

两种农药不同亚致死浓度对梨小食心虫生长发育和繁殖的影响

庾 琴, 封云涛, 杜恩强, 郭晓君, 郭贵明, 张润祥*

(山西省农业科学院植物保护研究所, 农业有害生物综合治理山西省重点实验室, 太原 030031)

摘要 在室内将梨小食心虫即将孵化的卵置于浸药幼果上, 测定高效氯氟氰菊酯和氯虫苯甲酰胺不同亚致死浓度对梨小食心虫不同龄期幼虫发育时间、幼虫和蛹的发育历期、化蛹率和成虫羽化率、成虫产卵量的影响。结果表明, 两种药剂不同亚致死浓度均使害虫不同龄期发育时间、幼虫和蛹发育历期显著延长, 且随药剂浓度增加而增加; 对化蛹率影响较小; 两种药剂较高浓度会显著影响羽化率。两种药剂不同亚致死浓度对蛹重和产卵量影响显著: 高效氯氟氰菊酯 3 个浓度均会显著减轻雌、雄蛹重量, 且对雌蛹重量抑制率要高于雄蛹, 并使成虫产卵量减少; 氯虫苯甲酰胺 LC_{50} 剂量也会显著减轻雌、雄蛹重量, 使成虫产卵量显著减少, 当药剂浓度降至 LC_{20} 和 LC_{30} 时, 氯虫苯甲酰胺对雌、雄蛹重量和成虫产卵量影响不显著, 但抑制率出现负值。

关键词 高效氯氟氰菊酯; 氯虫苯甲酰胺; 亚致死浓度; 梨小食心虫

中图分类号: S 436.612,2 文献标识码: A DOI: 10.16688/j.zwbh.2017043

Effects of different sub-lethal concentrations of two pesticides on growth, development and fecundity of *Grapholita molesta* (Busck)

YU Qin, FENG Yuntao, DU Enqiang, GUO Xiaojun, GUO Guiming, ZHANG Runxiang

(Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Shanxi Key

Laboratory of Integrated Pest Management in Agriculture, Taiyuan 030031, China)

Abstract By putting upcoming hatched eggs on young fruits dipped with insecticides, aimed to study the effects of three different sub-lethal concentrations (LC_{20} , LC_{30} and LC_{50}) of *lambda*-cyhalothrin and chlorantraniliprole on the development and fecundity of *Grapholita molesta*, including developmental time of different instars, developmental duration of larvae and pupae, pupation rate and eclosion rate, and eggs laid per female. The results showed that, after treatment with three different sub-lethal concentrations of two pesticides, the developmental time of different instars, larvae and pupae were significantly increased, with the concentration increasing. Different sub-lethal concentrations of the two pesticides had little influences on pupation rate. *lambda*-cyhalothrin LC_{30} , LC_{50} and chlorantraniliprole LC_{50} had significant suppression effect on eclosion rate, and there was no significant difference among the three concentrations of the same pesticide. Different sub-lethal concentrations of *lambda*-cyhalothrin had influences on pupal weight and egg number laid per female: three sub-lethal concentrations could significantly reduce female and male pupal weights and egg number laid per female, and had stronger suppression on female pupal weight than on male pupal weight. Chlorantraniliprole LC_{50} also significantly reduced female and male pupal weights and egg number laid per female; however, chlorantraniliprole LC_{30} and LC_{20} had no significant effects on pupal weight and egg number, but inhibition rate of chlorantraniliprole on pupal weight and eggs laid per female reached negative.

