于对照（表 4）。表明南方根结线虫在 5 个抗性品种（同前）上几乎不能发育和繁殖，但在 Cairo 上可以很好的发育和繁殖。

表 4 抗性品种接种南方根结线虫后的根结指数、卵块数和根干样质量

Table 4 Gall index, number of eggs per root system and dry mass of root of resistant cultivars and control

品种 Varieties	根结指数 Gall index			卵块个数 Number of eggs			根干样质量 Dry mass of root (g)
	第 5 周	第 8 周	第 16 周	第 5 周	第 8 周	第 16 周	
	The 5 th	The 8 th	The 16 th	The 5 th	The 8 th	The 16 th	
	week	week	week	week	week	week	
合作 908 Hezuo 908 (CK)	4.8 $\pm$ 0.13a	5.0 $\pm$ 0a	5.0 $\pm$ 0a	0 $\pm$ 0	131.7 $\pm$ 10.68b	442.0 $\pm$ 7.79a	11.42 $\pm$ 0.96a
卡依罗 Cairo	4.4 $\pm$ 0.22a	5.0 $\pm$ 0a	5.0 $\pm$ 0a	0 $\pm$ 0	190.5 $\pm$ 14.22a	417.9 $\pm$ 10.05b	8.10 $\pm$ 0.57b
多菲亚 Trofeo	0.6 $\pm$ 0.16b	1.6 $\pm$ 0.16b	1.0 $\pm$ 0c	0 $\pm$ 0	0.3 $\pm$ 0.21c	1.4 $\pm$ 0.75c	8.12 $\pm$ 0.91b
卓越 Beatrice	0.7 $\pm$ 0.15b	1.9 $\pm$ 0.10b	2.1 $\pm$ 0.10b	0 $\pm$ 0	2.0 $\pm$ 0.98c	7.5 $\pm$ 2.24c	6.41 $\pm$ 0.57bc
1411	0 $\pm$ 0c	0.5 $\pm$ 0.17d	0.6 $\pm$ 0.16d	0 $\pm$ 0	0.3 $\pm$ 0.21c	0.4 $\pm$ 0.31c	6.51 $\pm$ 0.59bc
罗曼娜 Romana	0.8 $\pm$ 0.13b	1.0 $\pm$ 0c	1.0 $\pm$ 0c	0 $\pm$ 0	0.8 $\pm$ 0.51c	0.5 $\pm$ 0.34c	8.46 $\pm$ 0.45b
佳丽 Garry	0.6 $\pm$ 0.16b	0.7 $\pm$ 0.15cd	0.8 $\pm$ 0.13cd	0 $\pm$ 0	0.4 $\pm$ 0.22c	0.6 $\pm$ 0.43c	5.74 $\pm$ 0.39c

注：表格中的数据为 10 次重复的平均值  $\pm$  标准误，采用 Duncan's 多重比较，不同字母的数据代表处理之间差异显著 ( $P = 0.05$ )。

Note: Data are means  $\pm$  Std. Error of 10 replicates, use Duncan's multiple range test data in a row followed by the same letter means significance at  $P = 0.05$ .

## 2.2 砧木与品种对南方根结线虫抗性程度的对比

取 2 种抗性砧木 (Energy 和 HeMan) 和 5 个抗性品种 (同前) 进行对比。抗性砧木和抗性品种第 5、8 和 16 周的根结指数都没有显著差异；抗性品种的卵块个数在第 8 和 16 周都显著低于抗性砧木；抗性砧木在第 16 周时的根干质量显著高于抗性品种（表 5）。表明南方根结线虫在抗性品种上的发育和繁殖程度均显著低于抗性砧木。

向红琼等<sup>[6]</sup>指出，在番茄生长前期，随着新根数的增加，根结按指数规律增长，番茄生育后期，由于新根和可侵染根的减少，根结增长趋于平缓。抗性砧木根系生物量（根干样质量）显著高于抗性品种，其新根与可侵染根数量也相应地高于抗性品种，从而为线虫侵染和发育提供了更好的条件（相对于抗性品种而言），这可能是南方根结线虫在抗性砧木上发育和繁殖程度高于抗性品种的原因之一。

表 5 3个抗性砧木与5个抗性品种接种南方根结线虫后的平均根结指数、卵块数和根干样质量的对比

Table 5 Gall index, number of eggs per root system and dry mass of root of rootstocks and resistant cultivars

