

庚醛与桉叶油醇组合对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

刘 燕¹, 谢冬生², 熊 焰¹, 王春娅¹, 任智强¹, 肖 春^{1*}

(1. 云南农业大学植物保护学院, 昆明 650201; 2. 农业部对外经济合作中心,
中国-欧洲联盟农业技术中心, 欧洲合作处, 北京 100125)

摘要 马铃薯块茎蛾(*Phthorimaea operculella*)是世界上为害马铃薯最严重的害虫之一,本研究利用桉叶油醇与庚醛驱避-引诱组合对其产卵行为进行调控,以探究最佳驱避-引诱组合规律及影响因素。在室内条件($27\pm 1^{\circ}\text{C}$, L//D=14 h//10 h, RH:50%~70%)测定了桉叶油醇与庚醛单组分及两种组分驱避-引诱组合对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响。桉叶油醇在6~12 mg/L浓度范围内对马铃薯块茎蛾表现为产卵引诱作用,在18~30 mg/L浓度范围内则表现为产卵驱避作用;庚醛在6~30 mg/L浓度范围内对马铃薯块茎蛾表现为产卵驱避效果。将对马铃薯块茎蛾产卵行为引诱效果较好的桉叶油醇(3, 6, 12 mg/L)与驱避效果较好的庚醛(12, 18, 24 mg/L)进行引诱-驱避组合, 12 mg/L 庚醛与 3 mg/L 桉叶油醇 push-pull 组合效果最好, push-pull 效应达 36.6%。对马铃薯块茎蛾产卵行为调控最佳的驱避-引诱组合为最低驱避浓度(12 mg/L 庚醛)与最低引诱(3 mg/L 桉叶油醇)浓度组合。产卵选择指数和 push-pull 效应与交配率、单雌产卵量不具有相关性,但是浓度变化可以导致交配率和单雌产卵量的变化。

关键词 马铃薯块茎蛾; 桉叶油醇; 庚醛; 驱避-引诱组合

中图分类号: S 436.32 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.03.016

Effects of combination of cineole with heptanal on oviposition choices of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*

Liu Yan¹, Xie Dongsheng², Xiong Yan¹, Wang Chunya¹, Ren Zhiqiang¹, Xiao Chun¹

(1. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Division of European Affairs, Foreign Economic Cooperation Center, Ministry of Agriculture, P. R. China, China-EU Center for Agricultural Technology, Beijing 100125, China)

Abstract The potato tuber moth (PTM), *Phthorimaea operculella* is one of the major pests causing severe damage to potatoes. Plant secondary metabolites were used to regulate the oviposition of PTM, in order to understand the regular pattern of push-pull combinations and their influencing factors. The oviposition choices of PTM on potato tubers treated with different single concentrations and push-pull combinations of cineole with heptanal were measured under laboratory conditions ($27\pm 1^{\circ}\text{C}$, L//D=14 h//10 h, 50%–70% RH). The results indicated that cineole attracted the oviposition of PTM at low concentrations from 6 mg/L to 12 mg/L, but repelled it at higher concentrations from 18 mg/L to 30 mg/L. Heptanal had a significant repellent effect on the oviposition at the concentrations from 6 mg/L to 30 mg/L. By combining cineole with better pull effect (3 mg/L, 6 mg/L, 12 mg/L) with heptanal with better push effect (12 mg/L, 18 mg/L, 24 mg/L) to oviposition of PTM, the combination of heptanal (12 mg/L) with cineole (3 mg/L) showed the best push-pull effect (36.6%) on the oviposition. The results suggested that the best push-pull combination to oviposition of PTM was the combination of the lowest pull concentration (3 mg/L cineole) with the lowest push concentration (12 mg/L heptanal). The oviposition index or push-pull effect had no relevance to the mating rate as well as the deposited eggs per female, but the mating rate and the eggs laid per female will change with the changing concentration.

