应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2017, 54(6): 1044–1051. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2017.124

五种杀虫剂对桃小食心虫和梨小食心虫的防治效果研究*

高 越[1**] 张鹏九[1] 赵劲宇[1] 史高川[2] 刘中芳[1] 张 慧[1] 范仁俊[1***]

（1. 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；
2. 山西省农业科学院棉花研究所，运城 044000）

摘 要 **【目的】** 明确 3 种新型非乳油制剂 4%高氯·甲维盐微乳剂、20%高氯·毒死蜱微胶囊剂、20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂和两种常规乳油制剂 4.5%高效氯氰菊酯乳油、1.8%阿维菌素乳油对桃小食心虫 *Carposina niponensis* Walsingham 和梨小食心虫 *Grapholitha molesta* Busck 的防治效果，为化学农药的合理使用提供参考。**【方法】** 3 种新型农药制剂按照推荐用量分别分成高、中、低 3 种不同浓度处理，两种乳油制剂采用常规推荐用量处理进行果园桃小食心虫和梨小食心虫防治效果试验。**【结果】** 4%高氯·甲维盐微乳剂 26.67 mg·kg^{-1} 在药后 5、10、15 d 对桃小食心虫的防治效果分别为 100%、95.22%和 95.11%，4.5%高效氯氰菊酯乳油的防治效果与其相当，防效都在 90%以上；而 4%高氯·甲维盐微乳剂 40 mg·kg^{-1} 药后 5、10、15 d 对梨小食心虫的防治效果分别为 83.33%、88.89%和 93.70%，显著好于 4.5%高效氯氰菊酯乳油，后者 15 d 后最高防效仅为 78.99%；以上两种药剂的防效显著高于其它 3 种药剂 20%高氯·毒死蜱微胶囊剂、20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂和 1.8%阿维菌素乳油。**【结论】** 桃小食心虫第一代发生前期和梨小食心虫第 3 代发生前期，推荐使用对环境友好的 4%高氯·甲维盐微乳剂 26.67~40 mg·kg^{-1}（1 000 ~1 500 倍液）进行防治。

关键词 杀虫剂，桃小食心虫，梨小食心虫，防治效果

Effectiveness of five insecticides for controlling *Carposina niponensis* Walsingham (Lepidoptera: Carposinidae) and *Grapholitha molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae)

GAO Yue[1**] ZHANG Peng-Jiu[1] ZHAO Jing-Yu[1] SHI Gao-Chuan[2]
LIU Zhong-Fang[1] ZHANG Hui[1] FAN Ren-Jun[1***]

(1. Shanxi Key Laboratory of Integrated Pest Management in Agriculture/Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China; 2. Institute of Cotton Research, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Yuncheng 044000, China)

Abstract **[Objectives]** To determine the effect of three non-emulsifiable concentrate (EC) formulation insecticides (4% beta-cyprmethrin·emamectin benzoate ME, 20% beta-cyprmethrin·chlorpyrifos CG and 20% chlorantraniliprole SC), and two conventional EC formulation (4.5% beta-cyprmethrin EC, 1.8% abamectin EC), for controlling *Carposina niponensis* Walsingham and *Grapholitha molesta* Busck, and to provide a scientific basis for the application of these insecticides. **[Methods]** Three concentrations (high, medium and low) of each non-EC formulation were prepared according to the recommended concentration, whereas the two conventional EC formulations were applied only at field-recommended concentrations **[Results]** Reductions in *C. niponensis* abundance achieved by spraying 26.67 mg·kg^{-1} of 4% beta-

*资助项目 Supported projects：国家重点研发计划（2016YFD0201134）；山西省科技重点研发项目（2015TN0309）；山西省农业科技成果转化和推广示范工程（2015CGZH041）；山西省农业科学院科技自主创新能力提升工程（2017ZZCX-15）

**第一作者 First author，E-mail：gaoyue1207@sina.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：rjfan@163.com

收稿日期 Received：2017-05-15，接受日期 Accepted：2017-06-05

cyprmethrin·emamectin benzoate ME were 100%, 95.22% and 95.11% after 5, 10 and 15 days, respectively. The reductions in *C. niponensis* abundance achieved by spraying 4.5% beta-cyprmethrin EC were all > 90% and similar to those achieved using the previous pesticide. Reductions in *G. molesta* abundance achieved by spraying 4% beta-cyprmethrin·emamectin benzoate ME (40 mg·kg^{-1}) were 83.33%, 88.89% and 93.70% after 5, 10 and 15 days, respectively, which was significantly better than those achieved by spraying 4.5% beta-cyprmethrin EC, for which the best result of 78.99% was recorded 15 days after spraying. The reductions in target pest abundance achieved using these two pesticides were significantly higher than those obtained with the other three pesticides tested, including 20% beta-cyprmethrin·chlorpyrifos CG, 20% chlorantraniliprole SC and 1.8% abamectin EC. **[Conclusion]** 26.67-40 mg·kg^{-1} (1 500-1 000 fold dilution) of 4% beta-cyprmethrin·emamectin benzoate ME is recommended for the control of *C. niponensis* at the prophase of the first generation and for the control of *G. molesta* at the prophase of the third generation.

