

## 野生樱桃李对南方根结线虫的抗性

王仙林 朱立新 吴静利 李冬梅 邵姗姗 贾克功\*

(中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193)

**摘要** 为探明野生樱桃李对南方根结线虫的抗性,以实生砧苗为试材,采用人工接种等方法,研究了野生樱桃李对南方根结线虫的抗性。结果表明:接种后 30 d,根中雌成虫数量占接种量的 0.5%,依据抗性评价标准判定其高抗南方根结线虫;野生樱桃李对南方根结线虫的抗性存在显著的株间分离现象,表现为免疫、高抗、中抗和低抗 4 种类型,分别占群体总量的 30.0%、52.5%、13.8%和 3.8%;根内线虫数量为接种量的 1.7%,雌成虫数量占根内线虫总数的 29.4%,表明野生樱桃李对南方根结线虫具有极强的抗侵入作用和很强的抗发育作用,抗侵入是野生樱桃李对南方根结线虫的主要抗性机制。野生樱桃李是优异的抗南方根结线虫种质资源。

**关键词** 野生樱桃李; 南方根结线虫; 抗性评价; 抗性机制

中图分类号 S 662.3

文章编号 1007-4333(2011)06-0094-05

文献标志码 A

## Resistance of *Prunus divaricata* Ledeb. to *Meloidogyne incognita*

WANG Xian-lin, ZHU Li-xin, WU Jing-li, LI Dong-mei, SHAO Shan-shan, JIA Ke-gong\*

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract** In order to investigate the resistance of *Prunus divaricata* Ledeb. to *Meloidogyne incognita*, the resistance of *Prunus divaricata* Ledeb. to *Meloidogyne incognita* was studied with the seedlings and the method of artificial inoculation. The results showed that 0.5% inoculation per plantlet were penetrated by female adult following 30 days after artificial inoculation. *Prunus divaricata* Ledeb. was highly resistant to *Meloidogyne incognita* according to the resistance evaluation standard. Resistance was segregated in seedlings. The immuned, highly resistant, middle resistant and lowly resistant genotypes were found in *Prunus divaricata* Ledeb., being 30.0%, 52.5%, 13.8% and 3.8% of the seedlings respectively. The penetrated nematode population was 1.7% of the inoculated quantity, in which the female adult population is 29.4%. *Prunus divaricata* Ledeb. was one of resistant species and germplasm resource for *Meloidogyne incognita* because it resisted with the penetration and delayed the development of juvenile nematodes. The penetration inhibition is the major resistance mechanism.

**Key words** *Prunus divaricata* Ledeb.; *Meloidogyne incognita*; resistance evaluation; resistance mechanism

野生樱桃李(*Prunus divaricata* Ledeb.)属于蔷薇科李属(*Prunus*)植物,分布在中亚、中国天山、俄罗斯西南部、土库曼山地、伊朗、小亚细亚和巴尔干半岛,新疆伊犁是它分布的最东端<sup>[1]</sup>。在我国仅分布于新疆伊犁地区霍城县科古尔琴山海拔 1 000~1 600 m 的大西沟和小西沟野果林区,是中国稀有濒危树种之一,属国家重点二级保护植物<sup>[2]</sup>。

根结线虫是危害农作物的重要病原物之一,目

前国际上报道的根结线虫有 90 多种<sup>[3]</sup>,主要寄生在蔬菜、粮食作物、经济作物、果树、观赏植物和杂草等 2 000 多种寄主上。世界各地每年由于线虫危害引起的农作物损失达 10%~15%,造成约 1 250 亿美元的损失,其中根结线虫造成的损失占 90%左右<sup>[4-5]</sup>。在我国,南方根结线虫(*M. incognita*)、爪哇根结线虫(*M. javanica*)、花生根结线虫(*M. arenaria*)和北方根结线虫(*M. hapla*)是危害桃树

收稿日期: 2011-03-10

基金项目: 国家“948”项目(201035)

第一作者: 王仙林,硕士研究生,E-mail:wangxianlinhao@126.com

通讯作者: 贾克功,教授,主要从事桃树栽培理论与新技术研究,E-mail:jkgong@cau.edu.cn

的主要根结线虫<sup>[6]</sup>,可导致桃果减产10%~70%<sup>[7]</sup>。选育抗性砧木品种,无疑是桃树根结线虫病防治的最为经济有效的环境友好型方法。

