

# 氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的残留行为研究

李晋栋, 王霞, 高婧, 齐艳丽, 连少博, 任鹏程,  
孙瑞卿, 王婧, 乔雄梧, 秦曙\*

(山西省农业科学院农产品质量安全与检测研究所, 农业部农产品质量安全风险评估实验室(太原), 太原 030031)

**摘要:** 为考察氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的残留行为, 于2016年在山西、山东、天津、安徽、云南和河南进行了氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的规范残留田间试验。两种作物均包括6地的最终残留量试验和1地的消解动态试验。按照现行的蔬菜中拟除虫菊酯类农药残留测定的国家标准方法对样品进行检测, 对方法的有效性进行了评价。田间试验结果表明: 氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的消解动态均符合准一级动力学方程, 消解半衰期分别为3.2 d和1.8 d。最后一次施药3、5和7 d后, 氯氰菊酯在茼蒿上的残留中值分别为1.64、1.19和0.89 mg/kg, 在油麦菜上的残留中值分别为0.84、0.50和0.28 mg/kg。结合不同试验点试验期间昼夜平均气温发现, 气温对氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的残留量有明显影响。施药期间较低的气温下, 氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上消解缓慢, 残留风险明显增大。建议在实际生产中遇到低温天气应适当延长采收间隔期, 另外在开展农药残留田间试验时应重视气象条件对残留试验结果的影响。

**关键词:** 氯氰菊酯; 茼蒿; 油麦菜; 消解; 残留

中图分类号: TQ450.2

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2018)03-0348-06

## Study on residue behavior of cypermethrin in chrysanthemum and lettuces

LI Jindong, WANG Xia, GAO Jing, QI Yanli, LIAN Shaobo, REN Pengcheng,  
SUN Ruiqing, WANG Jing, QIAO Xiongwu, QIN Shu\*

(Institute for Agro-Product Quality, Safety and Testing Technology, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Laboratory for Risk Assessment of Quality and Safety of Agro-Products (Taiyuan), Ministry of Agriculture, Taiyuan 030031, China)

**Abstract:** In order to determine the residue behavior of cypermethrin in chrysanthemum and lettuces, supervised residue field trial was conducted in Shanxi, Shandong, Tianjin, Anhui, Yunnan and Henan in 2016. Final residue tests in the six regions and pesticide dissipation dynamics test at one place for both vegetables were carried out. According to the current national standard method for the determination of pyrethroid pesticide residues in vegetables, the samples were tested and the effectiveness of the method was evaluated. According to the results of supervised residue trials, the dissipation equations of cypermethrin in chrysanthemum and lettuces fit the first-order kinetics equation with half-lives of 3.2 d and 1.8 d, respectively. The median values of cypermethrin residue in chrysanthemum lettuces were 1.64, 1.19 and 0.89 mg/kg, and the median values of cypermethrin residue in lettuces were 0.84, 0.50

收稿日期: 2018-04-01; 录用日期: 2018-05-12.

基金项目: 山西省农业科学院博士研究基金(YBSJJ1605); 农业行业标准制定和修订项目(农财发[2016]29号); 农业部农产品质量安全风险评估实验室(太原)建设项目(SYSJS2016-02).

作者简介: 李晋栋, 男, 博士, 研究方向为农产品质量安全风险评估, E-mail: ljdchemistry@163.com; \*秦曙, 通信作者(Author for correspondence), 女, 研究员, 研究方向为农药残留和农产品质量安全, E-mail: qinshu55@126.com

and 0.28 mg/kg, respectively. By comparing the average temperature at different test points during the experiment period, it is discovered that the temperature has a significant effect on cypermethrin residues in chrysanthemum and lettuces. Given the slow decomposition of cypermethrin in chrysanthemum and lettuces, the residue risk increased significantly at lower temperature. It is recommended that the harvest interval should be appropriately extended when it comes to cold weather, and the effect of meteorological conditions on the results of supervised residue trial should be taken into account.