Key words pesticides, *Carposina niponensis* Walsingham, *Grapholitha molesta* Busck, control effect

果树食心虫种类有十几种之多，分布范围遍及我国北方主要果品产区，主要危害是蛀食桃、梨、苹果等，严重影响果实的品质和产量，以桃小食心虫 *Carposina niponensis* Walsingham 和梨小食心虫 *Grapholitha molesta* Busck 为代表对果树生产造成极大的威胁（刘丽等，2011；范仁俊等，2013；陈川等，2015），严重时可造成果实腐烂，危害新梢从而抑制了枝条花芽的生长（宫庆涛等，2013）直接导致果农的经济效益遭受损失。梨小食心虫是一种世界性害虫，分布于我国除西藏外的所有地区（Piero and Dorn，2009；陆鹏飞等，2010），其寄主非常广泛，可危害桃、杏、梨、枣、苹果、樱桃等众多经济类作物（Chang *et al*.，2003），桃小食心虫在我国大部分地区也有分布并且也可寄存于多种经济作物（刘玉升，1997；Kim *et al*.，2000；张恺月等，2016），两者都是重点的防治对象。

目前果农常用的防治桃小食心虫和梨小食心虫的有效成分有：高效氯氰菊酯、毒死蜱、阿维菌素、氯虫苯甲酰胺等。这些杀虫剂对靶标作用机理不同，因此其防治效果也不同。农业部登记的在果树上防治食心虫的制剂类型大多为乳油，而乳油中含有大量有机溶剂，对环境污染极大（张鹏九等，2015）。果农在喷施农药时，滥用农药的现象时有发生，在污染环境、影响果实品质、增加生产成本的同时还会使食心虫产生抗药性（高越等，2013）。因此需要筛选出合适的农药剂型，在用量少对环境友好的同时也能达到好的防治效果。我国各种剂型产品中，虽然以水基代替油基的新剂型迅速发展，但乳油剂型依然是现阶段主要剂型，占所有剂型的 40%以上（杨石有等，2013）。因此有必要通过研究水基化等新型环保剂型对食心虫的防治效果，为此类新剂型的推广应用提供依据。本研究对 3 种新型的非乳油剂型和两种常规剂型药剂的田间药效进行评价，以期筛选出对桃小食心虫和梨小食心虫具有较好防效且对环境安全的药剂，在有效控制害虫危害的同时，减少农药对环境的影响。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

桃小食心虫试验地位于山西省临汾市尧都区刘村镇沙乔村果园进行，园内主栽苹果品种为红富士，供试品种为金矮生，树龄为 13 年生，株行距 3 m×4 m。梨小食心虫的试验地位于山西省原平市大牛店镇神山头社果园，园内主栽梨树品种为酥梨，树龄为 20 年生，株行距 3 m×4 m，两个试验地果园均行间空闲，耕作条件一致。

1.2　供试药剂

4%高氯·甲维盐微乳剂（由山西省农业科学院植物保护研究所提供）、20%高氯·毒死蜱微胶囊剂（由浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所提供）、20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂（美国杜邦公司）、1.8%阿维菌素乳油（桂林集琦生化有限公司）、4.5%高效氯氰菊酯乳油（南京红太阳

集团第一农药厂）。

1.3 施药器械

担架式动力喷雾器喷雾（ZL-22-160 型）。工作压力 1.5 MPa/cm^2，喷头为可调喷枪，喷孔直径 1.0 mm。

1.4 试验设计与方法

各试验农药除 4.5%高效氯氰菊酯乳油和 1.8%阿维菌素乳油使用推荐浓度外，其它农药以产品推荐使用浓度为基准，设置 3 个浓度梯度，共设 11 个药剂处理，清水对照 1 个，共 12 个处理；每个处理 4 棵树共 50 m^2，每个处理之间设保护行，重复 3 次并随机区组排列，各处理见表 1（中华人民共和国国家标准 GB/T 17980.65-2004）。

表 1 药剂试验设计
Table 1 Fungicide experimental design

编号 No.	药剂 Insecticide	施药剂量浓度 (mg·kg^{-1})（稀释倍数） Concentration (dilution)
1	4%高氯·甲维盐微乳剂 4% beta-cyprmethrin·emamectin benzoate ME	40（1 000 倍）
		26.67（1 500 倍）
		20（2 000 倍）
2	20%高氯·毒死蜱微胶囊剂 20% beta-cyprmethrin·chlorpyrifos CG	400（500 倍）
		200（1 000 倍）
		133.33（1 500 倍）
3	20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂 20% chlorantraniliprole SC	5（4 000 倍）
		4（5 000 倍）
		3.33（6 000 倍）
4	4.5%高效氯氰菊酯乳油 4.5% beta-cyprmethrin EC	22.5（2 000 倍）
5	1.8%阿维菌素乳油 1.8% abamectin EC	6（3 000 倍）
6	空白对照 CK	清水 Water

