

不同寄主来源的葡萄霜霉病菌致病力测定及孢子囊大小比较

黄晓庆, 孔祥久, 孔繁芳, 刘薇薇,
王玉倩, 王忠跃*, 张 昊*

(中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要 对采自我国不同地区、不同主栽葡萄品种‘红地球’、‘巨峰’及‘赤霞珠’上的 12 份葡萄霜霉病菌的致病力及孢子囊大小进行了比较和分析, 结果表明: 采自不同葡萄品种的病原菌对感病葡萄品种‘奥迪亚无核’叶片的致病力具有明显差异, 其中‘巨峰’及‘红地球’来源的病原菌致病性较强, 明显大于‘赤霞珠’来源的病原菌致病力; 采自不同葡萄品种的霜霉病菌孢子囊大小存在一定的差异, ‘赤霞珠’来源的病原菌孢子囊明显大于‘巨峰’及‘红地球’来源的霜霉病菌孢子囊。上述结果表明, 采自不同寄主的葡萄霜霉病菌的致病力及孢子囊大小均存在一定程度的分化。

关键词 葡萄霜霉病菌; 致病力; 孢子囊大小

中图分类号: S 436. 631. 1 **文献标识码:** A **DOI:** 10. 3969/j. issn. 0529 - 1542. 2015. 03. 035

Pathogenicity and sporangia size analysis of *Plasmopara viticola* from different grape varieties

Huang Xiaoqing, Kong Xiangjiu, Kong Fanfang, Liu Weiwei, Wang Yuqian, Wang Zhongyue, Zhang Hao

(State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract Twelve samples from different planting areas were collected on ‘Kyoho’, ‘Red Globe’ and ‘Cabernet Sauvignon’, which were mainly grape varieties in China. The pathogenicity was tested and the size of sporangia was measured. The results showed that the ability of *Plasmopara viticola* isolates from different grape varieties to colonize *Vitis vinifera* ‘Otilia’ leaf tissue differed significantly. Isolates from ‘Kyoho’ and ‘Red Globe’ were significantly more aggressive than those from ‘Cabernet Sauvignon’. And sporangia size from different grape varieties differed significantly too. Isolates from ‘Cabernet Sauvignon’ were significantly bigger than others. In conclusion, there were significant differences in aggressiveness and sporangia size among isolates from different hosts.

Key words *Plasmopara viticola*; pathogenicity; sporangia size

葡萄(*Vitis* spp.)是世界上栽培历史最悠久的植物之一, 葡萄鲜果及其产品具有多种价值, 随着人民生活水平的提高, 对无公害葡萄及其产品的需求也逐渐增加, 葡萄产业向着健康、优质、绿色的方向发展是大势所趋。由葡萄霜霉病菌[*Plasmopara viticola* (Berk et Curtis) Berl. et de Toni](卵菌门, 卵菌纲, 霜霉目, 霜霉科, 单轴霉属)引起的葡萄霜霉病是危害葡萄最严重的病害之一, 目前, 世界上几乎

所有的葡萄产区都有葡萄霜霉病的发生。一般年份, 葡萄霜霉病引起的损失在 5% 左右, 流行年份, 可达 20%~80%, 严重制约了世界及我国葡萄产业的健康发展^[1]。

葡萄霜霉病菌可以侵染葡萄的任何绿色幼嫩组织, 主要危害叶片, 造成叶片病斑, 致使叶片早衰、脱落, 从而使与叶片光合作用有关的所有生理过程受阻, 若防治不及时, 对整个植株的长势、产量及品质

收稿日期: 2014 - 04 - 21

修订日期: 2014 - 07 - 31

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203035); 国家现代农业产业技术体系专项资金(nycytx-30)

致谢: 感谢国家葡萄产业体系各综合试验站为本研究提供的葡萄霜霉病样品。

* 通信作者 E-mail: wangzhy0301@sina. com; hzhang@ippcaas. cn

都会造成严重的影响^[2]。

国外的相关研究表明,采自不同寄主的葡萄霜霉病菌表现出明显的寄主专化性,并且不同来源的霜霉病菌的孢子囊形态具有明显的差异^[3]。2013 年,刘旭等对采自不同地区‘红地球’的霜霉病菌菌株的生物学特性和致病力进行了比较,发现来自同一寄主不同地区菌株的孢子囊形态及致病力差异较小^[4],而不同品种来源的葡萄霜霉病菌的致病力及孢子囊形态是否存在差异,与相应的寄主之间是否存在一定的相关性,目前尚不清楚。上述问题对于霜霉病菌群体的遗传多样性、预测预报及综合防治问题至关重要,因此,笔者对采自不同寄主的霜霉病菌的致病力以及孢子囊形态进行了分析和比较。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株

