

李晓慧,梁 慎,常高正,等. 西瓜枯萎病苗期抗性鉴定及抗源筛选[J]. 江苏农业科学,2018,46(17):91-94.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.17.022

# 西瓜枯萎病苗期抗性鉴定及抗源筛选

李晓慧,梁 慎,常高正,徐小利,康利允,高宁宁,赵卫星

(河南省农业科学院园艺研究所,河南郑州 450002)

**摘要:**为建立快速、有效的西瓜枯萎病苗期抗性鉴定技术体系,筛选抗枯萎病种质资源。对西瓜枯萎病苗期鉴定的接种方法、接种浓度、栽培土质、培养容器等进行系统筛选与比较,并应用筛选出的最佳技术对40份西瓜种质资源进行抗枯萎病鉴定与评价。结果表明,伤根蘸孢法可导致西瓜幼苗发病均匀、迅速,是较为理想的接种方法,最适分生孢子接种浓度为 $10^5$ 个/mL,接种后用草炭土作为栽培土质,在培养瓶中保湿培养为最佳。40份西瓜种质材料鉴定结果显示,伤根蘸孢法是抗枯萎病快速鉴定的有效方法。从40份种质资源中筛选出2份对西瓜枯萎病有一定耐病性的抗性材料。

**关键词:**西瓜;枯萎病;抗病鉴定;抗源筛选;伤根蘸孢法

**中图分类号:**S436.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)17-0091-03

西瓜枯萎病是一种世界性瓜类土传病害<sup>[1-2]</sup>,由尖孢镰刀菌西瓜专化型病原菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*)引起,对西瓜产量和品质构成了严重的威胁,是西瓜生产上的主要病害,而且连作加重了枯萎病的发生,严重影响了西瓜的产量和品质<sup>[3]</sup>。由于该病原菌可以形成厚垣孢子以抵御外来侵害,目前尚缺乏安全有效的化学手段来防治该病害<sup>[4]</sup>。选育抗病品种是防治西瓜枯萎病最经济有效的方法<sup>[5]</sup>,虽然目前还没有发现具有高度抗病性的品种用于防治西瓜枯萎病,但寻找抗源仍是育种学家和植物病理学家的重要工作目标。近年来,有关西瓜枯萎病抗性鉴定的研究多集中在枯萎病病菌生理小种鉴定、接种方法、不同品种抗病性的筛选等方面<sup>[6-9]</sup>,而关于室内快速鉴定技术方面的系统研究鲜有报道。因此,本试验对影响枯萎病苗期鉴定的接种方法、接种浓度、栽培土质、培养容器等进行系统筛选与比较,并对现有的部分西瓜材料进行抗性筛选,以期建立一套快速、准确、简便、实用的西瓜枯萎病苗期抗性鉴定技术体系,筛选出抗枯萎病的种质资源,为西瓜抗枯萎病育种技术研究提供理论支撑。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验材料

供试抗性鉴定西瓜品种为F365,是感病品种,由河南省农业科学院园艺研究所提供。供试西瓜种质材料为40份不同来源的西瓜自交系材料,均由河南省农业科学院园艺研究所西甜瓜课题组提供。供试病原菌材料为西瓜枯萎病病菌1号生理

收稿日期:2017-04-17

基金项目:国家西甜瓜产业技术体系建设项目(编号:CARS-25);国家自然科学基金(编号:31371902);河南省科技攻关项目(编号:162102110099);河南省农业科学院自主创新项目(编号:2017ZC24)。