药前调查两种果园表明，桃小食心虫试验区平均卵果率在 2.31%~4.30%，蛀果率在 0~0.60%，梨小食心虫试验区平均卵果率在 2.15%~3.6%，蛀果率在 0.12%~0.25%，两地均已出现被蛀虫果，并都已达到防治指标。供试药剂施药时为桃小食心虫第一代发生前期和梨小食心虫第 3 代发生前期清晨施药。

1.5 调查方法

两种食心虫在施药前 1 d 调查卵果和虫果基数，施药后 5、10、15 d 各调查一次虫果数。每个处理随机调查 3 棵树，每株调查树的树冠四周及内膛中上部随机调查 100 个果实以上，共计 300 个以上果实，统计虫果数（中华人民共和国国家标准 GB/T 17980.65-2004）。

用药后观察记载苹果树有无异常情况，如有，需记载发生时间、症状等。

2 结果与分析

2.1 5 种药剂对桃小食心虫的防治效果

从表 2 中可以看出 4%高氯·甲维盐微乳剂效果最好，在药后 5 d，40 mg·kg^{-1}和 26.67 mg·kg^{-1}处理防效均为 100%，具有很好的速效性，除与 4.5%高效氯氰菊酯乳油差异不显著外，与其它制剂防治效果差异显著，但 20 mg·kg^{-1}处理防效则为 73.66%，下降明显，药后 10~15 d，其 40 mg·kg^{-1}和 26.67 mg·kg^{-1}处理防效保持在 90%以上，而 20 mg·kg^{-1}防效仅为 61.54%和 63.44%，差异显著性与 5 d 后药效的显著性相同；20%高氯·毒死蜱微胶囊剂在药后 5 d 其 400 mg·kg^{-1}和 200 mg·kg^{-1}处理防效分别为 90.63%和 80.80%，药后 10~15 d，各处理虫果率大幅度上升，至最后一次调查时果实受害率已在 13%~24%之间，133.33 mg·kg^{-1}药剂对桃小食心虫基本没有效果，最高防效仅为 45.63%；20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂，药后 5 d 各处理的虫果率上升至 1.48%~2.30%，仅 5 mg·kg^{-1}处理防效高于 60%，速效性较差，但药后 10 d 防效逐渐提高，5 mg·kg^{-1}的防效达到 77.41%，但 4 mg·kg^{-1}和 3.33 mg·kg^{-1}没有防治效果，药后 15 d 5 mg·kg^{-1}、4 mg·kg^{-1}的处理防效继续上升，分别为 78.23%和 74.09%；常规药剂 4.5%高效氯氰菊酯乳油的防效从药后 5 d 到 15 d 都保持的 98%以上非常高的防效，与其它 3 种药剂差异显著；而 1.8%阿维菌素乳油

表 2　5 种农药对桃小食心虫的田间防治效果

Table 2　Control effect of five pesticides on *Carposina niponensis*

编号 No.	药剂处理 Treatment ($mg \cdot kg^{-1}$)	药后 5 d 5th day after treatment 防效（%） Control efficacy (%)	药后 10 d 10th day after treatment 防效（%） Control efficacy (%)	药后 15 d 15th day after treatment 防效（%） Control efficacy (%)
1	40	100.00±0.00a	93.74±0.21ab	92.97±0.36ab
	26.67	100.00±0.00a	95.52±1.31a	95.11±1.01a
	20	73.66±0.42cd	61.54±1.31defg	63.44±1.53ef
2	400	90.63±2.71b	51.82±1.21ghi	30.75±3.27i
	200	80.80±1.83bc	43.01±7.73i	59.78±3.59efh
	133.33	−8.93±14.69g	17.87±6.54jk	45.63±16.07fhi
3	5	60.36±1.16cde	77.41±2.81cde	78.23±1.82bcde
	4	56.52±8.88de	45.45±4.16hi	74.09±1.20cde
	3.33	38.39±6.86ef	24.41±4.18j	35.65±1.33i
4	22.50	100.00±0.00a	98.18±0.53ab	98.75±0.18a
5	6	76.43±3.85cd	68.81±1.10def	69.24±1.69cde
6	空白对照 CK	—	—	—

同行数据后标有相同小写字母表示在 0.05 水平上差异不显著（Duncan's 多重比较法，$P < 0.05$）。下表同。

Data followed by the same letters in the same row are not significantly different (Duncan's multiple range test, $P < 0.05$). The same below.