Key words *Phthorimaea operculella*; cineole; heptanal; push-pull combination

收稿日期: 2015-03-26 修订日期: 2015-07-10

基金项目: 国家自然科学基金 (31560607)

* 通信作者 E-mail: x.chun@163.com

利用植物产生的次生代谢物质来调控昆虫行为的研究表明,化学物质可以调控已交配雌蛾对寄主植物的识别与选择行为^[1],并且在植食性昆虫选择合适产卵场所的过程中发挥着重要作用^[2]。行为调控通常包括“引诱”(pull)与“驱避”(push)两个方面。在明确昆虫对寄主的产卵喜好性基础上,可以尝试利用合适的化学信息“引诱”成虫^[3];利用非寄主植物等化学信息对害虫进行“驱避”处理^[4]。将引诱与驱避因素联合起来使用,以调控昆虫在作物上的分布及数量,从而减小作物损失,称为引诱-驱避策略,即驱避-引诱组合^[5]。即驱避因素为利用对害虫不利的物质对其进行驱赶,从而保护作物不被危害;引诱物质可以尽可能多的诱集害虫,并集中诱杀,进一步保护作物不被为害。

马铃薯块茎蛾是世界上为害马铃薯最严重的害虫之一^[6]。马铃薯块茎储藏于仓库4个月左右,成虫产卵于块茎芽眼、伤口处时,初孵幼虫由芽眼处蛀入块茎内取食,整个块茎被蛀空,不能食用,虫害发生最严重时,为害率达100%^[7],受害的块茎腐烂并失去食用价值。在田间马铃薯植株生长旺盛期,如果把剖开的新鲜块茎置于田间,即便是相距100 m以上,马铃薯块茎蛾雌虫也能够迅速找到块茎并产卵^[8]。马铃薯块茎蛾在田间的为害可使块茎减产20%~30%。

Ma和Xiao^[5]研究了印楝素、桉叶油醇、庚醛3种物质的单组分及其引诱-驱避组合对马铃薯块茎蛾产卵选择行为的调控效果,但并未探究引诱-驱避最佳组合浓度、组合规律及影响因素。初步认为,将对马铃薯块茎蛾产卵行为具有最佳引诱效果的物质与具有最佳驱避效果的物质进行引诱-驱避组合,驱避-引诱效果会最好。本研究拟参考Ma和Xiao^[5]的研究结果,利用具有引诱效果的桉叶油醇与具有驱避效果的庚醛进行驱避-引诱组合对马铃薯块茎蛾产卵行为进行调控,以对不同驱避-引诱组合效果及其规律进行探究,同时分析驱避-引诱组合效应、落卵量、交配率三者之间的相关性,并验证以上推论正确与否,为利用植物次生代谢物质调控马铃薯块茎蛾行为提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试虫源

马铃薯块茎蛾饲养于云南农业大学植物保护学院养虫室。幼虫用马铃薯块茎(品种为‘合作88’)饲

养,饲养密度为20头/块茎(130±2g),成虫羽化后喂以10%蜂蜜水^[9]。饲养条件为:(27±1)℃,L//D=14 h//10 h,RH 50%~70%。

1.2 供试药品及溶液配制

庚醛(heptanal, 95%, 东京化成, CAS: 111717); 桉叶油醇(cineole, 99%, Schuchardt Munchen, CAS: 470826); 吐温80(Tween 80, Sigma, CAS: 9005656); 无水乙醇(ethanol, 99%, 天津市风船化学试剂科技有限公司, CAS: 64175)。

取30 mg 桉叶油醇或庚醛,加等体积的无水乙醇和等质量浓度的吐温80,配成300 mg/L的水溶液100 mL(母液)待用,对照为只含等量无水乙醇和吐温80的水溶液。

取配好的母液,分别将桉叶油醇与庚醛稀释成30、24、18、12、6、3 mg/L的水溶液1 000 mL,冰箱低温保存备用,对照溶液稀释如上。

1.3 行为测定

1.3.1 桉叶油醇与庚醛单组分对马铃薯块茎蛾产卵选择作用测定

将6个大小、表皮损伤面积及粗糙度一致的洗净马铃薯块茎(品种为‘合作88’)分2组分别浸入不同浓度的桉叶油醇或庚醛溶液及其对照溶液中5 s后取出。待马铃薯块茎晾干后分别将处理与对照块茎置于待测容器(内表面光滑的底部为30 cm×24 cm,高18 cm的透明塑料方形盆,表面盖一层400目铁丝网,用夹子固定)两侧,每侧3个块茎,两侧块茎间距为20 cm,之后向塑料容器中接入当日羽化的健康成虫20头(♀:♂=10:10),以10%蜂蜜水为其提供营养,封好容器,防止块茎蛾飞出,然后将测试容器对称放置在光源的两侧。3 d后统计不同组的落卵量,并对供试雌虫进行解剖,观察储精囊内有无精包,以确认雌虫是否交配,重复4次。

