

庞洪翠,姜 灵,贾彦霞.不同辣椒品种对西花蓟马的生化抗性机制[J].江苏农业科学,2017,45(24):92-95.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.24.023

# 不同辣椒品种对西花蓟马的生化抗性机制

庞洪翠,姜 灵,贾彦霞

(宁夏大学农学院,宁夏银川 750021)

**摘要:**采用紫外分光光度法测定不同辣椒品种受西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)危害胁迫后叶片内叶绿素、可溶性蛋白、可溶性糖含量的动态变化,以及结合西花蓟马的种群动态趋势作相关性分析,以明确各项生理指标与抗虫性之间的关系。结果表明,随着西花蓟马危害时间的延长,均能引起辣椒叶片内叶绿素含量、可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量的明显变化,其中可溶性糖含量随取食时间的延长呈递减趋势,可溶性蛋白含量先升高后下降,危害后期,各品种间物质含量变化差异不明显。结果表明,5个品种辣椒抗性存在显著差异,抗虫能力较强的为74-82,抗虫能力最弱的为杭椒五号,其他品种抗性居中。

**关键词:**西花蓟马;辣椒品种;种群动态;叶绿素;可溶性糖;可溶性蛋白

**中图分类号:** S433.89;S436.418.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)24-0092-03

西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)属缨翅目(Thysanoptera)蓟马科(Thripidae)花蓟马属(*Frankliniella*),是一种世界性检疫害虫<sup>[1]</sup>,也是我国第一批重点防治的外来入侵物种。西花蓟马原产自美洲,最早被记载于1895年,当时只是零星发生<sup>[2]</sup>。近年来由于全球贸易的发展,西花蓟马随花卉、蔬菜及苗木的调运在世界各地迅速扩散,目前已广泛分布于美国、荷兰、英国、以色列、日本等69个国家和地区<sup>[3]</sup>。2003年6月在北京市郊某大棚的辣椒上首先暴发西花蓟马,是传入我国的外来有害生物<sup>[4]</sup>。西花蓟马具有个体小、易隐藏、繁殖快及抗药性增强等特点,在欧洲、美洲等地逐渐取代其他蓟马,是主要的温室蔬菜害虫<sup>[5]</sup>。已有相关研究表明,西花蓟马对菜豆及苜蓿危害后使植物体内生理指标发生变化<sup>[6-7]</sup>,但关于西花蓟马危害辣椒后的生理生化反应未见报道。本试验对不同辣椒品种受西花蓟马危害后叶绿素含量、可溶性蛋白含量、可溶性糖含量变化进行测定和分析,以探讨辣椒植株在蓟马危害胁迫下的生化反应,为辣椒抗虫育种提供依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试辣椒材料 供试辣椒品种为娇龙(宁夏巨丰种苗有限公司)、杭椒五号(宁夏兴瑞达种子有限公司)、洋大帅(陕西阳光种业股份有限公司)、74-82(中国瑞克斯旺种子有限公司)、太空辣(甘肃敦煌种业股份有限公司)。

1.1.2 供试虫源 供试西花蓟马采自宁夏大学温室大棚里自然生长的黄瓜植株上,带回实验室,采回后在室内用四季豆

豆荚进行多代饲养,进行纯化。经鉴定为西花蓟马。

### 1.2 试验处理

1.2.1 自然生长组辣椒苗上西花蓟马种群调查 于2016年11月中旬将辣椒播种于穴盘内,11月下旬待辣椒苗长出4~6张真叶时移入温室大棚内,每个品种移栽20株,自然感虫生长,辣椒苗定植后1周左右开始调查植株上的成虫数量。每3d统计1次,试验至次年1月中旬左右辣椒枯萎时结束。种群动态以单株平均数量作为测定指标,来评价不同品种辣椒上蓟马种群数量的变动情况。