的防效为 68.81%~76.43%之间，防治效果一般。

2.2　5 种药剂对梨小食心虫的防治效果

从表 3 中可以看出，药后 5 d 4%高氯·甲维盐微乳剂 40 $mg \cdot kg^{-1}$ 处理防效达到 80%以上，除与 20%高氯·毒死蜱微胶囊剂高浓度和 4.5%高效氯氰菊酯乳油差异不显著外，与其它药剂的防效差异显著，26.67 $mg \cdot kg^{-1}$ 防效为 76.67%，20 $mg \cdot kg^{-1}$ 防效仅为 33.33%，药后 10~15 d，3 个浓度的防效平稳上升，在最后防效都达到了 90%以上，与其它 4 种制剂的防效差异显著；20%高氯·毒死蜱微胶囊剂在药后 5 d 400 $mg \cdot kg^{-1}$ 和 200 $mg \cdot kg^{-1}$ 的处理防效为 80.00%和 71.37%，具有速效性，但差异显著性不明显，10~15 d 后，防治效果下降明显，最高仅为 58.33%，说明对于梨小食心虫的抑制作用持效期短，最后一次调查时该试验区虫果率发生严重；20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂各处理浓度前期防效较差，药后 5 d 和 10 d，5 $mg \cdot kg^{-1}$ 处理防效仅为 63.33%和 68.13%，4 $mg \cdot kg^{-1}$ 和 3.33 $mg \cdot kg^{-1}$ 的防效更低，表明在防治梨小食心虫上该药剂速效性较差，药后 15 d，5 $mg \cdot kg^{-1}$ 与 4 $mg \cdot kg^{-1}$ 的处理防效持续上升，分别为 81.84%和 70.35%，3.33 $mg \cdot kg^{-1}$ 虽然上升明显，但防效不佳仅为 62.42%，说明该药剂对于梨小食心虫的抑制作用同样发生较慢；常规药剂 4.5%高效氯氰菊酯乳油的药后 5 d 到 15 d 的防效为 75.16%~78.99%，与桃小食心虫防效相比差距较大，1.8%阿维菌素乳油的防效为 63.73%~ 71.76%之间，防治效果同样不理想。

3　讨论

试验中 4%高氯·甲维盐微乳剂，对两种食心虫的防效最好。在药剂推荐稀释倍数下防效均能达到 90%以上，均可当作乳油制剂的良好替代品。4%高氯·甲维盐微乳剂作为一种高效氯氰菊酯与甲氨基阿维菌素苯甲酸盐复配药剂，两种药剂作用机理不同，而甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与阿维菌素的作用原理相同，都是作用于昆虫神经元突触或神经肌肉突触的 γ-氨基丁酸（GABA）

表 3 5 种农药对梨小食心虫的田间防治效果
Table 3 Control effect of five pesticides on *Grapholitha molesta*

编号 No.	药剂处理 Treatment ($mg \cdot kg^{-1}$)	药后 5 d 5th day after treatment 防效（%） Control efficacy (%)	药后 10 d 10th day after treatment 防效（%） Control efficacy (%)	药后 15 d 15th day after treatment 防效（%） Control efficacy (%)
1	40	83.33±6.67a	88.89±5.04a	93.70±5.92a
	26.67	76.67±5.79ab	77.18±4.80b	90.68±9.02ab
	20	33.33±7.40f	73.78±3.52bc	90.52±8.57ab
2	400	80.00±4.01ab	40.17±4.41f	58.33±5.18e
	200	71.37±5.39bc	48.33±2.76e	52.78±1.86ef
	133.33	−16.11±5.05g	20.63±3.28h	41.57±4.50f
3	5	63.33±6.39cd	68.13±4.45c	81.84±4.80bc
	4	53.13±6.23de	60.11±2.04de	70.35±1.85de
	3.33	43.63±2.85ef	30.56±4.28g	62.42±3.69e
4	22.5	75.16±5.02ab	68.39±7.27c	78.99±7.81cd
5	6	63.73±10.31cd	66.61±3.80cd	71.76±2.64de
6	空白对照 CK	—	—	—

系统（王龙龙等，2015），其混配药剂的防效与单一使用 4.5%高效氯氰菊酯乳油的防效对于桃小食心虫无显著差异，但对于梨小差异显著，研究与开发农药组合物是农林业可持续发展的热点，更是减少、延缓害虫抗性、提高药效和保护生态的有效途径（张婧等，2015），并且微乳剂属于对环境友好的水基化制剂，在减少了大量有机溶剂使用的同时，还减轻了对环境的压力，被誉为绿色农药制剂，成为替代乳油的新剂型之一（陈福良和尹明明，2007）。4%高氯·甲维盐微乳剂与 20%高氯·毒死蜱微胶囊剂相比，制作微胶囊剂的囊壁材料比微乳剂的成本要高，同时施药环境对药效的影响也较大；与 20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂相比，氯虫苯甲酰胺为国外专利产品，其原料价格高，导致生产成本增加；而 4.5%高效氯氰菊酯乳油和 1.8%阿维菌素乳油由于使用时间过长，都已产生了不同程度的抗药性，同时对环境影响较大，因此 4%高氯·甲维盐微乳剂更适合在生产上推广使用。

