农药学学报 2021, 23(3): 545-551
*Chinese Journal of Pesticide Science* http://www.nyxxb.cn

·研究论文·
**doi**: 10.16801/j.issn.1008-7303.2021.0060

# 啶虫脒在桃上的残留消解规律与膳食风险评估

陈小龙， 王 亚， 程金金， 赵江涛， 余向阳*

(1. 省部共建国家重点实验室培育基地——江苏省食品质量安全重点实验室，南京 210014；
2. 江苏省农业科学院 农产品质量安全与营养研究所，南京 210014)

**摘 要：**啶虫脒在桃上的检出率高且未登记，缺少安全间隔期、用药间隔期等信息可能会导致盲目用药，增加残留风险。为明确桃果上啶虫脒的残留风险，本文通过消解试验以及模拟农户施药对其残留消解规律进行了分析，并于 2015—2018 年对中国 9 大主产区桃中的啶虫脒残留进行了调查与膳食摄入风险分析。结果表明：啶虫脒在桃果皮与果肉上的消解符合一级反应动力学方程，半衰期分别为 3.92 与 3.14 d。模拟农户施药 2 次或 3 次后，距末次施药 7、14 和 21 d，桃中啶虫脒的残留量均较低，且远低于其在核果上的最大残留限量 (MRL) 值；去皮食用能够明显降低其膳食摄入风险。9 大桃主产区 509 份样品中啶虫脒的检出率在 8%~38% 之间，残留量在 0.001~1.348 mg/kg 之间，均未超过其在核果上的 MRL 标准。连续 4 年啶虫脒在桃上的急性膳食摄入风险占急性参考剂量 (ARfD) 的比值在 1.520%~13.755% 之间，慢性膳食摄入风险占每日允许摄入量 (ADI) 的比值在 0.021%~0.086% 之间，总体膳食风险的贡献较小。

**关键词:** 啶虫脒；桃；农药残留；消解规律；膳食风险评估

**中图分类号：**TS207.5；X592；O657.63 **文献标志码：**A **文章编号：**1008-7303(2021)03-0545-07

# Dissipation rules and dietary risk assessment of acetamiprid residues in peach

CHEN Xiaolong, WANG Ya, CHENG Jinjin, ZHAO Jiangtao, YU Xiangyang*

(1. *State Key Laboratory Cultivation Base*, *Ministry of Science and Technology—Jiangsu Key Laboratory for Food Quality and Safety*, *Nanjing* 210014, *China*; 2. *Institute of Food Safety and Nutrition*, *Jiangsu Academy of Agricultural Sciences*, *Nanjing* 210014, *China*)

**Abstract:** Acetamiprid has a high detection rate but is not registered on peach in China. Lack of information such as application or pre-harvest intervals may lead to irrational pesticide use and high residue risks. In order to identify the residue risks of acetamiprid in peach fruit, degradation experiments and simulated farmer application experiments were carried out. Also, from 2015 to 2018, the acetamiprid residues in peach from nine main producing areas in China were investigated and the dietary intake risk was analyzed. The results showed that the degradation of acetamiprid in peach peel and pulp conformed to the first-order kinetic equation, and the half-lives were 3.92 and 3.14 d, respectively. Simulated farmer application experiments showed that the residual amounts at 7, 14 and 21 d

**收稿日期：**2020-07-24；**录用日期：**2020-11-19.
**基金项目：**国家现代农业产业技术体系建设专项资金项目 (CARS-30-5-03)；国家农产品质量安全风险评估计划 (GJFP201700301)；江苏省农业科技自主创新资金项目 [CX(19)3006].
**作者简介：**陈小龙，女，助理研究员，研究方向为农产品质量与安全，**E-mail：**chenxljaas@126.com；*余向阳，通信作者 (Author for correspondence)，男，研究员，研究方向为产地污染控制，**E-mail：**yuxy@jaas.ac.cn

after last application were low in both applications and far lower than the maximum residue limit(MRL), and removing the peach peel can drastically reduce the intake risks. The detection rate in 509 peach samples from the nine producing areas ranged from 8% to 38%. Residues value was between 0.001-1.348 mg/kg and all the residues did not excess the MRL. For 4 consecutive years, the ratio of acute dietary intake risk to ARfD on peaches was in the range of 1.520%-13.755%, and the ratio of chronic dietary intake risk to ADI was in the range of 0.021%-0.086%, which accounts for a small contribution to the overall dietary exposure.