1.2.2 辣椒品种各项生理指标的测定 待辣椒苗长到4~6张真叶时,移栽到试验田内(20~25℃),每个品种选20株长势一致的幼苗移栽到1个小区,选用40cm×40cm×120cm的70目尼龙纱网罩住,共设置5个网区,按每株30头蓟马接虫,以不接蓟马为对照,分别于接虫前(0d)和接虫后3、6、9d剪取相同叶位的叶片,充分混匀,液氮保存备用测定,每个处理重复5次。

1.2.3 测定方法 采用丙酮提取法<sup>[8]</sup>测定辣椒叶片叶绿素含量;采用考马斯亮蓝G-250染色法<sup>[9]</sup>测定可溶性蛋白含量;采用蒽酮比色法<sup>[9]</sup>测定可溶性糖含量。试验数据采用Excel 2003和SAS软件处理,进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同辣椒品种上西花蓟马种群动态

由图1可知,辣椒定植1周左右开始出现蓟马,蓟马发生初期,虫口密度低,种群数量增长缓慢,11月27日之后,种群数量开始较快增加,此时蓟马定植稳定,至12月17日左右,辣椒达到花期,为蓟马的生长发育提供了充足养分,蓟马数量达到高峰,随后数量缓慢下降,一方面是由于天气降温,大棚内温度略有波动,另一方面观察发现,在盛花期蓟马成虫数量最多,随着时间的推移,末花期若虫数量逐渐增加,而若虫不在统计范围之内。直至辣椒植株枯萎,停止调查。从蓟马种群动态图上可以简单看出,在蓟马对各品种的趋向性方面,在自然状态下,蓟马更趋向于集中在杭椒五号品种上取食,其次

收稿日期:2016-06-20

基金项目:宁夏“十三五”重大科技专项(编号:2016BZ0903);宁夏大学科技开发与应用研究项目(编号:KF1406)。

作者简介:庞洪翠(1989—),女,山东菏泽人,硕士研究生,主要从事昆虫生态及害虫综合防治研究。E-mail:916233947@qq.com。

通信作者:贾彦霞,硕士,副教授,主要从事昆虫生态及害虫综合防治方面的教学与科研工作。E-mail:helenjia\_2006@126.com。

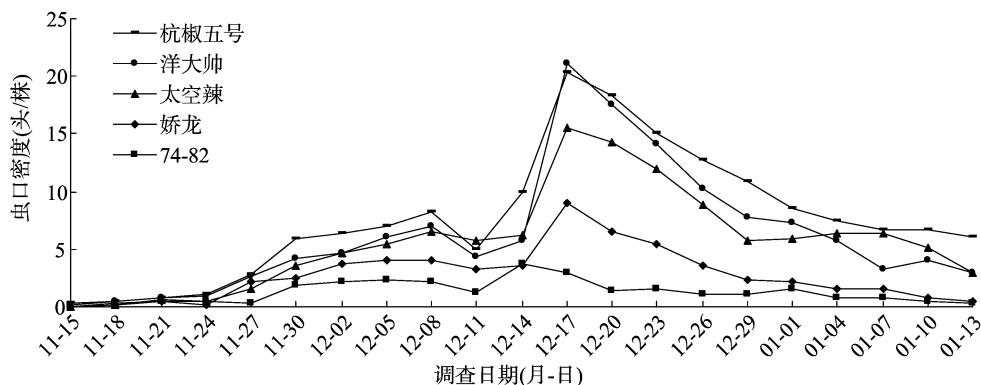


图1 不同辣椒品种上蓟马的种群动态

是洋大帅、太空辣品种,而蓟马对娇龙、74-82 品种的取食基本无偏好。

### 2.2 西花蓟马危害胁迫对不同辣椒品种叶绿素 (chlorophyll, 简称 Chl) (Chla + Chlb) 含量的影响

不同辣椒品种在相同虫口密度、不同时间段内,随着危害时间的延长,叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总含量均呈不同程度地下降。由表 1 可见,在蓟马危害初期,在杭椒五号、74-82 品种间,叶绿素 a 含量有显著性差异,含量最高的为 74-82 品种 (1.096 7 mg/g), 含量最低的是杭椒五号品种 (0.744 3 mg/g)。危害第 3 天时,除太空辣外各品种含量均有明显下降,分别降低 34.0%、34.7%、44.5%、31.2%,杭椒