野生樱桃李为灌木或乔木,耐寒和抗旱,是桃、杏和李等核果类果树的优良砧木和育种材料,是一种宝贵的野生果树种质资源,具有较高的经济价值、发展前景和开发利用潜力<sup>[1,8-10]</sup>。刘常红等<sup>[11]</sup>研究表明,野生樱桃李对核果类果树根癌病的主要致病菌(发根土壤杆菌)感病,但其实生群体存在广泛的抗性分离现象,存在免疫、高度抗病、中度抗病、感病和易感病5种类型,其中免疫型植株为35.5%,是优异的抗根癌病种质资源。野生樱桃李对南方根结线虫的抗性尚未见详细的研究报道。本研究通过分析野生樱桃李对南方根结线虫的抗性,旨在为评价其综合抗性和砧用种植资源价值提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1)野生樱桃李实生砧苗。野生樱桃李种子购自新疆伊犁州霍城县,沙藏90 d后,播种于10 cm×10 cm的软质塑料营养钵中,基质由园土、蛭石混合而成(体积比为2:1,120℃ 20 min高压灭菌)。2)南方根结线虫二龄幼虫。已接种南方根结线虫的番茄植株由中国农业大学植物病理系简恒教授提供。从番茄病根上挑取卵块置于培养皿,在25℃左右条件下孵化5 d,用浅盘法过滤收集并配成100条/mL二龄线虫悬浮液备用。

### 1.2 方法

取播种后40 d的野生樱桃李实生砧苗80株,以株为单位编号、挂牌和登记后接种。每株接种南方根结线虫二龄幼虫500条。接种后的野生樱桃李苗在中国农业大学日光温室内养护,试验期间室内温度20~25℃。接种后30 d,以株为单位调查根结数、卵块数、根内二龄线虫、三四龄线虫、雌成虫和雄成虫数。计算根内雌成虫数占接种线虫量的百分数,依据抗性评价标准,评价野生樱桃李的个体抗性、群体抗性和群体抗性分离情况;计算根内线虫占接种线虫数量的百分率,根内线虫发育率及发育情况,分析野生樱桃李对南方根结线虫的主要抗性机制。

根内线虫染色采用次氯酸钠酸性品红染色法<sup>[12]</sup>进行,并根据染色效果做了部分修改:调查时,先将野生樱桃李苗从钵内取出,用清水将根系漂洗干净后对根内线虫进行次氯酸钠-酸性品红染色,经酸性甘油脱色24 h后,在体视显微镜下观察,按龄期分别记录根内线虫数量。

抗性评价标准<sup>[13]</sup>:依据有无根结和根内雌成虫数量占接种线虫数量的百分比将野生樱桃李个体抗性分为6个等级。免疫(I):无根结,根内有/无线虫;高抗(HR):有根结,根内有有线虫,雌成虫数小于接种线虫数的1%;中抗(MR):有大量根结,根内有有线虫,雌成虫数占接种线虫数的1%~3%;低抗(LR):有大量根结,根内有大量线虫,雌成虫数大于接种线虫数的3%,小于等于6%;感病(S):有大量根结,根内有大量线虫,雌成虫大于接种线虫数的6%,小于等于10%;易感病(T):有大量根结,根内有大量线虫,雌成虫数大于接种线虫数的10%。

个体抗性评价:以株为单位,根据抗性评价标准分别对每株供试野生樱桃李实生苗进行抗性评价。

群体抗性评价:根据调查数据资料,计算供试群体根内雌成虫总数占接种线虫总数的百分数;依据抗性评价标准和计算结果评价野生樱桃李实生群体对南方根结线虫的抗性。

野生樱桃李实生群体对南方根结线虫的抗性分离情况评价:根据个体抗性评价结果,统计群体内所包含的抗性类型,每种抗型植株的数量,并分别计算每种抗型植株占群体总数的百分比,分析群体抗性分离情况。

野生樱桃李对南方根结线虫的抗性机制研究:根据调查数据,计算野生樱桃李的接种线虫侵入率,通过与感病番茄品种“白果强丰”的线虫侵入率比较,分析野生樱桃李对南方根结线虫是否存在抗侵入作用;依据根内线虫数量和各龄期线虫数量分析野生樱桃李对南方根结线虫是否存在抗发育作用。