**Keywords:** acetamiprid; *Prunus persica* L. Batsch; pesticide residues; degradation rule; dietary risk assessment

桃 *Prunus persica* L. Batsch 属蔷薇科李属桃亚属，果肉细腻多汁，味美芳香，且富含蛋白质、糖类、有机酸、多种微量元素和维生素。2016 年桃在中国的种植面积和产量分别达到 8.5 × 105 $hm^2$ 和 1 428 万 t[1]，占全国水果栽培面积的 6.6%，水果产量的 7.9%。但桃树的病虫害问题尤其突出，严重影响产业的健康发展。据统计，桃种植过程中虫害达 150 余种，病害 100 余种[2]，使用化学农药是桃生产过程中病虫害防治的主要措施。截至 2020 年 12 月 1 日，经查询中国农药信息网[3]，在桃上登记的农药制剂信息仅 45 条，其中包括 1 种昆虫性信息素、31 种杀虫剂和 13 种杀菌剂。病虫害种类多，而登记用于桃上的农药种类少，导致农户往往借鉴其他作物的防治情况超范围用药进行桃上的病虫害防治。

啶虫脒又名吡虫清，是继吡虫啉之后开发的第一代氯代烟碱型杀虫剂，主要通过选择性控制昆虫神经系统烟碱型乙酰胆碱酯酶受体而发挥作用，与常规杀虫剂没有交互抗性，具有高效、广谱及良好的根部内吸性、触杀和胃毒作用，可有效防治同翅目、鞘翅目、双翅目和鳞翅目等害虫[4]，截至 2020 年 12 月 1 日，经查询中国农药信息网[3]，中国登记的啶虫脒制剂信息共有 829 条，涉及 25 种农作物 (表 1)。由于啶虫脒良好的杀虫作用也可能被农户用于桃上虫害防治。李海飞等[5]在分析桃中农药残留时发现，啶虫脒的检出率为 37.8%，位于桃上农药残留第三位，因此其造成的残留膳食摄入风险值得关注。

本研究于 2015—2018 年，连续 4 年对中国 9 大桃主产区桃中的啶虫脒残留进行了调查与膳食暴露风险分析，通过消解试验以及模拟农户用药，对其残留消解规律进行了分析，以期明确啶虫脒在桃上的残留情况和消解规律，为其在桃树上科学合理施用提供理论依据，为相关产品登记

**表 1 啶虫脒在不同作物上的登记情况[3]**

**Table 1 Acetamiprid registered on different crops[3]**

| 登记作物 Registered crop | 登记产品数 Registered product number | 登记作物 Registered crop | 登记产品数 Registered product number | 登记作物 Registered crop | 登记产品数 Registered product number |
|---|---|---|---|---|---|
| 柑橘树 (柑橘) Citrus tree (Citrus) | 196 | 烟草 Tobacco | 18 | 水稻 Rice | 4 |
| 黄瓜 (保护地黄瓜) Cucumber (Protected cucumber) | 192 | 菠菜 Spinach | 17 | 大白菜 Chinese cabbage | 3 |
| 甘蓝 Cabbage | 93 | 十字花科蔬菜 Cruciferous vegetables | 16 | 小白菜 Pakchoi cabbage | 3 |
| 苹果 (苹果树) Apple (Apple tree) | 67 | 莲藕 Lotus root | 14 | 西瓜 Watermelon | 2 |
| 棉花 Cotton | 50 | 番茄 Tomato | 9 | 蔷薇科观赏花卉 Rosaceae ornamental flowers | 2 |
| 小麦 Wheat | 45 | 茶树 Tea tree | 8 | 冬枣 Jujube | 1 |
| 豇豆 Cowpea | 31 | 金银花 Honeysuckle | 6 | 节瓜 Zucchini | 1 |
| 萝卜 Radish | 25 | 大葱 Onions | 5 | 茄子 Eggplant | 1 |
| 芹菜 Celery | 20 | | | | |

提供数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与试剂

试验于江苏省农业科学院溧水植物科学基地进行。供试桃品种为紫金红 3 号，露地栽培 7 月中下旬成熟，树形为三主枝自然开心形，树龄及长势相同，按常规栽培措施进行试验前病虫害防治 (不施用含啶虫脒成分的农药) 和水肥管理。

啶虫脒 (acetamiprid) 标准品 (纯度≥ 95%，德国 Dr.Ehrenstorfer 公司)；5% 啶虫脒乳油 (acetamiprid 50 EC，河北禾润生物科技有限公司，该产品已在苹果上登记，其推荐使用剂量为有效成分 15 mg/kg，施药间隔期 10 d。在试验开始时进行检测，确认其有效成分含量)。*N*-丙基乙二胺 (PSA) 和 $C_{18}$ (天津 Agela 有限公司)；乙腈和甲酸为色谱纯，氯化钠为分析纯。试验用去离子水均为超纯水 (18.2 MΩ/cm)。

### 1.2 仪器与设备

6410-1200 串联三重四极杆质谱仪 (Agilent 公司，美国)；IKA 组织研磨仪 (仪科实验室技术有限公司)；TG16-WS 离心机 (长沙湘智离心机仪器有限公司)；Direct-Q 5 UV 型超纯水系统 (Millipore 公司，美国)；旋涡混合仪 (沪西分析仪器厂有限公司)。