供试菌株分别采自‘巨峰’(*V. labrusca* × *V. vinifera* ‘Kyoho’),‘红地球’(*V. vinifera* ‘Red Globe’),‘赤霞珠’(*V. vinifera* ‘Cabernet Sauvignon’)3 个葡萄品种,具体的信息见表 1。

表 1 供试葡萄霜霉病菌菌株来源

菌株编号 Strain number	寄主品种 Variety	采集地 Source
1	巨峰	河北石家庄
2	巨峰	河北石家庄
3	巨峰	河北石家庄
4	巨峰	辽宁北宁
5	红地球	辽宁熊岳
6	红地球	辽宁熊岳
7	红地球	辽宁熊岳
8	红地球	新疆博乐
9	红地球	新疆博乐
10	赤霞珠	河北昌黎
11	赤霞珠	河北昌黎
12	赤霞珠	河北昌黎

1.1.2 接种材料

接种材料为栽于中国农业科学院植物保护研究所温室的‘奥迪亚无核’(*V. vinifera* ‘Otilia’)扦插苗。

1.2 试验方法

1.2.1 病原菌的采集与培养

采集的病样要求尽可能新鲜、纯净、无杂菌,并且未施用杀菌剂。采集的病叶先用蒸馏水冲洗 2~

3 次,然后置于底部铺有 2 层湿润滤纸的培养皿内,25 ℃,L//D=16 h//8 h 保湿培养,待病叶上长出新的浓密菌层,备用。

1.2.2 接种材料的培养

先将老熟的葡萄枝条用水浸泡 24 h,使其吸收充足的水分,然后将枝条剪成小段(2~3 芽/段),将剪短的葡萄枝条依次置于 75%的乙醇 1 min,5%的次氯酸钠 20 min 进行表面消毒,然后立即用无菌水漂洗 3 次,最后将消毒过的枝条的下端置于 0.005 g/mL 的生根粉中浸泡,以促进枝条的萌发。然后将沙土、蛭石(1:3)的混合物置于 121 ℃ 湿热灭菌 30 min;将用生根粉处理过的枝条,扦插于灭菌土中,置于温室的光照培养架上(温度 25 ℃,相对湿度 65%,L//D=16 h//8 h)培养。

1.2.3 致病力测定

致病力试验采用圆叶盘接种法。将采自不同寄主上的霜霉病菌接种到欧亚感病品种‘奥迪亚无核’上,观察不同寄主来源的病原菌在同一感病材料上的致病力是否存在差异。具体的接种方法如下:

采集距葡萄苗顶端第 5~6 片叶作为接种材料,将收集的新鲜叶片用蒸馏水冲洗 3 次后于滤纸上晾干,之后使用直径为 11 mm 的打孔器在无菌条件下将其打制成新鲜的叶盘,叶背朝上置于 1%的水琼脂培养基上备用;将来自不同寄主的霜霉病菌配制成含孢子囊 1×10⁵ 个/mL 的悬浮液,每个叶盘上滴加 20 μL,同时以滴加蒸馏水的叶盘作为阴性对照,每份样品接种 60 个叶盘,(每皿 20 个,共 3 皿),将其置于光照培养箱(25 ℃)中黑暗培养 24 h 之后,用滤纸吸去多余的菌液继续正常培养(25 ℃,L//D=16 h//8 h)。

于接种后 3~9 d 调查发病情况。记录初始发病天数、9 d 病叶数及发病级数。根据农业部农药田间药效试验准则制定的分级标准^[5],葡萄霜霉病病害严重度可分为 6 个级别:

- 0 级:无病斑;
 - 1 级:发病面积占整个叶面积的 6%以下;
 - 3 级:发病面积占整个叶面积的 6%~10%;
 - 5 级:发病面积占整个叶面积的 11%~20%;
 - 7 级:发病面积占整个叶面积的 21%~50%;
 - 9 级:发病面积占整个叶面积的 50%以上。
- 根据统计的结果,计算发病率及病情指数。
发病率(%)=发病叶盘数/调查总叶盘数×100;