作者简介:李晓慧(1980—),女,河南郑州人,硕士,助理研究员,主要从事西甜瓜育种及栽培生理方面的研究。E-mail:lixiaohui80@126.com。

通信作者:赵卫星,博士,副研究员,主要从事西瓜甜瓜育种工作。E-mail:wzxhao2008@163.com。

小种,由河南省农业科学院园艺研究所西甜瓜课题组保存。

### 1.2 试验方法

1.2.1 分生孢子培养及其孢子液制备 试验于2015年在河南省农业科学院园艺研究所分子生物学实验室进行,在马铃薯葡萄糖琼脂(potato deatrose agar,简称PDA)培养基(配方:200g马铃薯,20g葡萄糖,20g琼脂,1000mL自来水)平板上接种西瓜枯萎病病菌1号生理小种,在28℃条件下培养15d,制备分生孢子液,通过显微镜和血球计数板观察和计算,配制成分生孢子浓度分别为 $10^2$ 、 $10^3$ 、 $10^4$ 、 $10^5$ 、 $10^6$ 、 $10^7$ 个/mL的孢子液备用。

1.2.2 抗病性鉴定方法的筛选 接种方法:(1)伤根灌根法,在子叶展平时,将西瓜幼苗剪去部分侧根,栽种到培养瓶中,加入适量无菌水和30mL分生孢子浓度为 $10^5$ 个/mL的孢子液;(2)直接灌根法:在子叶展平时,将洗净的西瓜苗栽种到培养瓶中,加入适量无菌水和30mL分生孢子浓度为 $10^5$ 个/mL的孢子液;(3)伤根蘸孢法:在子叶展平时,将西瓜幼苗剪去部分侧根,浸入分生孢子浓度为 $10^5$ 个/mL的孢子液中10min,然后栽种到培养瓶中,加适量无菌水;(4)土壤拌菌法,将30mL分生孢子浓度为 $10^5$ 个/mL的孢子液与基质混匀,放入培养瓶中,在子叶展平时,移栽西瓜幼苗。

接种浓度:设计分生孢子 $10^2$ 、 $10^3$ 、 $10^4$ 、 $10^5$ 、 $10^6$ 、 $10^7$ 个/mL等6个浓度进行接种处理。

栽培土质:分别以在121℃条件下灭菌60min后的草炭土、高产土(常年种植蔬菜的大田土壤)、低产土(未种植过农作物的土壤)、珍珠岩等为基质,移栽西瓜幼苗。

培养容器:采用经高压灭菌后的培养皿(直径为150mm,高度为20mm)、营养钵(直径为10cm,高度为10cm)、组织培养瓶(底面积为78cm<sup>2</sup>,高度为15cm)进行幼苗培养。

除各项单因子研究按照设计的方法进行外,其余均按以下方法进行:采用伤根蘸孢法进行接种,分生孢子接种浓度为 $10^5$ 个/mL,定植于装有经过灭菌的草炭土的培养瓶中,放在25~28℃条件下培养,所有处理均设3次重复,每次重复30株苗,接种20d后观察并记录西瓜枯萎病的发生率。

1.2.3 西瓜种质资源抗枯萎病鉴定 采用本研究建立的西

瓜枯萎病苗期抗性鉴定技术对40份西瓜育种材料进行人工接种抗病性鉴定。每个处理均设3次重复,每次重复30株苗。接种20d后观察并记录西瓜幼苗枯萎病发生情况,按下列公式计算枯萎病的病情指数(DI):

病情指数 =  $100 \times \Sigma(\text{各级病株数} \times \text{各级代表值}) / (\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值})$ 。

病级分类方法参照文献[10],0级:无症状;1级:晴天中午子叶萎蔫或部分子叶、真叶轻微萎蔫,夜间能恢复;2级:1个真叶萎蔫或子叶萎蔫较严重;3级:子叶及60%以上真叶萎蔫,阻碍发育;4级:整株萎蔫,60%以上植株枯死,心叶成活;5级:植株严重萎蔫并枯死。

抗性分级标准参照文献[11],高抗(HR): $DI \leq 10$ ;抗病(R): $10 < DI \leq 30$ ;中抗(MR): $30 < DI \leq 50$ ;感病(S): $50 < DI \leq 70$ ;高感(HS): $DI > 70$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 抗病性鉴定方法筛选