## 2 结果与分析

### 2.1 野生樱桃李对南方根结线虫的抗性

试验结果(表1)表明,供试80株野生樱桃李实生苗根系上形成根结749个,根内发现201条雌成虫,占接种线虫数量(40 000条)的0.5%。依据抗性评价标准判定野生樱桃李高抗南方根结线虫。

表1 野生櫻桃李对南方根结线虫的抗性

Table 1 Resistance of *Prunus divaricata* Ledeb. to *Meloidogyne incognita*

株号	根结/ 个	雌成虫/ 条	雌成虫* J <sub>2</sub> 接种量/%	抗型	株号	根结/ 个	雌成虫/ 条	雌成虫* J <sub>2</sub> 接种量/%	抗型
4	0	0	0.0	免疫	62	4	0	0.0	高抗
6	0	0	0.0	免疫	63	2	0	0.0	高抗
9	0	0	0.0	免疫	66	1	0	0.0	高抗
12	0	0	0.0	免疫	73	1	0	0.0	高抗
21	0	0	0.0	免疫	79	1	0	0.0	高抗
22	0	0	0.0	免疫	80	1	0	0.0	高抗
23	0	0	0.0	免疫	7	2	1	0.2	高抗
28	0	0	0.0	免疫	14	1	1	0.2	高抗
29	0	0	0.0	免疫	16	4	1	0.2	高抗
31	0	0	0.0	免疫	40	3	1	0.2	高抗
32	0	0	0.0	免疫	41	3	1	0.2	高抗
33	0	0	0.0	免疫	47	1	1	0.2	高抗
34	0	0	0.0	免疫	50	2	1	0.2	高抗
37	0	0	0.0	免疫	69	3	1	0.2	高抗
38	0	0	0.0	免疫	70	3	1	0.2	高抗
39	0	0	0.0	免疫	75	2	1	0.2	高抗
42	0	0	0.0	免疫	5	7	2	0.4	高抗
46	0	0	0.0	免疫	8	7	2	0.4	高抗
48	0	0	0.0	免疫	15	8	2	0.4	高抗
49	0	0	0.0	免疫	25	9	2	0.4	高抗
58	0	0	0.0	免疫	55	6	2	0.4	高抗
67	0	0	0.0	免疫	68	35	2	0.4	高抗
77	0	0	0.0	免疫	71	9	2	0.4	高抗
78	0	0	0.0	免疫	61	15	4	0.8	高抗
2	1	0	0.0	高抗	65	14	4	0.8	高抗
10	2	0	0.0	高抗	1	19	5	1.0	中抗
11	4	0	0.0	高抗	53	11	5	1.0	中抗
17	2	0	0.0	高抗	56	13	5	1.0	中抗
18	1	0	0.0	高抗	76	25	7	1.4	中抗
20	2	0	0.0	高抗	3	35	10	2.0	中抗
26	1	0	0.0	高抗	19	26	10	2.0	中抗
30	3	0	0.0	高抗	36	68	12	2.4	中抗
35	1	0	0.0	高抗	64	59	12	2.4	中抗
43	1	0	0.0	高抗	13	51	15	3.0	中抗
44	3	0	0.0	高抗	24	29	15	3.0	中抗
51	1	0	0.0	高抗	27	32	15	3.0	中抗
52	1	0	0.0	高抗	74	62	17	3.4	低抗
54	2	0	0.0	高抗	72	94	21	3.8	低抗
57	1	0	0.0	高抗	45	53	20	4.0	低抗
59	1	0	0.0	高抗	∑	749	201		高抗
60	1	0	0.0	高抗					

注:每株接种南方根结线虫二龄幼虫500条;J<sub>2</sub>:二龄线虫。

## 2.2 野生樱桃李对南方根结线虫的抗性分离情况

个体抗性评价结果表明(表2),供试80株实生苗中有免疫型植株24株,高抗型42株,中抗型11株,低抗型3株,未发现感病和易感病型植株,免疫、高抗、中抗和低抗型植株分别占群体总数的30.0%、52.5%、13.8%和3.8%。

表2 野生樱桃李对南方根结线虫的抗性分离情况

Table 2 Resistant segregation of *Prunus divaricata* Ledeb. to *Meloidogyne incognita*