Key words *lambda*-cyhalothrin; chlorantraniliprole; sub-lethal concentration; *Grapholita molesta*

收稿日期: 2017-02-15 修订日期: 2017-05-26

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0200505); 山西省科技攻关计划项目(20150311014-3); 山西省农科院特色农业技术攻关项目(YGG17109)

* 通信作者 E-mail: 973588211@qq.com

杀虫剂施于田间后,随着时间推移和作物生长,药剂剂量逐渐降低,部分害虫个体接触到的杀虫剂剂量虽不足以致死,但会产生一定的亚致死效应。杀虫剂不同亚致死剂量对害虫种群大多具有抑制或延缓效应,也有部分杀虫剂不同亚致死剂量刺激害虫生长发育和促进增殖,这种对害虫生物系统的亚致死作用相比其急性致死危害更加严重,会引起害虫体内生理生化机制等的变异,从而可能导致害虫对杀虫剂产生抗性^[1]。

梨小食心虫 *Grapholita molesta* Busck 是为害梨、桃等多种果树的一种重要害虫,发生规律复杂,危害严重^[2]。近年来由于气候变暖、农药使用技术落后等,梨小食心虫造成多种果树大幅减产或绝产事件频繁发生^[3]。梨小食心虫为蛀果性害虫,一年发生 4~5 代,发生规律复杂,尤其在桃梨混栽园和秋季梨园中极易发生世代重叠现象,果园中会持续存在一定数量新孵化的幼虫。为了提高防效,果农一般采用增加施药次数来提高防效,间隔 7~10 d 喷施药剂 1 次^[2-3]。在频繁喷施农药过程中,新孵化的幼虫会频繁接触到农药的不同亚致死剂量,但药剂不同亚致死剂量会对梨小食心虫的生长发育和繁殖等产生哪些影响,目前未有报道。

本文选择了两种药剂进行试验,高效氯氟氰菊酯是防治梨小食心虫的一种传统药剂^[4-6],属于菊酯类药剂,在生产上单独与其他药剂复配,可起到较好的防效。氯虫苯甲酰胺是一种新型邻酰氨基苯甲酰胺类杀虫剂^[7-9],近年来因其毒性低、防效高,已作为防治梨小食心虫的主推药剂。本研究将为合理使用这两种药剂防控梨小食心虫提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

虫源:梨小食心虫采自山西省晋中市太谷县桃园。幼虫使用苹果饲养,成虫用 5% 蜂蜜水饲养。饲养条件:温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$,相对湿度 $(70 \pm 1)\%$,光周期 L/D=15 h/9 h。

供试药剂:96.0% 高效氯氟氰菊酯原药(λ -cyhalothrin),常州天泽化工有限公司;95.3% 氯虫苯甲酰胺原药(chlorantraniliprole),美国杜邦公司。

1.2 毒力测定

选择直径 3~4 cm 的苹果幼果,洗净晾干后,剪

去果柄,待用。将原药用丙酮溶解,用自来水配制的含质量分数为 0.02% 的吐温-80 稀释成 6 个系列浓度药液,药液量 200 mL。将幼果浸泡在药液中 5 s,取出后用滤纸吸去多余的药液,平稳放在具塞的玻璃或塑料器皿中。把附有将孵化卵的卵纸轻放于幼果上,盖上盖子,置于温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$,相对湿度为 70% 的人工气候箱中。孵化后初孵幼虫不取食、不蛀果为自然死亡,20 h 时调查卵孵化数和初孵幼虫死亡数,54 h 调查蛀果率,对照处理中自然死亡率高于 10% 为无效试验。自来水(含质量分数为 0.02% 的吐温-80)处理为对照。每处理接种将孵化卵 50 粒。重复 3 次。

1.3 不同亚致死浓度的确定

根据毒力测定结果,以两种药剂的 LC_{50} 、 LC_{30} 和 LC_{20} 为处理浓度,清水处理为对照。采用浸幼果法测定不同浓度对梨小食心虫初孵幼虫的防效。每处理接种将孵化卵 50 粒,重复 3 次。

