应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2015, 52(5): 1154–1160. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2015.137

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*

张鹏九** 高 越 史高川 郭瑞峰 刘中芳 封云涛 张润祥 范仁俊***

（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 **【目的】** 在保证菊酯类农药防治桃小食心虫效果的基础上，降低乳油农药助剂和溶剂对环境的危害，开发农药新剂型。**【方法】** 研究了含不同表面活性剂的 4 种 2.5%高效氟氯氰菊酯水乳剂的配方、热稳定性、制剂粒度、稀释液表面张力及其在苹果叶面的接触角，并在苹果园针对桃小食心虫进行了田间防治效果试验。**【结果】** 采用 4 种不同表面活性剂（FMEE、IS-TEO、宁乳 34、农乳 700）配比组成的 4 种高效氟氯氰菊酯水乳剂 1 号、2 号、3 号、4 号，配方热贮后分解率低于 5%，符合国标热贮稳定性的要求；粒径 D50 在 0.85~2.12 μm 处于水乳剂型理想范围；稀释液表面张力 43.32~51.89 mN/m；稀释液在苹果叶面接触角为 47.45°~74.38°，远低于水的表面张力，均能较好的附着于苹果叶表面。4 种配方稀释 2 000~3 000 倍液对苹果桃小食心虫的防治效果为 84.62%~100%，与对照药剂 4.5%高效氯氰菊酯乳油无显著差异，较乳油制剂有机溶剂用量减少 70%。**【结论】** 综合热稳定性、制剂粒径、稀释液表面张力、稀释药液在苹果叶面接触角、对苹果桃小食心虫防治效果及农药减量化使用等因素，推荐使用 3 号配方。

关键词 高效氟氯氰菊酯，表面活性剂，桃小食心虫，表面张力

Effects of different surfactants on the toxicity of beta-cyfluthrin EW to *Carposina sasakii* Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae)

ZHANG Peng-Jiu** GAO Yue SHI Gao-Chuan GUO Rui-Feng LIU Zhong-Fang FENG Yun-Tao ZHANG Run-Xiang FAN Ren-Jun***

(Shanxi Key Laboratory of Integrated Pest Management in Agriculture, Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China)

Abstract **[Objective]** To develop a new, more environmentally friendly pesticide for the control of *Carposina sasakii* Matsumura. **[Methods]** The thermal stability, particle size, surface tension and contact angle of four types of 2.5% beta-cyfluthrin EW were investigated with different surfactants, and the effectiveness of different formulations of this pesticide were tested on *C. sasakii* in an apple orchard. **[Results]** Decomposition rates of the four types of beta-cyfluthrin EW (1#, 2#, 3#, 4#) with different surfactants (FMEE、IS-TEO、Ningru34、Nongru700) were all < 5% after thermal storage, which complies with the national standard for thermal storage stability. D50 was in the range of 0.85-2.12 μm, which is the ideal range for EW. The surface tension of dilutions was 43.32-51.89 mN/m. The contact angle of dilutions on apple leaves was 47.45° to 74.38°, which is considerably lower than surface tension of water, suggesting that the pesticide solution should have excellent adhesion to the apple leaf surface. A 2 000-3 000 part dilution of EW achieved 84.62%-100% mortality of *C. sasakii*. Compared to 4.5% beta-cyfluthrin EC, there was no significant difference in mortality between the four EW formulations tested. Compared to EC, EW contains 70% less organic solvents. **[Conclusion]** Based on factors such as thermal stability, particle size, surface tension, contact angle, control effect and pesticide reduction, 3# beta-cyfluthrin EW is recommended for

* 资助项目 Supported projects：公益性行业（农业）科研专项（200903033-07）；山西省科技攻关项目（20100311037）；山西省农业科学院科技自主创新能力提升工程（2015ZZCX-15）；公益性行业（农业）科研专项（201103024）

**第一作者 First author，E-mail：mss_1105@163.com

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

收稿日期 Received：2015-05-14，接受日期 Accepted：2015-07-12

the control of *C. sasakii* in apple orchards.