**Keywords:** cypermethrin; chrysanthemum; lettuces; dissipation; residue

氯氰菊酯是 20 世纪 70 年代迅速发展起来的杀虫剂, 杀虫谱广, 药效迅速, 对光、热稳定, 对某些害虫的卵具有杀伤作用, 可防治对有机磷产生抗性的害虫, 在中国大宗的粮油、蔬菜和水果等作物上均有登记, 目前登记有效期内的氯氰菊酯及其高效同分异构体农药产品超过 1 900 个<sup>[1]</sup>。

蔬菜产品的生长周期普遍较短, 往往会产生较高的农药残留风险。Sun 等评估了中国居民对氯氰菊酯的急性膳食暴露, 结果表明, 小白菜中氯氰菊酯的残留摄入占一般人群氯氰菊酯总膳食摄入量的 33.9%<sup>[2]</sup>。Yuan 等分析了 2007—2010 年间中国浙江省 2 082 份蔬菜样品, 发现不同的品种中氯氰菊酯残留的检出率在 4.2%~29.3% 之间, 残留量范围在 0.01~1.83 mg/kg 之间<sup>[3]</sup>。农药残留联席会议 (JMPR)2008 年报告中定义了氯氰菊酯在植物源产品中用于监管和膳食摄入评估的残留均为氯氰菊酯异构体之和, 对  $\alpha$ -氯氰菊酯、氯氰菊酯和  $\gamma$ -氯氰菊酯包括蔬菜在内作物上的规范残留试验结果进行了汇总和评估, 估计氯氰菊酯在叶类蔬菜中的最高残留值为 0.68 mg/kg<sup>[4]</sup>。目前中国已经制定了氯氰菊酯在 26 种蔬菜上的最大残留限量 (MRLs) 国家食品安全标准<sup>[5]</sup>, 诸多文献中报道了氯氰菊酯在菜用大豆<sup>[6]</sup>、辣椒<sup>[7]</sup>、小白菜<sup>[8-10]</sup>、菠菜<sup>[11]</sup>、甘蓝<sup>[12-13]</sup>、叶用莴苣<sup>[14]</sup>、韭菜<sup>[15]</sup>、西芹<sup>[16]</sup>、青花菜<sup>[17]</sup>、花菜<sup>[18]</sup>、番茄<sup>[19]</sup>等蔬菜上的残留行为, 但由于缺乏残留试验数据, 尚未制定氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的 MRLs 标准, 也未见其在茼蒿和油麦菜上残留行为的相关报道。

作物的形态结构会显著影响农药的沉积和消解, 同一族属不同品种的蔬菜可能需要设置不同的安全间隔期, 以使其最终残留量符合 MRLs 标准的要求, 在制定 MRLs 标准时也不应该不经验证而直接将大宗作物的 MRLs 标准扩展应用于小作物上<sup>[20]</sup>。本研究旨在考察氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的残留行为, 通过规范残留田间试验, 研

究氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的消解动态规律以及代表性农药产品在蔬菜上常规的安全间隔期左右可能产生的最终残留量特征, 从而为完善中国农产品质量安全标准以及指导合格农产品生产提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

Agilent 7890A 气相色谱仪配电子捕获检测器 (美国 Agilent 公司); TP6101、BSA323S 天平 (赛多利斯科学仪器北京有限公司); SZ-120 多功能切碎机 (广州旭众食品机械有限公司); PYB 型普通摇床 (中国科学院武汉科学仪器厂); XW-80A 涡旋混合器 (上海精科实业有限公司); T25 型分散器 (德国 IKA Labortechnik 公司); VISIPREP DLTM 固相萃取装置 (美国 SUPELCO 公司); N-EVAPTM111 氮吹仪 (美国 Organomation Associates 公司); Florisil 固相萃取柱 (1 000 mg/6 mL, 美国 Agilent 公司)。