2.1.1 不同接种方法对病菌致病性影响 由图1可知,伤根蘸法接种导致西瓜枯萎病发病快,接种20d后发病率为76.7%,土壤拌菌法接种效果次之,接种20d后发病率为66.7%;而其他2种接种方法(直接灌根法和伤根灌根法)发病较缓慢且轻,接种20d后发病率均低于20%。表明4种接种方法均能导致西瓜枯萎病的发生,但伤根蘸法接种发病迅速、均匀,可大大缩短西瓜枯萎病的病程,这可能与该接种方法可使病原菌与西瓜根系直接接触有关。

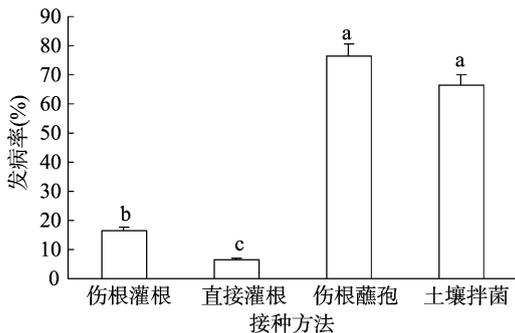


图1 不同接种方法对西瓜枯萎病病菌致病性的影响

2.1.2 不同土质对病菌致病性影响 由图2可知,利用草炭土、高产土作为栽培土质,西瓜幼苗枯萎病的发病率较高,分别为86.7%、76.7%,均显著高于以低产土、珍珠岩作为栽培土质时的枯萎病发病率。由此可见,土壤肥力越大,发病越严重,其原因可能是草炭土、高产土的肥力较高,能提供病原菌用以繁殖的能量,进而加快对西瓜幼苗的侵染。因此,在试验中,为使西瓜幼苗准确快速发病,建议采用草炭土作为栽培土质。

2.1.3 不同培养容器对病菌致病性影响 由图3可知,培养瓶中的西瓜幼苗发病率最高,为83.3%,显著高于其他2种培养容器;培养皿和营养钵之间的发病率差异不显著。这可能与培养容器的保湿性有关,培养瓶能使病原菌处在高湿条件下,保证枯萎病在短期内发病均匀、迅速,更好地发挥该方法快速鉴定的优势。

2.1.4 不同接种浓度对病菌致病性影响 由图4可知,随菌液接种浓度的增加,西瓜枯萎病的发病率呈现先上升后下降

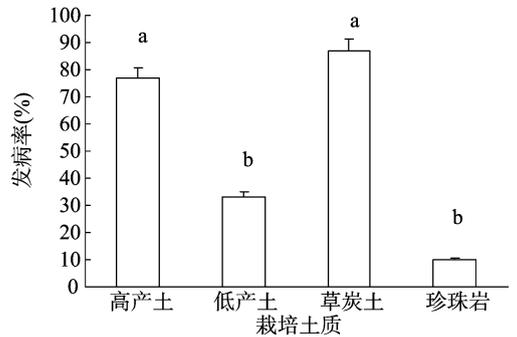


图2 不同栽培土质对西瓜枯萎病病菌致病性的影响

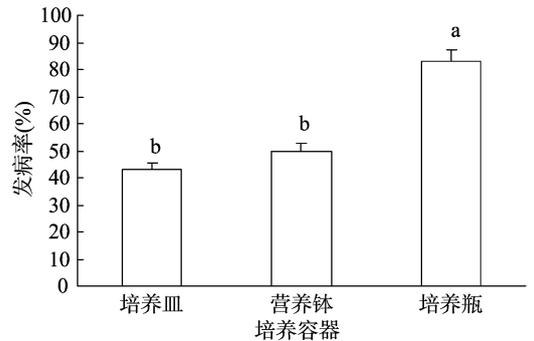


图3 不同培养容器对西瓜枯萎病病菌致病性的影响

的趋势,当枯萎病病菌分生孢子浓度为 $10^5$ 个/mL时,枯萎病的发病率最高,为90.0%,其发病程度与分生孢子浓度为 $10^6$ 、 $10^7$ 个/mL之间差异不显著,但三者均显著高于其他3个浓度。因此,采用伤根蘸法接种时,建议采用枯萎病病菌的分生孢子浓度为 $10^5$ 个/mL。