1.3.2 桉叶油醇与庚醛驱避-引诱组合对马铃薯块茎蛾产卵作用测定

参考Ma和Xiao^[5]的试验结果,桉叶油醇分别在0.75、1.5、3、6、12 mg/L浓度下,对马铃薯块茎蛾产卵行为表现为引诱效果,结合本研究单组分测定结果(表2,表3),挑选桉叶油醇引诱效果及庚醛驱避效果较好的浓度,分别浸泡块茎,进行驱避-引诱组合,具体组合见表1,操作如上,统计不同组合落卵量和已交配雌虫数。

表 1 庚醛与桉叶油醇驱避-引诱组合¹⁾

Table 1 Push-pull combinations of heptanal with cineole

组合 Combination	庚醛(驱避)/mg · L ⁻¹ Heptanal (push)	桉叶油醇(引诱)/mg · L ⁻¹ Cineole (pull)
HC ₁	24	3
HC ₂	24	6
HC ₃	24	12
HC ₄	18	3
HC ₅	18	6
HC ₆	18	12
HC ₇	12	3
HC ₈	12	6
HC ₉	12	12

1) HC₁~HC₉ 表示庚醛与桉叶油醇不同浓度组合。
HC₁—HC₉ indicate different push-pull combinations of heptanal with cineole.

1.4 数据处理

产卵反应率(%)=
$$\frac{\text{卵量(处理+对照)}}{\text{卵量(处理+对照+容器壁)}} \times 100 =$$

$$\frac{\text{卵量[组合处理(引诱+驱避)]}}{\text{卵量[组合处理(引诱+驱避)+容器]}};$$
 产卵选择指数(Oviposition index, OI,%)=
$$\frac{\text{卵量(处理-对照)}}{\text{卵量(处理+对照)}} \times 100^{[10]};$$
 驱避-引诱效应(Push-pull effect,%) =
$$\frac{\text{卵量(引诱-驱避)}}{\text{卵量(引诱+驱避)}} \times 100^{[5]}.$$

表 2 桉叶油醇对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响¹⁾

Table 2 Effects of cineole on oviposition choices of *Phthorimaea operculella* on potato tubers

浓度/mg · L ⁻¹ Concentration	块茎总落卵量/粒 Eggs laid on tubers	对照块茎落卵量/粒 Eggs laid on control tubers	反应率/% Response rate	交配率/% Mating rate	单雌产卵量/粒 Deposited eggs per female	产卵选择指数/% Oviposition index
6	(451.5±61.8)ab	(164.8±28.1)c	(67.4±12.7)ab	(65.0±2.9)b	(105.3±5.1)a	(27.7±4.7)a
12	(535.3±67.1)ab	(239.5±28.6)c	(75.2±10.2)ab	(75.0±5.0)ab	(94.1±4.8)ab	(10.3±2.8)b
18	(406.0±90.8)b	(264.3±64.7)bc	(63.1±16.7)b	(80.0±7.1)a	(81.1±4.8)b	(-33.5±3.6)d
24	(649.5±91.9)a	(376.3±26.1)ab	(91.4±7.7)a	(82.5±2.5)a	(86.3±5.1)b	(-16.0±2.0)c
30	(671.3±79.2)a	(410.8±33.6)a	(89.6±5.4)a	(82.5±2.5)a	(90.1±8.0)ab	(-23.9±4.7)cd

1) 表中数据表示平均数±标准误(n=4),同一列中不同字母表示存在显著差异(P<0.05),下表同。
The data in the table are mean±SE (n=4). Different letters in the same column indicates statistically significant differences at P<0.05; the same below.

2.1.2 庚醛单组分对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响
不同浓度处理,马铃薯块茎蛾的产卵反应率均大于 60%,表明大部分卵产于供试块茎上,而非容器壁上,且产于块茎上的卵量变化与产卵反应率基本一致;产卵选择指数均小于零,表明该浓度范围内,庚醛对马铃薯块茎蛾均表现为产卵驱避效果。庚醛浓度为 18 mg/L 时,马铃薯块茎蛾交配率最低 (P<0.05),其

将数据用卡方检验 (P<0.05) 进行检测,将具有显著性差异的数据利用上述公式进行计算,然后采用 SPSS 17.0 单因素方差分析 (AVONA) 及 Duncan 多重比较分析数据间差异。