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

1.2.4 不同寄主霜霉病菌孢子囊大小的测定

在上述采集的新鲜病样上直接挑取少量菌丝，配成孢子囊悬浮液，制成玻片置于 10×40 倍显微镜下测量其孢子囊大小，每个样品随机测量 100 个孢子囊的长和宽，并对其进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 致病力测定结果

不同寄主来源霜霉病菌接种于‘奥迪亚无核’的

致病力结果(表 2)表明，不同来源的霜霉病菌致使‘奥迪亚无核’发病的初始时间、9 d 发病率及病情指数都有所不同，其中‘巨峰’来源的霜霉病菌在‘奥迪亚无核’上的潜育期最短，9 d 发病率及病情指数都较高；而‘赤霞珠’来源的霜霉病菌潜育期较长，9 d 发病率及病情指数相对较低。对其病情指数的统计分析结果表明，不同来源的霜霉病菌的致病力存在显著差异($F=3.48, P<0.05$)，其中采自河北石家庄-2‘巨峰’上的菌株致病力显著大于其他菌株，9 d 病情指数高达 55.56；采自河北昌黎-1‘赤霞珠’上的菌株致病力显著低于其他菌株。

表 2 不同葡萄品种来源的菌株致病力测定结果¹⁾

Table 2 The pathogenicity analysis of *Plasmopara viticola* isolates from different grape varieties

采集品种 Variety	采集地 Source	初始发病时间/d The initial of onset	9 d 发病率/% Disease incidence on the 9th day	9 d 病情指数 Disease index on the 9th day
巨峰	河北石家庄-1	3	100.00	(38.52±9.38)ab
	河北石家庄-2	4	100.00	(55.56±6.42)a
	河北石家庄-3	4	100.00	(44.44±5.66)ab
	辽宁北宁	4	87.50	(33.25±5.06)bc
红地球	辽宁熊岳-1	5	100.00	(27.40±4.22)bc
	辽宁熊岳-2	4	93.33	(45.18±2.26)ab
	辽宁熊岳-3	5	86.67	(34.81±5.34)bc
	新疆博乐-1	6	80.00	(40.74±3.92)ab
赤霞珠	新疆博乐-2	5	100.00	(45.18±5.99)ab
	河北昌黎-1	7	82.22	(20.00±2.38)c
	河北昌黎-2	6	83.33	(23.33±0.37)bc
	河北昌黎-3	6	100.00	(32.35±3.24)bc

1) 表中数据为平均数±标准误；同列不同字母表示经 Tukey’s HSD 多重比较在 0.05 水平差异显著。
Data are presented as mean±SE. Data with different letters in the same column are significantly different at 0.05 level.

将上述收集的菌株按照品种来源划分为不同的群体，统计结果表明，不同群体之间的葡萄霜霉病菌的致病力存在显著差异($F=4.37, P<0.05$) (图 1~2)。其中，采自‘赤霞珠’的霜霉病菌的致病力显著小于其他两个品种，而‘巨峰’与‘红地球’群体的霜霉病菌致病力差异不显著；同一品种来源群体内来自不同地区的霜霉病菌菌株之间的致病力没有明显的差异，例如同是采自‘巨峰’葡萄的辽宁北宁菌株与河北石家庄 1 号和 3 号菌株之间的致病力无显著差异；同是采自‘红地球’葡萄的新疆地区与辽宁地区的霜霉病菌菌株之间的致病力也没有显著差异。说明不同品种来源的霜霉病菌致病力存在着一定程度的分化。

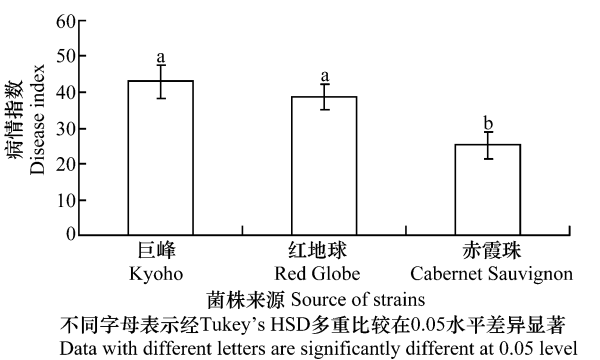


图 1 不同品种来源的霜霉病菌的致病力比较
Fig. 1 Pathogenicity analysis of isolates from different varieties