氯氰菊酯 (cypermethrin) 标准品 (99.0%, 国家农药质检中心); 甲醇 (色谱纯, Fisher 公司); 乙腈 (色谱纯, Tedia 公司); 丙酮 (色谱纯, J. T. Baker 公司); 正己烷 (色谱纯, Grace 公司); 氯化钠 (分析纯, 北京化工厂); 纯净水 (杭州娃哈哈集团有限公司); 10% 氯氰菊酯乳油 (生产日期 20160119, 批号 AB0223, 苏州富美实植物保护剂有限责任公司), 经实验室测定该制剂有效成分含量为 9.9%。

### 1.2 田间试验

根据《农药残留试验准则》<sup>[21]</sup>要求, 于 2016 年分别在山西太原、山东聊城、天津武清、安徽宿州、云南昆明和河南郑州开展了氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的田间最终残留量试验, 试验条件见表 1。作物品种选择当地主栽品种, 供试药剂为 10% 氯氰菊酯乳油。在山西太原进行了氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的露地田间消解动态试

表 1 不同试验点茼蒿和油麦菜田间最终残留量试验条件

Table 1 Meteorological conditions of planting land of chrysanthemum and lettuces for final residue field trials

供试作物 Test crop	试验地点 Test location	种植模式 Plant mode	试验日期(月.日) Test date (month.day)	平均气温 Average temperature/°C	总降水量 Total precipitation/mm
茼蒿 Chrysanthemum	山西 Shanxi	露地 Open field	8.26-9.16	20.2	4.8
	山东 Shandong	大棚 Greenhouse	10.14-11.4	14.0	-
	天津 Tianjin	露地 Open field	9.20-10.11	19.2	7.0
	安徽 Anhui	露地 Open field	6.8-6.29	26.4	60.0
	云南 Yunnan	露地 Open field	9.3-9.25	19.2	102.0
	河南 Henan	大棚 Greenhouse	6.8-6.29	26.0	-
油麦菜 Lettuce	山西 Shanxi	露地 Open field	6.14-7.5	23.4	33.3
	山东 Shandong	大棚 Greenhouse	5.23-6.13	23.3	-
	天津 Tianjin	露地 Open field	9.29-10.20	17.6	5.0
	安徽 Anhui	露地 Open field	6.15-7.6	26.3	100.0
	云南 Yunnan	大棚 Greenhouse	9.8-9.29	19.1	-
	河南 Henan	露地 Open field	10.26-11.16	12.0	92.2

注：“-”表示大棚试验点未统计总降水量。

Note:“-” Represent no statistics on the total precipitation in the greenhouse test locations.

验。每个处理小区面积为 15 m<sup>2</sup>，重复 3 次，顺序排列，小区间设保护带，另设对照小区。

1.2.1 消解动态试验 在茼蒿和油麦菜生长至采收期个体一半大小时按有效成分用量 105 g/hm<sup>2</sup> 在作物顶尖和叶片正反两面喷雾施药，药液均匀覆盖全株，分别于施药后 2 h 及 1、3、5、7、10、14、21 和 28 d 采样。在试验小区内按棋盘式分布采集 12 个植株，采样量不少于 2 kg，削去根部，切碎、混匀后采用四分法留样 200 g，于 -20 °C 保存。小区边行和每行距离两端 0.5 m 内不采样。另设清水空白对照。

1.2.2 最终残留量试验 设置两个施药剂量，低剂量为有效成分 45 g/hm<sup>2</sup>，高剂量为有效成分 52.5 g/hm<sup>2</sup>，各设 2 次施药和 3 次施药两个处理，施药间隔期为 7 d，分别于距最后一次施药后 3、5、7 d 采集茼蒿和油麦菜样品，样品采集与处理方法同 1.2.1 节。

### 1.3 检测条件

按文献[22]方法进行。毛细管色谱柱为 Agilent HP-5(30 m × 0.32 mm × 0.25 μm)；初始柱温 150 °C 保持 2 min，20 °C/min 升至 270 °C，保持 10 min；进样口温度为 250 °C，检测器温度为 300 °C；载气为高纯氮气，流速 1 mL/min；分流进样，进样量为 1 μL，分流比为 10:1。

