

# 茄子砧木对南方根结线虫抗性的鉴定与评价

徐小明, 徐坤\*, 于芹, 张晓艳

(山东农业大学园艺科学与工程学院, 作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018)

**摘要:** 为确定茄子砧木抗南方根结线虫的水平及其鉴定评价方法, 以 11 份茄子砧木为试材, 采用盆栽幼苗人工接种方法, 测定了南方根结线虫对幼苗各器官相对生长量及相关抗性指标的影响, 并进行了聚类分析及隶属函数分析。结果表明, 南方根结线虫侵染引发的幼苗不同器官的相对生长量、抗性指标及其变异系数不同。利用变异系数较大的根结指数进行聚类分析结果与 4 个抗性指标综合分析结果完全一致, 但与利用 5 个相对生长量指标及相对根系鲜样质量聚类结果存在微小差异。通过综合鉴定评价, 将供试茄子砧木材料分为抗病、耐病、中感、高感 4 个类群, 其抗 (耐) 病能力强弱依次为: 托鲁巴姆、托托斯加、圣托斯、刺茄、北农茄砧、台茄、刚果茄、赤茄、耐病 VF、香瓜茄、琼野茄。

**关键词:** 茄子; 砧木; 南方根结线虫; 生长指标; 抗性指标; 聚类分析

**中图分类号:** S 641.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2008) 10-1461-06

## Screening and Evaluation of Eggplant Rootstock for Resistance to *Meloidogyne incognita*

XU Xiao-ming, XU Kun\*, YU Qin, and ZHANG Xiao-yan

(College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, State Key Laboratory of Crop Biology, Taian, Shandong 271018, China)

**Abstract:** In order to define the screening method and the resistance to *Meloidogyne incognita*, the relative growth indexes and relevant resistant indexes of 11 eggplant rootstock seedlings which were planted in pots and inoculated with *Meloidogyne incognita* were measured in the experiment, and the clustering analysis and subordinate function analysis with different indexes were conducted. The results showed that the different relative growth indexes of different organs, different resistant indexes of eggplant rootstock seedlings and their coefficient variances resulted from the infection of *Meloidogyne incognita* were different. The result of clustering analysis with gall index which coefficient variance was higher was quite same to that with four resistant indexes, but there was a little difference with that of clustering analysis with five relative growth indexes and relative root fresh weight. According to comprehensive screening and evaluation, the eggplant rootstocks in the experiment could be clustered 4 groups, i.e. high resistance, endurance, moderate susceptibility and high susceptibility. The sequence of resistance (or tolerance) from strong to weak successively was: *Solanum torvum*, Tuotuosijia, Shengtuosi, *Solanum surattense*, Beinongqiezhen, *Solanum daidaro*, *Solanum sisymbriifolium*, *Solanum integrifolium*, Taibyo VF, *Solanum muricatum*, Qiongyeqie.

**Key words:** eggplant; rootstock; *Meloidogyne incognita*; growth indexes; resistant indexes; clustering analysis

茄子 (*Solanum melongena* L.) 是我国设施栽培的主要蔬菜之一, 但长期连作重茬栽培, 导致了根结线虫病等土传病害日趋严重。利用抗性砧木进行嫁接栽培, 是解决茄子根结线虫病害的有效措施

收稿日期: 2008 - 06 - 17; 修回日期: 2008 - 08 - 27

基金项目: 山东省自然科学基金项目 (2005ZRB01001)

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: xukun@sda.u.edu.cn)

(周宝利, 1997)。因此, 研究茄子砧木对根结线虫抗性的科学鉴定评价体系, 筛选抗性强的砧木材料, 对于克服或减轻根结线虫对茄子的危害, 以及利用抗性材料培育抗线虫茄子品种, 均具有重要的理论意义和实践价值。国内外学者关于茄子砧木的筛选鉴定, 主要集中在抗黄萎病、抗冷性等方面(高青海等, 2005; 宋敏丽, 2007), 虽然 Daunay和 DaMasso (1985) 曾对茄子砧木抗线虫能力进行过报道, 但其供试材料较少。本研究中通过测定不同茄子砧木幼苗接种南方根结线虫后各器官的相对生长量及相关抗性指标, 利用聚类分析和隶属函数分析等方法, 对供试茄子砧木材料进行了抗性鉴定与评价, 旨在探讨不同鉴定评价方法的优缺点, 确定不同茄子砧木抗南方根结线虫的差异, 为合理利用抗根结线虫茄子砧木资源提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验于 2006年在山东农业大学园艺实验站进行。