图 2 不同寄主来源的葡萄霜霉病菌接种结果

Fig. 2 *P. viticola* isolates from different grape varieties inoculated on *V. vinifera* ‘Otilia’

2.2 不同来源霜霉病菌孢子囊大小

对不同来源的葡萄霜霉病菌孢子囊大小进行测量,结果(表 3)表明,不同来源葡萄霜霉病菌的孢子囊大小存在显著差异($F=36.18, P<0.05$),其中最

大的孢子囊长度可达 $39.69\text{ }\mu\text{m}$,最小的孢子囊长度为 $12.16\text{ }\mu\text{m}$,最大的孢子囊宽度可达 $23.07\text{ }\mu\text{m}$,最小的孢子囊宽度为 $9.13\text{ }\mu\text{m}$ 。

表 3 不同来源葡萄霜霉病菌的孢子囊大小¹⁾

Table 3 Size of sporangia of *P. viticola* isolates from different grape varieties

菌株编号 Strain number	孢子囊长度×宽度/ μm Sporangia size	平均长度/ μm Sporangia length	平均宽度/ μm Sporangia width
巨峰 HB-1	(12.16~31.13)×(9.13~20.15)	(20.25±0.37)e	(14.40±0.19)d
巨峰 HB-2	(12.96~29.04)×(11.19~20.34)	(19.87±0.31)e	(15.36±0.19)c
巨峰 HB-3	(13.08~27.22)×(9.59~19.26)	(20.15±0.42)e	(14.65±0.28)d
巨峰 LN	(13.47~39.69)×(12.69~22.01)	(22.26±0.47)bc	(16.41±0.22)b
红地球 LN-1	(13.44~30.71)×(10.01~18.76)	(19.87±0.27)e	(14.45±0.17)d
红地球 LN-2	(14.43~22.23)×(11.70~17.09)	(18.53±0.15)f	(14.26±0.10)d
红地球 LN-3	(14.94~26.91)×(12.51~19.03)	(20.86±0.24)de	(15.76±0.13)c
红地球 XJ-1	(17.06~37.01)×(10.06~23.07)	(23.70±0.45)a	(16.41±0.35)b
红地球 XJ-2	(13.40~28.06)×(10.06~20.63)	(21.46±0.41)cd	(15.59±0.32)c
赤霞珠 HB-1	(17.81~32.80)×(11.39~21.14)	(23.01±0.31)ab	(16.96±0.20)b
赤霞珠 HB-2	(17.12~32.96)×(13.40~22.91)	(22.31±0.32)bc	(16.93±0.20)b
赤霞珠 HB-3	(16.82~35.26)×(13.69~23.01)	(23.88±0.32)a	(17.63±0.18)a

1) 表中数据为平均数±标准误;同列不同字母表示经 Tukey’s HSD 多重比较在 0.05 水平差异显著。
Data are presented as mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level.

为进一步明确孢子囊大小的变化规律,将上述菌株按品种来源分为不同的群体,进行群体内及群体间孢子囊大小的比较。不同品种来源的霜霉病菌群体间的孢子囊长度($F=64.89, P<0.05$)和宽度($F=111.90, P<0.05$)均存在显著差异(图 3),其中‘赤霞珠’来源的病原菌孢子囊长和宽显著大于其他品种,‘红地球’、‘巨峰’来源的病原菌孢子囊长和宽无显著差异;而来自同一品种不论是同一地区来源还是不同地区来源的霜霉病菌的孢子囊大小都存在显著差异(图 4),因此病原菌的孢子囊大小与相应的采集地区之间目前没有发现明显的相关性。但是不同品种来源的霜霉病菌孢子囊大小确实存在一定程度的分化。