通过试验结果可初步明确 20%高氯·毒死蜱微胶囊剂对食心虫具有一定的速效性，但持效性不佳，难以持续控制其田间危害。毒死蜱是一种非内吸性广谱类杀虫杀螨剂，在我国甲胺磷、甲基对硫磷等高毒农药被禁止使用后，其成为替代品种之一（赵德等，2007；杨石有等，2013）。高效氯氰菊酯为防止鳞翅目害虫的非内吸性特效药，两种农药作用机理不同，其混配应该具有增效作用，但在本次试验中并没有体现出该农药混配的优势，同时蔡美兰（2007）进行了毒死蜱和高效氯氰菊酯乳油防治荔枝蝽的田间试验，发现两种农药的复配剂对荔枝蝽的防治没有增效作用；而陈列忠（2012）等所做毒死蜱高效氯氰菊酯的微胶囊剂对蛴螬的防治效果由于受到下雨的影响，导致后期防治效果下降，但其高浓度的防效很好并与其它制剂相比差异显著，持效期也较长。微胶囊作为一种新剂型，其主要优点在于可以有效控制缓释剂量（冯建国等，2011；陈浩梁等，2014），延长药剂的持效期。但是在本次试验中并没有体现出微胶囊药剂的优点，10 d 后防效即从 80%降至 50%以下，其原因可能为该微胶囊所选用的囊壁材料受当地土壤的影响，同时与施药浓度，环境温度、湿度等也有关（赵德等，2007），需进一步研究探讨。

氯虫苯甲酰胺是 2000 年开发的新型邻氨基

苯甲酰胺类杀虫剂（王艳军等，2010），对鳞翅目害虫有优异的防效，具有高效、低毒、对非靶标生物安全、对现有杀虫剂无交互抗性等特点（杨桂秋等，2012），其作用机理为高效激活昆虫鱼尼丁（Yanodine receptor，RyR）受体，使钙库中的钙离子大量释放，导致昆虫瘫痪死亡，可几乎作用于所有的鳞翅目害虫（刘腾飞等，2015）。邵振润等（2011）对 20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂防治稻纵卷叶螟和二化螟进行了大田试验，试验结果显示 20%氯虫苯甲酰胺 30 g/hm^2 对卷叶螟和二化螟的防治效果均能达到 90%以上。刘芳等（2009）研究了氯虫苯甲酰胺对稻纵卷叶螟的防治效果大田试验，结果显示 20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂 10 mL/667 m^2 在 4、7、14 d 后，防效分别为 81.10%、94.41%和 97.07%。但在本试验中 20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂对苹果树桃小食心虫 5 d 后的最高防效为 60%，10~15 d 后最高药效只能达到 78%左右，对梨小食心虫 5 d 后的最高防效为 63.33%，10~15 d 后最高药效为 81.84%。其防效变化趋势虽与刘芳等（2009）所做结果一致，均是在药后 10 ~15 d 防效提高明显。但防效并没有刘芳等（2009）所做试验高（二者防效均达到 90%以上），从药后各期的防效变化趋势分析，桃小食心虫和梨小食心虫可能对该药剂产生了一定抗药性，在推荐使用的稀释倍数下防效不佳，因此建议对推荐使用剂量进行再评价。

高效氯氰菊酯的作用原理为通过延长钠离子通道开放时间，最终导致靶标昆虫兴奋过度而死（Wing *et al.*，2000；吴霞，2002），与其它药剂的作用原理不同，4.5%高效氯氰菊酯乳油对桃小食心虫的防效高达 98%以上，但对梨小食心虫的防效却没有达到预期，最高也仅为 78%，考虑到梨小食心虫试验区树龄为 20 年，且药剂的用量和施药次数明显比桃小食心虫试验区高，有可能在当地产生了抗性需要进一步分析；阿维菌素的作用原理为延长氯离子通道开放，使大量氯离子涌入造成神经膜电位超极化，致使神经膜处于抑制状态，从而阻断神经冲动传导而使昆虫麻痹、拒食、死亡（何焕君等，2006）。许迪（2013）研究表明 1.8%阿维菌素乳油对蜜蜂为高毒，对家蚕、斑马鱼和大型溞为剧毒，黎萍等（2013）发现 1.8%阿维菌素乳油 5 000 倍液在药后 14 d 对朱砂叶螨的防效达到了 90.23%，对螨类的防治效果特别好，但本试验通过研究发现 1.8%阿维菌素乳油对桃小食心虫的防效为 68%~76%，对梨小食心虫的防效为 63%~71%，防治效果不佳，考虑到此药剂型为乳油剂型，对生物的安全性较差，并在两个试验地都长期使用，可能同时产生了一定的抗药性，建议减少使用次数，推荐以 4%高氯·甲维盐微乳剂使用为主。