五号品种的叶绿素 a 含量最低。危害第 6 天时,娇龙、太空辣、洋大帅的叶绿素 a 含量显著下降,其他品种下降不显著。危害第 9 天时,各品种 (除 74-82、太空辣品种外) 叶绿素 a 含量略有上升。叶绿素 b 的含量在不同危害时间和辣椒不同品种间的变化与叶绿素 a 相似。在西花蓟马危害第 3 天,各品种叶绿素 b 含量均显著下降。总叶绿素含量的变化趋势与叶绿素 a 相似。74-82 品种无论在试验初期还是试验末期,含量基本高于其他品种,且在不同时间段叶绿素含量稳定变化,差异不大。洋大帅、娇龙品种在各时间段内,含量变化差异明显,太空辣、杭椒五号品种含量变化差异不明显。

表 1 西花蓟马危害对辣椒不同品种叶绿素含量的影响

品种	叶绿素 a 含量 (mg/g)				叶绿素 b 含量 (mg/g)	
	危害初期	第 3 天	第 6 天	第 9 天	危害初期	第 3 天
洋大帅	0.964 1 ± 0.065 5Ba	0.636 3 ± 0.060 6Bb	0.492 3 ± 0.106 3Bc	0.542 9 ± 0.066 3ABbc	0.406 7 ± 0.060 3Bb	0.259 0 ± 0.050 1Bc
娇龙	0.932 1 ± 0.088 6Ba	0.609 0 ± 0.023 2Bb	0.498 5 ± 0.073 1Bc	0.502 3 ± 0.087 4Bbc	0.610 6 ± 0.093 5Aa	0.256 4 ± 0.040 6Bb
74-82	1.096 7 ± 0.056 82Aa	0.609 0 ± 0.056 9Bb	0.724 0 ± 0.063 2Ab	0.634 7 ± 0.081 1Ab	0.507 6 ± 0.043 5ABb	0.400 6 ± 0.090 0Ac
太空辣	0.885 0 ± 0.094 1Ba	0.939 2 ± 0.067 2Aa	0.566 8 ± 0.082 1Bb	0.518 2 ± 0.018 0Bb	0.531 4 ± 0.095 3ABa	0.370 3 ± 0.101 4Ab
杭椒五号	0.744 3 ± 0.080 0Ca	0.512 4 ± 0.069 8Ca	0.505 3 ± 0.070 1Ba	0.531 3 ± 0.028 2Ba	0.524 6 ± 0.228 2ABa	0.242 1 ± 0.021 9Bc
品种	叶绿素 b 含量 (mg/g)		叶绿素 a + b 含量 (mg/g)			
	第 6 天	第 9 天	危害初期	第 3 天	第 6 天	第 9 天
洋大帅	0.210 5 ± 0.049 2Bc	0.799 6 ± 0.063 8Ba	1.370 8 ± 0.102 4ABa	0.896 3 ± 0.095 8Cb	0.702 8 ± 0.084 8Bc	1.342 5 ± 0.122 7Ba
娇龙	0.238 5 ± 0.033 2Bb	0.604 0 ± 0.045 9Ca	1.542 7 ± 0.120 9ABa	0.865 5 ± 0.054 2Cc	0.737 1 ± 0.069 0Bc	1.106 3 ± 0.069 4Cb
74-82	0.347 2 ± 0.048 6Ac	0.890 6 ± 0.015 3Aa	1.604 3 ± 0.097Aa	1.048 4 ± 0.102 1Bb	1.071 2 ± 0.073 3Ab	1.525 3 ± 0.094 4Aa
太空辣	0.236 8 ± 0.030 3Bc	0.618 8 ± 0.081 7Ba	1.416 4 ± 0.083 6ABa	1.309 5 ± 0.124 5Aa	0.803 6 ± 0.086 1Bc	1.136 9 ± 0.091 9Cb
杭椒五号	0.262 0 ± 0.033 5Bc	0.840 8 ± 0.062 3ABa	1.268 9 ± 0.284 1Ca	0.754 5 ± 0.090 5Cb	0.767 3 ± 0.099 1Bb	1.372 1 ± 0.090 9Ba

