

番茄对南方根结线虫抗性遗传规律的研究

郑积荣¹, 王慧俐²

(1. 杭州市农业科学研究院, 杭州 310024; 2. 杭州万向职业技术学院, 杭州 310023)

摘要: 以南方根结线虫的抗病亲本 P₂(0897-2-1-2-3-1-2-1)、感病亲本 P₁(9905-1-2-1-1-1-1)及 F₁(P₁ × P₂), F₂ (F₁ 自交后代), BC_{1P1}(F₁ × P₁)和 BC_{1P2}(F₁ × P₂)为试材, 以南方根结线虫二龄幼虫为虫源, 进行苗期二龄幼虫人工接种鉴定和病土盆栽自然发病鉴定, 研究番茄南方根结线虫病的遗传规律。结果表明, 人工接种鉴定的植株在接种 15 d 左右, 感病植株开始发病, 接种 45 d 后感病植株已充分发病, 表现为植株矮小, 叶片变小、变黄, 部分植株下部叶片黄枯, 有的枯死; 病土盆栽自然发病鉴定的植株较苗期接种鉴定的植株迟 12 d 左右发病, 病症相似。卡方检测表明, F₁、F₂、BC_{1P1} 和 BC_{1P2} 群体中抗病植株和感病植株分别符合 1:0、3:1、1:1 和 1:0 基因模型, 符合孟德尔遗传规律。认为该试验所采用的抗性材料 P₂ 对番茄南方根结线虫的抗性是受一对显性基因控制的, 为该材料的利用奠定基础, 也为抗南方根结线虫番茄品种的选育提供参考。

关键词: 番茄; 南方根结线虫; 抗性; 遗传规律

中图分类号: S433.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)03-0463-05

Inheritance of resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato

ZHENG Jirong¹, WANG Huili²

(1. Hangzhou Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310024; 2. Hangzhou Wanxiang Polytechnic, Hangzhou 310023)

Abstract: Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) parental lines, P₂ (0897-2-1-2-3-1-2-1) resistant to *Meloidogyne incognita*, and P₁ (9905-1-2-1-1-1-1) susceptible to *M. incognita*, F₂, BC_{1P1} (F₁ × P₁) and BC_{1P2} (F₁ × P₂) were selected to explore the inheritance of resistance to *M. incognita* in tomato. Second-stage juveniles (J2s) of *M. incognita* were directly inoculated to the seedlings mentioned above and added to the soil in cell flats to identify the disease regularity of J2s in tomato. The results showed that plants susceptible to *M. incognita* showed the first symptom at the 15th day after inoculation and exhibited severe symptoms at the 45th day after inoculation with the symptom of short plants, smaller and yellow leaves, the lower leaves being yellowing and withering, and some plants even being dying. Plants in cell flats containing J2s showed the first symptom 12 days later than plants with seedling inoculation. The disease symptoms of the two treatments were similar. Resistant plants grew normally. A chi-square (X^2) test of the frequency distribution based on the F₁, F₂, BC_{1P} and BC_{1P2} progenies of the two crosses (resistant × susceptible) showed the best-fit for 1(R):0(S), 3(R):1(S), 1(R):1(S), 1(R):0(S) and Mendelian ratio, respectively. The resistant and susceptible plants of individual generations showed a regular distribution. Aptness examination showed that the resistance of parent P₂ (0897-2-1-2-3-1-2-1) to *M. incognita* was controlled by one dominant gene. This study would lay a foundation for the utilization of the resistant material and it would also offer reference for breeding tomato resistant to the southern root knot nematodes.

Key words: tomato; southern root knot nematodes (*Meloidogyne incognita*); resistance; inheritance regulation

根结线虫 (*Meloidogyne* spp.) 是一类重要的植物根系专性固定内寄生线虫^[1], 分布广泛, 寄主种类多达 2000 种以上, 每年对世界农业造成损失多达

1000 亿美元, 对蔬菜、花生、烟草和果树造成的产量损失超过 20%^[2], 是一种极难防治的土传病害^[3]。目前在国内的大部分省市, 如广东、福建、海南、

收稿日期: 2015-01-09

基金项目: 杭州市科委项目(20120332H01), 浙江省农业新品种选育重大科技专项子课题(2012C12903-1-4)和杭州市科研院所专项(20132231E06)共同资助。