供试茄子砧木共 11个 (表 1)。由于各砧木材料种子的发芽势不同, 为保证各材料同期播种, 于 9月 12—19日根据各材料的适宜发芽天数, 实行分期浸种、催芽, 并于 9月 27日选取发芽种子播种于 50孔穴盘内, 播后置日光温室内培养。11月 12日幼苗长至 3~4片真叶时, 移植于直径 21 cm、高 17 cm的塑料盆中, 每盆 1株, 每份材料栽植 120盆, 每 20盆为一个处理小区, 共 6个小区。栽培基质 (砂土 =1 2) 经 160 °C 高温杀菌 2 h。

### 1.2 线虫获取及接种

南方根结线虫 (*Meloidogyne incognita*) 由本实验室提供。先将其接种到用无菌土盆栽的易感线虫番茄品种毛粉 802根际, 生长 50 d后番茄根系出现明显根瘤时, 采用刘维志 (2002) 的方法从番茄根部分离南方根结线虫的卵。11月 24日用打孔器在盆栽茄子幼苗根际打孔 (5孔/盆), 其中 3个小区注入根结线虫的卵 (5 000个/盆), 另 3个小区注入清水为对照。

### 1.3 测定指标及计算方法

#### 1.3.1 生长指标

茄子幼苗接种南方根结线虫 60 d时, 每小区随机选取 6株测定其株高、茎粗、根系鲜样质量、茎鲜样质量、叶鲜样质量等生长指标, 各器官相对生长量均按下式计算: 相对生长量 (%) =处理区测定值 /对照区测定值  $\times$ 100。

#### 1.3.2 抗性指标

参照肖炎农等 (2000) 制定的标准调查茄子幼苗发病情况, 并计算病情指数 (DI)。0级: 根部无根瘤; 1级: 根部 1~2个根瘤; 2级: 根部 3~10个根瘤; 3级: 根部 11~30个根瘤; 4级: 根部 31~100个根瘤; 5级: 根部根瘤数超过 100个。采用刘维志 (2002) 的方法分离单株根系虫卵, 并在解剖镜下计数; 采用 Boiteux和 Charchar (1996) 的方法计算根结指数 (GI)、卵粒指数 (EI) 和线虫繁殖系数 (RF)。DI= (各病级植株数  $\times$ 该级数) / (调查总株数  $\times$ 最重病级数值)  $\times$ 100; GI=单株根结数 /单株根鲜样质量; EI=单株卵粒数 /单株根鲜样质量; RF =单株卵粒数 /单株卵接种量。

#### 1.3.3 隶属函数值 $X(\mu)$

参照宋洪元等 (1998) 的隶属函数值计算方法。抗性指标的隶属函数值  $X(\mu) = 1 - (X - X_{min}) / (X_{max} - X_{min})$ , 生长指标的隶属函数值  $X(\mu) = (X - X_{min}) / (X_{max} - X_{min})$ 。X为接种 60 d时某茄子砧木幼苗某指标测定值,  $X_{max}$ 为所有供试幼苗该指标的最大值,  $X_{min}$ 为所有供试幼苗该指标的最小值。隶属函数值越大, 表示该茄子砧木的抗根结线虫能力越强。

## 1.4 统计分析

采用 Excel 2003 软件进行数据处理, 计算平均值、标准差和变异系数, 采用 SAS 9.0 软件的类平均法进行聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 南方根结线虫对不同茄子砧木幼苗生长和抗性指标的影响

根结线虫对茄子砧木幼苗相对生长量有显著影响, 且材料间差异较大, 托鲁巴姆、托托斯加、圣托斯、北农茄砧和台茄的相对生长量较高, 而琼野茄、香瓜茄和耐病 VF 则较低 (表 1)。相对生长量可反映幼苗遭到南方根结线虫侵染后保持原有长势的能力, 其值越大, 说明抗 (耐) 病能力越强, 反之, 越弱。因此, 不同茄子砧木幼苗相对生长量差异较大, 即抗 (耐) 南方根结线虫的能力存在显著差异。从各生长指标的变异系数看, 相对根系鲜样质量及相对株高较大, 分别为 18.85% 和 17.82%, 而相对茎粗较小, 为 8.29%, 说明根结线虫对根系及株高影响较大, 而对茎粗影响较小。