在上述条件下，氯氰菊酯同分异构体保留时间分别为 12.26、12.40 和 12.58 min。在残留量计算过程中以氯氰菊酯同分异构体峰面积之和作为

氯氰菊酯峰面积进行计算。

### 1.4 标准溶液的配制及方法有效性评价

准确称取氯氰菊酯标准品 0.05 g (精确至 0.000 1 g)，用正己烷溶解并定容至 50.0 mL，配成标准储备液，于 4 °C 下避光储存。

量取标准储备液，用正己烷逐级稀释，配制 0.01、0.02、0.05、0.1、0.2、0.5 和 1 mg/L 的系列标准溶液。以进样质量浓度为横坐标，氯氰菊酯同分异构体色谱峰面积响应值之和为纵坐标绘制标准曲线，评价仪器检测的线性范围。外标法定量。

分别在茼蒿和油麦菜空白基质中添加 0.01、0.1 和 10 mg/kg 3 个水平的氯氰菊酯标准溶液，每个水平重复 5 次，用上述分析方法测定添加回收率，以评价检测方法的准确度和精密度。

## 2 结果与分析

### 2.1 检测方法的线性范围、准确度及精密度

结果表明：在 0.01~1.0 mg/L 范围内，氯氰菊酯的峰面积 ( $y$ ) 与其质量浓度 ( $x$ ) 间线性关系良好，回归方程为  $y = 19\ 698x - 66.429\ 9$ ，相关系数  $r = 0.999\ 9$ 。在 0.01、0.1 和 10 mg/kg 添加水平下，氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜中的平均回收率在 98%~108% 之间，相对标准偏差在 0.30%~1.5% 之间，均符合农药残留分析要求<sup>[21]</sup>。

### 2.2 氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的消解动态

氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的原始沉积量分

别为 6.0 和 6.9 mg/kg。以采样距施药的时间间隔为横坐标, 氯氰菊酯在样品中的残留浓度为纵坐标绘制农药残留动态曲线。氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的残留量随施药后的时间以近似负指数函数递减规律变化(图 1), 符合准一级动力学消解规律。一级动力学方程及其相关系数分别为: 茼蒿  $y = 6.254e^{-0.22x}$ ,  $r = -0.9975$ ; 油麦菜  $y = 5.4879e^{-0.394x}$ ,  $r = -0.9820$ 。经计算, 氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的消解半衰期分别为 3.2 d 和 1.8 d, 氯氰菊酯在油麦菜上的消解明显快于在茼蒿上的。在实际生产中茼蒿和油麦菜的种植适期不同, 为模拟生产实际, 本研究中氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的残留试验分别于 2016 年 9 月和 7 月进行, 试验期间的昼夜平均气温分别为 19.8 °C 和 24.2 °C, 总降水量分别为 17.1 mm 和 279.4 mm, 存在一定差异。较高的气温会加快农药在作物上的消解, 雨水冲刷也可能会减少农药在植物表面的残留[23]。因此本研究中无法判断氯氰菊酯在田间茼蒿和油麦菜上消解速率的差异与作物种类的相关性, 今后将对此问题进一步研究。

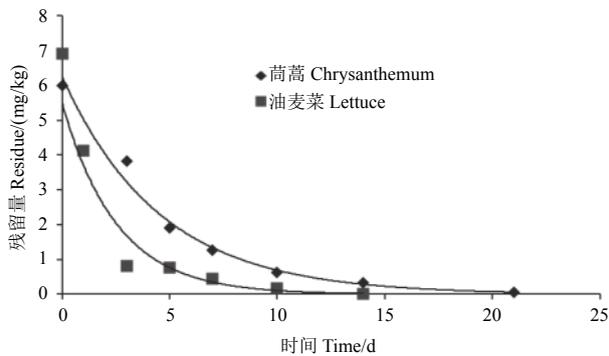


图 1 氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的残留消解曲线  
Fig. 1 Residue dissipation curves of cypermethrin in chrysanthemum and lettuces