### 1.3 试验设计

1.3.1 啶虫脒在桃果皮与果肉上的消解试验 由于啶虫脒尚未在桃上登记，故参照其在苹果上的登记信息，采用 5% 啶虫脒乳油，按照苹果上的推荐剂量 (有效成分 15 mg/kg)进行喷雾施药 1 次，分别于施药后 1、3、5、7 和 9 d 采集桃样品。每棵树按上、下、左、右、前、后和中部 7 个点位采集，每个点采集 3 个桃，共 21 个桃计为 1 个样本，以未喷施啶虫脒的桃树为对照。每个小区 2 棵桃树，3 次重复。试验于 2017 年 6 月 1 日至 7 月 24 日在江苏省南京市溧水植物科学基地进行，使用 Caipos 环境智能监测系统监测果园的平均温湿度、降水量等信息。

1.3.2 模拟农户实际用药的残留验证试验 按照苹果上的推荐剂量 (有效成分15 mg/kg) 及施药间隔期 (10 d )，采用 5% 啶虫脒乳油分别喷雾施药 2~3 次，分别于末次施药后间隔 7、14 和 21 d 采集桃样品。其余同 1.3.1 节消解试验。

1.3.3 桃主产区抽样检测 分别从河北、河南、辽宁、山东、北京、陕西、浙江、山西和江苏 9 个桃主产区采集鲜桃样品。采样对象包括散户、大户和合作社等不同规模的主体，按照 GB/T 8855—2008 新鲜水果和蔬菜取样方法[6]，每个果园按照五点取样法采集 3 kg 桃果进行试验分析。

### 1.4 样品制备

1.4.1 样品预处理

消解试验与残留验证试验样品：桃果去皮后，将果皮和果肉 (去核) 分别研磨后保存，24 h 内完成样品前处理。

啶虫脒残留抽样试验样品：桃果去核后将整果 (包括果肉和果皮) 置于研磨机中，加少许干冰后研磨 5 min，混匀，于 −20 ℃ 冰箱保存。

1.4.2 样品前处理方法 采用改进的 QuEChERS 方法进行。称取 10.0 g 匀浆后的桃样品，用 10 mL 乙腈溶解，摇床振荡 2 h；加入 2 g 氯化钠，涡旋 1 min，于 3 500 r/min 下离心 5 min；取 5 mL 上清液，加入 50 mg PSA、50 mg $C_{18}$ 和 150 mg 无水硫酸镁，涡旋 1 min；取 1 mL 上清液过 0.22 μm 微孔滤膜，待测。

### 1.5 液相色谱-串联质谱检测方法

色谱条件：Aglient ZORBAX SB-$C_{18}$ 色谱柱 (150 mm × 2.1 mm，3.5 μm，美国 Aglient 公司)；流动相为 *V* (乙腈) : *V* (0.1% 甲酸水溶液) = 80 : 20；流速 0.2 mL/min；进样量 5 μL。

质谱条件：多重反应监测 (MRM) 正离子模式，定量离子对 223.1/126，定性离子对 223.1/56；离子源温度为 350 ℃；毛细管电压 4 000 V；传输电压 90 V，碰撞能量 10 eV；雾化气为氮气 (172 kPa)，干燥气为氮气 (10 mL/min)。

### 1.6 膳食摄入风险评估

对 2015—2018 年中国 9 大主产区桃中的啶虫脒残留进行了抽样检测和膳食摄入风险分析。根据中国桃产量 (1 428.90 × $10^4$ t)[7]，其中鲜食约占 87% (1 243.14 × $10^4$ t) [8]，出口鲜食桃数量 (9.6 × $10^4$ t)[9]、贮藏运输损耗率 (8%)[10] 及消费天数 (365 d)，按照中国人口 13.953 8 亿，折算出中国居民日均桃消费量约为 0.022 kg。按照公式 (1) 计算桃中啶虫脒残留慢性膳食摄入风险占每日允许摄入量 (ADI) 的比值 (%ADI)[11]。

$$\%\mathrm{ADI} = \frac{\mathrm{STMR} \times 0.022}{\mathrm{bw} \times \mathrm{ADI}} \times 100 \qquad (1)$$

式中，STMR 为规范试验残留中值 (mg/kg)，

取抽样检测得到的平均残留值；0.022 为居民日均桃消费量 (kg)；ADI 取值 0.07 mg/kg bw[12]；bw 为体重，按 63 kg 计。按照公式（2）计算桃中啶虫脒残留急性膳食摄入风险占急性参考剂量 (ARfD) 的比值 (%ARfD)[11]。

$$\%\mathrm{ARfD} = \frac{\mathrm{LP} \times \mathrm{HR}}{\mathrm{bw} \times \mathrm{ARfD}} \times 100 \qquad (2)$$