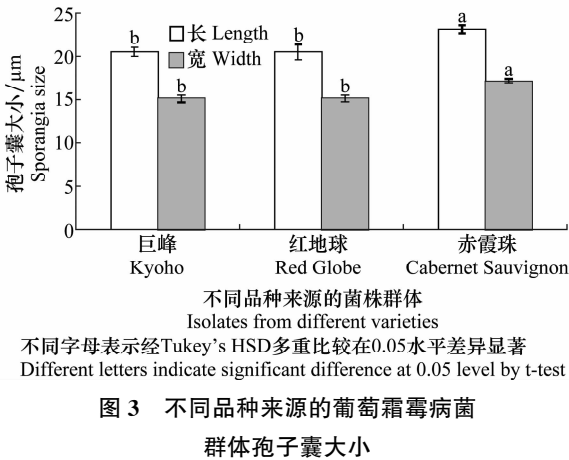
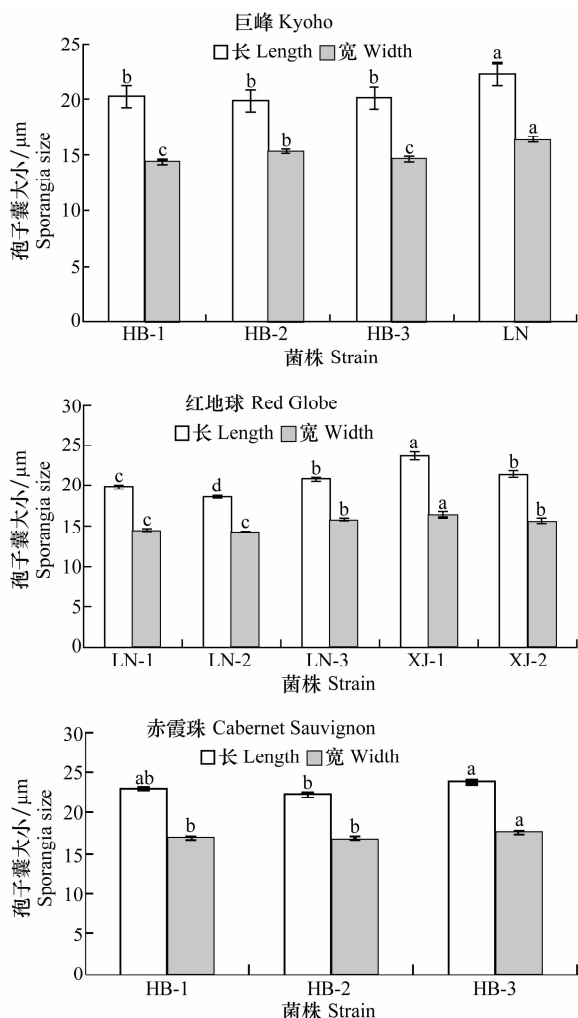


图 3 不同品种来源的葡萄霜霉病菌群体孢子囊大小

Fig. 3 Sporangia size of *P. viticola* isolates from different grape varieties



不同字母表示经Tukey's HSD多重比较在0.05水平差异显著
Different letters indicate significant difference at 0.05 level

图4 同一寄主来源的葡萄霜霉病菌群体内孢子囊大小的比较

Fig. 4 Sporangia size of *P. viticola* isolates from the same grape variety

3 讨论

葡萄霜霉病菌作为一种活体营养寄生菌,其室内接种方法主要有以下几种:离体叶片接种、新鲜葡萄枝条接种、圆叶盘接种以及试管苗接种等,其中圆叶盘接种方法因其节省空间,节约接种材料,并且与田间反应最为接近,而得到广泛的认可和应用^[6-11]。

本研究通过叶盘接种试验对霜霉病菌的致病力进行测定,结果显示不同菌株对同一接种材料的致病性不同,并且不同品种来源的霜霉病菌群体之间的致病力差异显著,来自欧美杂交种‘巨峰’、欧亚种‘红地球’的病原菌致病力相近,其显著大于‘赤霞

珠’来源的菌株。说明不同品种来源的菌株致病力存在着一定程度的分化。由于目前葡萄霜霉病菌的致病力测定还没有一套标准、有效、统一的寄主,因此在不同的研究中采用的致病力测定寄主可能有所不同。欧亚种‘奥迪亚无核’因其高度感染霜霉病菌的特性,而被作为本试验的接种材料。但葡萄霜霉病菌作为一种专性寄生菌,活菌的保存和扩繁都有一定的难度,因此很难在短时间内同时获得大量新鲜的采自不同寄主的病原菌,这在一定程度上限制了本研究对其致病力的进一步测定及验证。