表 1 南方根结线虫对茄子砧木幼苗相对生长指标的影响

Table 1 Effects of *M. incognita* on the relative growth indexes of eggplant rootstock seedlings

/%

编号 No.	材料 Material	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	根鲜样质量 Root fresh weight	茎鲜样质量 Stem fresh weight	叶鲜样质量 Leaf fresh weight
1	台茄 <i>S. daidaro</i>	92.5 ±9.6	97.2 ±2.8	93.0 ±11.5	94.5 ±7.8	87.3 ±4.9
2	刺茄 <i>S. surattense</i>	74.8 ±6.6	99.6 ±11.5	94.4 ±10.7	85.3 ±4.6	91.4 ±7.5
3	赤茄 <i>S. integrifolium</i>	87.9 ±14.0	87.4 ±8.6	79.3 ±15.7	72.7 ±6.5	80.3 ±2.8
4	香瓜茄 <i>S. muricatam</i>	59.5 ±5.1	88.8 ±5.6	56.0 ±9.2	62.7 ±6.5	71.0 ±5.7
5	刚果茄 <i>S. sisybriifolium</i>	95.2 ±7.4	88.3 ±6.4	73.4 ±12.8	67.0 ±5.6	70.5 ±12.0
6	托鲁巴姆 <i>S. torvum</i>	97.1 ±2.0	93.7 ±1.8	96.9 ±11.9	97.4 ±6.8	97.2 ±5.4
7	北农茄砧 Beinongqiezhen	98.8 ±1.6	92.8 ±5.8	93.7 ±11.7	92.1 ±8.9	82.7 ±5.1
8	托托斯加 Tuotosijia	86.0 ±6.3	93.6 ±7.9	98.0 ±4.3	89.2 ±8.9	97.4 ±6.9
9	圣托斯 Shengtuoosi	84.2 ±4.3	97.9 ±12.0	95.3 ±16.0	88.9 ±5.3	90.8 ±11.6
10	琼野茄 Qiongyeqie	63.9 ±5.0	86.4 ±3.2	58.0 ±3.8	65.7 ±7.6	69.2 ±2.0
11	耐病 VF Taiby VF	62.1 ±8.4	72.4 ±11.7	74.4 ±15.6	67.8 ±7.3	78.0 ±6.1
变异系数 /% CV		17.82	8.29	18.85	16.36	12.46

注: 表中数据为 3 次重复的平均值 ±标准差。下同。

Note: Data in the table were means ±SD of three repetitions. The same below.

由表 2 可见, 不同茄子砧木幼苗的 GI、EI、RF 及 D 也存在差异, 且材料间变异系数均较大, 证明各抗性指标均可直观反映茄子砧木幼苗抗南方根结线虫水平的差异。

表 2 南方根结线虫对茄子砧木幼苗相关抗性指标的影响

Table 2 Effects of *M. incognita* on the resistant indexes of eggplant rootstock seedlings

编号 No.	材料 Material	根结指数 Gall index	卵粒指数 Egg granule index	繁殖系数 Reproduction frequency	病情指数 Disease index
1	台茄 <i>S. daidaro</i>	8.52 ±2.6	1 617 ±176	4.75 ±1.5	93.33 ±2.3
2	刺茄 <i>S. surattense</i>	0.46 ±0.2	250 ±100	0.56 ±0.1	38.67 ±2.3
3	赤茄 <i>S. integrifolium</i>	16.58 ±4.3	3 267 ±475	3.12 ±1.8	84.00 ±0.0
4	香瓜茄 <i>S. muricatam</i>	23.16 ±4.2	5 233 ±530	8.54 ±2.5	90.67 ±2.3
5	刚果茄 <i>S. sisybriifolium</i>	12.17 ±4.6	1 333 ±275	1.48 ±0.7	82.00 ±4.0
6	托鲁巴姆 <i>S. torvum</i>	0.33 ±0.2	717 ±153	2.70 ±0.4	32.67 ±6.1
7	北农茄砧 Beinongqiezhen	4.29 ±1.8	1 167 ±104	1.00 ±0.3	60.00 ±4.0
8	托托斯加 Tuotosijia	1.53 ±0.6	833 ±375	0.47 ±0.1	30.67 ±2.3
9	圣托斯 Shengtuoosi	0.28 ±0.1	750 ±250	2.11 ±0.5	28.97 ±4.6
10	琼野茄 Qiongyeqie	32.66 ±9.6	5 533 ±850	6.13 ±2.2	98.67 ±2.3
11	耐病 VF Taiby VF	15.78 ±5.1	3 917 ±236	4.98 ±3.0	80.00 ±0.0
变异系数 /% CV		101.22	82.78	79.03	40.30