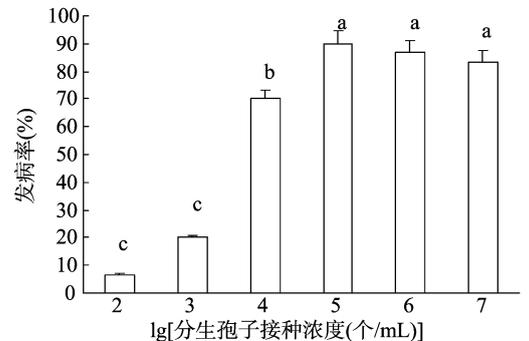


图4 不同接种浓度对西瓜枯萎病病菌致病性的影响

### 2.2 西瓜种质资源抗枯萎病鉴定

采用筛选出的鉴定方法对40份西瓜材料资源进行抗枯萎病鉴定,由表1可知,所测40个西瓜育种材料中没有高抗枯萎病的种质资源,但它们对枯萎病的抗性分化非常明显,其中抗病材料有2份、中抗材料有13份、感病材料有18份、高感材料有7份,分别占鉴定资源的5.0%、32.5%、45.0%、17.5%。这与在田间病圃的自然发病程度基本一致,说明鉴定结果准确有效。

## 3 结论与讨论

抗枯萎病鉴定是西瓜育种的一个关键环节,苗期鉴定一直是抗枯萎病鉴定的一个重要组成部分,可使育种工作者及时了解育种材料的抗感性。而西瓜在田间苗期一般不发生枯

表1 不同西瓜种质资源对枯萎病的抗性测定

编号	材料名称	病情指数	抗性水平	编号	材料名称	病情指数	抗性水平
1	10-129	59.02	S	21	11-25	54.23	S
2	10-32	67.31	S	22	11-36	33.73	MR
3	津8-♂	40.35	MR	23	11-204	83.10	HS
4	11-20	15.22	R	24	11-38	61.25	S
5	10-111	78.56	HS	25	11-59	73.40	HS
6	10-44	52.18	S	26	11-104	37.43	MR
7	10-63	53.38	S	27	11-135	53.25	S
8	10-25	70.13	HS	28	11-56	35.34	MR
9	9w6-♀	57.46	S	29	11-143	59.21	S
10	10-501	35.03	MR	30	11-128	32.18	MR
11	10-101	71.32	HS	31	12-24	60.24	S
12	10-69	56.63	S	32	12-18	66.31	S
13	10-124	32.77	MR	33	12-37	35.88	MR
14	10-92	39.66	MR	34	12-44	80.25	HS
15	10-98	76.43	HS	35	12-36	67.48	S
16	10-47	57.64	S	36	12-102	23.46	R
17	11-26	63.25	S	37	12-131	68.17	S
18	11-28	43.67	MR	38	12-143	48.76	MR
19	11-37	55.34	S	39	12-111	58.36	S
20	11-78	37.24	MR	40	12-128	35.18	MR

萎病或发病较轻,如何有效接种并使西瓜幼苗发病,一直是影响抗病性鉴定成功与否的关键问题。目前,国内外在葫芦科作物枯萎病苗期接种鉴定中采用的方法主要有蘸孢法(浸根法)、菌土法、灌根法、蘸根法等。虽然土壤拌菌法比较符合自然发病,但在实际操作中往往出苗不均匀或发病较轻<sup>[12]</sup>;蘸根法操作简便,但在接种后潜育期较长,一般为8~9 d<sup>[13]</sup>;灌根法存在发病率较低、稳定性较差等缺点<sup>[14]</sup>。因此,蘸孢法(浸根法)在国内外使用最为广泛,其潜育期为4 d左右,且发病率较高<sup>[15]</sup>。本研究比较了4种西瓜枯萎病苗期接种方法,筛选出伤根蘸孢法为西瓜枯萎病接种的最佳方法,该方法在浸根接种方法的基础上,对西瓜幼苗进行了剪根处理。结果表明,通过剪根可以控制伤根的均匀程度,保证检测结果更接近寄主本身的特性。该方法具有发病快而整齐、结果稳定的特点,供试材料对枯萎病的抗性与田间实际情况基本吻合。