Key words　beta-cyfluthrin EW, surfactant, *Carposina sasakii*, surface tension

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，主要通过蛀食桃、梨、苹果等危害，严重影响果实的品质和产量，对水果生产造成极大威胁（刘丽，2011；Liu，2011；王鹏，2014）。目前果园对食心虫主要的防治药剂依然是菊酯类农药，且多为乳油剂型，在保证该类农药防治效果的基础上，降低乳油农药助剂和溶剂对环境的危害，急需研制出新的菊酯类农药剂型（范仁俊等，2013）。

农药水乳剂也称浓乳剂，是不溶于水的原药液体或原药溶于有机溶剂所得的液体油珠分散在水中的悬浮体。通常，适合加工成乳油的农药原药均可制成水乳剂（郭勇飞，2011）。水溶性高的农药对乳状液稳定性影响很大，不能加工成水乳剂。水乳剂的有效成分一般在 30%以下，浓度太高，易从水包油型转相为油包水型悬浮体。水乳剂外观为不透明的乳状液，油珠粒径通常为 0.7~20 μm，比较理想的范围是 1.5~3.5 μm。与乳油相比，具有成本低廉、对环境友好等优势(张鹏，2013)。

高效氟氯氰菊酯是目前田间应用非常广泛的一种高效杀虫剂（王振，2012），属于拟除虫菊酯类，它兼具触杀和胃毒作用（范仁俊等，2010），还具有杀虫谱广、击倒迅速、持效期长的特点。

本文针对苹果树桃小食心虫的防治，综合热稳定性、制剂粒径、稀释液表面张力、稀释药液在苹果叶面的接触角，以及对苹果桃小食心虫的防治效果等因素，从 4 种配方中选出最佳配方。

1　材料与方法

1.1　试剂与仪器

1.1.1　试剂　甲酰胺（分析纯），乙二醇（AR），高效氟氯氰菊酯原粉（90.85%），正丁醇（AR）乙二醇（AR），黄原胶（AR），FMEE（脂肪酸甲酯乙氧基化物），IS-TEO（异构十三碳醇乙氧基化合物），农乳 700（文中表示为 700#：烷基酚甲醛树脂聚氧乙烯醚）（CP），宁乳 34 号（文中表示为 34#：苯乙烯苯酚甲醛树脂聚氧乙烯聚氧丙烯醚），去离子水（电导率 1.21 μS/cm），高效氟氯氰菊酯标样（98.1%），甲醇（色谱纯），乙腈（色谱纯），焦磷酸钠（化学纯）。

1.1.2　仪器　视频光学接触角测量仪（OCA20），高效液相色谱仪（Agilent 1260），激光粒度分布仪（BT-9300H），万分之一天平（BS 210S 型），电热恒温培养箱（DPX-9272B-2 型），高速分散均质机（FS-2 型），天平（PGC453i），超纯水制造系统（UPH-I-20T），低温恒温循环器（THX-05）。

1.2　试验方法

1.2.1　2.5%高效氟氯氰菊酯水乳剂配方研究　高效氟氯氰菊酯溶于乙醇，加入不同表面活性剂、增粘剂、防冻剂（表 1），在搅拌的同时，缓慢加入去离子水，并用高速剪切机剪切至乳白色均相液体。形成 4 种含不同表面活性剂的高效氟氯氰菊酯水乳剂（表 1）。

1.2.2　热贮稳定性　参照 GB/T 19136-2003 农药热贮稳定性测定方法，将试样密封后，放入（54±2）℃的恒温箱中放置 14 d，取出冷却至室温，观察有无固体和油状物析出。并采用高效液相色谱法（流动相：甲醇：水=75：25，检测波长：254 nm，流速：0.6 mL/min）进行热贮实验前后有效成分稳定性的测定，进行 3 次重复，计算热贮后有效成分分解率。

1.2.3　粒度　利用激光粒度仪（丹东市百特仪器有限公司 BT-9300H），对高效氟氯氰菊酯水乳剂药液粒度及分布进行测定。

1.2.4　药液表面张力　采用光学视频接触角测量仪（OCA20），通过悬滴法，按实际生产中高效氟氯氰菊酯水乳剂稀释倍数（2 000~4 000 倍液），测试其表面张力，3 次重复。