作者简介: 郑积荣, 副研究员。E-mail: topzheng2003@163.com

云南、江西、湖北、河南、黑龙江、安徽、贵州、北京、江苏、山东、浙江和陕西等，都有根结线虫发生和危害的报道^[4-5]，其中南方根结线虫 (*M. incognita*) 在大多数省均有报道，为优势种。

番茄 (*Solanum lycopersicum* L.) 是全球栽培最为普遍的果菜之一，在我国主要以温室、塑料大棚及其他保护地设施进行大面积栽培^[6]。而番茄对根结线虫十分敏感，是受害最严重的主要蔬菜之一^[7]。杭州市地处亚热带中部，雨量丰富，气候湿润，为根结线虫的生存繁殖提供了适宜的温湿度；蔬菜主产区由市区向钱塘江、富春江两岸转移，当地的砂性疏松土壤为根结线虫的生存繁殖提供了适宜的土壤条件；加上近年设施面积的扩大，受保护地的密闭、高温、高湿和长期连作及复种指数增加等因素影响，根结线虫生长繁殖速度很快^[8]，导致设施番茄的根结线虫危害日趋严重，已给该市的番茄生产造成较大的影响。番茄感染根结线虫后，一般减产 20%~30%，严重达 50%，甚至绝收^[9]。目前对根结线虫的防治，主要采用农业措施、化学和生物等方法^[10-14]，但效果不是很理想，甚至给环境带来负面影响。解决根结线虫危害番茄的最有效途径是选育抗病品种^[15]。20 世纪 40 年代，美国、法国、荷兰、日本开展了番茄抗根结线虫育种，且育成了多个抗病品种^[16-18]，而国内近几年才开展这方面的研究，仅局限在根结线虫病的发病规律、防治技术及抗根结线虫番茄种质鉴定、筛选、新品种选育等方面开展工作，并筛选出一批番茄材料^[19]。在根结线虫抗性遗传规律方面国内也有较少的研究，如王辉等^[20]报道，花生对北方根结线虫的抗性是受一对隐性基因控制的，而月季对北方根结线虫的抗性遗传可能由 2 个基因决定^[21]，但目前尚未见有关番茄种质资源对南方根结线虫抗性遗传规律的研究。本研究以项目组经过多代筛选、田间表现对南方根结线虫具有显著抗、感的番茄育种材料为试材，探明番茄抗南方根结线虫的遗传规律，旨在为番茄抗南方根结线虫遗传育种奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄材料为本项目组自主选育，亲本 P₁ (9905-1-2-1-1-1-1-1) 对南方根结线虫表现感病，亲本 P₂ (0897-2-1-2-3-1-2-1) 对南方根结线虫表现抗病，其中 P₁ 于 1999 年开始选育，是利用高抗叶霉病的广州亚蔬种苗公司‘亚蔬 7 号’ (田间编号 T99) 和黄苗材料‘T 黄-05’经过杂交，然后通过 9 代的单株、

单果选择而成的稳定自交系；P₂ 于 2003 年开始选育，以引自以色列经选育获得的‘0812-1-3-1-4-1-1-1’与以色列引进材料‘耐莫尼塔’ (田间编号 T9715) 杂交，经过连续 9 代单株、单果选择而成的稳定自交系。对该 2 个亲本材料进行有性杂交获得 F₁，F₁ 自交获得 F₂，F₁ 分别与 P₁ 和 P₂ 回交获得 BC_{1P1} 和 BC_{1P2}。用于人工苗期接种的南方根结线虫二龄幼虫，来自浙江大学农业与生物技术学院生物技术研究所农业部作物病虫分子生物学重点开放实验室。

1.2 方法

1.2.1 病土盘栽自然鉴定法 将 P₁、P₂、F₁、F₂、BC_{1P1} 和 BC_{1P2} 6 个世代的种子于 2013 年 8 月 10 日播种于装有加拿大阳光 (sunshine) 6 号泥炭，规格为 54 cm×27cm 的平盘内，采用遮荫降温处理，促进发芽成苗。2 叶 1 心后定苗到装有自制育苗土，规格为 54 cm×27cm 的 15 孔穴盘内，每孔 1 株，P₁ 28 株、P₂ 27 株、F₁ 34 株、F₂ 112 株、BC_{1P1} 89 株和 BC_{1P2} 78 株。育苗土为含有大量南方根结线虫二龄幼虫的 15~25 cm 的重病圃土、腐熟羊粪、砻糠灰，按体积 7:1:2 比例均匀混合而成。然后将穴盘苗移到温室内进行常规管理，期间不喷杀线剂，让其自然发病。