接种浓度也是影响枯萎病抗性鉴定准确性的重要因子之一<sup>[12]</sup>。孢子浓度过低,幼苗表现为抗性较强、发病较轻、病情指数较低,且发病潜育期长,延长了鉴定周期<sup>[16]</sup>。接种孢子浓度过高,则会增加孢子培养和孢子液制备的工作量,浪费人力和物力。本试验结果表明,所用枯萎病菌的分生孢子浓度为 $10^5$ 个/mL时,能保证枯萎病在短期内发病均匀、迅速,且其发病率显著高于分生孢子浓度 $\leq 10^4$ 个/mL时的发病率,这与王喜庆等的研究结果<sup>[10]</sup>一致。

枯萎病是一种土传性病害,土壤因子条件的变化与病害的发生程度有着直接的关系。Wheeler等就田间土壤温度、土壤湿度等条件对田间自然存在的枯萎病菌原菌感染植物的影响进行研究,结果表明,枯萎病的发生随土壤类型、土壤干燥时间的变化而变化<sup>[17]</sup>。本研究发现,当以草炭土、高产土作为栽培土质时,西瓜幼苗枯萎病的发病率较高;而李伦光的研究则认为,随着土壤中速效钾、速效磷含量的减少,枯萎病

的发病程度呈上升趋势<sup>[18]</sup>。这可能与枯萎病的发生还受土壤含水量、pH值、土壤孔隙度等条件的制约有关,但具体原因还有待进一步研究。本研究还发现,采用保湿效果较好的培养瓶作为培养容器,枯萎病的发病率较高,这与刘朋义对甜瓜抗枯萎病鉴定的研究结果<sup>[19]</sup>一致。

我国是世界上种植西瓜面积最大的国家。近年来我国西瓜栽培面积迅速扩大,西瓜连作造成枯萎病发生越来越普遍、严重。大量研究表明,西瓜枯萎病抗性的遗传是受单基因或单DNA片段控制的显性遗传<sup>[20]</sup>,利用抗枯萎病材料进行杂交育种可以获得抗枯萎病品种。本试验对40份不同来源的西瓜种质资源的抗性鉴定结果可以看出,高感及感病的种质材料所占的比例较大,其总和占鉴定总数的62.5%,高抗种质资源缺乏,抗病资源仅占5.0%。因此,应加强全国范围内西瓜枯萎病抗性种质资源的收集和鉴定工作,为多抗新品种的选育提供更加优良的材料。

本试验完善了西瓜枯萎病苗期接种鉴定技术体系,但研究仅限于对接种方法、接种浓度、栽培土质、培养容器等方面的探讨,外界环境(如接种生育期、菌龄、温度等)的变化会导致西瓜幼苗生理上的生长缓慢和黄化,不可避免对表型鉴定结果有一定的影响。因此,开展影响西瓜枯萎病苗期鉴定相关因素的综合评价与分析,并结合分子标记技术,建立西瓜枯萎病快速鉴定体系,以提高苗期鉴定的准确性具有十分重要的意义。