表 1 4 种药剂组成成分
Table 1 Composition of beta-cyfluthrin EW

		1	2	3	4
成分配比 Composition proportion	有效成分 Active ingredient	高效氟氯氰菊酯 Beta-cyfluthrin 2.5%	高效氟氯氰菊酯 Beta-cyfluthrin 2.5%	高效氟氯氰菊酯 Beta-cyfluthrin 2.5%	高效氟氯氰菊酯 Beta-cyfluthrin 2.5%
	表面活性剂 Surfactant	FMEE 2% 34# 6%	FMEE 2% 700# 6%	IS-TEO 2% 34# 6%	IS-TEO 2% 700# 6%
	助溶剂 Accessory solvent	乙醇 Ethanol 10%	乙醇 Ethanol 10%	乙醇 Ethanol 10%	乙醇 Ethanol 10%
	增粘剂 Adhesion promoter	黄原胶 Xanthan gum 0.3%	黄原胶 Xanthan gum 0.3%	黄原胶 Xanthan gum 0.3%	黄原胶 Xanthan gum 0.3%
	防冻剂 Antifreeze	乙二醇 Ethylene glycol 5%	乙二醇 Ethylene glycol 5%	乙二醇 Ethylene glycol 5%	乙二醇 Ethylene glycol 5%
	基质 Base material	水 Water 74.1%	水 Water 74.4%	水 Water 78.5%	水 Water 78.5%

1.2.5 稀释液在苹果表面接触角 采用光学视频接触角测量仪（OCA20），通过躺滴法，按实际生产中高效氟氯氰菊酯水乳剂稀释倍数（2 000~4 000），测试其稀释液液滴在苹果叶片表面的 60 s 静态接触角，3 次重复。

1.2.6 苹果树桃小食心虫田间防治效果 试验地点位于辽宁省兴城市，供试苹果树品种为金矮生，树龄 9 年生，株行距 2 m×4 m，行间空闲，耕作条件一致。每种配方分别按 2 000、3 000、4 000 倍液稀释。统一采用 4.5%高效氯氰菊酯乳油作为对照药剂。每个处理重复 3 次。共计 39 个小区。

2 结果与分析

2.1 不同表面活性剂配方稳定性比较

2.1.1 热贮稳定性比较 对 1、2、3 和 4 号 4 个物理性质稳定的不同配方高效氟氯氰菊酯水乳剂，进行了有效成分稳定性的测试，并将结果进行对比（表 2）。

结果表明：热贮后有效成分分解率均小于 5%，其中以 3 号配方样品分解率最低，表明 3 号配方物理化学性质最稳定。

2.1.2 药液粒度及分布比较 利用激光粒度仪，对不同配方高效氟氯氰菊酯水乳剂药液粒度及

表 2 不同表面活性剂水乳剂配方稳定性及粒度
Table 2 Stability and particle size of beta-cyfluthrin EW with different surfactant

			1	2	3	4
稳定性 Stability	热贮前有效成份含量（%）Before thermal storage		2.55±0.12b	2.62±0.10bc	2.584±0.20b	2.22±0.21ab
	热贮后有效成份含量（%）After thermal storage		2.50±0.15b	2.58±0.17bc	2.576±0.18bc	2.13±0.19a
	分解率（%）Decomposition ratio		2.84±0.17c	2.61±0.13b	2.35±0.19a	2.40±0.20a
粒度 Particle size	D50 (μm)	热贮前 Before thermal storage	0.85±0.01a	1.70±0.09c	0.88±0.10e	1.33±0.14g
		热贮后 After thermal storage	1.18±0.11b	2.12±0.15d	1.08±0.07f	1.96±0.12h
	D10-D90 (μm)	热贮前 Before thermal storage	0.37-1.36	0.92-3.04	0.38-1.50	0.81-2.28
		热贮后 After thermal storage	0.68-1.85	0.99-3.85	0.49-1.68	0.97-3.37

同行数据后标有相同字母表示在 0.05 水平上差异不显著（Duncan's 多重比较法）。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.