1.2.2 二龄幼虫人工接种鉴定法 于 2013 年 8 月 20 日将上面 6 个世代的种子经 5% 次氯酸钠溶液消毒 10 min 后，用清水冲洗，放入垫有 2 层滤纸的培养皿中，然后于恒温培养箱中 28℃ 催芽。待胚根长至 0.5 cm 时，将其播种于装有消毒土 (体积比，蛭石：加拿大阳光 6 号泥炭：园土=1:2:1)，规格为 12 cm×13 cm 的小盆内，置于温室中培育。成苗后，P₁ 96 株、P₂ 54 株、F₁ 189 株、F₂ 323 株、BC_{1P1} 163 株和 BC_{1P2} 130 株。根据多年的接种经验，对于秋菊等的根部接种法^[22]进行了优化，对 2 叶期的番茄苗 (9 月 8 日)，在根际周围 2 cm 处打 8~10 cm 深的孔，每株灌入 5 ml 配置好的二龄幼虫接种悬浮液 (200 条·mL⁻¹)。接种后的温室内温度控制在 20~25℃，正常管理，防止幼苗徒长。

1.2.3 发病情况调查及数据处理 病土盘栽自然发病鉴定于 4 个月后调查，苗期二龄幼虫人工接种鉴定于接种 2 个月后调查，调查时小心将植株倒出，保证根系的完整，用清水冲洗，统计每株根部发病情况。参照陈志杰等^[23]根结线虫发病程度标准进行分级：0 级 (无根结，根系健康)；1 级 (仅有少量根结，根结占全根系的 10% 以下)；3 级 (根结明显，根结占全根系的 11%~25%)；5 级 (根结特别明显，根结占全根系的 26%~50%)；7 级 (根结数量很多，

根结占全根系的 51%~75%，根结相互连接，主根和侧根变粗并呈畸形)；9 级 (根结数量特别多，根结占全根系的 75%以上，根结之间相互连接，多数主根和侧根变粗并呈畸形，甚至腐烂)。将 0~3 级归为抗病，5~9 级归为感病，然后分别统计抗感植株数，计算抗感分离比率，进行 χ^2 测验^[24]，确定抗病亲本的抗性遗传规律^[25-27]。

2 结果与分析

2.1 番茄抗感材料的根结线虫病症状表现

观察苗期接种鉴定的植株，发现接种后初始的一段时间，各处理植株表现正常；接种后约 15 d，部分番茄苗上部叶片稍有黄化，叶脉间发黄；接种后 30 d，感病材料叶片黄化、叶片变小，植株生长变缓；接种后 45 d，感病材料表现为植株营养不良，形态矮小，叶片变小、变黄，遇干旱则中午萎蔫，早晚恢复；接种后 60 d，发病重的植株下部叶片黄枯，有的枯死，土表面有不同程度的龟裂。挖出病株根部，可见主根朽弱，侧根和须根上形成许多根结，剖开根部可见病体组织内有鸭梨形极小乳白色或淡黄色雌虫体。病土盘栽自然鉴定的植株发病时间较苗期接种鉴定的植株迟 12 d 左右，病症表现相似。无论是苗期接种鉴定还是病土盘栽自然鉴定的抗病材料，其植株一直表现正常生长和发育。

2.2 人工接种后各世代番茄南方根结线虫发病的株间分布

对感病亲本材料充分发病后调查全部世代各植株的发病情况如图 1 所示。从图 1 中可以看出，感病亲本 P₁ 植株发病率为 100%，且病级处于 9 级，表现高感，抗感比率为 0:1；而 27 株抗病亲本 P₂ 中，25 株病级为 0 级，2 株病级为 1 级，表现抗病，抗感比率为 1:0；34 株 F₁ 中，32 株病级为 0 级，2 株病级为 1 级，表现抗病，抗感比率为 1:0；F₂ 代植株的发病程度差异较大，病级在 3 级及 3 级以下

有 77 株，病级在 7 级及以上的有 35 株，抗感比率为 2.2:1；BC_{1P1} 植株的发病程度差异也较大，病级在 3 级及以下有 47 株，7 级及以上有 42 株，抗感比率为 1.1:1；BC_{1P2} 全部植株的病级均在 3 级及 3 级以下，抗感比率为 1:0。