#### 参考文献:

- [1]郑毕,毕扬,云晓敏,等.西瓜枯萎病的研究进展及其防治[J].中国植保导刊,2007,27(2):11-13.
- [2]丁建成,张其安,方凌.西瓜新品种抗枯萎病鉴定[J].中国瓜菜,2005,18(6):27-29.
- [3]Zhang Z G, Zhang J Y, Wang Y C, et al. Molecular detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* and *Mycosphaerella melonis* in infected plant tissues and soil[J]. FEMS Microbiology Letters, 2005, 249(1):39-47.
- [4]Shi J, Mueller W, Beckman C H. Ultrastructural responses of vessel contact cells in cotton plants resistant or susceptible to infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* [J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 1991, 38(3):211-222.
- [5]Diener A C, Ausubel F M. Resistance to *Fusarium oxysporum* 1, a dominant Arabidopsis disease - resistance gene, is not race specific [J]. Genetics, 2005, 171(1):305-321.
- [6]耿丽华,郭绍贵,吕桂云,等.西瓜枯萎病菌生理小种鉴定技术体系的建立和验证[J].中国蔬菜,2010(20):52-56.
- [7]Zhou X G, Everts K L, Bruton B D. Race 3, a new and highly virulent race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* causing Fusarium wilt in watermelon [J]. Plant Disease, 2010, 94(1):92-98.
- [8]段会军,张彩英,李喜焕,等.河北省西瓜枯萎病菌生理小种鉴定与 AFLP 分析[J].中国农业科学,2007,40(5):925-931.
- [9]段会军,张彩英,郭小敏,等.西瓜品种对枯萎病抗性鉴定研究[J].园艺学报,2004,34(6):757.
- [10]王喜庆,贾云鹤,尤海波.黑龙江省西瓜枯萎病菌生理小种鉴定及抗病鉴定方法筛选[J].北方园艺,2013(2):103-107.
- [11]Zhang X W, Huang X S, Gu Q S. A preliminary report on screening the resistance of watermelon varieties to *Fusarium* wilt [J]. Acta Hort, 1995, 18(402):45-47.

陈洪凡,杨迎青,兰波,等. 小菜蛾对氟氟虫脲的抗药性选育及抗性风险分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(17):94-96.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.17.023

# 小菜蛾对氟氟虫脲的抗药性选育及抗性风险分析

陈洪凡, 杨迎青, 兰波, 梁玉勇

(江西省农业科学院植物保护研究所,江西南昌 330200)

**摘要:**为了解小菜蛾对氟氟虫脲的抗药性规律,通过氟氟虫脲对小菜蛾田间种群抗性选育20代后,得到小菜蛾相对抗性品系。结果表明,与选育前比较,选育后小菜蛾敏感性降低9.17倍,与室内敏感品系比较,其敏感性降低27.31倍;对抗性现实遗传力( $h^2$ )进行分析,其 $h^2$ 为0.1333;抗性风险评估结果表明,在50%、60%、70%、80%、90%的选择压力下,抗性增加100倍所需的代数分别为33.5、27.5、23.0、19.1、15.2代。

**关键词:**小菜蛾;氟氟虫脲;抗药性选育;抗性风险评估

**中图分类号:**S481+.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)17-0094-03

小菜蛾(*Plutella xylostella* L.)是十字花科蔬菜的主要害虫,也是抗药性最严重的害虫之一。据不完全统计,小菜蛾已经对70多种杀虫剂产生了抗药性,包括有机氯、有机磷、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯类及昆虫生长调节剂和苏云金杆菌等杀虫剂<sup>[1]</sup>,而且其交互抗性谱广、抗性水平高、发展速度快,对十字花科蔬菜的生产造成了极大威胁<sup>[2]</sup>。

氟氟虫脲(商品名为艾法迪)是当前德国巴斯夫公司大力推广的新产品,2009年在我国获准登记,主要用于防治甘蓝上的小菜蛾和甜菜夜蛾<sup>[3]</sup>。氟氟虫脲具有全新的作用机制,是神经元钠离子通道阻断剂<sup>[4]</sup>。由于其独特的化学结构和新颖的作用方式,在全球大量室内毒力测定中,均未发现氟氟虫脲与现有的各类杀虫剂(如有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类、烟碱类、阿维菌素以及苯甲酰胺基豚类)存在交互抗性,因此,可以很好地防治对上述药剂产生抗性的害虫<sup>[3]</sup>。迄今为止,尚未见小菜蛾对氟氟虫脲产生抗性的报道。但是,抗药性是一种普遍现象,目前尚未有阻止抗药性产生的方法和技术<sup>[5]</sup>。随着氟氟虫脲的大量连续使用,小菜蛾也会对其产生抗药性,氟氟虫脲的防效会逐渐变为低效甚至无效。抗药性是导致小菜蛾猖獗发生的重要原因之一,也是影响杀虫剂使用效果的关键因