分布进行研究。结果见表 2，各配方粒径 D50 符合制备水乳剂粒径的要求(水乳剂 D50 在 1.5~3.5 μm 间较理想)。

粒度测试结果表明：4 个配方的高效氟氯氰菊酯水乳剂粒径及分布均处于较理想的范围，不同表面活性剂配方之间以及热贮前后，中位径 D50 均有显著差异，且热贮后粒径（不论是 D50 还是 D10~D90）均有增大趋势，说明在热贮过程中发生了粒子的凝聚，但热贮之后体系粒径仍处于较理想范围之内。其中 1 和 3 号配方粒径热稳定性优于 2 和 4 号配方。

2.2　稀释液表面张力的比较

由表 3 可以看出，各配方高效氟氯氰菊酯水乳剂不同倍数稀释液表面张力显著低于水的表面张力，并随着稀释倍数增加而增大，其表面张力分量均以色散分量占主导，其中 1、3 配方药剂表面张力较低。

2.3　药液表面接触角的比较

对以上 4 个配方进行苹果叶面静态接触角的研究，并以水为对照（表 3）。

4 个配方不同倍数稀释液在苹果叶面的接触角，均小于水的接触角，并且随着稀释倍数减小，各配方稀释液在苹果叶表面接触角均呈减小趋势，说明水乳剂体系中所加入的表面活性剂能显著提高药液在苹果叶表面的润湿性能。比较不同配方在相同稀释倍数条件下的接触角，发现稀释倍数在 2 000~3 000 倍时，3 号配方和 4 号配方润湿性能最好，润湿速度最快，尤其是 3 号配方药剂；而在稀释 4 000 倍时，则以 4 号配方药剂润湿性能最好。4 种表面活性剂配方中，通过 1 号与 3 号配方、2 号与 4 号配方相比得出 IS-TEO 润湿性要优于 FMEE。1 号与 2 号配方、3 号与 4 号配方相比得出 34#与 700#润湿性能相当。

2.4　不同表面活性剂配方防治苹果树桃小食心虫效果的比较

1 号配方药剂各处理的药前平均卵果率为 2.61%～4.11%之间，虫果率在 0～0.97%之间。药后 5 d，各处理防效 78%～90%之间，具有较好的速效性。其 2 000 倍液、3 000 倍液处理防

表 3　不同配方稀释液表面张力、分量及在苹果叶面的接触角

Table 3　Surface tension, component and contact angle of different dilution

编号 No.	稀释倍数 Dilution times	表面张力 Surface tension (mN/m)	表面张力分量（mN/m）及所占比例（%） Surface tension component（%）				苹果叶面接触角（°） Contact angle (°)
		空气 Air	色散分量 Dispersive component	比例 Ratio	极性分量 Polar component	比例 Ratio	
1	2 000	43.32±0.21a	37.15±0.12bc	85.76	6.17±0.17a	14.24	61.06±0.31d
	3 000	48.36±0.24bc	41.15±0.17d	85.09	7.21±0.18a	14.91	65.51±0.28e
	4 000	50.86±0.12c	43.49±0.20e	85.51	7.37±20.00ab	14.49	67.66±0.19e
2	2 000	44.27±0.35a	34.2±0.19b	77.25	10.07±0.17d	22.75	62.41±0.28de
	3 000	47.67±0.28b	35.89±0.21b	75.29	11.78±0.20d	24.71	69.07±0.20e
	4 000	49.72±0.17c	40.31±0.17d	81.07	9.41±0.19bc	18.93	74.39±0.19f
3	2 000	43.55±0.22a	35.61±0.22b	81.77	7.94±0.21ab	18.23	46.17±0.27a
	3 000	47.04±0.14b	38.02±0.15cd	80.82	9.02±0.16bc	19.18	47.75±0.26ab
	4 000	50.18±0.25c	41.69±0.25d	83.08	8.49±0.21b	16.92	71.71±0.17f
4	2 000	46.14±0.26b	38.16±0.24cd	82.70	7.98±0.20ab	17.30	46.96±0.29a
	3 000	48.83±0.28bc	40.65±0.28	83.25	8.18±0.27b	16.75	53.5±0.32b
	4 000	51.89±0.21cd	44.06±0.20e	84.91	7.83±0.18a	15.09	55.53±0.15c
水 Water	--	73.66±0.11d	27.35±0.15a	37.13	46.31±16.00e	62.87	74.66±0.26f