式中，LP 为桃的大份餐数据，根据联合国粮农组织公布的数据，中国居民桃的 LP 值为 0.642 8 kg[11]；HR 为最大残留量，单位 mg/kg；ARfD 取值 0.10 mg/kg[12]。

### 1.7 数据处理

采用 SPSS 20.0 软件对数据进行单因素方差分析，当 $P < 0.05$ 时，认为存在显著性差异。采用 Excel 制作相关图谱。

## 2 结果与讨论

### 2.1 啶虫脒残留检测方法

取啶虫脒标准品，用乙腈溶解配制成 10 mg/L 标准储备液，试验时用乙腈稀释，配制成质量浓度为 5、10、25、50、100、150、200 和 250 μg/L 的系列啶虫脒标准溶液，绘制峰面积 ($y$) 与质量浓度 ($x$) 的标准曲线。在 5~250 μg/L 范围内，啶虫脒的质量浓度与其峰面积间具有良好的线性关系，相关系数均大于 0.998 7。通过向待测空白样品中添加 10、50 和 100 μg/kg 3 个水平的啶虫脒标准溶液，确认测定方法的准确度和精密度，每个水平重复 3 次。结果显示，啶虫脒的添加回收率在 75%~118% 之间，相对标准偏差小于 10%，符合农药残留检测的要求[13]，说明检测方法可靠。典型色谱图与质谱图见图 1。

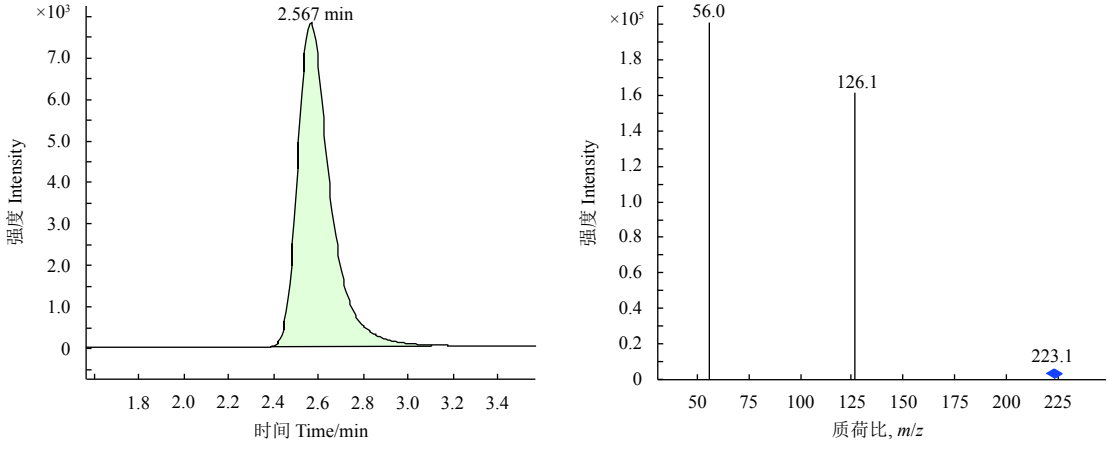


**图 1 啶虫脒标准溶液添加水平为 50 μg/kg 时的色谱图 (A) 与质谱图 (B)**

**Fig. 1 Total ion chromatogram (A) and mass spectra (B) of acetamiprid standard solution at the spiking level of 50 μg/kg**

### 2.2 啶虫脒在桃果皮与果肉上的消解动态分析

分别于施药后 1、3、5、7 和 9 d 采样分析发现，啶虫脒在桃果皮上的残留量在 0.077~0.291 mg/kg 之间，在桃果肉中的残留量在 0.032~0.212 mg/kg 之间，相同采样时间桃果皮中的残留量是果肉中残留量的 1.4~3 倍，表明去皮食用可减少残留农药的摄入。由图 2 可知，桃果皮与果肉中的啶虫脒残留消解动态均符合一级反应动力学方程，消解半衰期分别为 3.92 和 3.14 d。研究表明，啶虫脒在不同作物与不同环境中的消解速率差别较大。啶虫脒在水稻植株中的消解半衰期为 7.04~20.4 d[14]，在茶叶中为 3.36~16.1 d[15]，在大棚黄瓜中为 9.7~10.1 d[16]，在豇豆中为 2.8~4.8 d[17]，在毛叶枣中为 2.8 d[18]，在苦菜中为 9.9 d[19]，在苹果中为 2.2~5.1 d[20]。本研究中啶虫脒在桃果上的消解半衰期与苹果中的相近。