对不同来源的霜霉病菌孢子囊形态进行观察,发现不同品种上霜霉病菌的孢子囊大小具有明显差异,来源于‘赤霞珠’的霜霉菌的孢子囊显著大于其他品种,而来源于‘红地球’及‘巨峰’的病原菌孢子囊差异不大。同一品种不同地区来源的霜霉病菌孢子囊大小也存在显著差异,说明不同来源的霜霉菌在孢子囊形态上确实存在着一定程度的分化。这与 Savulescu, Golovina 及 Kump 对孢子囊形态的观察结果一致^[12],但本试验对于同一品种不同地区之间病原菌孢子囊大小的比较结果与刘旭的结果有所不同,这可能与这些因素更易受环境条件的影响有关,尚需要进一步的试验验证。

2013年, Rouxel 通过交互接种试验证实了不同来源的霜霉病菌对不同葡萄品种的致病力不同,并结合孢子囊形态的比较及系统发育分析方法,发现采自美洲的霜霉病菌是一个复合群体,其可能由4种不同的专化型组成^[3],目前中国没有相关报道。病原菌致病力测定及孢子囊形态的比较对其群体遗传结构的研究具有重要意义,本试验针对我国主栽葡萄品种上的葡萄霜霉病菌的致病力及孢子囊形态的分化进行了初步探索,但对于霜霉病菌群体学的研究,仍需进一步结合分子生物学手段进行相关试验。

参考文献

- [1] 王忠跃. 中国葡萄病虫害与综合防控技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [2] 刘世秋, 郭锐, 张军翔. 宁夏贺兰山东麓葡萄灰霉病的发生与综合防治[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2012(4): 38-40.
- [3] Rouxel M, Mestre P, Comont G, et al. Phylogenetic and experimental evidence for host-specialized cryptic species in a biotrophic oomycete [J]. New Phytologist, 2013, 197(1): 251-263.

杜仲梦尼夜蛾一年发生 3~4 代,第 1 代幼虫出现在 4 月中旬,越冬代幼虫 10 月上旬才开始入土化蛹,部分幼虫甚至可取食到 11 月上旬落叶之前,为害周期较长,并且世代重叠现象较为严重,这些因素都给杜仲梦尼夜蛾的防治增加了难度。因此,杜仲梦尼夜蛾种群监测技术、结合不同虫口密度造成的危害程度开发的预警技术、特别是最适防治时间窗的确立是下一步研究的重点。