桃小食心虫在北方苹果树上发生 2~3 代（陈川等，2015）。通过观察，本试验地山西省临汾市的桃小食心虫第一代成虫开始出土时间为 5 月下旬，高发期为 6 月中旬。本试验所选喷药时间为 6 月 5 号，提前防治第一代成虫在苹果树上产卵。梨小食心虫的第 1 代和第 2 代在春季时常常在桃树上发生，在秋季其第 3 代和第 4 代则会转寄到梨树和苹果树上（朱更瑞等，2014），本试验中梨小食心虫的试验地山西省原平市，通过具体观察发现到秋季，梨树上开始出现梨小食心虫并产生病害，本次试验是在其第 3 代在当地梨树上发生高峰期前即 8 月 1 号喷药，从而防止其大规模暴发、产生蛀果等现象，结合试验所得结论推荐使用 4%高氯·甲维盐微乳剂防治两种食心虫。两种食心虫都具有钻蛀特性，如果幼虫一旦蛀入果实，化学农药的防治作用就会明显下降，同时，受自身生活习性的影响，不同的环境和条件下其生活史和发育特点也存在一定差异。因此，掌握两种食心虫在各自果园的发生发育规律，抓住其薄弱环节进行防治，对于提高食心虫的防控效率十分重要。

参考文献 (References)

Chang YY, Kyeung SH, Jin KJ, Kyung SB, Myoung SY, 2003. Control of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta*(Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) by mating disruption with sex pheromone in pear orchards. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 6(1): 97–104.

Cheng FL, Yin MM, 2007. Discussion on pesticide microemulsion

concept and its problems in production and application. *Chinese Joumal of Pesticide Science*, 9(2): 110–116. [陈福良, 尹明明, 2007. 农药微乳剂概念及其生产应用中存在问题辨析. 农药学学报, 9(2): 110–116.]

Cai ML, 2007. Control effects of chlorpyrifos and high-effect-cypermethrin on tessaratoma papillosa in the field. *Entomological Journal of East China*. 16(3): 235–238. [蔡美兰, 2007. 毒死蜱和高效氯氰菊酯防治荔枝蝽的田间试验效果. 华东昆虫学报, 16(3): 235–238.]

Chen LZ, Chen JM, Zhao M, Zhang YF, He YP, 2009. Microcapsulating and control efficacy ofchlorpyrifos beta-cypermethrin on grubs (*Anomala corpulenta*). *Chinese Journal of Pesticide Science*, 11(4): 487–492. [陈列忠, 陈建明, 赵敏, 张玉锋, 何月平, 2009. 毒死蜱高效氯氰菊酯的微胶囊化及其对蛴螬的防治效果. 农药学学报, 11(4): 487–492.]

Chen HL, Xie MH, Lin LL, Su WH, 2014. The control effect of different pesticides with different application methods on peanut white grub. *Journal of Anhui Agri. Sci*., 42(6): 1688–1690. [陈浩梁, 谢明惠, 林璐璐, 苏卫华, 2014. 三种不同药剂及施药方法对花生蛴螬的防效. 安徽农业科学, 42(6): 1688–1690.]

Chen C, An KJ, Yang MX, Guo XX, 2015. Study on occurrence of *Carposina niponensis* in orchards. *Journal of Agriculture*, 5(11): 36–39. [陈川, 安克江, 杨美霞, 郭小侠, 2015. 苹果桃小食心虫发生规律研究. 农学学报, 5(11): 36–39.]

Feng JG, Xu X, Luo XR, Yan H, Wu XM, 2011. Discussion on the solvent evaporation method for preparation of microcapsules and the development of the pesticides microcapsules. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 13(6): 568–575. [冯建国, 徐妍, 罗湘仁, 严寒, 吴学民, 2011. 浅谈溶剂蒸发法制备微胶囊与农药微胶囊的开发. 农药学学报, 13(6): 568–575.]

Fan RJ, Liu ZF, Lu JJ, Feng YT, Yu Q, Gao Y, Zhang RX, 2013. Progress in the application of IPM to control the oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*) in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(6): 1509–1503. [范仁俊, 刘中芳, 陆俊姣, 封云涛, 庾琴, 高越, 张润祥, 2013. 我国梨小食心虫综合防治研究进展. 应用昆虫学报, 50(6): 1509–1503.]

Gong QT, Wu HB, Zhang KP, Li SH, Zhang XP, Sun RH, 2013. The dynamics of the *Grapholitha molesta* (Busck) larvae daily off fruit in the lab. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(6): 1519–1523. [宫庆涛, 武海斌, 张坤鹏, 李素红, 张学萍, 孙瑞红, 2013. 室内饲养梨小食心虫幼虫脱果动态. 应用昆虫学报, 50(6): 1519–1523.]