通过对比本研究与已经报道的氯氰菊酯在其他蔬菜上的消解半衰期可知(表 2): 氯氰菊酯在油麦菜、小白菜、菠菜等绿叶类叶菜上消解较快, 半衰期在 1.05~2.31 d; 在茼蒿、甘蓝、青花菜等上消解速率中等, 半衰期在 2.34~3.85 d; 在韭菜、西芹等鳞茎和叶柄类蔬菜上消解较慢。由于所查阅的氯氰菊酯在其他蔬菜上田间残留行为研究的文章中均未说明试验期间的气象条件, 因此上述分析仅做参考。

### 2.3 氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的最终残留量

氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的最终残留量结

表 2 氯氰菊酯在不同蔬菜上的消解半衰期

Table 2 The half-lives of cypermethrin in different vegetables

蔬菜 Vegetable	种植模式 Plant mode	消解半衰期 Half-life/d	参考文献 References
小白菜 Pakchoi	大棚 Greenhouse	1.53	[8]
	大棚 Greenhouse	2.31	[10]
	露地 Open field	1.86	
菠菜 Spinach	温室 Greenhouse	1.05	[11]
	露地 Open field	1.75	
甘蓝 Cabbage	露地 Open field	3.70	[12]
	露地 Open field	2.34	[12]
韭菜 Chinese chives	露地 Open field	6.40	[15]
	保护地 Protected area	9.70	
西芹 Celery	大棚 Greenhouse	6.93	[16]
青花菜 Broccoli	露地 Open field	3.85	[17]
花菜 Cauliflower	露地 Open field	2.70	[18]
茼蒿 Chrysanthemum	露地 Open field	3.20	本研究 This study
油麦菜 Lettuce	露地 Open field	1.80	本研究 This study

果见图 2, 图中纵轴柱状图残留量表示不同采收间隔期在施用不同剂量和不同次数 10% 氯氰菊酯乳油后可能产生的氯氰菊酯残留的残留中值, 误差线的高点和低点分别表示可能的最大残留量和最小残留量。

由图 2 可知: 随着采收间隔期的延长, 氯氰菊酯在茼蒿上的残留量呈明显下降趋势。采收间隔期为 3 d 时, 氯氰菊酯在 6 个地区茼蒿中的残留量范围在 0.85~4.76 mg/kg, 残留中值为 1.64 mg/kg; 采收间隔期为 5 d 时的残留量范围在 0.53~3.12 mg/kg, 残留中值为 1.19 mg/kg; 采收间隔期为 7 d 时残留量范围在 0.29~2.34 mg/kg, 残留中值为 0.89 mg/kg。河南和安徽试验点茼蒿中氯氰菊酯的最终残留量水平明显低于其他 4 个试验点。由表 1 可知: 试验期间, 河南和安徽试验点平均气温分别为 26 °C 和 26.4 °C, 而其他 4 个试验点的平均气温最高只有 19.2 °C, 试验期间安徽试验点的总降水量与其他 3 个露地试验点相比处于中等水平, 因而推测种植期间的气温是影响茼蒿上氯氰菊酯残留量的主要因素。种植模式(露地或大棚)对氯氰菊酯在茼蒿上的残留无明显影响。

除河南试验点外, 其余试验点氯氰菊酯在油麦菜上的最终残留量随采收间隔期的延长明显下降。采收间隔期为 3 d 时, 氯氰菊酯在 6 个试验点油麦菜中的残留量范围在 0.27~2.32 mg/kg, 残留