1.4 幼虫发育历期、蛹重、羽化率和产卵量测定

分别取两种药剂的 LC_{50} 、 LC_{30} 和 LC_{20} 药液进行浸果,将即将孵化的卵放于浸过农药的幼果上,每个幼果接卵 10~15 粒,每处理接种幼果数 30~40 个,接种后放置在人工气候箱中,培养条件同 2.1。上述两种药剂 LC_{30} 和 LC_{20} 剂量处理接种将孵化卵总数不少于 400 粒; LC_{50} 剂量处理接种将孵化卵数不少于 500 粒。接种后前 3 d 每隔 10~12 h 观察 1 次,记录梨小食心虫卵孵化率及蛀果情况;待孵化出的幼虫蛀果后,每天剥取 10 头幼虫,显微镜下观察和记录其生长发育情况,幼虫发育龄期划分参照王芳等^[10]。从接种后 10 d 开始,每天观察并记录老熟幼虫脱果数,直至全部脱果。13 d 后开始每天观察并记录化蛹数,直至全部化蛹。待大部分幼虫化蛹后,随机选择 50% 蛹称重。从幼虫化蛹后 4 d 开始,每天观察并记录成虫羽化数。同时在化蛹后,选择发育期一致、蛹重相近的雌、雄蛹各 30 头分开放置。待羽化后,选择同一天羽化的雌、雄虫各 15 头,单头配对放于不同玻璃容器中交配产卵,饲养条件同 1.1。每天记录成虫产卵量,直至成虫不再产卵为止。试验重复 3 次。

1.5 数据处理

数据均用 SPSS 16.0 软件进行处理分析。用 Duncan 氏法进行 $P < 0.05$ 的单因素方差分析,检验差异显著性。用 Excel 计算杀虫剂的回归方程和不

同亚致死浓度。

2 结果与分析

2.1 两种药剂对初孵幼虫的毒力和不同亚致死浓度

通过对高效氯氟氰菊酯和氯虫苯甲酰胺对梨小食心虫初孵幼虫的毒力测定,得出高效氯氟氰菊酯的LC₅₀、LC₃₀和LC₂₀分别为5.25、4.09和3.51 mg/L;氯

虫苯甲酰胺的LC₅₀、LC₃₀和LC₂₀分别为4.91、2.80和1.99 mg/L(表1)。采用苹果幼果浸泡药液法测定,54 h调查,高效氯氟氰菊酯LC₅₀、LC₃₀和LC₂₀剂量处理的幼虫死亡率分别为48.72%、30.65%和18.97%;氯虫苯甲酰胺LC₅₀、LC₃₀和LC₂₀处理的幼虫死亡率分别为49.01%、31.44%和19.05%,均分别接近50%、30%和20%。因而采用上述浓度进行下一步试验。

表 1 两种农药对梨小食心虫初孵幼虫的毒力
Table 1 The toxicity of two pesticides to newly-hatched larvae of *Grapholita molesta*

药剂 Pesticide	回归方程 Regression equation	R ²	LC ₅₀ / mg · L ⁻¹ (95% CL)	LC ₃₀ / mg · L ⁻¹ (95% CL)	LC ₂₀ / mg · L ⁻¹ (95% CL)
高效氯氟氰菊酯 <i>lambda</i> -cyhalothrin	y=4.807 1x-3.272 2	0.943 1	5.25(4.88~5.59)	4.09(3.71~4.32)	3.51(3.02~4.03)
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	y=2.148 4x+1.367 8	0.937 1	4.91(4.40~5.14)	2.80(2.51~3.17)	1.99(1.72~2.29)

2.2 两种药剂不同亚致死浓度对各龄期发育时间、幼虫和蛹发育历期的影响

结果见表2。两种药剂不同亚致死浓度处理对梨小食心虫幼虫各龄期发育时间均有一定影响,随着药剂浓度的增加,各龄期发育时间亦随之增加。除氯虫苯甲酰胺LC₂₀对梨小食心虫5龄幼虫发育时间影响不显著外,两种药剂的其他浓度对其1、2、4、5龄的发育时间均有显著影响;两种农药对