Gao Y, Liu ZF, Yang XC, Guo RF, Yu Q, Feng YT, Ma SG, Zhang PJ, Fan FJ, 2013. Research on using pheremone spray to disrupt the mating of *Grapholitha molesta* (Busck). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(6): 1553–1558. [高越, 刘中芳, 杨兴翠, 郭瑞峰, 庾琴, 封云涛, 马四国, 张鹏九, 范仁俊, 2013. 梨小食心虫迷向液剂的制备及应用研究. 应用昆虫学报, 50(6): 1553–1558.]

He HJ, Qiu LN, Yao WF, Gong AJ, Song XC, Liu LJ, 2006. Study on the development of avermectins. *Biotechnology*, 16(6): 84–85. [何焕君, 邱丽娜, 姚伟芳, 弓爱君, 宋晓春, 刘丽君, 2006. 阿维菌素的研究进展. 生物技术, 16(6): 84–85.]

Kim DS, Lee DH, Yiem MS, 2000. Spring emergence pattern of *Carposina sasakii* (Lepidoptera: carposinidae) in appleorchards in Korea and its forcasting models based on degree-days. *Environ. Entomol.*, 29(6): 1188–1198.

Liu YS, Cheng JA, Mou JY, 1997. Review of the advances of the peach fruit-borer *Grapholitha molesta*(Busck). *Journal of Shandong Agricultural University*, 28(2): 207–214. [刘玉升, 程家安, 牟吉元, 1997. 桃小食心虫的研究概况. 山东农业大学学报, 28(2): 207–214.]

Liu F, Xi BG, Bao SW, Zhang Q, Qin JX, Shi XM, Jiang T, Zhao JL, 2009. Control effectiveness of chlorantraniliprole on *Cnaphalocrocis medinalis* and evaluation of its safety to beneficial arthropods in the rice fields. *Plant Protection*, 35(5): 139–143. [刘芳, 奚本贵, 包善微, 张桥, 秦吉祥, 石细敏, 江涛, 赵俊玲, 2009. 氯虫苯甲酰胺对稻纵卷叶螟的防效及对稻田有益节肢动物的安全性评价. 植物保护, 35(5): 139–143.]

Lu PF, Huang LQ, Wang CZ, 2010. Semiochemicals used in chemical communication in the oriental fruitmoth *Grapholitha molesta*. *Acta Entomologica Sinica*, 53(12): 1390–1403. [陆鹏飞, 黄玲巧, 王琛柱, 2010. 梨小食心虫化学通信中的信息物质. 昆虫学报, 53(12): 1390–1403.]

Liu L, Yang HP, Zhao F, Ma G, Ma CS, 2011. Simplified identification system for fruit borers in northern China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(6): 1896–1904. [刘丽, 杨和平, 赵飞, 马罡, 马春森, 2011. 北方果树食心虫远程便捷识别系统. 应用昆虫学报, 48(6): 1896–1904.]

Li P, Liu LJ, Li HR, He HL, 2014. Field control efficacy of abamectin EC to *Teranychus cinnabarinus* (Boisduval) of cassava. *Agricultural Research and Application*, 155: 10–12. [黎萍, 刘连军, 李恒锐, 何洪良, 2014. 阿维菌素乳油防治木薯朱砂叶螨田间药效试验. 农业研究与应用, 155: 10–12.]

Liu TF, Yang DF, Deng JH, Dong MH, 2015. Degradation of chlorantraniliprole and development on its residue detection and analysis. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 31(3): 221–228. [刘腾飞, 杨代凤, 邓金花, 董明辉, 2015. 氯虫苯甲酰胺的残留降解与检测分析研究进展. 中国农学通报, 31(3): 221–228.]

Piero JC, Dorn S, 2009. Response of female oriental fruit moth to volatiles from apple and peach trees at three phenological stages. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 131(1): 67–74.

PRC National Standard. GB/T 17980.65-2004. Pesticide field efficacy test criteria(two) 65th part: pesticides in controlling *Carposina niponensis*. Beijing: China Standard Press. [中华人民共和国国家标准. GB/T 17980.65-2004.农药田间药效试验准则(二)第 65 部分：杀虫剂防治苹果桃小食心虫. 北京：中国标准出版社.]

Shao ZR, Li YP, Shen JL, Zhang S, Gao CF, Zhang KX, Chen Y, 2011. Field demonstration experiment of rice leaf roller and striped rice borer with chlorantraniliprole. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 30(5): 609–612. [邵振润, 李永平, 沈晋良, 张帅, 高聪芬, 张凯雄, 陈宇, 2011. 氯虫苯甲酰胺防治稻纵卷叶螟和儿化螟的大田示范试验. 华中农业大学学报, 30(5): 609–612.]