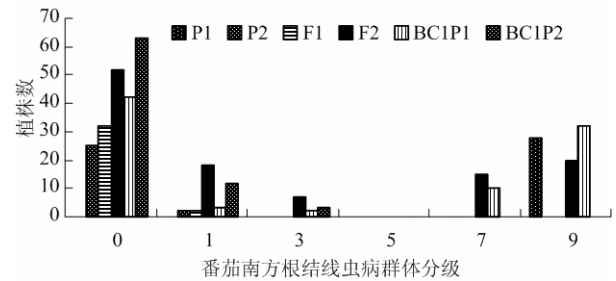


图 1 各世代番茄群体的南方根结线虫发病分布

Figure 1 Distribution of disease plants with different resistance grades to *M. incognita* in P₁, P₂, F₁, F₂, BC_{1P1} and BC_{1P2} tomato progenies

2.3 番茄对南方根结线虫病的抗性遗传规律分析

从图 1 可以发现，抗病亲本 P₂、F₁ 及 BC_{1P2} 对南方根结线虫均表现出抗性，而 F₂ 植株中抗感比率近似 3:1，BC_{1P1} 抗感比近似 1:1，符合单基因显性遗传分离规律。为了验证这一判断，对该亲本进行了苗期人工接种和病土盘栽自然接种鉴定调查，并参照赵仁镕等^[28]报道的方法对结果进行抗性遗传 χ_c^2 测验， $\chi_c^2 = \sum[(O-E)^2/E]$ ，其中 O 表示观察值，E 表示理论值。结果表明 (表 1 和表 2)，不管采取南方根结线虫二龄幼虫人工接种，还是病土盘栽自然发病鉴定，实得 χ_c^2 值为 2.0119、1.8000 和 0.5459、0.0982，均小于 $X_{0.05}^2 = 3.841$ ^[29]，说明实际观察值与理论值的差异由机会造成的概率 < 5%，F₂ 和 BC_{1P1} 的抗病植株与感病植株的分离比率符合 3:1 和 1:1 规律，证实番茄对南方根结线虫病的抗性遗传主要受 1 对显性基因控制，其抗源为单基因显性遗传。

表 1 二龄幼虫人工接种条件下番茄南方根结线虫抗性遗传的适合性测验

Table 1 Chi-square test for resistant inheritance of tomato to *M. incognita* of J2s inoculation

世代 Generation	群体总株数 Total strains of group	实际观察值 (O) Actual observed value		理论值 (E) Theoretical value			χ_c^2
		抗 R	感 S	抗 R	感 S	抗:感(R:S)	
P ₁	28	0	28	0	28	0:1	
P ₂	27	27	0	27	0	1:0	
F ₁	34	34	0	34	0	1:0	
F ₂	112	77	35	84	28	3:1	2.0119
BC _{1P1}	89	47	42	44.5	44.5	1:1	1.8000
BC _{1P2}	78	78	0	78	0	1:0	

表 2 病土盆栽自然发病条件下番茄南方根结线虫抗性遗传的适合性测验
Table 2 Chi-square test for resistant inheritance of tomato to *M. incognita* in soil of cell flats containing J2s

世代 Generation	群体总株数 Total strains of group	实际观察值 (<i>O</i>) Actual observed value		理论值 (<i>E</i>) Theoretical value			χ^2
		抗 R	感 S	抗 R	感 S	抗:感(R:S)	
P ₁	96	0	96	0	96	0:1	
P ₂	54	53	1	54	0	1:0	
F ₁	189	185	5	189	0	1:0	
F ₂	323	236	87	242.25	80.75	3:1	0.5459
BC _{1P1}	163	79	84	81.5	81.5	1:1	0.0982
BC _{1P2}	130	127	3	130	0	1:0	