于3龄幼虫的发育时间影响相对较小,仅LC₅₀浓度对其有显著影响。同时,两种药剂不同亚致死浓度处理后,梨小食心虫幼虫发育历期明显延长,从对照的13.55 d增至15.13、16.55、18.49、14.87、15.89、17.3 d,其中,高效氯氟氰菊酯LC₅₀处理增加最多,将近5 d。两种杀虫剂不同亚致死浓度对蛹期也有一定影响,蛹期从对照的7.54 d最长延长至8.89 d,延长了1.35 d。

表 2 两种农药不同亚致死浓度对梨小食心虫幼虫和蛹发育历期的影响¹⁾

Table 2 Effects of sub-lethal concentrations of two pesticides on developmental time of larvae and pupae of *Grapholita molesta*

药剂 Pesticides	浓度/ mg · L ⁻¹ Concentration	幼虫期/d Larvae phase					发育历期 Developmental period	蛹期/d Pupal period
		1 龄 First instar	2 龄 Second instar	3 龄 Third instar	4 龄 Fourth instar	5 龄 Fifth instar		
高效氯氟氰菊酯 <i>lambda</i> -cyhalothrin	3.51(LC ₂₀)	(3.12±0.18)d	(3.71±0.21)d	(1.69±0.18)b	(2.28±0.08)d	(4.33±0.22)cd	(15.13±0.55)d	(7.76±0.22)c
	4.09(LC ₃₀)	(3.38±0.10)bc	(4.25±0.19)b	(1.79±0.10)b	(2.56±0.07)c	(4.57±0.13)bc	(16.55±0.50)c	(8.21±0.20)b
	5.25(LC ₅₀)	(3.59±0.13)a	(4.67±0.11)a	(2.15±0.07)a	(3.11±0.05)a	(4.97±0.09)a	(18.49±0.14)a	(8.54±0.27)ab
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	1.99(LC ₂₀)	(3.16±0.12)cd	(3.25±0.12)f	(1.67±0.09)b	(2.56±0.09)c	(4.23±0.17)ef	(14.87±0.14)d	(8.24±0.17)b
	2.80(LC ₃₀)	(3.31±0.10)bc	(3.47±0.09)e	(1.78±0.10)b	(2.82±0.07)b	(4.51±0.09)bc	(15.89±0.08)c	(8.45±0.26)b
	4.91(LC ₅₀)	(3.48±0.09)a	(3.94±0.05)c	(2.07±0.20)a	(3.07±0.12)a	(4.74±0.12)abc	(17.30±0.47)b	(8.89±0.28)a
对照 CK	—	(2.68±0.09)e	(3.12±0.14)a	(1.63±0.07)b	(2.10±0.09)e	(4.02±0.13)f	(13.55±0.47)e	(7.54±0.25)c

1) 表中数据为平均值±标准误,同列数据后不同小写字母表示 Duncan 氏新复极差法检验在 P<0.05 水平差异显著。下同。
Data in the table are mean±SE. The different letters following the data in the same column indicate significant difference by Duncan's new multiple range test (P<0.05). The same below.

2.3 两种农药不同亚致死浓度对化蛹率和羽化率的影响

从表3中可以看出,高效氯氟氰菊酯LC₃₀和LC₅₀处理、氯虫苯甲酰胺LC₅₀处理对成虫羽化率抑制明显,成虫羽化率显著低于对照。两种药剂浓度较低时,对成虫羽化率影响不显著。同一药剂的不同浓度处理之间,成虫羽化率差异不显著。两种药剂中仅