注:数据为“平均值 ± 标准误”。同一行中不同小写字母表示同一品种不同时间段下差异显著 ( $P < 0.05$ );同一列中不同大写字母表示在同一时间段不同辣椒品种间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下表同。

### 2.3 西花蓟马危害胁迫对不同辣椒品种可溶性蛋白含量的影响

由表 2 可知,辣椒不同品种之间,蛋白质含量均随西花蓟马的危害呈先上升后下降的趋势。西花蓟马危害初期,74-82 品种可溶性蛋白含量最高 (4.969 9 mg/g),杭椒五号含量最低 (3.513 3 mg/g);危害第 3 天,多数品种可溶性蛋白含量均有显著上升,分别上升 13.5%、19.9%、0.3%、41.6%、22.2%,即初始含量最高的 74-82 品种,可溶性蛋白含量增加得最慢,太空辣含量增加得最多,其他品种较为缓慢;蓟马危害第 6 天,各品种可溶性蛋白含量基本稳定;危害第 9 天,可溶性蛋白含量显著下降,但 74-82 品种的含量最高 (1.161 1 mg/g),杭椒五号品种的可溶性蛋白含量最低

(0.584 9 mg/g)。

### 2.4 西花蓟马危害胁迫对不同辣椒品种可溶性糖含量的影响

由表 3 可知,辣椒不同品种之间,随西花蓟马危害时间的增加,可溶性糖含量下降。在西花蓟马危害初期,各品种之间可溶性糖含量差异显著;危害第 3 天时,大部分品种的可溶性糖含量显著下降;危害持续到第 6 天时,洋大帅、娇龙、74-82、太空辣、杭椒五号等品种的可溶性糖含量出现明显下降,分别下降 35.2%、19.7%、20.5%、31.6%、28.1%。娇龙、74-82 品种可溶性糖含量下降幅度较为缓慢,杭椒五号次之。危害持续到第 9 天时,各品种可溶性糖含量持续显著下降,74-82 的可溶性糖含量最高 (1.974 8 mg/g),杭椒五号

表 2 西花蓟马为害对辣椒不同品种可溶性蛋白含量的影响

品种	可溶性蛋白含量(mg/g)			
	危害初期	第 3 天	第 6 天	第 9 天
洋大帅	4.793 9±0.078 4Bb	5.442 3±0.192 5Aa	4.126 2±0.066 8Cc	1.002 3±0.084 9Cd
娇龙	3.540 6±0.091 9Db	4.246 5±0.581 6Ba	4.357 8±0.044 5Aa	0.845 0±0.087 5Dc
74-82	4.969 9±0.080 3Aa	4.983 7±0.454 7Bb	4.324 2±0.065 3ABb	1.161 1±0.051 6Ac
太空辣	3.618 2±0.046 0Dc	5.124 6±0.258 2Aa	4.227 1±0.096 7BCb	1.069 8±0.095 1Bd
杭椒五号	3.513 3±0.097 9Ca	4.292 5±0.491 8Ba	4.274 3±0.087 5ABa	0.584 9±0.064 8Eb