## 2.2 茄子砧木对南方根结线虫抗性的聚类分析

以 GI、EI、RF 及 DI 为指标进行聚类分析发现, 当阈值为 2.20 时 ( $SPRSQ = 0.06$ ), 可将供试茄子砧木分为抗病、中感、高感 3 类 (图 1, ), 其中托鲁巴姆、圣托斯、托托斯加、刺茄、北农茄砧为抗病材料, 耐病 VF、赤茄、刚果茄、台茄为中感材料, 琼野茄和香瓜茄为高感材料。

以株高、茎粗、根鲜样质量、茎鲜样质量及叶鲜样质量等相对生长量为指标进行聚类分析, 结果表明 (图 1, ), 当阈值为 2.38 时 ( $SPRSQ = 0.08$ ), 可将供试茄子砧木分为抗 (耐) 病、中感、高感 3 类, 其中圣托斯、刺茄、托托斯加、台茄、北农茄砧、托鲁巴姆为抗 (耐) 病材料, 赤茄、刚果茄为中感材料, 琼野茄、香瓜茄、耐病 VF 为高感材料。

南方根结线虫侵染导致茄子砧木幼苗抗性指标的变化, 以 GI 变异系数最大, 表明该指标对线虫侵染最敏感。以 GI 为指标进行聚类分析, 结果表明 (图 1, ), 当阈值为 0.89 时 ( $SPRSQ = 0.04$ ), 可将供试茄子砧木品种分为抗病、中感、高感 3 类, 且聚类结果与 4 个抗性指标聚类结果完全一致, 说明 GI 可准确反映茄子砧木抗南方根结线虫的能力。

以茄子幼苗生长指标中变异系数较大的相对根鲜样质量进行聚类分析, 结果表明 (图 1, ), 当阈值为 1.20 时 ( $SPRSQ = 0.17$ ), 可将供试茄子砧木品种分为抗 (耐) 病、中感、高感 3 类, 其中台茄、北农茄砧、圣托斯、刺茄、托鲁巴姆、托托斯加为抗 (耐) 病材料; 耐病 VF、刚果茄、赤茄为中感材料; 琼野茄和香瓜茄为高感材料。除台茄外, 其它材料的聚类结果与 4 个抗性指标聚类结果一致, 说明仅利用根系相对生长量也可基本确定茄子砧木抗南方根结线虫的水平。