效与对照药剂 4.5%高效氯氰菊酯差异不显著；药后 10 d，2 000 倍液与 3 000 倍液处理防效分别为 89.86%和 80.84%。4 000 倍液处理防效仅为 65.8%；至药后 15 d，其 2 000 倍液、3 000 倍液处理卵果率控制在 2%左右，防效上升至 93%以上，与对照药剂 4.5%高效氯氰菊酯乳油 2 000 倍液处理差异不显著，具有良好的持效性。

2 号配方药剂各处理药前平均卵果率为 2.39～4.11%之间，虫果率在 0～0.48%之间。药后 5 d，各处理防效均高于 95%，与对照药剂 4.5%高效氯氰菊酯乳油 2 000 倍液处理差异不显著，具有良好的速效性；药后 10 d，各处理防效在 94%～98%之间；药后 15 d 各处理防效保持在 84%以上，平均卵果率控制在 5.13%以下，具有良好的持效性。

3 号配方药剂各处理药前平均卵果率为 2.39%～4.11%之间，虫果率在 0～0.26%之间。药后 5 d，其 2 000 倍液、3 000 倍液处理防效分别为 93.21%和 87.14%，与对照药剂 4.5%高效氯氰菊酯乳油 2 000 倍液处理无显著差异，具有较好的速效性；药后 10～15 d，其 2 000 倍液、3 000 倍液处理防效保持在 90%以上，与 4.5%高效氯氰菊酯乳油 2 000 倍液处理无显著差异，表现出较好的持效性。

4 号配方药剂各处理前的平均卵果率为 3.06%～4.11%之间，虫果率为 0。药后 5 d，各处理防效均高于 92%，与对照药剂 4.5%高效氯氰菊酯乳油 2 000 倍液处理无显著差异，具有良好的速效性。药后 10 d，4 000 倍液处理防效下降幅度较大，但虫果率仅为 2.19%。至药后 15 d，2 000 倍液、3 000 倍液处理防效均保持在 90%以上，处理间差异不显著，表现出较好的持效性。

田间试验结果表明（表 4），4 种配方的高效氟氯氰菊酯水乳剂，对苹果树桃小食心虫均可起到较好地防治效果。各药配方速效性、持效性、不同浓度处理间的防效具有一定的差异。结合试验结果综合分析，2 号、4 号配方，整体速效性和持效性均表现良好，在田间能够有效控制食心虫的危害，1 号、3 号配方的 2 000 倍、3 000 倍浓度处理也具有较为理想的速效性和持效性，而 4 000 倍液处理时速效性、迟效性均偏低。4 种配方与对照药剂 4.5%高效氯氰菊酯乳油在相同

表 4　4 种配方对苹果树桃小食心虫田间防效试验结果

Table 4　Control effect of four dilutions for *Carposina sasakii*

药剂处理 Treatment	药后 5 d 防效 5th day aftert treatment	药后 10 d 防效 10th day aftert treatment	药后 15 d 防效 15th day aftert treatment
	Control efficacy（%）	Control efficacy（%）	Control efficacy（%）
No.1 2 000 倍液	86.96±2.51ab	89.86±2.14abc	97.10±1.91a
No.1 3 000 倍液	89.55±3.12ab	80.84±3.11bcd	93.10±3.14ab
No.1 4 000 倍液	78.21±3.78abcd	65.80±5.12defg	64.32±6.17def
No.2 2 000 倍液	97.86±1.23ab	97.45±1.21ab	96.62±1.91a
No.2 3 000 倍液	100.00±0.00a	95.10±2.14ab	84.62±2.14abc
No.2 4 000 倍液	100.00±0.00a	94.86±2.11ab	89.66±2.11ab
No.3 2 000 倍液	93.21±2.11ab	97.34±1.78ab	95.24±1.29a
No.3 3 000 倍液	87.14±2.11ab	90.03±3.12abc	91.40±2.14ab
No.3 4 000 倍液	60.71±7.14cde	58.71±9.13fghi	83.72±3.10abcd
No.4 2 000 倍液	100.00±0.00a	100.00±0.00a	95.39±2.11a
No.4 3 000 倍液	92.77±2.24ab	97.17±1.14ab	92.22±1.59ab
No.4 4 000 倍液	100.00±0.00a	77.03±3.12cde	90.64±2.41ab
4.5%高效氯氰菊酯乳油 2 000 倍液	100.00±0.00a	98.18±1.21ab	98.75±1.10a