表 3 西花蓟马为害对辣椒不同品种可溶性糖含量的影响

品种	可溶性糖含量(mg/g)			
	危害初期	第 3 天	第 6 天	第 9 天
洋大帅	3.503 5±0.086 7Aa	3.092 6±0.549 7Dc	2.004 8±0.065 4Aa	1.293 0±0.032 9ABb
娇龙	2.984 8±0.081 4Ca	2.785 7±0.402 9Ec	2.237 8±0.376 7Aa	1.077 8±0.042 9Ab
74-82	3.210 89±0.082 9Ba	2.632 2±0.210 6Bc	2.093 9±0.107 2Bb	1.974 8±0.081 6ABc
太空辣	2.425 22±0.112 5Eab	2.754 8±0.472 0Abc	1.883 5±0.215 0Aa	1.070 4±0.029 4Bc
杭椒五号	2.597 8±0.056 1Da	2.743 0±0.273 5Cc	1.972 2±0.195 2ABa	1.665 7±0.029 3ABb

含量次之(1.665 7 mg/g)。

3 结论与讨论

3.1 西花蓟马种群动态与辣椒品种抗性的关系

在统计过程中发现,辣椒处于花期时,对西花蓟马的种群动态影响最大。盛花期辣椒各品种上蓟马虫口数剧增,这与乔凤霞等在其他作物上的调查结果<sup>[10-11]</sup>一致。结合各品种生理指标值发现,蓟马数量的多少与辣椒品种的抗虫性强弱有一定的关系。蓟马数量多的品种,各营养物质含量的变化幅度比其他品种变化幅度要大,且叶片受害严重,例如杭椒五号,在多数时期蓟马数量都比其他品种多,营养物质初始含量反而低,受西花蓟马危害一段时间后,营养物质含量较其他品种下降明显。这说明西花蓟马种群动态与辣椒品种的抗虫性有一定的相关性。在以后的生产实践中,在不明确辣椒品种抗性强弱的情况下,可以把蓟马种群动态作为判断其抗性强弱的一个参考,此方法简单有效、易于操作。

3.2 叶绿素含量、可溶性蛋白含量和可溶性糖含量变化与抗性的关系

植物进行光合作用的必备因素是叶绿素,它直接影响作物产量<sup>[12]</sup>,当外界因素恶化,叶绿素含量下降,叶片会出现黄化等状况<sup>[13-14]</sup>。本试验中,易染虫品种杭椒五号的叶绿素含量较低。抗虫性强的 74-82 品种则相反,在受害初期,叶绿素含量高于其他品种,随着蓟马危害时间增加,含量下降,但在危害末期,含量保持最高。结合西花蓟马种群动态分析,这可能与抗性强的品种叶绿素含量高、叶片颜色相对较绿,蓟马对此品种的趋性小有一定的关系。说明叶绿素含量与辣椒品种的抗性有很大的相关性,可以作为抗性指标。

糖、蛋白质是植物生长和昆虫生长繁育必要的营养物质<sup>[15]</sup>。植物被害虫危害后,其体内可溶性蛋白、可溶性糖等营养成分减少或比例失衡,对昆虫的生长发育与取食有直接影响<sup>[16]</sup>,当糖、蛋白质含量超出植物最适范围之外时,它们就被看作是一种潜在的抗性因素<sup>[17-18]</sup>。

研究发现,随着危害时间的延长,辣椒各品种可溶性蛋白含量先升高后降低,74-82 品种可溶性蛋白含量波动较小,太空辣品种的含量波动最大,其他品种居中。可能是因为对

抗蓟马较弱的品种来说,随着蓟马的持续危害,生理机制遭受破坏,失去其自身的修复能力,蛋白含量不能及时补给,对植物造成极大危害,由此可知,蛋白含量与辣椒抗虫性的关系不明确,有待进一步研究。可溶性糖含量随着危害时间延长,呈普遍下降的趋势。危害初期,抗虫性强、可溶性糖含量最高的是 74-82 品种,到危害末期,含量仍保持最高;在危害的初期,染虫强的杭椒五号品种可溶性糖含量较高,末期含量较低。说明可溶性糖含量对品种的抗虫性具有明显的诱导作用,利用诱导效应的大小,可衡量一个品种的抗性。因此,可溶性糖含量可以作为抗性指标。

本研究探讨西花蓟马危害辣椒后,不同辣椒品种间抗性指标的差异,即通过叶绿素及营养物质含量不同程度的下降,植物所表现出的一种对害虫危害的应激反应。从前人的研究可知,植物被害虫危害后,会通过调节内在的主要和次要代谢物含量,协同作用来抵御害虫危害,增加自身抗性。对于辣椒品种抗性相关方面的研究,尚存在空白,有待进一步研究。

参考文献:

[1] 吴青君,张友军,徐宝云,等. 入侵害虫西花蓟马的生物学、危害及防治技术[J]. 昆虫知识,2005,42(1):11-14.