2 结果分析

2.1 桉叶油醇及庚醛单组分对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

2.1.1 桉叶油醇单组分对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

6~30 mg/L 浓度范围内,马铃薯块茎蛾的产卵反应率均大于 60%,表明马铃薯块茎蛾主要将卵产于块茎上,且产于块茎上的卵量与产卵反应率变化一致。在 6~12 mg/L 浓度范围内,产卵选择指数均大于零,表示该浓度范围内,桉叶油醇对马铃薯块茎蛾表现为产卵引诱效果;18~30 mg/L 浓度范围内,产卵选择指数均小于零,表示该浓度范围内,桉叶油醇对马铃薯块茎蛾均表现为产卵驱避效果。6 mg/L 桉叶油醇引诱效果最好,产卵选择指数达 27.7%。引诱浓度下(6~12 mg/L),随桉叶油醇浓度升高,交配率不断升高;驱避浓度下(18~24 mg/L),交配率不存在显著差异(P>0.05)。单雌产卵量以 6 mg/L 桉叶油醇处理最高,且与 18 mg/L 和 24 mg/L 处理存在显著差异(表 2)。

他 4 个浓度间交配率不存在显著差异(P>0.05);随浓度升高,单雌产卵量呈下降趋势;但各浓度间,产卵选择指数不存在显著差异(P>0.05)(表 3)。

2.2 桉叶油醇与庚醛驱避-引诱组合对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

除 HC₁ 组合外,马铃薯块茎蛾对其他组合的产卵反应率均大于 60%,HC₁ 组合超过一半的卵粒产

于容器壁上,说明该组合不适宜调控马铃薯块茎蛾产卵行为。将具有产卵驱避效果的庚醛与具有产卵引诱效果的桉叶油醇进行驱避-引诱组合,HC₇组合(12 mg/L 庚醛-3 mg/L 桉叶油醇)驱避-引诱效应显著增强,且显著高于其他组合($P<0.05$),

该组合为最低驱避浓度(12 mg/L 庚醛)与最低引诱浓度(3 mg/L 桉叶油醇)组合。除 HC₇ 组合外,其他组合间驱避-引诱效应不存在显著差异($P>0.05$),且与交配率和单雌产卵量不存在相关性(表 4)。

表 3 庚醛对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响
Table 3 Effects of heptanal on oviposition choices of *Phthorimaea operculella* on potato tubers

浓度/mg·L ⁻¹ Concentration	块茎总落卵量/粒 Eggs laid on tubers	对照块茎落卵量/粒 Eggs laid on control tubers	反应率/% Response rate	交配率/% Mating rate	单雌产卵量/粒 Deposited eggs per female	产卵选择指数/% Oviposition index
6	(595.3±28.1)ab	(330.8±15.4)b	(70.5±5.7)bc	(70.0±4.1)a	(121.1±5.1)a	(-11.1±1.2)a
12	(673.3±93.4)a	(407.8±37.7)a	(89.8±7.3)a	(75.0±2.9)a	(97.4±11.9)ab	(-23.5±5.7)a
18	(346.8±38.4)b	(215.3±21.7)c	(63.4±16.6)c	(60.0±4.1)b	(95.1±12.7)b	(-25.6±8.5)a
24	(365.3±23.2)b	(226.8±12.3)c	(65.0±10.4)c	(70.0±0.0)a	(80.8±3.1)b	(-24.7±6.2)a
30	(495.0±31.6)bc	(293.3±28.6)bc	(82.8±7.5)ab	(72.5±2.5)a	(82.2±3.1)b	(-23.2±0.8)a

表 4 庚醛与桉叶油醇驱避-引诱组合对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响
Table 4 Effects of push-pull combinations of heptanal with cineole on oviposition choices of *Phthorimaea operculella* on potato tubers