### 2.3 模拟农户实际用药残留验证分析

结果 (图 3) 表明：2 次施药与 3 次施药后，桃果皮中啶虫脒残留量在 0.152~0.348 mg/kg 之间，7、14 与 21 d 3 个取样时间点 3 次用药与 2 次用药间残留量无差异。桃果肉中的啶虫脒残留较低，其中仅 3 次施药处理组距末次施药后 7 d 的样品检出残留量为0.018 mg/kg，其他样品均未检出 (低于检出限 0.010 mg/kg)。表明啶虫脒在桃上消解速率快，用药后 7 d 消解已经趋于稳定，2 次施药与 3 次施药 3 个取样时间点样品中啶虫脒的残留量均不超过中国规定的其在核果上最大残留限量 (MRL) 值 2 mg/kg[21]。

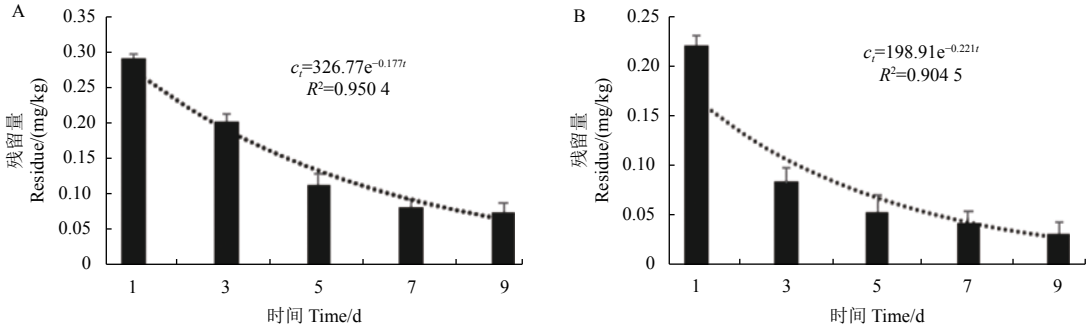


**图 2　啶虫脒在桃表皮 (A) 与桃果肉 (B) 中的消解曲线**

**Fig. 2　Dissipation curve of acetamiprid in peach peel (A) and peach pulp (B)**

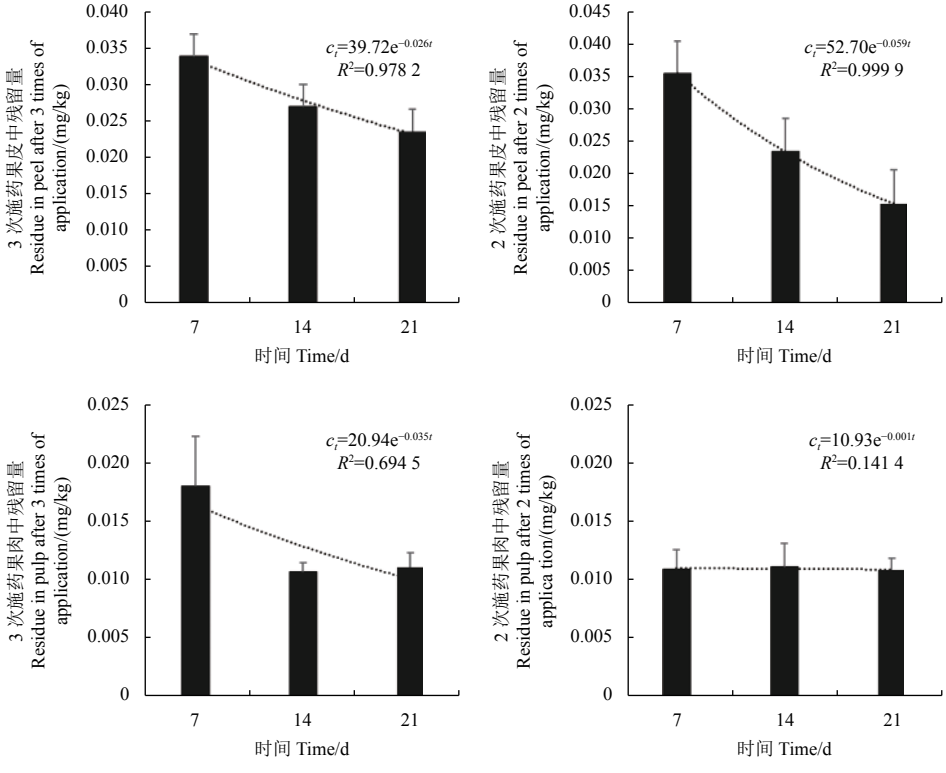


**图 3　2 次施药与 3 次施药情况下桃果肉与果皮中的啶虫脒残留规律**

**Fig. 3　Residuals of acetamiprid in peach pulp and peach peel under the condition of 2 times and 3 times application**

按照消解试验得到的一级反应动力学方程，单独计算得到啶虫脒在桃果皮上 14 与 21 d 的理论残留量为 0.024~0.083 mg/kg。与图 3 中啶虫脒残留量对比发现，验证试验的残留量比理论残留量低，主要原因可能是由于 2 次试验的环境条件不同，消解方程不能完全适用。此外，消解试验的平均温度为 29.46 ℃、相对湿度为 78.9%、降水量为 0.72 mm，而验证试验的平均温度为 33.27 ℃、相对湿度为 86.08%、降水量为 0.98 mm (图 4)，即验证试验的平均温度、相对湿度以及降水量均比消解试验时高。研究表明，除施药量和农药性质等因素外，温度、降水量、相对湿度和光照等