参考文献

- [1] 周云龙,张声堂. 杜仲梦尼夜蛾生物学特性及防治研究[J]. 西北林学院学报, 1996, 11(2):64-68.
- [2] 李剑豪,李东平. 杜仲梦尼夜蛾生物学特性初步研究[J]. 森林病虫害通讯, 1997 (4):19-21.
- [3] 吴敏,赵阳,马志刚,等. 果园化栽培模式杜仲雄花、果实和叶片产量的调查分析[J]. 林业科学研究, 2014,27(2):270-276.
- [4] Sun Z Q, Li F D, Du H Y, et al. A novel silvicultural model for increasing biopolymer production from *Eucommia ulmoides* Oliver trees [J]. Industrial Crops and Products,2013,42:216-222.
- [5] 朱彦鹏,梁军,孙志强,等. 树种组成决定联合抗性或易感性:以昆崙山腮扁叶蜂发生为例[J]. 生态学杂志,2013,32(4):938-945.
- [6] Pimentel D. Species diversity and insect population outbreaks [J]. Annals of the Entomological Society of America, 1961, 54 (1):76-86.
- [7] 曾凡勇,孙志强. 森林生态系统中植食性昆虫与寄主的互动机制、假说与证据[J]. 生态学报,2014,34(5):1061-1071.
- [8] 孙志强,杜红岩,李芳东. 杜仲集约化栽培潜在的病虫害灾害及其应对策略[J]. 经济林研究, 2011,29(14):70-76.
- [9] 曾令祥. 杜仲主要病虫害及防治技术[J]. 贵州农业科学, 2004,32(3):75-77.
- [10] 廉梅霞,张育平. 明纹柏松毛虫各龄幼虫取食量和排粪量[J]. 应用昆虫学报,2011, 48(4):982-985.
- [11] 戴建青,黄志伟,杜家纬. 印楝素乳油对斜纹夜蛾的生物活性及田间防效研究[J]. 应用生态学报,2005, 16(6):1095-1098.
- [12] 门兴元,于毅,张安盛,等. 试管药膜法测定 10 种杀虫剂对绿后丽盲蝽若虫的室内毒力[J]. 植物保护,2011,37(4):154-157.
- [13] 程东美,张镇添,玉基立,等. 一品红烟粉虱防治药剂筛选及盆栽药效[J]. 植物保护,2014,40(1):192-195.
- [14] 凌炎,钟勇,尹文兵,等. 7 种杀虫剂对褐飞虱的毒力测定[J]. 华中农业大学学报,2012,31(1):73-76.
- [15] 严林,邓晓青,张永军,等. 都兰钝额斑螟的生物学特性及四种杀虫剂的室内毒力测定[J]. 应用昆虫学报,2011,48(4):963-970.
- [16] 赵阳,朱景乐,李芳东,等. 杜仲梦尼夜蛾幼虫的空间分布型及抽样技术[J]. 环境昆虫学报,2014,36(4):629-634.
- [17] 彭赫,张云慧,李祥瑞,等. 5 种杀虫剂对白眉野草螟的毒力测定和田间防效[J]. 植物保护, 2013, 39(6):184-187.
- [18] 李慧玲,原国辉,胡晶晶,等. 寄主植物轮换饲养和次生代谢物交叉涂布对棉铃虫取食的影响[J]. 生态学报,2014,34(24):7421-7427.
- [19] 郭瑛. 甲维盐·毒死蜱及其复配对小菜蛾的毒力分析[J]. 华东昆虫学报,2005, 14(4):371-374.
- [20] 常国彬,刘金燕,熊慧君,等. 两种杀虫剂对蜀柏毒蛾的生物活性和林间防效[J]. 中国森林病虫, 2011, 30(6):43-45.
- [21] 张强,罗万春,李慧冬. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与阿维菌素对小菜蛾幼虫室内比较毒力研究[J]. 农药,2001,40(5):24-26.
- [22] 马志卿,张兴. 植物源杀虫物质的作用特点[J]. 植物保护, 2000,26(2):37-39.
- [23] 陈小军,杨益众,张志祥,等. 印楝素及印楝杀虫剂的安全性评价研究进展[J]. 生态环境学报,2010,19(6):1478-1484.
- [24] 屠豫钦,李秉礼. 农药应用工艺学导论[M]. 北京:化学工业出版社,2006:26-46.

(责任编辑:王 音)

(上接 182 页)

- [4] 刘旭,梁曼,王阳,等. 不同地区葡萄霜霉病菌生物学特性及致病力研究[J]. 北方园艺, 2013 (6):119-122.
- [5] 农业部农药检定所. 农药田间药效试验准则[S]. 北京:中国标准出版社,2000.
- [6] Liu S M, Sykes S R, Clingeleffer P R. A method using leafed single-node cuttings to evaluate downy mildew resistance in grapevine [J]. Vitis-Geilweilerhof, 2003, 42(4):173-180.
- [7] Liu S M, Sykes S R, Clingeleffer P R. Variation between and within grapevine families in reaction to leaf inoculation with downy mildew sporangia under controlled conditions [J]. Vitis-Geilweilerhof, 2008, 47(1):55.
- [8] Brown M V, Moore J N, Fenn P, et al. Comparison of leaf disk, greenhouse, and field screening procedures for evaluation of grape seedlings for downy mildew resistance [J]. HortScience, 1999, 34(2):331-333.
- [9] Boso Alonso S, Kassemeyer H H. Different susceptibility of European grapevine cultivars for downy mildew [J]. Vitis, 2008, 47(1):39-49.
- [10] Sotolar R. Comparison of grape seedlings population against downy mildew by using different provocation methods [J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2007, 35: 61-68.
- [11] Staudt G, Kassemeyer H H. Evaluation of downy mildew resistance in various accessions of wild *Vitis* species[J]. Vitis, 1995, 34(4):225-228.
- [12] Gessler C, Pertot I, Perazzolli M. *Plasmopara viticola*: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management [J]. Phytopathologia Mediterranea,2011,50(1):3-44.

(责任编辑:王 音)