品种 Varieties	根结指数 Gall index			卵块个数 Number of eggs			根干样质量 Dry mass of root (g)
	第 5 周	第 8 周	第 16 周	第 5 周	第 8 周	第 16 周	
	The 5 th	The 8 th	The 16 th	The 5 th	The 8 th	The 16 th	
	week	week	week	week	week	week	
抗性砧木 Root stocks	0.65 ±0.11	1.35 ±0.24	1.4 ±0.15	0 ±0	9.10 ±2.34	36.45 ±8.45	10.00 ±0.82
抗性品种 Varieties	0.54 ±0.07	1.14 ±0.09	1.1 ±0.08	0 ±0	0.76 ±0.24**	2.08 ±0.61**	7.05 ±0.30**

注：抗性砧木取各 10 次重复的平均值 ±标准误，抗性品种取各 10 次重复的平均值 ±标准误，采用独立样本 *t* 检验，\* 代表处理之间差异显著 ( $P < 0.05$ )，\*\* 差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

Note: Data of resistant rootstocks are means ± Std. Error of 20 replicates (10 replicates of Energy and 10 replicates of HeMan), Data of resistant cultivars are means ± Std. Error of 50 replicates (each 10 replicates of Trofeo, Beatrice, 1411, Romana and Garry respectively), use dependent sample *t*-test \* means significance at  $P < 0.05$ , \*\* means significance  $P < 0.01$ .

### 2.3 番茄和砧木对南方根结线虫的群体抗性比较

根据病情指数可以看出，接种根结线虫后，番茄材料的群体抗性结果如下：中华一号在苗期为中感，但成株期和结果期均为高感；Beaufort砧木苗期为高抗，成株期和结果期中感；Cairo在 3 个阶段均为高感（表 6）。除此之外，其它的砧木和品种都对南方根结线虫有很好的抗性，均为中抗或高抗（表 6），可以用作抵御南方根结线虫病。其中，砧木可以嫁接不同番茄品种，甚至茄子，能够给生产者提供更多的选择余地。

表 6 番茄材料对南方根结线虫的群体抗性

Table 6 Population resistant of tomato varieties to *Meloidogyne incognita*

番茄材料 Varieties	病情指数 Disease index			群体抗性 Population resistance		
	第 5 周 The 5 th week	第 8 周 The 8 th week	第 16 周 The 16 th week	第 5 周 The 5 th week	第 8 周 The 8 th week	第 16 周 The 16 th week
合作 908 Hezuio 908 (CK)	96	100	100	高感 HS	高感 HS	高感 HS
中华一号 Zhonghua 1	62	100	100	中感 MS	高感 HS	高感 HS
卡依罗 Cairo	88	100	100	高感 HS	高感 HS	高感 HS
多菲亚 Trofeo	12	32	20	高抗 HR	中抗 MR	高抗 HR
卓越 Beatrice	14	38	42	高抗 HR	中抗 MR	中抗 MR
1411	0	10	12	高抗 HR	高抗 HR	高抗 HR
罗曼娜 Romana	16	20	20	高抗 HR	高抗 HR	高抗 HR
佳丽 Garry	12	14	16	高抗 HR	高抗 HR	高抗 HR
Beaufort	20	74	58	高抗 HR	中感 MS	中感 MS
Energy	20	44	40	高抗 HR	中抗 MR	中抗 MR
HeMan	6	10	16	高抗 HR	高抗 HR	高抗 HR

### 参考文献：

- Jacquet M, Bongiovanni M, Martinez M, Verschave P, Wajnberg E, Castangnone-Sereno P. Variation in resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato genotypes bearing the *Mi* gene. Plant Pathology, 2005, 54: 93 ~ 99
- Cao Z P, Yu Y L, Chen G K, Dawson R. Impact of soil fumigation practices on soil nematodes and microbial biomass. Pedosphere, 2004, 14 (3): 387 ~ 393
- 泰勒 A L, 萨塞 J N. 植物根结线虫 (生物学、分类鉴定和防治). 杨宝君, 曾大鹏译. 北京: 科学出版社, 1983. 87 ~ 91  
Taibor A L, Sasser J N. Biology, Identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Yang B J, Zeng D P trans. Beijing: Science Press, 1983. 87 ~ 91 (in Chinese)
- 刘维志. 植物线虫学研究技术. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1995. 195 ~ 196  
Liu W Z. Technology for nematological research. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press, 1995. 195 ~ 196 (in Chinese)
- Barker K R. Nematode extraction and bioassays. In: Barker, Carter, Sasser eds. An advanced treatise on eloidogyne Vol. II Methodology, 1985. 189 ~ 190
- 向红琼, 冯志新. 粗皮侧耳对花生根结线虫群体动态的影响及防治效果. 中国农业科学, 2001, 34 (1): 27 ~ 34  
Xiang H Q, Feng Z X. Effect of *Pleurotus ostreatus* on dynamics of *Meloidogyne arenaria* population and control effectiveness. Scientia Agricultura Sinica, 2001, 34 (1): 27 ~ 34 (in Chinese)