3 讨论

本试验采用二龄幼虫人工接种鉴定和病土盆栽自然发病鉴定相结合的方法,对6个世代的番茄材料进行南方根结线虫抗性鉴定和遗传研究。结果表明,田间表现抗病的番茄材料对南方根结线虫的抗性是由单一的显性基因所控制,与Gibert等^[30]认为番茄根结线虫的抗性是受一个显性基因(*Mi-1*)控制的结果一致,也与张宇等^[31]报道辣椒对根结线虫的抗性多为显性单基因控制的结果一致。在番茄抗根结线虫育种中,迄今为止,已发现9个抗根结线虫基因,即*Mi-1*、*Mi-2*、*Mi-3*、*Mi-4*、*Mi-5*、*Mi-6*、*Mi-7*、*Mi-8*和*Mi-9*,这些抗性基因为番茄抗根结线虫的育种提供了丰富的遗传资源。但*Mi-1*基因仍然是目前为止被开发和利用的唯一的抗性显性基因,该基因位于第6条染色体上^[32],目前国外的番茄栽培品种多携带该基因^[30-32],因为它具有广谱抗性和明显的抗性持久性,能有效抵抗除北方根结线虫以外的其他3种主要根结线虫(南方根结线虫、爪哇根结线虫和花生根结线虫)。在本试验中还观察到,即使是抗源材料(P₂、F₁、BC_{1P2}),也有极少数植株受南方根结线虫侵染,只是发病程度很轻,这可能是一种过敏性反应(HR),即前期有轻微发病症状表现,但在随后的生长过程中,其抗病基因发挥作用,从而抑制了根结线虫的继续繁殖。

此外在进行根结线虫抗病性鉴定时,试验结果较易受接种法、接种量、接种苗龄及接种天数影响,所以不同的研究者形成了各自不同的抗性鉴定方法。于秋菊等^[22]得出最佳组合为接种番茄苗龄30 d,接种深度10 cm,接种量500条,接种天数50 d,并筛选出多份抗病材料。张绍松等^[33]发现,接种幼虫和虫卵后,都能侵染苗期的番茄根系,但形成根结的时间不同,接种幼虫后10 d可见根结雏形,接种虫卵需16 d,而病圃土则需17 d;接种二龄幼虫后,苗期番茄单株形成卵块数为48.1个,虫卵和病

圃土则为4.5个,表明接种幼虫是测试植物对根结线虫敏感性的有效虫态。本试验吸取他人研究成果,根据多年的实际经验,确定接种时间为2叶期的番茄苗,最佳接种虫态为二龄幼虫,接种量加倍后为1000条,让感病番茄在较短时间内充分发病。病土盆栽自然发病时间比二龄幼虫人工接种发病迟的原因之一,可能与病土中的根结线虫虫态不一有关,病土中可能含有二龄幼虫,卵及在卵壳内孵化的一龄幼虫等,此外同体积的病土内的根结线虫数量可能会较少,致使植株的症状表现迟缓。本试验采用的2种鉴定方法,操作简便、省工省时、效果明显,特别是病土盆栽自然鉴定法,能进行大规模的番茄种质根结线虫鉴定,可用于大量鉴定材料的初步筛选,对初步筛选出的抗性表现较好的材料,可进一步采用2龄幼虫人工接种鉴定,加快了番茄抗根结线虫育种进程。

4 小结

本研究采用南方根结线虫二龄幼虫人工接种法和病土盆栽自然发病鉴定法,对本研究组构建的番茄品系材料进行抗性评价,并进行适合性测验。结果表明,番茄对南方根结线虫的抗性符合质量性状的遗传特性,F₁、F₂、BC_{1P1}和BC_{1P2}群体中抗病植株和感病植株分别符合1:0、3:1、1:1和1:0基因模型,表明本试验所采用的抗源对番茄南方根结线虫的抗性是由单一显性基因所控制的,从而为该抗源的利用奠定基础,也为抗南方根结线虫番茄的选育提供参考。但该抗源是否含*Mi-1*基因,或其他抗性基因,有待分子鉴定。

参考文献:

- [1] 李成清,郑经武,郑积荣,等. 番茄根结线虫研究进展[J]. 浙江农业学报, 2012, 24(4): 748-752.
- [2] 张燕霞. 黄爪渐渗系抗南方根结线虫病遗传规律及分子标记研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [3] 董雯雯. 南方根结线虫 RNAi 靶致死效应基因的筛选与