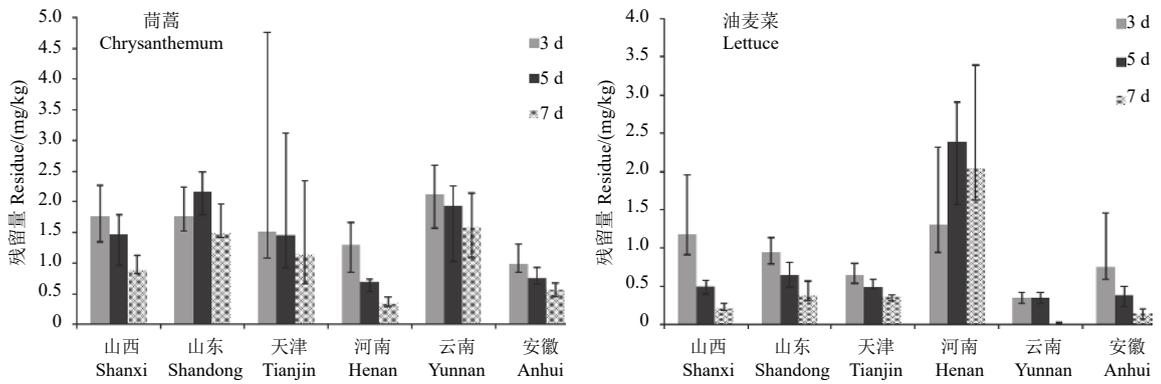


图2 不同试验点氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的最终残留量

Fig. 2 Final residues of cypermethrin in chrysanthemum and lettuce at different test locations

中值为 0.84 mg/kg; 采收间隔期为 5 d 时的残留量范围在 0.23~2.91 mg/kg, 残留中值为 0.50 mg/kg; 采收间隔期为 7 d 时残留量范围在 0.016~3.39 mg/kg, 残留中值为 0.28 mg/kg。河南试验点油麦菜上氯氰菊酯的最终残留量明显高于其他试验点, 并且随着采收间隔期的延长, 残留量水平在 7 d 内无明显下降。由表 1 可知, 河南试验点油麦菜试验时期较晚, 已处于 11 月上旬, 试验期间昼夜平均气温仅为 12 °C, 且为露地种植。另外与其他露地试验点相比, 河南试验点在试验期间的总降水量偏多。由此说明气温可能也是影响氯氰菊酯在田间油麦菜上最终残留量水平的主要因素。如果施药期间气温较低, 可能会导致严重的农药残留风险。

### 3 结论与讨论

本研究考察了氯氰菊酯在田间茼蒿和油麦菜上的残留行为。在平均气温 19.8 °C、总降水量 17.1 mm 条件下, 氯氰菊酯在田间茼蒿上的消解半衰期为 3.2 d; 在平均气温 22.8 °C、总降水量 279.4 mm 条件下, 氯氰菊酯在田间油麦菜上的消解半衰期为 1.8 d。最终残留量试验表明, 采收间隔期分别为 3、5 和 7 d 时, 氯氰菊酯在茼蒿上的残留中值分别为 1.64、1.19 和 0.89 mg/kg, 在油麦菜上的残留中值分别为 0.84、0.50 和 0.28 mg/kg。

综合氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的最终残留量结果, 可以看出除特殊情况外 (河南试验点油麦菜), 氯氰菊酯在油麦菜上的最终残留量整体低于在茼蒿上的, 这与消解动态的试验结果一致。施药后的气温对氯氰菊酯在田间茼蒿和油麦菜上的残留量有明显影响。庾琴等<sup>[24]</sup>的研究认为, 较高的温度可能会加快农药的挥发或者由叶面水分蒸

发而引起的共蒸馏, 以及有利于农药的化学降解。此外, 温度升高也会促使叶际微生物和植物中相关酶系对农药残留的降解<sup>[25]</sup>。本研究中降雨量对氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的最终残留量无明显影响, 分析其原因: 一方面是各个试验点农药施用后短时间内均无降雨情况, 另一方面氯氰菊酯难溶于水, 而降水对农药在作物上的残留影响与农药在水中的溶解度有关<sup>[26]</sup>。

根据本研究结果, 在实际生产中, 如果施药期间气温较低, 氯氰菊酯在茼蒿和油麦菜上的残留风险会大大增加, 应适当延长采收间隔期, 以保证产品的安全性, 同时建议农药标签制定时应考虑极端天气情况下安全间隔期是否适当调整, 以降低农产品中农药残留风险。另外, 本研究结果也反映了农药残留田间试验中, 气象条件对农药残留试验结果的重要性, 在开展试验时应加以重视, 准确采集记录气象信息数据。