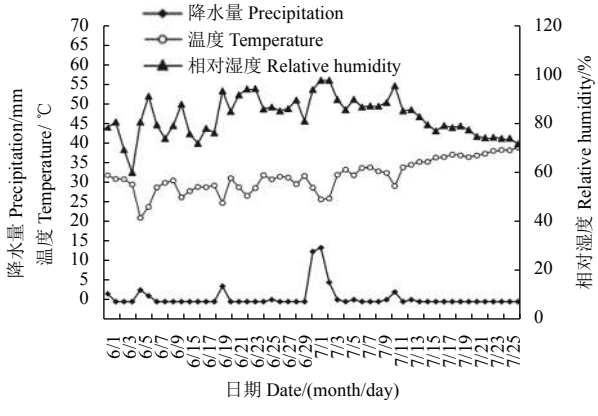


**图 4　试验期间果园中的相对湿度、空气温度及降水量**

**Fig. 4　The relative humidity, air temperature, and precipitation of orchard during the experiment**

环境因素均可对啶虫脒的消解产生影响[22]。

### 2.4 主产区桃中啶虫脒残留抽检与膳食摄入风险分析

结果 (表 2) 显示：2015—2018 年间，啶虫脒在桃上的残留检出率在 8%~38% 之间，残留量范围在 0.001~1.348 mg/kg 之间，远低于中国规定的啶虫脒在核果上的最大残留限量 (MRL) 值 2 mg/kg。由于啶虫脒的良好杀虫作用，其被广泛用于农作物的虫害防治，残留抽样检出率也普遍较高，且在不同作物上的检出率存在较大差异。谭颖等[23]调查了北京市场上蔬菜水果中 9 种新烟碱类农药残留，发现 49 种蔬菜样品与 24 种水果样品中啶虫脒的检出率高达 100%，残留量范围为 0.20~37.7 μg/kg。此外，其他研究数据显示，啶虫脒在蔬菜水果中的检出率为 3.5%~82.1%[24-29]。检出率差异大的主要原因与啶虫脒在作物上登记情况、农户实际用药情况、作物生长环境及农作物本身性质差异等因素有关。虽然本研究中 2015—2018 年啶虫脒在桃上的残留检出率较高，但均未超过其在核果上的 MRL 标准。啶虫脒在桃上的慢性膳食摄入风险占 ADI 的比值在 0.021%~ 0.086% 之间，急性膳食摄入风险占 ARfD 的比值在 1.520%~13.755% 之间。

**表 2 2015—2018 年 9 大桃主产区中啶虫脒残留情况与膳食摄入风险**

**Table 2 Risk Assessment of acetamiprid residues in nine major producing areas from 2015 to 2018**

| 年度 Year | 待检样品总数 Total number of samples | 检出样品数 Detected number | 检出率 Detection rate/% | 残留量 Residue/ (mg/kg) | | | | 慢性膳食摄入风险占 ADI 的比值 %ADI | 急性膳食摄入风险占 ARfD 的比值 %ARfD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 最小值 Minimum | 最大值 Maximum | 平均值 Average | 残留中值 Median residue | | |
| 2015 | 115 | 31 | 27 | 0.001 | 1.348 | 0.173 | 0.032 | 0.086 | 13.755 |
| 2016 | 98 | 37 | 38 | 0.012 | 0.374 | 0.075 | 0.045 | 0.037 | 3.816 |
| 2017 | 126 | 40 | 32 | 0.001 | 0.188 | 0.046 | 0.018 | 0.023 | 1.918 |
| 2018 | 170 | 14 | 8 | 0.011 | 0.149 | 0.042 | 0.031 | 0.021 | 1.520 |

## 3 结论与建议

本研究结果显示，啶虫脒在桃果皮与果肉中的消解半衰期分别为 3.92 与 3.14 d。3 次施药与 2 次施药情况下，距末次施药后 7、14 与 21 d 3 个取样时间点桃中啶虫脒的残留量均较低，远低于中国规定的啶虫脒在核果上的 MRL 值 2 mg/kg，且去皮食用能够进一步降低其膳食摄入风险。