高效氯氟氰菊酯LC₅₀处理的化蛹率为98.00%,其他处理的化蛹率均为100%。

2.4 两种农药不同亚致死浓度对雌、雄蛹重量和产卵量的影响

由表4可见,高效氯氟氰菊酯的3个浓度处理均会显著减轻梨小食心虫雌、雄蛹重量,并使成虫产卵量减少,表现出随着浓度的增加,蛹重减轻和产卵

量减少越显著。氯虫苯甲酰胺 LC₅₀ 处理也会显著减轻雌、雄蛹的重量,使成虫产卵量减少;当浓度降

至 LC₃₀ 和 LC₂₀ 时,氯虫苯甲酰胺对雌、雄蛹重量和成虫产卵量影响不显著。

表 3 两种农药不同亚致死浓度对梨小食心虫成虫羽化率和化蛹率的影响

药剂 Pesticide	浓度/mg · L ⁻¹ Concentration	羽化率/% Eclosion rate	化蛹率/% Pupation rate
高效氯氟氰菊酯 <i>lambda</i> -cyhalothrin	3. 51(LC ₂₀)	(93. 10±0. 66)abc	100. 00
	4. 09(LC ₃₀)	(92. 89±1. 13)bc	100. 00
	5. 25(LC ₅₀)	(91. 44±0. 70)c	98. 00
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	1. 99(LC ₂₀)	(92. 89±0. 90)abc	100. 00
	2. 80(LC ₃₀)	(93. 02±0. 82)abc	100. 00
	4. 91(LC ₅₀)	(91. 73±0. 96)bc	100. 00
对照 CK	—	(93. 71±0. 96)a	100. 00

表 4 两种农药不同亚致死浓度对梨小食心虫蛹重和产卵量的影响

药剂 Pesticide	浓度/mg · L ⁻¹ Concentration	雌蛹重/mg Female pupal weight	雄蛹重/mg Male pupal weight	产卵量/粒 · 雌 ⁻¹ Eggs/female
高效氯氟氰菊酯 <i>lambda</i> -cyhalothrin	3. 51(LC ₂₀)	(11. 38±0. 23)bc	(9. 86±0. 26)ab	(116±8. 89)ab
	4. 09(LC ₃₀)	(10. 27±0. 39)d	(8. 98±0. 53)cd	(105±12. 49)b
	5. 25(LC ₅₀)	(9. 83±0. 31)d	(8. 77±0. 23)d	(99±12. 49)b
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	1. 99(LC ₂₀)	(12. 11±0. 41)a	(10. 10±0. 20)ab	(133±12. 29)a
	2. 80(LC ₃₀)	(11. 79±0. 34)ab	(9. 82±0. 53)ab	(118±13. 53)ab
	4. 91(LC ₅₀)	(11. 19±0. 30)c	(9. 53±0. 35)bc	(106±12. 17)b
对照 CK	—	(12. 08±0. 47)a	(10. 34±0. 25)a	(132±10. 82)a

3 结论与讨论

杀虫剂亚致死剂量可以影响害虫的生长发育、繁殖力、生态行为及生理生化等各方面,并对不同害虫的生长发育和繁殖作用存在一定差异。徐小龙等^[11]研究氯虫苯甲酰胺对斜纹夜蛾的影响时,发现亚致死剂量会使斜纹夜蛾体重减轻,发育历期延长等。欧善生等^[12]的研究表明,氯虫苯甲酰胺亚致死剂量会显著抑制棉铃虫生长发育。而张琴等^[13]的研究发现较低浓度的氯虫苯甲酰胺处理甜菜夜蛾后,幼虫的体重有增加趋势。本研究结果表明,氯虫苯甲酰胺的 LC₅₀ 会抑制梨小食心虫生长发育,导致蛹重减轻,产卵量降低; LC₂₀ 会刺激梨小食心虫发育,使其蛹重和产卵量有增加趋势。对于高效氯氟氰菊酯等菊酯类农药的亚致死作用,韩文素等^[14]的研究认为高效氯氟氰菊酯亚致死剂量对小菜蛾繁殖有促进作用。徐广春^[15]的研究认为,高效氯氟氰菊酯不同亚致死剂量能刺激灰飞虱的生殖,可能会导致灰飞虱再猖獗。本研究中,高效氯氟氰菊酯亚致死浓度会使梨小食心虫蛹重减轻,产卵量下降,并抑制梨小食心虫生长发育和繁殖。