### 参考文献 (Reference):

- [1] 中国农药信息网[DB/OL]. [2018-04-01]. <http://www.chinapesticide.org.cn/>.  
China Pesticide Information Network[DB/OL]. [2018-04-01]. <http://www.chinapesticide.org.cn/>.
- [2] SUN J F, LIU P, LI C Y, et al. Probabilistic acute dietary exposure assessment of the Chinese population to cypermethrin residues[J]. Food Addit Contam Part A: Chem Anal Control Expo Risk Assess, 2011, 28(7): 869-876.
- [3] YUAN Y W, CHEN C, ZHENG C M, et al. Residue of chlorpyrifos and cypermethrin in vegetables and probabilistic exposure assessment for consumers in Zhejiang Province, China[J]. Food Control, 2014, 36(1): 63-68.
- [4] Cypermethrin-2008JMPPR-Report[DB/OL]. [2018-04-01] <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/lpe/lpe-c/en/>.

- [5] 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量: GB 2763—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.  
National food safety standard-maximum residue limits for pesticides in food: GB 2763—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [6] ABDULLAH M, SARANTHOY O, JIWAJINDA S. Cypermethrin insecticide residues in vegetable soybean, *Glycine max* (L.) Merrill, at different days of pre-harvest interval[J]. Kasetart J: Nat Sci, 2001, 35(2): 115-121.
- [7] JYOT G, MANDAL K, BATTU R S, et al. Estimation of chlorpyrifos and cypermethrin residues in chilli (*Capsicum annuum* L.) by gas-liquid chromatography[J]. Environ Monit Assess, 2013, 185(7): 5703-5714.
- [8] 杨代凤, 毛健, 刘腾飞, 等. 溴氰菊酯和氯氰菊酯在大棚小白菜上的残留动态研究[J]. 环境与可持续发展, 2017, 42(5): 88-90.  
YANG D F, MAO J, LIU T F, et al. Residue dynamics of deltamethrin and cypermethrin in pakchoi under greenhouse conditions[J]. Environ Sustain Dev, 2017, 42(5): 88-90.
- [9] 杨燕涛, 殷春杭, 丁晓莉, 等. 毒死蜱、氯氰菊酯和氰戊菊酯在小白菜上的残留研究[J]. 江苏农业科学, 2007(1): 202-204.  
YANG Y T, YIN C H, DING X L, et al. Study on residue of chlorpyrifos, cypermethrin and fenvalerate in cabbage[J]. Jiangsu Agric Sci, 2007(1): 202-204.
- [10] 刘腾飞, 杨代凤, 钱辉, 等. 氯氰菊酯在露地和大棚小白菜上的残留动态研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(11): 200-204.  
LIU T F, YANG D F, QIAN H, et al. Residue dynamics of cypermethrin in pakchoi under open field and greenhouse conditions[J]. Chin Agric Sci Bull, 2015, 31(11): 200-204.
- [11] 王丽梅, 马刚. 常用农药在温室和露地菠菜中残留降解动态研究[J]. 农业科技与信息, 2017(17): 41-44.  
WANG L M, MA G. Study on residual degradation dynamics of commonly-used pesticides in spinach in greenhouses and open field[J]. Agric Sci Technol Inf, 2017(17): 41-44.
- [12] 袁玉伟, 司朝光, 林桓, 等. 毒死蜱、氰戊菊酯和高效氯氰菊酯在甘蓝中的残留动态研究[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(3): 1199-1202.  
YUAN Y W, SI C G, LIN H, et al. Residual dynamics of chlorpyrifos, fenvalerate and beta-cypermethrin in cabbage[J]. J Agro-Environ Sci, 2008, 27(3): 1199-1202.
- [13] 付建涛, 黄日林, 王世英, 等. 氯氰菊酯在甘蓝上的残留动态及室内清洗效果的研究[J]. 西南农业学报, 2016, 29(10): 2388-2391.  
FU J T, HUANG R L, WANG S Y, et al. Dissipation of cypermethrin in cabbage and efficacy of home washing[J]. Southwest China J Agric Sci, 2016, 29(10): 2388-2391.