抗型	株数	占群体总数的百分比/%
免疫	24	30.0
高抗	42	52.5
中抗	11	13.8
低抗	3	3.8

## 2.3 野生樱桃李对南方根结线虫的抗性机制

### 2.3.1 野生樱桃李对南方根结线虫的抗侵入作用

供试80株野生樱桃李共接种南方根结线虫二龄幼虫40 000条,30 d后发现根内有各龄线虫683条,幼虫侵入率1.7%。

野生樱桃李对南方根结线虫的抗侵入能力存在显著的株间差异,接种的80株中根内无线虫的有14株,线虫数量为1~10条的51株,11~20条的6株,20条以上的9株,分别占群体总数的17.5%、63.8%、7.5%和11.2%。

### 2.3.2 野生樱桃李对南方根结线虫的抗发育作用

接种后30 d,供试80株野生樱桃李根系中66株有根结线虫侵入,共发现各龄南方根结线虫683条,其中256条停留在二龄幼虫状态(未发育),226条发育至三、四龄阶段,201条发育为雌成虫,分别占根内线虫总量的37.5%、33.1%和29.4%,未发现雄成虫和卵块。

野生樱桃李对南方根结线虫的抗发育能力存在很大的株间差异,有根结线虫侵入的66株野生樱桃李实生苗,根内没有雌成虫的33株,雌成虫1~10条的25株,11~20条的7株,20条以上的1株,分别占群体总数的50.0%、37.9%、10.6%和1.5%。

## 3 讨论

1)植物对根结线虫抗性评价指标与方法。客观准确的评价指标与评价方法是植物资源抗性评价、抗性种质资源筛选和抗性品种选育的基础。国内外

学者多用根结指数高低来评价植物对根结线虫的抗性,但用根结指数指标来判定植物的抗线虫性能忽视了植物对侵入线虫的抗发育作用。Nyczepir等<sup>[14]</sup>的研究表明,抗南方根结线虫的桃砧木品种‘Guardian’和感病品种‘Lovell’的根结数和根中线虫数量无显著差异,但侵入感病品种‘Lovell’根中的二龄幼虫可顺利发育成雌成虫并正常产卵繁殖,而侵入抗病品种‘Guardian’根中的大部分二龄幼虫因不能发育成熟而失去了产卵繁殖能力。为了更客观的评价植物的抗根结线虫性能,Nyczepir等<sup>[14]</sup>主张用卵块数/株或卵粒数/株等指标替代根结指数。很显然,采用卵块/株等指标,其评价的客观性和准确性要远高于根结指数,但这些指标仍忽视了植物的抗发育作用对卵孵化率及孵化出的J2线虫活力的影响。此外,对于株间抗性差异广泛的实生果树来说,客观准确地获取卵块/卵粒数据资料是十分困难的,因而其实际运用的可操作性较差。相对于根结指数指标,卵块数/株或卵粒数/株等指标,本研究采用根内雌成虫占接种线虫数比例作为抗性评价指标,部分考虑了植物对线虫的抗发育作用,使评价结果的客观性得到了很大提高,并具有很强的可操作性,但仍未考虑植物的抗发育作用对根内雌成虫产卵、卵粒孵化率、所孵幼虫生活力的影响。因而,植物抗根结线虫性能评价指标、抗性分级标准仍是需要进一步深入细致研究的问题。

2)植物对根结线虫的抗性机制。野生樱桃李的南方根结线虫接种侵入率为1.7%,接种后30 d仍有37.5%的线虫未发育,33.1%发育至3、4龄阶段,29.4%发育为雌成虫,而王衍纯<sup>[15]</sup>研究表明,南方根结线虫对感病番茄品种“白果强丰”的接种侵入率为25.4%,87.2%的根内线虫发育成为雌成虫,平均每株根系表面发现15.8个卵块,表明野生樱桃李对南方根结线虫具有极强的抗侵入作用和很强的抗发育作用,抗侵入是野生樱桃李对南方根结线虫的主要抗性机制,而且植株的抗性越强,其抗侵入能力也越强。这与叶航、王灵燕和王衍纯等对毛桃、筑波4号、筑波5号、毛樱桃和蒙古扁桃对南方根结线虫及花生根结线虫的抗性研究结果一致<sup>[15-17]</sup>,而Nyczepir等<sup>[14]</sup>的研究表明,抗南方根结线虫的桃砧木品种‘Guardian’虽抗根中线虫发育能力很强,但与感病品种‘Lovell’一样缺乏抗侵入能力。此外,野生樱桃李对南方根结线虫的抗发育能力与抗侵入能力密切相关,抗侵入能力越强的植株抗发育能力