害虫的产卵量直接决定下一代种群数量,王晓容等^[16]的研究认为甜菜夜蛾产卵量与蛹重呈正相关。庾琴等^[17]的研究也认为,正常发育的梨小食心虫产卵量与雌蛹重呈正相关。本研究表明,两种药剂不同致死浓度处理后,梨小食心虫产卵量和蛹重也呈一定相关性:高效氯氟氰菊酯不同致死浓度在造成梨小食心虫蛹重减轻的同时,其产卵量也相应下降;氯虫苯甲酰胺 LC₅₀ 处理在减轻蛹重时,其产卵量也在下降,而 LC₂₀ 处理使其体重增加同时其产卵量也随之增加。

一般来说,害虫接触农药的时间越长,其亚致死效应越高,害虫产生抗性的机会越高^[18]。本研究中的梨小食心虫为蛀果性害虫,幼虫阶段仅初孵幼虫会在果面上爬行数小时,然后蛀食果皮后进入果实内部,随着蛀果过程的进一步发展,幼虫接触农药的机会越来越少。具有这种蛀果特性的梨小食心虫是否会产生抗性及抗性如何发展,目前尚未有系统的研究报道。本文研究结果表明,两种农药会对梨小食心虫生长发育和繁殖造成影响,但是否会产生抗性,对体内哪些酶产生作用,及对下一代生长发育等方面的影响仍需进一步研究。

社,1998.

- [11] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 30-32.
- [12] 胡玮. 钾对番茄部分抗性生理指标的影响及其对根结线虫的防治效果[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [13] 宾淑英, 冯志新. 花生根结线虫对花生的致病性研究[J]. 防护林科技, 1993(1): 7-13.
- [14] 黄娟华, 卓侃, 林柏荣, 等. 温度和初始种群密度对象耳豆根结线虫侵染番茄的影响[J]. 植物保护, 2013, 39(5): 177-180.
- [15] 张锋, 李英梅, 洪波, 等. 温度和初始接种量对南方根结线虫侵染力的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(12): 1631-1635.
- [16] MISHRA N P, MISHRA R K, SINGHAL G S. Changes in the activities of antioxidant enzymes during exposure of intact wheat leaves to strong visible light at different temperature in the presence of protein synthesis inhibitors [J]. Plant Physiol-

ogy, 1993, 102(3): 903-908.

- [17] HOU E, STARR J L. A comparison of the damage functions, root gall, and reproduction of *Meloidogyne inconita* on resistant and susceptible cotton cultivars[J]. Journal of Cotton Science, 2003, 7(4): 224-230.
- [18] 叶德友, 钱春桃, 贾媛媛, 等. 黄瓜及其近缘种对南方根结线虫的抗性及其酶响应变化的研究[J]. 园艺学报, 2009, 36(12): 1755-1760.
- [19] 王冰林, 韩太利, 李媛媛. 根结线虫侵染对茄子苗期生理生化反应的影响[J]. 北方园艺, 2012(23): 139-142.
- [20] 张丹丹. 油菜素内酯提高黄瓜对根结线虫抗性的机制研究及田间效应[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [21] 李青青, 漆永红, 曹素芳, 等. 南方根结线虫侵染对豇豆叶部和根系部分生理生化指标的影响[J]. 西北农业学报, 2014, 23(2): 49-54.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 94 页)

- [17] BARDIN M, NICOT P C, NORMAND P, et al. Virulence variation and DNA polymorphism in *Sphaerotheca fuliginea*, causal agent of powdery mildew cucurbits [J]. European Journal of Plant Pathology, 1997, 103: 545-554.
- [18] MCGRATH M T, STANISZEWSK H, SHISHKOFF N. Fungicide sensitivity of *Sphaerotheca fuliginea* populations in the united states [J]. Plant Disease, 1996, 80: 697-703.
- [19] 严红, 李兴红, 张涛涛, 等. 北京地区瓜类白粉病菌对三唑酮和多菌灵的抗药性监测[M]//中国植物病害化学防治研究, 第

三卷. 北京: 中国农业科技出版社, 2002.