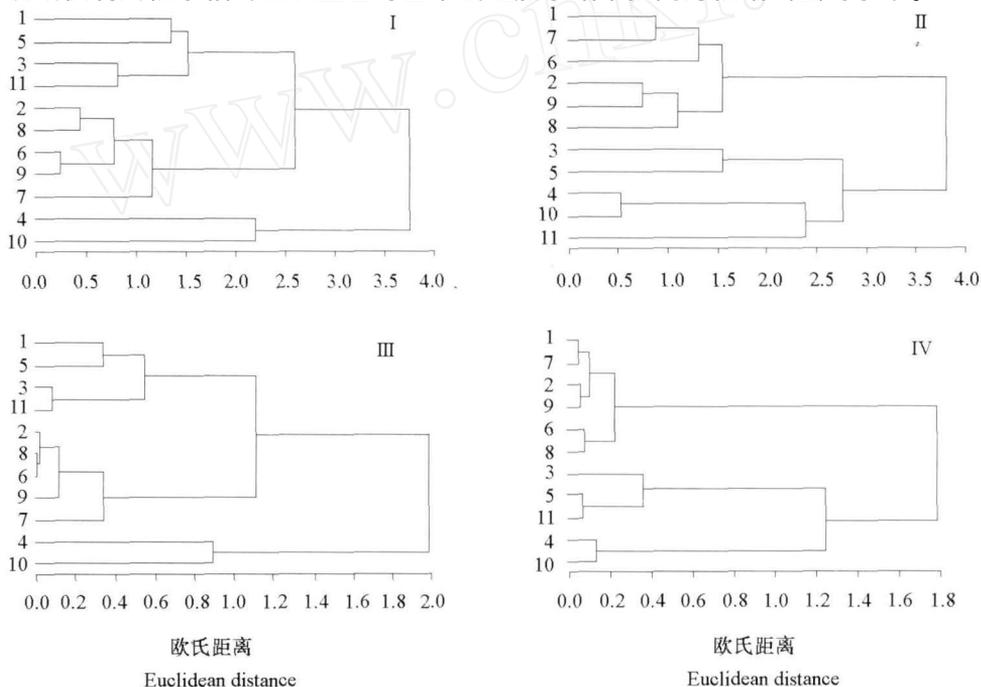


图 1 茄子砧木抗南方根结线虫能力聚类分析

1~11. 材料编号见表 1。 : 抗性指标; : 生长指标; : 根结指数; : 根系相对鲜样质量。

Fig. 1 Clustering analysis of the resistance of eggplant rootstocks to *M. incognita*

1 - 11. No. of materials was same as Table 1. : Resistance indexes;

: Growth indexes; : Root-knot indexes; : Relative fresh weight of roots

## 2.3 茄子砧木材料抗根结线虫能力综合评价

计算不同茄子砧木幼苗各指标的隶属函数, 结果 (表 3) 表明, 托鲁巴姆的隶属函数总值最高, 达到 8.28, 而托托斯加、圣托斯、刺茄和北农茄砧的隶属函数总值均大于 7, 说明它们有较强的抗根

结线虫能力; 但琼野茄和香瓜茄的隶属函数总值较低, 仅分别为 1.04 和 1.43, 说明其抗根结线虫能力较差; 台茄、刚果茄、赤茄和耐病 VF 隶属函数总值居中。根据隶属函数总值大小, 可得出供试茄子砧木材料的抗 (耐) 根结线虫能力依次为: 托鲁巴姆、托托斯加、圣托斯、刺茄、北农茄砧、台茄、刚果茄、赤茄、耐病 VF、香瓜茄、琼野茄。

表 3 南方根结线虫对茄子砧木幼苗相关指标隶属函数值的影响

Table 3 Effects of *M. incognita* on the subordinate function values of indexes of eggplant rootstock seedlings

编号 No	材料 Material	指标隶属函数值 The function value of indexes										名次 Order
		PH	SD	RFM	SFM	LFM	GI	EI	RF	DI	总计 Sum	
1	台茄 <i>S. daidaro</i>	0.84	0.90	0.90	0.90	0.64	0.75	0.74	0.47	0.08	6.22	6
2	刺茄 <i>S. surattense</i>	0.39	1.00	0.69	0.70	0.79	0.99	1.00	0.99	0.86	7.41	4
3	赤茄 <i>S. integriflora</i>	0.72	0.55	0.57	0.43	0.39	0.50	0.43	0.67	0.21	4.47	8
4	香瓜茄 <i>S. muricata</i>	0.00	0.60	0.00	0.00	0.06	0.60	0.06	0.00	0.11	1.43	10
5	刚果茄 <i>S. sisymbriiflora</i>	0.91	0.58	0.18	0.31	0.05	0.63	0.79	0.87	0.24	4.56	7
6	托鲁巴姆 <i>S. torvum</i>	0.96	0.78	1.00	0.97	0.99	1.00	0.91	0.72	0.95	8.28	1
7	北农茄砧 <i>Beinongqiezhen</i>	1.00	0.74	0.92	0.85	0.48	0.88	0.83	0.93	0.55	7.18	5
8	托托斯加 <i>Tuotuosijia</i>	0.68	0.78	0.78	0.59	1.00	0.96	0.89	1.00	0.98	7.66	2
9	圣托斯 <i>Shengtousi</i>	0.63	0.93	0.72	0.78	0.77	1.00	0.91	0.80	1.00	7.54	3
10	琼野茄 <i>Qiongyeqie</i>	0.11	0.51	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	1.04	11
11	耐病 VF <i>Taiby VF</i>	0.07	0.00	0.21	0.33	0.31	0.52	0.31	0.44	0.27	2.46	9