- [14] 王雪, 章冰川, 肖伟, 等. 高效氯氰菊酯和吡虫啉在叶用莴苣中消解动态的研究[J]. 世界农药, 2015, 37(5): 43-46.  
WANG X, ZHANG B C, XIAO W, et al. The study on dissipation dynamics of beta-cypermethrin and imidacloprid in *Lactuca sativa*[J]. World Pestic, 2015, 37(5): 43-46.
- [15] 冯义志, 潘金菊, 周力, 等. 高效氯氰菊酯在韭菜中的残留消解动态及残留量[J]. 农药科学与管理, 2016, 37(9): 25-29.  
FENG Y Z, PAN J J, ZHOU L, et al. Residues and degradation dynamics of beta-cypermethrin in Chinese chives[J]. Pestic Sci Admin, 2016, 37(9): 25-29.
- [16] 周世萍, 段昌群, 刘宏程, 等. 氯氰菊酯在大棚西芹上的降解残留研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(2): 482-485.  
ZHOU S P, DUAN C Q, LIU H C, et al. Degradation of cypermethrin in celery cultivated in the greenhouse[J]. J Agro-Environ Sci, 2006, 25(2): 482-485.
- [17] 宋国春, 李瑞娟, 刘同金, 等. 氯氰菊酯在青花菜和土壤中的残留及安全性评价[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(1): 40-43.  
SONG G C, LI R J, LIU T J, et al. Residues and safety evaluation of cypermethrin in broccoli and soil[J]. Zhenjiang Agric Sci, 2018, 59(1): 40-43.
- [18] 朱烈, 周宏, 许敏球. 溴虫腈和高效氯氰菊酯在花菜中的残留动态研究[J]. 上海农业科技, 2016, 2016(4): 30-31.  
ZHU L, ZHOU H, XU M Q. Residue dynamics of chlorfenapyr and beta-cypermethrin in cauliflower[J]. Shanghai Agric Sci Technol, 2016, 2016(4): 30-31.
- [19] CHERUKURI S R, BHUSHAN S V, REDDY H A, et al. Dissipation dynamics and risk assessment of profenofos, triazophos and cypermethrin residues on tomato for food safety[J]. Int J Agric Forest, 2015, 5(1): 60-67.
- [20] RIPLEY B D, RITCEY G M, HARRIS C R, et al. Comparative persistence of pesticides on selected cultivars of specialty vegetables[J]. J Agric Food Chem, 2003, 51(5): 1328-1335.
- [21] 农药残留试验准则: NY/T 788—2004[S]. 北京: 中国农业出版社, 2004.  
Guideline on pesticide residue trials: NY/T 788—2004[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2004.
- [22] 蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留的测定: NY/T 761—2008[S]. 北京: 农业出版社, 2008.  
Pesticide multiresidue screen methods for determination of organophosphorus pesticides, organochlorine pesticides, pyrethroid pesticides and carbamate pesticides in vegetables and fruits: NY/T 761—2008[S]. Beijing: Agricultural Publishing House, 2008.
- [23] FANTKE P, JURASKE R. Variability of pesticide dissipation half-lives in plants[J]. Environ Sci Technol, 2013, 47(8): 3548-3562.
- [24] 庾琴, 秦曙, 王霞, 等. 温度、光照及生物因子对啶虫脒和吡虫啉在油菜叶面消解的影响[J]. 农药学报, 2006, 8(2): 147-151.  
YU Q, QIN S, WANG X, et al. Dissipation of acetamiprid and imidacloprid under different temperature, light and biological factors on phyllosphere of *Brassica chinensis*[J]. Chin J Pestic Sci, 2006, 8(2): 147-151.
- [25] TURECHEK W W, STEVENSON K L. Effects of host resistance, temperature, leaf wetness, and leaf age on infection and lesion development of pecan scab[J]. Phytopathology, 1998, 88(12): 1294-1301.
- [26] CHEN Z M, WAN H B. Degradation of pesticides on plant surfaces and its prediction—a case study on tea plant[J]. Environ Monit Assess, 1997, 44(1-3): 303-313.

(责任编辑: 曲来娥)