也越强。这与王雯君<sup>[18]</sup>对毛桃抗北方根结线虫,王灵燕<sup>[17]</sup>对毛桃、筑波4号、筑波5号和蒙古扁桃抗花生根结线虫,王衍纯<sup>[13]</sup>对毛樱桃抗花生根结线虫的研究结果一致,而Nyczepir等<sup>[14]</sup>的研究结果表明Guardian的抗发育能力与抗侵入能力无关。这表明植物抗线虫机制具有多样性、复杂性的特征,其抗发育能力可能与其抗侵入能力高度相关,也可能毫无关系而独立存在。

## 4 结 论

野生樱桃李高抗南方根结线虫;野生樱桃李对南方根结线虫的抗性存在广泛的株间分离现象,其中存在免疫、高度抗病、中度抗病和低度抗病4种类型,免疫、高度抗病、中度抗病和低度抗病型植株分别占群体总数的30.0%、52.5%、13.8%和3.8%;野生樱桃李根系对南方根结线虫具有极强抗侵入能力和很强的抗发育能力;抗侵入是野生樱桃李对南方根结线虫的主要抗性机制,抗发育为次要抗性机制;野生樱桃李是优异的抗南方根结线虫种质资源。

致谢 中国农业大学简恒教授为本研究提供了南方根结线虫,新疆霍城县果树站何琼站长和巴图工程师在野生樱桃李种子采购过程中提供了帮助,在此一并致谢。

## 参 考 文 献

[1] 刘孟军. 中国野生果树[M]. 北京: 中国农业出版社, 1987: 202-205

[2] 中国农业百科全书(果树卷)[M]. 北京: 农业出版社, 1995: 217

[3] 张红玲, 林淑敏. 北方温室蔬菜根结线虫病的发生与综合防治[J]. 蔬菜, 2010(6): 14-16

[4] Chitwood D J. Research on plant-parasitic nematode biology

conducted by the united states department of agriculture-agricultural research service[J]. Pest Manage Sci, 2003, 59: 748-753

[5] Bird D M, Koltai H. Plant parasitic nematodes: habitats, hormones and horizontally acquired genes[J]. J Plant Growth Regul, 2000, 19: 183-194

[6] 邓大林, 兰庆渝, 赵谦, 等. 四川省主要果树植物寄生线虫研究[J]. 西南农业学报, 1997(S1): 54-64

[7] 杨兴洪, 罗新书, 刘润进. 几种果树的线虫病害及其防治[J]. 落叶果树, 1993(1): 27-29

[8] 兰士波. 樱桃李的研究进展及开发利用前景[J]. 中国林副特产, 2008(5): 89-91

[9] 张加延, 周恩. 中国果树志(李卷)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1988: 123-231

[10] 朱保忠, 雷新英. 野生樱桃李的适生性[J]. 新疆林业, 2001(3): 22

[11] 刘常红. 几种核果类果树对根癌病的抗性研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2009

[12] 刘维志. 植物病原线虫学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 391-392

[13] 王衍纯, 叶航, 李辉, 等. 毛樱桃对花生根结线虫的抗性研究[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(5): 71-76

[14] Nyczepir A P, Beckman T G, Reighard G L. Reproduction and development of *Meloidogyne incognita* and *Mjavanica* on Guardian peach root stock[J]. Journal of Nematology, 1999, 31(3): 334-340

[15] 王衍纯. 毛樱桃对四种主要根结线虫抗性的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2010

[16] 叶航, 贾克功, 朱立新, 等. 四种桃砧木对南方根结线虫抗性研究[J]. 中国果树, 2006(4): 39-42

[17] 王灵燕, 朱立新, 贾克功. 几种李属植物对花生根结线虫的抗性[J]. 中国农业大学学报, 2008, 13(4): 24-28

[18] 王雯君, 贾克功, 朱立新, 等. 毛桃对北方根结线虫的抗性研究[J]. 中国农业大学学报, 2009, 14(64): 71-76

(责任编辑: 王燕华)