浓度 Concentration	块茎总落卵量/粒 Eggs laid on tubers	驱避块茎落卵量/粒 Eggs laid on push tubers	反应率/% Response rate	交配率/% Mating rate	单雌产卵量/粒 Deposited eggs per female	Push-pull 效应/% Push-pull effect
HC ₁	(389.3±40.3)c	(168.5±16.9)b	(48.3±8.7)c	(75.0±2.9)a	(107.3±1.8)a	(15.6±5.9)b
HC ₂	(658.3±30.7)a	(269.0±17.4)a	(85.6±5.5)a	(72.5±2.5)ab	(106.5±1.8)a	(13.0±5.3)b
HC ₃	(609.0±50.9)ab	(265.5±21.5)a	(78.5±9.8)a	(65.0±2.9)ab	(119.1±6.4)a	(16.1±7.0)b
HC ₄	(494.3±20.4)abc	(200.3±16.4)ab	(74.2±11.3)ab	(70.0±4.1)ab	(98.4±11.9)ab	(18.4±3.9)b
HC ₅	(554.0±67.3)abc	(258.3±30.1)a	(76.8±11.1)ab	(75.0±5.0)a	(96.5±6.9)ab	(11.8±5.4)b
HC ₆	(390.5±32.4)c	(177.5±15.6)b	(77.3±3.6)ab	(65.0±2.9)ab	(78.1±6.6)b	(7.1±2.2)b
HC ₇	(610.5±78.9)ab	(194.5±28.1)ab	(84.2±3.9)a	(75.0±2.9)a	(96.1±10.6)ab	(36.6±2.3)a
HC ₈	(495.0±66.3)abc	(216.3±33.3)ab	(63.5±11.9)b	(72.5±2.5)ab	(107.8±10.1)a	(9.7±3.1)b
HC ₉	(489.5±38.7)bc	(216.5±15.9)ab	(72.0±6.8)ab	(62.5±2.5)b	(109.0±3.6)a	(8.5±2.7)b

1) 表中具体组合见表 1。
The combinations in the table have been shown in table 1.

3 讨论

马铃薯块茎储存期受马铃薯块茎蛾为害严重。针对马铃薯块茎蛾喜欢在块茎表面产卵的习性,利用植物次生物质,结合驱避-引诱组合策略,通过调控马铃薯块茎蛾的产卵行为,分析最佳驱避-引诱组合规律及影响因素,以达到减轻其危害,实现无公害防治马铃薯块茎蛾的目标,并为其提供理论依据。

本研究结果表明,庚醛与桉叶油醇单组分及其驱避-引诱组合均能显著调控马铃薯块茎蛾产卵选择行为。桉叶油醇单组分在低浓度范围内,对马铃薯块茎蛾的产卵行为具有引诱效果,在高浓度范围内具有驱避效果,进一步验证了庚醛及其他物质在低浓度下有引诱(促进)效果,高浓度下则有驱避(抑

制)效果^[5,11]。桉叶油醇在低浓度内随浓度升高,会刺激马铃薯块茎蛾交配率上升,但会使产卵选择指数下降,即对马铃薯块茎蛾产卵引诱效果降低,作者认为,随桉叶油醇浓度升高,会刺激交配发生,但是有 24.8%~33.6%的卵粒产于容器壁上,因而导致了产卵选择指数并未随之升高的情况。本研究发现,非寄主植物挥发物桉叶油醇和庚醛也可以影响马铃薯块茎蛾的交配和产卵行为,或许可以尝试利用非寄主植物对其交配、产卵等行为进行调控,进而控制其危害。

理论认为,将对马铃薯块茎蛾产卵调控行为表现最佳引诱效果的物质与最佳驱避效果的物质进行引诱-驱避组合,能够达到最佳的驱避-引诱组合效果。但是本研究发现,庚醛与桉叶油醇最佳驱避-引

诱组合(12 mg/L 庚醛—3 mg/L 桉叶油醇)为庚醛最低驱避浓度(12 mg/L)与桉叶油醇最低引诱浓度(3 mg/L)组合。作者认为,自然界昆虫会根据植物体内的多种信息物质判断植物是否为其适宜的产卵寄主,且起重要作用的物质浓度不会太高。因而当低浓度的桉叶油醇与低浓度的庚醛组合时,马铃薯块茎蛾更容易接收信息物质的刺激,从而对马铃薯块茎蛾的产卵调控起到增强的作用。

参考文献

[1] Arab A, Trigo J R, Lourenção A L, et al. Differential attractiveness of potato tuber volatiles to *Phthorimaea operculella* (Gelechiidae) and the predator *Orius insidiosus* (Anthocoridae)[J]. Journal of Chemical Ecology, 2007, 33(10):1845 - 1855.

[2] Renwick J A A, Chew F S. Oviposition behaviour in Lepidoptera [J]. Annual Review of Entomology, 1994, 39:377 - 400.

[3] Proffit M, Birgersson G, Bengtsson M, et al. Attraction and oviposition of *Tuta absoluta* females in response to tomato leaf volatiles [J]. Journal of Chemical Ecology, 2011, 37(6):565 - 574.