### 3 讨论

#### 3.1 茄子砧木幼苗对南方根结线虫侵染的反应

本试验结果表明, 供试茄子砧木幼苗接种南方根结线虫后, 各砧木幼苗的生长量及相关抗性指标均发生显著变化, 且材料之间存在显著差异, 但各指标的变化趋势不一致。南方根结线虫侵染可显著降低茄子砧木幼苗的生长量, 但相对生长量的变异系数, 以根鲜样质量和株高较大, 茎、叶鲜样质量次之, 茎粗较小, 表明根结线虫侵染对茄子砧木幼苗根系及株高的影响较大, 而对茎粗影响较小。这与郭衍银等 (2004) 在生姜上的研究结果一致。本试验结果还表明, 相关抗性指标的变异系数均显著高于相对生长量的变异系数, 尤以根结指数的变异系数最大, 为 101.22%, 说明单位根系鲜样质量的根结数最容易反映茄子砧木材料间抗南方根结线虫能力的大小。

#### 3.2 茄子砧木材料对南方根结线虫的抗性鉴定指标及评价方法

有关茄子对根结线虫的抗性鉴定标准, 国内尚未见报道, 国外多数采用根结指数、卵粒指数等指标作为鉴定标准 (Boiteux & Charchar, 1996)。由于根结线虫侵染引发的茄子砧木幼苗各指标变化并不一致 (表 1, 表 2), 难于确定一个可靠准确的鉴定标准, 而聚类分析可根据一些能客观反映研究对象之间亲疏关系的统计量, 按距离相近或性质相似的原则分成若干类, 因此该方法在植物抗性材料筛选中已被广泛应用 (桂连友等, 2001)。本研究结果表明, 采用 GI、EI、RF 及 DI 等进行聚类分析, 在阈值为 2.20 时 ( $SPRSQ = 0.06$ ) 可将供试茄子砧木分成抗病、中感、高感 3 类 (图 1, ); 利用砧木幼苗株高、茎粗、根鲜样质量、茎鲜样质量及叶鲜样质量等进行聚类分析, 在阈值为 2.38 时 ( $SPRSQ = 0.08$ ) 也可将其分成抗 (耐) 病、中感、高感 3 类 (图 1, )。由于聚类过程中的  $SPRSQ$  为半偏  $R^2$ , 可用来判别一次合并的效果, 值越小, 说明此次合并效果越好, 因此, 以 4 个抗性指标进行聚类分析时较 5 个相对生长指标的结果更准确, 这与前人在葡萄 (翟衡等, 2000) 上的试验结果一致。研究结果还表明, 在进行茄子砧木材料抗根结线虫能力评价过程中, 利用根结指数可以较为准确的鉴定出各材料的抗病性差异, 而利用相对根鲜样质量则可以快速、简便的鉴定出各材料的抗 (耐) 病性差异。

聚类分析虽然可将供试材料区分类群,但品种间抗性强弱的比较仍需结合专业知识来考虑。隶属函数是根据供试材料的相关指标进行无量纲运算后得到的数值,其所有指标的隶属函数总和,可反映该材料在所有供试材料中的地位,因此,该方法被越来越多地应用于一些材料的抗性筛选及评价(周广生等,2003;高青海等,2005)。本研究根据隶属函数总值大小,得出供试茄子砧木材料的抗根结线虫能力由强及弱依次为:托鲁巴姆、托托斯加、圣托斯、刺茄、北农茄砧、台茄、刚果茄、赤茄、耐病VF、香瓜茄、琼野茄,但隶属函数不能将各材料进行系统分类。另外,本试验从茄子砧木幼苗相对生长量来看,台茄的株高、茎粗、根鲜样质量、茎鲜样质量及叶鲜样质量的相对生长量分别为92.5%、97.2%、93.0%、94.5%和87.3%,但从抗性指标看,台茄的GI、EI、RF及DI分别为8.52、1617、4.75、93.33,表明台茄易于被南方根结线虫侵染,但侵染后对生长影响较小,故台茄属于耐病材料。因此,在茄子砧木抗线虫能力鉴定评价过程中,应采用多指标多体系进行综合评价,不能仅采用单一的鉴定指标与评价体系。