稀释倍数下防效无显著差异。

3　讨论

通过对 4 种不同表面活性剂配制的 2.5%高效氟氯氰菊酯水乳剂的热稳定性、制剂粒度、稀释液表面张力，在苹果叶片表面接触角及对苹果树桃小食心虫田间防治效果的研究，表明 1、2、3、4 号，4 种配方热贮后分解率低于 5%，符合国标热贮稳定性的要求。粒径 D50 在 0.85~2.12 μm 处于理想范围。液表面张力 43.32~51.89 mN/m，均低于水的表面张力，在苹果叶面接触角 47.45°~74.38°，均低于水在苹果叶面的接触角，均能较好的附着于苹果叶表面（叶学民，2011）。较乳油制剂有机溶剂用量减少 70%。4 种配方稀释 2 000~3 000 倍液对苹果桃小食心虫的防治效果 84.62%~100%，4 种配方与对照药剂 4.5%高效氯氰菊酯乳油 2 000 倍液，无显著差异。若选择 3 号、4 号配方稀释 3 000 倍液防治苹果树桃小食心虫，在不影响防效的前提下，可较乳油产品减少有效成分用量 30%，实现了农药有效成分和有机溶剂的减量化使用。综合热稳定性、粒径、液表面张力、稀释药液在苹果叶面接触角，及对苹果桃小食心虫防治效果及农药减量化使用等因素，推荐使用 3 号配方，稀释 2 000~3 000 倍液可有效防治苹果桃小食心虫。

通过此次对 2.5%高效氟氯氰菊酯水乳剂的研究，可以看出水乳剂在减少有机溶剂方面有着十分广阔的应用前景（冯建国，2012），其防效、稳定性与同种药剂的乳油产品相当，是一种很好的乳油替代剂型（兀新养，2007）。本次药剂试验中所用到的 4 种表面活性剂组合都为非极性表面活性剂，从试验结果上来看，4 种药剂中 IS-TEO 与 700#组合的药剂润湿性能最好。在这四种表面活性剂中，FMEE（脂肪酸甲酯乙氧基化物）、IS-TEO（异构十三碳醇乙氧基化合物）都为新型表面活性剂，与传统农药制剂非离子表面活性剂 NP（壬基酚聚氧乙烯醚）、OP（烷基酚聚氧乙烯醚）等有较强毒性和内分泌干扰作用的系列（翁景峥，2010）相比，有着对生物体刺激小，生物降解性好，毒性低环境友好，低泡沫，水溶快，油脂增溶能力强等特点（徐铭勋，2012）。此次试验表明，FMEE、IS-TEO 制成的新型农药制剂其防效与传统乳油制剂无明显差别，可以作为农药制剂中表面活性剂使用，或是传统农药制剂中刺激性表面活性剂的优良替代品（陈福良，2015）。

参考文献 (Refrences)

Chen FL, Zhang L, Jia WN, Huang GZ, Yin MM, 2015. Application of polymeric emulsifier in beta-Cyfluthrin EW. *Agrochemicals*, 54(3): 188–190. [陈福良, 张磊, 贾伟娜, 黄桂珍, 尹明明, 2015. 高分子乳化剂在高效氟氯氰菊酯水乳剂中的应用. 农药, 54(3): 188–190.]

Fan RJ, Gao Y, Zhang RX, Du EQ, Yu Q, Guo GM, 2010. Field application of 2. 5% beta-cyfluthrin micro-emulsion to peach fruit moth *Carposina niponensis*, in apple. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(2): 384–386. [范仁俊, 高越, 张润祥, 杜恩强, 庾琴, 郭贵明, 2010. 2.5%高效氟氯氰菊酯微乳剂对苹果桃小食心虫的田间应用技术研究. 昆虫知识, 47(2): 384–386.]