- [20] BALLANTYNE B. Powdery mildew on Cucurbitaceae: Identity, distribution, host range and sources of resistance [J]. Proceedings of Linnean Society of New South Wales, 1975, 99(2): 100-120.
- [21] COLLINS P, BROWN J K M. Resistance and cross resistance of *Erysiphe graminis* to triazole and morpholine fungicides [C]//The First International Powdery Mildew Conference. Avignon, France, 1994: 41.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 104 页)

参考文献

- [1] 全林发, 张怀江, 孙丽娜, 等. 杀虫剂对害虫的亚致死效应研究进展[J]. 农学学报, 2016, 6(5): 33-38.
- [2] 范仁俊. 北方果树食心虫发生规律与控制[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015: 187.
- [3] 马爱红, 李文林, 路子云, 等. 桃树梨小食心虫发生危害及综合防治[J]. 河北农业科学, 2016, 20(4): 27-29.
- [4] 蔡明飞, 沈健, 作均祥. 不同杀虫剂对梨小食心虫卵和成虫的室内防效[J]. 果树学报, 2010, 27(4): 636-640.
- [5] 陈静, 张建萍, 单长林. 蟠桃园梨小食心虫药剂筛选试验[J]. 陕西农业科学, 2010(6): 61-63.
- [6] 田忠正, 丁茜, 作均祥. 10 种杀虫剂对梨小食心虫 *Grapholita molesta* (Busck) 卵的室内触杀效果[J]. 西北农业学报, 2015, 24(9): 140-144.
- [7] 张勇, 李爱华, 单公华, 等. 氯虫苯甲酰胺防治枣树桃小食心虫研究[J]. 山西农业科学, 2010, 38(5): 55-56.
- [8] 张坤朋, 王相宏, 李建华, 等. 不同剂量药剂防治山楂梨小食心虫的综合效益评价[J]. 河南农业科学, 2016, 45(8): 86-90.
- [9] 张怀江, 仇贵生, 闫文涛, 等. 氯虫苯甲酰胺对苹果树主要害虫的控

制作用及天敌的影响[J]. 环境昆虫学报, 2011, 33(4): 493-501.

- [10] 王芳, 庾琴, 郭贵明, 等. 梨小食心虫幼虫龄数和龄期的划分[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(2): 390-395.
- [11] 徐小龙, 徐的进, 徐广春. 氯虫苯甲酰胺对斜纹夜蛾的亚致死不同致死效应[J]. 江苏农业科学, 2010(1): 139-140.
- [12] 欧善生, 梁沛, 宋敦伦, 等. 氯虫苯甲酰胺亚致死剂量对棉铃虫生长发育和解毒酶活性的影响[J]. 植物保护, 2012, 38(4): 1-8.
- [13] 张琴, 王少丽, 杨愿愿, 等. 氯虫苯甲酰胺对甜菜夜蛾敏感基线的测定和幼虫体重的影响[J]. 长江蔬菜, 2010(18): 87-89.
- [14] 韩文素, 张树发, 沈福英, 等. 高效氯氰菊酯对小菜蛾阿维菌素抗性、敏感种群的亚致死效应[J]. 环境昆虫学报, 2011, 33(3): 335-341.
- [15] 徐广春. 五种常用杀虫剂对灰飞虱种群的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2008.
- [16] 王晓容, 田世尧, 杨森辉, 等. 人工饲料饲养的甜菜夜蛾发育、蛹重、产卵与存活[J]. 华中农业大学学报, 1998, 17(5): 447-451.
- [17] 庾琴, 王芳, 张润祥, 等. 梨小食心虫蛹重对成虫繁殖力和寿命及下一代幼虫发育的影响[J]. 昆虫学报, 2016, 59(9): 985-990.
- [18] 张振飞, 黄炳超, 张扬, 等. 几种农药对三化螟室内与田间防治效果研究[J]. 现代农药, 2011, 10(1): 51-57.

(责任编辑: 田 喆)