2015—2018 年间，啶虫脒在桃上的残留检出率在 8%~38% 之间，残留量范围在 0.001~1.348 mg/kg 之间，也远低于其在核果上的 MRL 值。连续 4 年桃上啶虫脒残留的急性膳食摄入风险占 ARfD 的比值在 1.520%~13.755% 之间，慢性膳食摄入风险占 ADI 的比值在 0.021%~0.086% 之间，总体膳食风险贡献较小。本研究结果可为啶虫脒在桃树上的登记使用提供参考。

由于目前在桃上登记使用的农药种类少，啶虫脒作为低毒高效杀虫剂已被登记用于其他果树和蔬菜上，易导致农户超范围在桃虫害防治中的使用，同时由于缺乏用药信息指导，增加了其膳食暴露的不确定性，因此建议考虑啶虫脒在桃树上登记使用的可行性，以便农户严格遵守《食品安全法》与《农药管理条例》，避免超范围用药。

## 参考文献 (References):


[1] 孙平平, 王文辉. 2017/2018 年世界苹果、梨、葡萄、桃及樱桃产量、市场及贸易情况[J]. 中国果树, 2018(2): 99-108.
SUN P P, WANG W H. Production, market and trade of world apples, pears, grapes, peaches and cherries in 2017/2018[J]. China Fruits, 2018(2): 99-108.

[2] 韩健, 孙素芬, 吴邦良. 桃典型病虫害防治图说 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2016: 1-94.
HAN J, SUN S F, WU B L. Diagram of typical pest control in peach[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2016: 1-94.

[3] 中国农药信息网.数据中心登记信息.[DB/OL].http://www.chinapesticide.org.cn/hysj/index.jhtml.
China Pesticide Information Network. Data center registration information [DB/OL]. http://www.chinapesticide.org.cn/hysj/index.jhtml.

[4] BLACQUIÈRE T, SMAGGHE G, GESTEL C A M, et al. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment[J]. Ecotoxicology, 2012, 21(4): 973-992.

[5] 李海飞, 聂继云, 徐国锋, 等. 桃中农药残留分析及膳食暴露评估研究[J]. 分析测试学报, 2019, 38(9): 1066-1072.
LI H F, NIE J Y, XU G F, et al. Analysis of pesticide residues in peaches and their dietary exposure risk assessments[J]. J Instrum Anal, 2019, 38(9): 1066-1072.

[6] 中华人民共和国推荐性国家标准 新鲜水果和蔬菜 取样方法: GB/T 8855—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

National standard (Recommended) of the People's Republic of China: fresh fruits and vegetabes—sampling: GB/T 8855—2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.

[ 7 ] 吕健, 毕金峰, 赵晓燕, 等. 国内外桃加工技术研究进展[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 268-271, 274.
LV J, BI J F, ZHAO X Y, et al. Research progress on peach processing technology[J]. Food Mach, 2012, 28(1): 268-271, 274.

[ 8 ] 张放. 2017 年我国主要水果生产统计分析[J]. 中国果业信息, 2019, 36(10): 22-31.
ZHANG F. Statistical analysis of main fruit production in my country in 2017[J]. China Fruit News, 2019, 36(10): 22-31.

[ 9 ] 王文生, 杨少桧, 闫师杰. 我国果蔬冷链发展现状与节能降耗主要途径[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(2): 1-5.
WANG W S, YANG S H, YAN S J. Development status of fruits and vegetables cold chain and main ways of saving energy and reducing consumption in China[J]. Storage Process, 2016, 16(2): 1-5.

[10] LI Z X, NIE J Y, YAN Z, et al. Monitoring survey and dietary risk assessment for pesticide residues on peaches in China[J]. Regul Toxicol Pharmacol, 2018, 97: 152-162.

[11] WHO, 2015. Global Environment Monitoring System (GEMS/food) [EB/OL]. http://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/gems-food/en/.

[12] WHO, 2017. The Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Specifications List of Pesticides evaluated by JMPR and JMPS - A(JMPS). [EB/OL]. http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/lpe/en/.

[13] 中华人民共和国推荐性国家标准 测量方法与结果的准确度: GB/T 6379.4—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
National standard (recommended) of the People's Republic of China: Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results-part 4: basic methods for the determination of the trueness of a standard measurement method: GB/T 6379.4—2006[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.

[14] 谢荔草, 孙扬, 秦旭, 等. 啶虫脒和仲丁威在水稻、土壤及田水中的残留消解动态[J]. 环境化学, 2013, 32(2): 281-288.
XIE L C, SUN Y, QIN X, et al. Residue and degradation of acetamiprid and fenobucarb in rice, soil and field water[J]. Environ Chem, 2013, 32(2): 281-288.

[15] 吴曼, 李添宝, 黄路, 等. 啶虫脒在茶叶和土壤中的残留和降解动态研究[J]. 精细化工中间体, 2014, 44(1): 67-72.
WU M, LI T B, HUANG L, et al. Study on the residues determination and the residual dynamics of acetamiprid in tea and soil[J]. Fine Chem Intermed, 2014, 44(1): 67-72.