[2] 邹军锐,李景柱,盖海涛. 西花蓟马取食不同豆科蔬菜的实验种群生命表[J]. 昆虫知识,2010,42(2):313-317.

[3] Kirk W D J, Terry L I. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) [J]. Agricultural and Forest Entomology,2003,5(4):301-310.

[4] 张友军,吴青君,徐宝云,等. 危险性外来入侵生物——西花蓟马在北京发生危害[J]. 植物保护,2003,29(4):58-59.

[5] Parker B L, Skinner M, Lewis T, et al. Thrips biology and management [M]. New York and London: Plenum Press, 1995: 31-50.

[6] 武德功,贺春贵,刘长仲,等. 不同苜蓿品种对豌豆蚜的生化抗性机制[J]. 草地学报,2011,19(3):497-501.

[7] 从春蕾,邹军锐,谢路飞,等. 西花蓟马为害对菜豆叶绿素及营养物质含量的影响[J]. 植物保护,2013,39(2):20-24.

[8] 陈应武,窦彩虹,张新虎,等. 梨瘿螨的为害对梨叶片几种生理生化指标的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2004,40(1):68-71.

范 昆,曲健禄,付 丽,等. 13 种杀菌剂对葡萄灰霉病菌的室内毒力及田间防治效果[J]. 江苏农业科学,2017,45(24):95-98.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.24.024

# 13 种杀菌剂对葡萄灰霉病菌的室内毒力及田间防治效果

范 昆,曲健禄,付 丽,张 勇,武海斌,陶吉寒

(山东省果树研究所,山东泰安 271000)

**摘要:**筛选当前对葡萄灰霉病有明显防治效果的杀菌剂。采用菌丝生长速率法、悬滴法分别测定杀菌剂对葡萄灰霉病菌的室内毒力,并进行田间防治试验研究。结果表明,啶酰菌胺、咪鲜胺、咯菌腈对孢子萌发的抑制作用最强,其  $EC_{50}$  分别为 0.120 4、0.139 6、0.183 8  $\mu\text{g/mL}$ ;啉菌环胺、啶酰菌胺、啉菌噁唑、咯菌腈对菌丝生长的抑制作用最强,其  $EC_{50}$  分别为 0.201 7、0.326 6、0.459 2、0.558 5  $\mu\text{g/mL}$ 。田间防治试验结果表明,50% 啉菌环胺水分散粒剂、50% 啶酰菌胺水分散粒剂、50% 咪鲜胺锰盐可湿性粉剂、50% 咯菌腈可湿性粉剂的防治效果最好,在试验浓度范围内对葡萄安全无药害,是适合推广应用于防治葡萄灰霉病的杀菌剂品种。

**关键词:**杀菌剂;葡萄灰霉病;毒力测定;田间药效;防治效果

**中图分类号:** S482.2;S436.631.1<sup>+</sup>9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)24-0095-04

葡萄灰霉病是由灰葡萄孢霉(*Botrytis cinerea* Pers.)引起的葡萄生产中危害最大的病害之一,年度损失 20% 左右,发病严重的果园病穗率可达 50% 以上。葡萄灰霉病除在生长季危害果实外,产后的贮藏阶段也能引起毁灭性地损失<sup>[1]</sup>。

目前,生产上防治葡萄灰霉病仍以化学防治为主,由于灰霉病菌繁殖速度快、遗传变异大、适合度高,加之田间连续多年使用单一药剂防治,灰霉病菌对多菌灵、腐霉利、乙霉威等杀菌剂已产生了抗药性,甚至出现了多重抗药性<sup>[2-7]</sup>。同时,由于群众防治观念落后、重治轻防、盲目用药、滥用农药的现