Wu X, 2002. The latest research progress on mechanism of action of pyrethroid fipronil and indoxacarb. *World Pesticide*, 24(2): 29–34. [吴霞, 2002. 拟除虫菊酯、氟虫腈和茚虫威作用机制的最新进展. 世界农药, 24(2): 29–34.]

Wang YJ, Zhang DY, Wu XM, 2010. Synthesis of chlorantraniliprole. *Agrochrmicals*, 49(3): 170–173. [王艳军, 张大永, 吴晓明, 2010. 氯虫苯甲酰胺的合成. 农药, 49(3): 170–173.]

Wang LL, Liu Y, Cui RR, Zhuang ZG, Xue CB, Zhuang ZX, 2015. Research status and prospects of emamectin benzoate. *Agrochrmicals*, 54(6): 394–399. [王龙龙, 刘钰, 崔蕊蕊, 庄治国, 薛超彬, 庄占兴, 2015. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐研究开发现状与展望. 农药, 54(6): 394–399.]

Xu D, Pan JL, Liu WQ, Jiang FP, Dong JX, Wang HL, 2013. Safety evaluation of spinosad SC, abamectin EC and beta-cypermethrin EW pesticides to environmental organisms. *Asian Journal of Ecotoxicology*, 8(6): 897–902. [许迪, 潘竟林, 刘万强, 姜福平, 董俊霞, 王会利, 2013. 多杀菌素、阿维菌素乳油和高效氯氰菊酯 3 种农药对环境生物的安全性评价. 生态毒理学报, 8(6): 897–902.]

Yang JQ, Tong YC, Yang HB, Yu HB, Li B, 2012. Summary of chlorantraniliprole: a nevolinsecticide. *World Pesticides*, 34(1): 31–34. [杨桂秋, 童怡春, 杨辉斌, 于海波, 李斌, 2012. 新型杀虫剂氯虫苯甲酰胺研究概述. 世界农药, 34(1): 31–34.]

Yang SY, Liu DK, Zhang C, Zhang SF, Deng ZZ, Li ZY, Huang BB, Wu ZJ, Wu G, 2013. Decline dynamics of chlorpyrifos microspheres and emulsifiable concentrate in water and its toxicity to the larvae of *Aedes albopictus*. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 15(4): 464–468. [杨石有, 刘德坤, 张翠, 张少飞, 邓振洲, 李正杨, 黄彬彬, 吴祖建, 吴刚, 2013. 毒死蜱微球和乳油在水中的消解动态及其对白纹伊蚊幼虫的毒力. 农药学学报, 15(4): 464–468.]

Zhao D, Han ZR, Du YC, Mu W, Liu F, 2007. Preparation of chlorpyrifos microcapsules and its controlled release characteristics. *Scientia Agricultura Sinica*, 4(12): 2753–2758. [赵德, 韩志任, 杜有辰, 慕卫, 刘峰, 2007. 毒死蜱微胶囊化及释放性能表征. 中国农业科学, 4(12): 2753–2758.]

Zhu GR, Wang XW, Fang WC, Feng YB, Wang XL, Chen LY, Hu XJ, 2014. Occurrence regularity of oriental fruit moth and its taxis to different catchers' applied in peach orchard. *Journal of Fruit Science*, 31(2): 282–287. [朱更瑞, 王新卫, 方伟超, 冯义彬, 王小丽, 陈领豫, 胡晓晶, 2014. 桃园梨小食心虫发生规律及成虫对不同诱捕器的趋性研究. 果树学报, 31(2): 282–287.]

Zhang PJ, Gao Y, Shi GC, Guo RF, Liu ZF, Feng YT, Zhang RX, Fan RJ, 2015. Effects of different surfactants on the toxicity of beta-cyfluthrin EW to *Carposina sasakii* Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(5): 1154–1160. [张鹏九, 高越, 史高川, 郭瑞峰, 刘中芳, 封云涛, 张润祥, 范仁俊, 2015. 含不同表面活性剂的高效氟氯氰菊酯水乳剂对桃小食心虫的防治效果. 应用昆虫学报, 52(5): 1154–1160.]

Zhang J, Huang ZQ, Wang DT, Jiang S, An T, 2015. Application of benzoylurea insecticides in pesticidal composition. *Agrochemicals*, 54(10): 703–708. [张婧, 黄治强, 王丹婷, 蒋珊, 安彤, 2015. 苯甲酰脲类杀虫剂在农药复配物中的应用进展. 农药, 54(10): 703–708.]

Zhang KY, Wang ZQ, Wang HP, 2016. Improved method for collecting eggs of the peach fruit borer, *Carposina sasakii* Matsumura. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(1): 229–233. [张恺月, 王子谦, 王洪平, 2016. 桃小食心虫卵收集方法的改进. 应用昆虫学报, 53(1): 229–233.]