子。因此,研究小菜蛾对氟氟虫脲的抗药性发展规律,对合理用药、制定有效的抗性治理策略具有重要意义。

本研究在室内选育了小菜蛾抗氟氟虫脲品系,并通过抗性现实遗传力( $h^2$ )评估了小菜蛾对氟氟虫脲的抗性风险,旨在为探讨小菜蛾对氟氟虫脲的抗性形成规律,保护和延长新型杀虫剂氟氟虫脲的使用寿命以及为小菜蛾对氟氟虫脲的抗性治理提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源及饲养

小菜蛾敏感品系(S):笔者所在研究室继代饲养的种群,在养虫室[温度(25±1)℃、相对湿度65%~70%、光暗比(L:D)=16h:8h]不接触任何药剂的条件下,采用蛭石萝卜苗法饲养。

抗氟氟虫脲品系(R):在室内用氟氟虫脲对田间种群连续汰选获得。小菜蛾田间种群(幼虫)采自江西省农业科学院蔬菜花卉研究所基地,饲养条件同S品系。

### 1.2 供试药剂

95%氟氟虫脲原药、丙酮(上海焱晨化工实业有限公司)、吐温-80(天津市恒兴化学试剂制造有限公司)。

### 1.3 试验方法

1.3.1 抗性品系选育 抗性选育:采用2013年采集的江西省南昌市种群继代饲养,当群体饲养的小菜蛾幼虫多数进入3龄时,参照Ismail等的方法<sup>[6]</sup>,根据上一代毒力测定结果,

收稿日期:2017-03-14

基金项目:江西省农业科学院创新基金博士启动项目(编号:2012CBS001)。

作者简介:陈洪凡(1978—),男,山东临沂人,博士,副研究员,主要从事害虫综合治理研究。E-mail:hongfan211@sohu.com。

[12] 杨宇红,吕红豪,杨翠荣,等. 甘蓝枯萎病苗期抗性鉴定技术及抗源筛选[J]. 植物保护学报,2011,38(5):425-431.

[13] 吴学宏,郝京京,王红梅,等. 西瓜枯萎病菌几种接种方法比较试验[J]. 长江蔬菜,2003(3):38-39.

[14] Zhou X G, Everts K L. Races and inoculum density of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* in commercial watermelon fields in Maryland and Delaware[J]. Plant Disease, 2003, 87(6):692-698.

[15] Njoroge S M, Riley M B, Keinath A P. Effect of incorporation of *Brassica* spp. residues on population densities of soilborne microorganisms and on damping-off and *Fusarium* wilt of watermelon[J]. Plant Disease, 2008, 92(2):287-294.

[16] 刘朋友,别之龙,彭斌,等. 甜瓜品种抗枯萎病的苗期鉴定[J]. 中国瓜菜,2011,24(2):11-13.

[17] Wheeler T A, Rowe R. Influence of soil characteristic and assay techniques on quantification of *Verticillium dahliae* in Ohio soils[J]. Plant Disease, 1995, 79(1):29-34.

[18] 李伦光. 土壤因子对黄栌枯萎病发生的影响及病害防治的初步研究[D]. 北京:北京林业大学,2008.

[19] 刘朋友. 甜瓜枯萎病苗期接种鉴定体系建立及其应用[D]. 武汉:华中农业大学,2011.

[20] 寇清荷,梁志怀,王志伟,等. 西瓜枯萎病菌生理小种鉴定与抗病育种研究进展[J]. 中国蔬菜,2012(14):9-17.