- 功能鉴定[D]. 福州: 福建农林大学, 2008.
- [4] 汪来发, 杨宝君, 李传道. 华东地区根结线虫调查[J]. 林业科学研究, 2001, 14(5): 484-489.
- [5] 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.
- [6] 王千, 张淑香, 依艳丽. 硝酸钾和硫酸钾对番茄幼苗生长、根系形态及钾素吸收和生理利用效率的影响[J]. 核农学报, 2012, 26(2): 0391-0395.
- [7] 张丽英. 番茄抗根结线虫基因 SIMi 导入莴苣的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- [8] 李戌清, 郑经武, 郑积荣, 等. 几种药剂对黄瓜根结线虫的田间防效试验[J]. 长江蔬菜, 2012(12): 72-73.
- [9] 柴敏. 抗根结线虫番茄新品种及引种注意事项[J]. 中国蔬菜, 2009(19): 34-35.
- [10] 陈志杰, 张锋, 张淑莲, 等. 温室黄瓜根结线虫病非化学防治技术研究初报[J]. 中国农学通报, 2008, 24(1): 367-370.
- [11] 宫亚军, 石宝才, 路虹, 等. 3 种杀线虫剂防治蔬菜根结线虫研究[J]. 植物保护, 2009, 35(5): 152-154.
- [12] 许静, 许文婷, 许爱莲. 大棚温室蔬菜根结线虫综合防治技术[J]. 西北园艺, 2009(5): 40-41.
- [13] 胡京昂, 孙雷, 蔡雨惠. 不同药剂防治番茄根结线虫的药效试验[J]. 长江蔬菜, 2010(19): 45-46.
- [14] 刘晓芸, 王彩芬, 臧少先, 等. 几种杀线虫剂对番茄根结线虫的田间药效试验[J]. 北方园艺, 2010(14): 156-158.
- [15] 郑莎. 多抗番茄品系的选育及其杂种优势利用[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- [16] Aramov M K H, Dzhuraeva L M. Breeding meloidogyne resistant tomato varieties with a jointless pedicel[J]. Aparamonova Moscow Pussia, 1991: 13-14.
- [17] Berham W S, Winstead N N. Inheritance of resistance to root knot nematodes in tomatoes[J]. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 1957, 69: 370-377.
- [18] Gilbert G C, Mcguire D C. Inheritance of resistance to severe root-knot from *Meloidogyne incognita* in commercial-type tomatoes[J]. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 1956, 68: 437-442.
- [19] 白春明, 段玉玺, 陈立杰, 等. 番茄品种对南方根结线虫的抗性评价[J]. 中国蔬菜, 2010(6): 33-37.
- [20] 王辉, 石延茂, 李会志, 等. 花生对北方根结线虫病抗性遗传规律的研究[J]. 花生学报, 2007, 36(4): 22-24.
- [21] 王新荣, Jacob Y, Mastrantuono S, 等. 月季对根结线虫病抗性遗传研究[J]. 华中农业大学学报, 2001, 20(3): 229-234.
- [22] 于秋菊, 李景富, 许向阳, 等. 黑龙江省番茄根结线虫病病原鉴定及抗病种质资源筛选[J]. 中国蔬菜, 1999(3): 7-10.
- [23] 陈志杰, 张淑莲, 张锋, 等. 设施蔬菜根结线虫防治基础与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [24] 西南农业大学. 蔬菜研究法(修订本)[M]. 河南: 科学技术出版社, 1989: 9.
- [25] 孙保亚, 沈向群, 郭海凤, 等. 大白菜抗根肿病遗传规律初探[J]. 中国蔬菜, 2005(6): 15-17.
- [26] 徐小万, 曾莉, 曹必好, 等. 辣椒疫病抗性资源 'CM334' 的抗性遗传分析[J]. 植物保护, 2011, 37(5): 184-186.
- [27] 李治国, 肖炳光, 于海芹, 等. 两个烟草品种对黑胫病抗性的遗传分析[J]. 云南农业大学学报, 2009, 24(6): 799-803.
- [28] 赵仁镛, 翟婉萱, 徐锦. 田间试验和统计方法[J]. 山西农业科学, 1980(9): 29-31.
- [29] 申书兴. 园艺植物育种学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
- [30] Gilbert G C. The inheritance of resistance to severe root-knot from *M. incognita* in tomato[J]. Proceedings Hawaii Academy of Science, 1956, 31: 17.
- [31] 张宇, 张晓芬, 陈斌, 等. 与辣椒抗根结线虫基因 *Me1* 紧密连锁的 EST-SSR 标记开发[J]. 核农学报, 2011, 25(5): 0933-0938.
- [32] Nombela G, Williamson V M, Muniz M. The root-knot nematode resistance gene *Mi-1.2* of tomato is responsible for resistance against the whitefly *Bemisia tabaci*[J]. Mol Plant-Microbe Interac, 2003, 16(7): 644-647.
- [33] 张绍松, 李成云, 周晓是, 等. 番茄根结线虫分离和苗期接种方法研究[J]. 西南农业学报, 2008, 21(3): 659-663.