[4] Dimock M B, Renwick J A A. Oviposition by field population of *Pieris rapae* (Lepidoptera:Pieridae) deterred by an extract of a wild crucifer [J]. Environment Entomology, 1991,20(3): 802 - 806.

(上接 86 页)

应用提供了更加广阔的领域,并为苹果树腐烂病的防治提供了新的途径,但黄腐酸在植物组织中对其他抗病指标的影响还不明确,需进一步探明。

参考文献

[1] 曹克强,国立耘,李保华,等. 中国苹果树腐烂病发生和防治情况调查[J]. 植物保护, 2009, 35(2):114 - 116.

[2] 郑玉林. 苹果树腐烂病的发生与防治[J]. 北方果树, 2013(1): 32 - 33.

[3] 马焕普,梁宝岩,刘志民. 葡萄叶面喷施黄腐酸的效应[J]. 北京农学院学报, 2004, 19(4):1 - 3.

[4] 郭红莲,程根武,陈捷,等. 玉米灰斑病抗性反应中酚类物质代谢作用的研究[J]. 植物病理学报, 2003, 33(4):342 - 346.

[5] 王勇刚,曾富华,吴志华,等. 植物诱导抗病与病程相关蛋白[J]. 湖南农业大学学报, 2002, 28(2):177 - 181.

[6] 卢林纲. 黄腐酸及其在农业上的应用[J]. 现代化农业, 2001 (5):9 - 10.

[7] 桑维钧,李小霞,吴文辉,等. 防治何首乌叶斑病的室内药剂筛选[J]. 农药, 2007, 46(1):60 - 61.

[5] Ma Yanfen, Xiao Chun. Push-pull effects of three plant secondary metabolites on oviposition of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* [J]. Journal of Insect Science, 2013, 13:1 - 7.

[6] Fenemore P G. Host-plant location and selection by adult potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera, Gelechiidae)-a review [J]. Journal of Insect Physiology. 1988,34:175 - 177.

[7] Raman K V, Booth R H, Palacios M. Control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) in rustic potato stores [J]. Journal of Tropical Forest Science, 1987, 27:568 - 569.

[8] Cameron P J, Walker G P, Penny G M, et al. Movement of potato tuberworm (Lepidoptera:Gelechiidae) within and between crops, and some comparisons with diamondback moth (Lepidoptera:Plutellidae) [J]. Environmental Entomology, 2002,31(1):65 - 75.

[9] 桂富荣,李正跃. 用马铃薯人工饲养马铃薯块茎蛾的方法[J]. 昆虫知识, 2003, 40(2):187 - 189.

[10] Jayanthi P D K, Virek K, Aurade R M, et al. Specific volatile compounds from mango elicit oviposition in gravid *Bactrocera dorsalis* females [J]. Journal of Chemical Ecology, 2014, 40 (3):259 - 266.

[11] Davis E E. Insect repellents: concepts of their mode of action relative to potential sensory mechanisms in mosquitoes (Diptera: Culicidae)[J]. Journal of Medical Entomology, 1985, 22(3): 237 - 243.

(责任编辑:田 喆)

[8] 管炜,李淑菊,杨瑞环,等. 黄瓜黑斑病菌室内药剂筛选试验 [J]. 北方园艺, 2011(12):130 - 131.

[9] 付海朋,李淑菊,王惠哲. 黄瓜褐斑病菌室内药剂筛选试验 [J]. 中国瓜菜, 2011,24(4):32 - 34.

[10] 陈策. 苹果树腐烂病发生规律和防治研究[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2009.

[11] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.

[12] 傅华龙,何天久,吴巧玉. 植物生长调节剂的研究与应用[J]. 生物加工过程, 2008, 6(4):7 - 12.

[13] 沈讷敏. 生化黄腐酸苹果专用菌肥的研制与应用[D]. 西安:西北大学, 2012.

[14] 陈玉玲. 黄腐酸对冬小麦幼苗一些生理过程的影响及作用机理的探讨[J]. 华北农学报, 1999,14(1):143 - 144.

[15] 回振龙,李朝周,史文煊,等. 黄腐酸改善连作马铃薯生长发育及抗性生理的研究[J]. 草业学报, 2013, 22(4):130 - 136.

[16] 赵永峰,吴林科,周皓蕾,等. 黄腐酸在马铃薯上的应用效果初报[J]. 甘肃农业科技, 2002(5):41 - 42.

(责任编辑:田 喆)