[16] 丁悦, 孙星, 汪佳蕾, 等. 露地和大棚条件下啶虫脒在黄瓜和土壤中的残留及消解动态[J]. 农药学学报, 2014, 16(1): 110-114.
DING Y, SUN X, WANG J L, et al. Residue and dissipation of acetamiprid in cucumber and soil under open field and greenhouse conditions[J]. Chin J Pestic Sci, 2014, 16(1): 110-114.

[17] FU D H, ZHANG S Y, WANG M, et al. Dissipation behavior residue distribution and dietary risk assessment of cyromazine, acetamiprid and their mixture in cowpea and cowpea field soil[J]. J Sci Food Agric, 2020, 100(12): 4540-4548.

[18] 林涛, 李泳波, 陈兴连, 等. 毛叶枣中多菌灵、吡虫啉和啶虫脒消解动态研究[J]. 热带作物学报, 2018, 39(8): 1630-1635.
LIN T, LI Y B, CHEN X L, et al. Degradation dynamics of carbendazim imidacloprid and acetamiprid in *Ziziphus mauritiana*[J]. Chin J Trop Crop, 2018, 39(8): 1630-1635.

[19] 赵红华. 栽培苦菜中农药残留研究及膳食风险评估 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2017.
ZHAO H H. Pesticide residue and dietary risk assessment in domesticate sowthistle[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2017.

[20] 刘新刚, 董丰收, 杨爽, 等. 啶虫脒在苹果和土壤中的残留及消解动态[J]. 农药, 2007(10): 693-695.
LIU X G, DONG F S, YANG S, et al. Residues and degradation of mospilan in apple and soil[J]. Agrochemicals, 2007(10): 693-695.

[21] 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量: GB 2763—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
National food safety standard-maximum residue limits for pesticides in food: GB 2763—2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.

[22] HORVAT A J M, BABIĆ S, PAVLOVIĆ D, et al. Analysis, occurrence and fate of anthelmintics and their transformation products in the environment[J]. Trac Trends Anal Chem, 2012, 31: 61-84.

[23] 谭颖, 张琪, 赵成, 等. 蔬菜水果中的新烟碱类农药残留量与人群摄食暴露健康风险评价[J]. 生态毒理学报, 2016, 11(6): 67-81.
TAN Y, ZHANG Q, ZHAO C, et al. Residues of neonicotinoid pesticides in vegetables and fruit and health risk assessment of human exposure via food intake[J]. Asian J Ecotoxicol, 2016, 11(6): 67-81.

[24] 蒋玉宝, 刘筱, 张丽萍, 等. 甘肃省枸杞农药残留状况及出口风险分析[J]. 甘肃农业科技, 2019(1): 37-42.
JIANG Y B, LIU X, ZHANG L P, et al. Analysis of pesticide residues and export risks on lycium of Gansu Province[J]. Gansu Argic Sci Technol, 2019(1): 37-42.

[25] 郝变青, 秦曙, 王霞, 等. 山西果品主产区苹果、梨、桃和枣果实农药残留水平及评价[J]. 山西农业科学, 2015, 43(4): 452-455.
HAO B Q, QIN S, WANG X, et al. Detection and evaluation of pesticide residues in apple, pear, peach and jujube in Shanxi[J]. J Shanxi Agric Sci, 2015, 43(4): 452-455.

[26] 韦凯丽, 周晓龙, 闫巧俐, 等. 新疆甜瓜农药残留膳食风险评估[J]. 食品与机械, 2019, 35(8): 90-95.
WEI K L, ZHOU X L, YAN Q L, et al. Risk assessment of pesticide residues in musk melon in Xinjiang[J]. Food Mach, 2019, 35(8): 90-95.

[27] 平华, 杜远芳, 颜世伟, 等. 猕猴桃农药残留状况及风险评估[J]. 食品工业, 2019, 40(12): 201-206.
PIN H, DU Y F, YAN S W, et al. Pesticide residues status and risk assessment of kiwifruit[J]. Sci Technol of Ind, 2019, 40(12): 201-206.

[28] YANG G L, WANG W, LIANG S M, et al. Pesticide residues in bayberry (*Myrica rubra*) and probabilistic risk assessment for consumers in Zhejiang, China[J]. J Integr Agric, 2017, 16(9): 2101-2109.

[29] 任晓姣, 刘君, 张水鸥, 等. 西安市鲜食葡萄农药残留风险评估[J]. 农产品质量与安全, 2019(6): 73-78.
REN X J, LIU J, ZHANG S O, et al. Risk assessment of pesticide residues in table grapes: taken Xi'an city as an example[J]. Qual Saf Agro-Products, 2019(6): 73-78.

(责任编辑: 曲来娥)