象比较普遍,造成农残超标、果园生态环境受到破坏,严重影响了葡萄的产量和品质,对出口创汇也造成了较大的不良影响,产值大大降低。为此,本研究选取多种低毒、低残留的杀菌剂于 2014、2015 年对葡萄灰霉病菌进行室内毒力测定和田间药效试验,以期筛选出防治该病害的理想药剂,有效防治葡萄灰霉病,为葡萄优质高产提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

**1.1.1 供试菌株** 从山东省泰安市岱岳区南王庄村葡萄园采集病果,参照方中达的组织分离法<sup>[8]</sup>,从病果皮部病斑病健交界处切下 3 mm×3 mm×1 mm 的小块,放入 70% 乙醇溶液中消毒 30 s,然后将其转入 1% 氯化汞溶液中消毒 1 min,用无菌水清洗 3 遍后,置于马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)培养基上。在 26 ℃ 条件下培养 3 d 后挑取菌落边缘的菌丝进行病原菌的初步纯化,将纯化后的菌株在 PDA 试管斜面中于 4 ℃ 冰箱中保存,备用。纯化后的菌丝培养 5 d 后镜检菌丝、孢子的形态,并进行病原菌鉴定<sup>[9-10]</sup>。

**1.1.2 供试药剂** 供试原药:98% 啉菌环胺原药,购自瑞士

收稿日期:2016-06-27

基金项目:山东省重点研发计划(编号:2015GGH313001);山东省自然科学基金(编号:ZR2013CQ040);泰安市科技攻关项目(编号:201540699);山东省农业科学院青年科研基金(编号:2016YQN32);山东省果树研究所所长基金(编号:2013KY02)。

作者简介:范 昆(1980—),女,山东泰安人,硕士,助理研究员,主要从事果树病虫害综合防治及有害生物抗药性研究。Tel:(0538)8266575;E-mail:kunstage@163.com。

通信作者:陶吉寒,硕士,研究员,主要从事果树栽培研究。E-mail:sdtjh\_69@163.com。

[9]李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:201-202.

[10]乔凤霞,崔春平,刘忠善,等. 烟草植株不同部位上西花蓟马的动态分布调查[J]. 江西农业学报,2007,19(9):65-66.

[11]郑伯平,郑长英,顾松东,等. 白三叶草生长期西花蓟马的空间分布型变化[J]. 环境昆虫学报,2010,32(1):1-5.

[12]Fromme P, Melkozernov A, Jordan P, et al. Structure and function of photosystem I: interaction with its soluble electron carriers and external antenna systems[J]. FEBS Letters, 2003, 555(1): 40-44.

[13]Jung K H, Hur J, Ryu C H, et al. Characterization of a rice chlorophyll-deficient mutant using the T-DNA gene-trap system[J]. Plant and Cell Physiology, 2003, 44(5): 463-472.

[14]Nakanishi H, Nozue H, Suzuki K, et al. Characterization of the *Arabidopsis thaliana* mutant pcb2 which accumulates divinyl chlorophylls[J]. Plant and Cell Physiology, 2005, 46(3): 467-473.

[15]王 蓁,巨关升,秦锡祥. 毛白杨树皮内含物对光肩星天牛抗性的探讨[J]. 林业科学, 1995, 31(2): 185-188.

[16]李进步,方丽平,张亚楠,等. 不同类型品种棉花上棉蚜适生性及种群动态[J]. 昆虫学报, 2007, 50(10): 1027-1033.

[17]李奕震,郑柱龙,谢治芳. 板栗芽内化学物质与抗栗瘿蜂的关系[J]. 华东昆虫学报, 2006, 15(1): 13-16.

[18]张春妮. 甘蓝苗期对桃蚜 *Myzus persicae* (Sulzer) 抗性的生化机制研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2005.