Fan RJ, Liu ZF, Lu JJ, Fen 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): 1509–1513. [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– 1513.]

Feng JG, Zhang XJ, Zhao WZ, Chen WT, Fan TF, Wu XM, 2012. The reseatch application status of the emulsifiers for EW. *Agrochemicals*, 51(10): 706–723. [冯建国, 张小军, 赵哲伟, 陈维韬, 范腾飞, 吴学民, 2012. 农药水乳剂用乳化剂的应用研究现状. 农药, 51(10): 706–723.]

Guo YF, Yin MM, Chen FL, 2011. The effect of emulsifier on the physical stability of beta-cypermethrin 45EW. *Chinese Journal of Pesticde Science*, 13(1): 71–78. [郭勇飞, 尹明明, 陈福良, 2011. 乳化剂对4.5%高效氯氰菊酯水乳剂物理稳定性的影响. 农药学学报, 13(1): 71–78.]

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.]

Liu Z, Hua BZ, Liu L. 2011. Ultrastructure of the sensilla on larval antennae and mouthparts in the peach fruit moth, *Carposina sasakii* Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae). *Micron*, 42: 478–483.

Wang Z, Gao Y, Li GY, Li C, Fan RJ, Ma EB, Zhang RX, 2012. Study of formula and wet-spreading of beta-cyfluthrin EW. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 28(27): 250–254. [王振, 高越, 李光玉, 李纯, 范仁俊, 马恩波, 张润祥, 2012. 高效氟氯氰菊酯水乳剂配方及其润湿性能研究. 中国农学通报, 28(27): 250–254.]

Weng JZ, Chen SP, Wu ZH, 2010. Photocatalytic degradation of aqueous nonylphenol ethoxylate-10 by titanium dioxide composite sheets. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 30(6): 1204–1210. [翁景峥, 陈少平, 吴宗华, 2010. 二氧化钛复合纸板对壬基酚聚氧乙烯醚水溶液的光催化降解. 环境科学学报, 30(6): 1204–1210.]

Wang P, Yu Y, Xu YY, Li LL, Zhang AS, Men XY, Zhang SC, Zhou XH, 2014. Effects of different host plants on the colf-resistant substances in overwintering larvae of *Carposina Sasakii* Matsumura(Lepidoptera: Carposinidae). *Chinese Journal of Applied Ecology,* 25(5): 1513–1517. [王鹏, 于毅, 许永玉, 李丽莉, 张安盛, 门兴元, 张思聪, 周仙红, 2014. 寄主植物对桃小食心虫越冬幼虫耐寒性物质的影响. 应用生态学报, 25(5): 1513–1517.]

Wu XY, Yang XB, Tan J, Zhao B, Zhang CM, 2007. Study on preparation of 4. 5% β-cypemethrin emulsion in water. *Applied Chemical Industry*, 36(3): 302–305. [兀新养, 杨旭彬, 谭涓, 赵斌, 张春梅, 刘哲峰, 2007. 4.5%高效氯氰菊酯水乳剂的研制. 应用化工, 36(3): 302–305.]

Xu MX, 2012. Production and application of nonionic surfactant-fatty methyl ester ethocys. *Chemical Engineer*, (11): 51–54. [徐铭勋, 2012. 脂肪酸甲酯乙氧基化物 FMEE 的生产与应用. 化学工程师, (11): 51–54.]

Ye XM, Wang H, Ma SD, Li CX, 2011. Reviews on experimental research on wetting of surfactant solutions. *Joumal of Notth China Electric Power University*, 3(38): 73–77. [叶学民, 王欢, 马少栋, 李春曦, 2011. 表面活性剂溶液湿润性质的实验研究进展. 华北电力大学学报, 3(38): 73–77.]

Zhang P, Huang QL, Wang WQ, Cao LD, Li FM, 2013. Application of pseudo-ternary phase diagram for screening the formula of 25% fluopicolide pyraclostrobin EW. *Scientia Agricultura Sinica*, 46(22): 4707–4715. [张鹏, 黄启良, 王文桥, 曹立冬, 李凤敏, 2013. 拟三元相图在25%氟菌·唑醚水乳剂配方筛选中的应用. 中国农业科学, 46(22): 4707–4715.]