## References

- Boiteux L S, Charchar J M. 1996. Genetic resistance to root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) in eggplant (*Solanum melongena*). *Plant Breeding*, 115 (3): 198 - 200.
- Daunay M C, DaMasso A. 1985. Multiplication of *M. javanica*, *M. incognita* and *M. arenaria* on several *Solanum* species. *Revue Nematologie*, 8 (1): 31 - 34.
- Gao Qing-hai, Xu Kun, Gao Hui-yuan, Wu Yan. 2005. Screening on chilling tolerance of different eggplant rootstock seedlings. *Scientia Agricultura Sinica*, 38 (5): 1005 - 1010. (in Chinese)
- 高青海, 徐坤, 高辉远, 吴燕. 2005. 不同茄子砧木幼苗抗冷性的筛选. *中国农业科学*, 38 (5): 1005 - 1010.
- Gui Lian-you, Meng Guo-ling, Gong Xin-wen, Xiong San-hao. 2001. The cluster analysis of resistance to *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) for eggplant varieties. *Scientia Agricultura Sinica*, 34 (5): 465 - 468. (in Chinese)
- 桂连友, 孟国玲, 龚信文, 熊三浩. 2001. 茄子品种(系)对侧多食跗线螨抗性聚类分析. *中国农业科学*, 34 (5): 465 - 468.
- Guo Yan-yin, Wang Xiu-feng, Xu Kun, Zhu Yan-hong, Zheng Yong-qiang. 2004. Effects of *Meloidogyne incognita* on the growth and intrinsic hormones of ginger. *Acta Phytopathologica Sinica*, 34 (1): 49 - 54. (in Chinese)
- 郭衍银, 王秀峰, 徐坤, 朱艳红, 郑永强. 2004. 南方根结线虫对生姜生长及内源激素的影响. *植物病理学报*, 34 (1): 49 - 54.
- Liu Wei-zhi. 2002. *Plant pathogeny nematode*. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- 刘维志. 2002. *植物病原线虫学*. 北京: 中国农业出版社.
- Song Hong-yuan, Lei Jian-jun, Li Cheng-qiong. 1998. Response of plant heat stress and the appraisal and evaluation of heat tolerance. *Chinese Vegetables*, (1): 48 - 50. (in Chinese)
- 宋洪元, 雷建军, 李成琼. 1998. 植物热胁迫反应及抗热性鉴定与评价. *中国蔬菜*, (1): 48 - 50.
- Song Min-li. 2007. Inoculation appraisal of eggplant rootstock seedlings resistance to *Verticillium wilt* in the greenhouse. *Journal of Taiyuan Normal University: Natural Science Edition*, 6 (1): 128 - 130. (in Chinese)
- 宋敏丽. 2007. 茄子砧木黄萎病抗性的苗期室内接种鉴定. *太原师范学院学报: 自然科学版*, 6 (1): 128 - 130.
- Xiao Yan-nong, Wang Ming-zu, Fu Yan-ping, Zeng Fan-tao. 2000. Comparison of different methods to estimate root-knot nematode disease grade. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 19 (4): 336 - 338. (in Chinese)
- 肖炎农, 王明祖, 付艳平, 曾凡涛. 2000. 蔬菜根结线虫病病情分级方法比较. *华中农业大学学报*, 19 (4): 336 - 338.
- Zhai Heng, Guan Xue-qiang, Zhao Chun-zhi. 2000. Screening of Chinese grape species resistant to *M. incognita*. *Acta Horticulturae Sinica*, 27 (1): 27 - 31. (in Chinese)
- 翟衡, 管雪强, 赵春芝. 2000. 中国葡萄抗南方根结线虫野生资源的筛选. *园艺学报*, 27 (1): 27 - 31.
- Zhou Bao-li. 1997. *Vegetable graft cultivation*. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- 周宝利. 1997. *蔬菜嫁接栽培*. 北京: 中国农业出版社.
- Zhou Guang-sheng, Mei Fang-zhu, Zhou Zhu-qing, Zhu Xu-tong. 2003. Comprehensive evaluation and forecast on physiological indices of waterlogging resistance of different wheat varieties. *Scientia Agricultura Sinica*, 36 (1): 1378 - 1382. (in Chinese)
- 周广生, 梅方竹, 周竹青, 朱旭彤. 2003. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测. *中国农业科学*, 36 (1): 1378 - 1382.