DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20251014007
引用格式: 马鹏, 王联广, 周树娅, 等. 新型杀螨剂乙唑螨腈在苹果不同部位的残留分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(4): 129–134.
MA P, WANG LG, ZHOU SY, *et al*. Residues analysis of novel acaricide cyetpyrafen in different parts of *Malus domestica* [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(4): 129–134. (in Chinese with English abstract).

新型杀螨剂乙唑螨腈在苹果不同部位的残留分析

马 鹏[1], 王联广[1*], 周树娅[1], 季青梅[1], 杨 旭[1], 卢 艳[1], 邓书行[2]
(1. 昭通市绿色食品发展中心, 昭通 657000; 2. 鲁甸县农产品质量安全检验检测站, 昭通 657000)

摘 要: 目的 明确新型杀螨剂乙唑螨腈在苹果中不同部位的残留特征。**方法** 本研究参照《农作物中农药残留试验准则》开展田间试验, 以 30%乙唑螨腈悬浮液为试验对象, 以早熟苹果红露为试材, 在苹果害螨发生期和果实采收前按推荐剂量和 2 倍推荐剂量对整株果树进行喷雾, 施药后随机采样。采用 QuEChERS-高效液相色谱法测定不同剂量下乙唑螨腈在苹果不同部位中乙唑螨腈残留。**结果** 在 0.05~5.00 mg/L 质量浓度范围内乙唑螨腈在苹果基质中的质量浓度与响应值具有良好的线性关系, 相关系数均大于 0.99。添加回收试验中, 乙唑螨腈的平均回收率为 98.88%~100.22%(相对标准偏差为 0.34%~0.92%)。检测结果表明乙唑螨腈残留主要附着在苹果果皮上, 通过内吸传导至果肉的残留很少, 平均残留量呈现出果皮>全果>果肉的趋势。推荐剂量下, 果皮中残留量最高, 施药后 2 h 为 3.19 mg/kg, 超 3 倍最大残留限量(maximum residue limit, MRL)值(1 mg/kg), 施药后 5 d 果皮中残留量降至 0.6 mg/kg, 在 1.00 mg/kg (MRL)以下, 安全风险较低。2 倍推荐剂量下, 施药后2 h 在果皮中的原始残留量为5.90 mg/kg, 为推荐剂量下残留量的1.85倍。2倍推荐剂量下, 施药后 7 d 在果皮中的残留量为 1.11 mg/kg>1.00 mg/kg (MRL), 仍未达标。**结论** 苹果果皮是乙唑螨腈的主要残留部位, 残留量随施药剂量的增加明显增加, 超推荐剂量施用会明显增加残留风险, 直接影响苹果的食品安全。建议生产中严格遵循推荐剂量施用, 控制施用频次, 执行 7 d 以上采收间隔期, 消费者可通过去皮有效降低潜在风险。

关键词: 杀螨剂; 乙唑螨腈; 苹果; 农药残留

Residues analysis of novel acaricide cyetpyrafen in different parts of *Malus domestica*

MA Peng[1], WANG Lian-Guang[1*], ZHOU Shu-Ya[1], JI Qing-Mei[1], YANG Xu[1], LU Yan[1], DENG Shu-Hang[2]
(1. *Zhaotong Green Food Development Center*, *Zhaotong* 657000, *China*; 2. *Ludian County Agricultural Product Quality and Safety Inspection and Testing Station*, *Zhaotong* 657000, *China*)

ABSTRACT: Objective To clarify the residue characteristics of the novel acaricides cyetpyrafen in different parts

收稿日期: 2025-10-14
基金项目: 云南省 2025 年“三区”科技人才项目
第一作者: 马鹏(1988—), 男, 高级农艺师, 主要研究方向为农业环境保护、农产品质量安全、农药安全高效应用。E-mail: 1667931431@qq.com
***通信作者:** 王联广(1990—), 男, 高级农艺师, 主要研究方向为农药残留分析及农产品绿色生产技术研究。E-mail: 1034498414@qq.com

of *Malus domestica*. **Methods** Field trials were conducted in accordance with the *Guidelines for pesticide residue trials in crops*. The 30% cyetpyrafen suspension was used as the test object, and the early-maturing *Malus domestica* variety Honglu was used as the test material. The whole *Malus domestica* trees were sprayed with the recommended dose and twice the recommended dose during the occurrence period of *Malus domestica* mites and before fruit harvest. Samples were randomly collected after spraying. The residues of cyetpyrafen in different parts of *Malus domestica* at different doses were determined by QuEChERS-high performance liquid chromatography. **Results** Within the mass concentration range of 0.05–5.00 mg/L, the mass concentration of cyetpyrafen in the *Malus domestica* matrix had a good linear relationship with the response value, and the correlation coefficient was greater than 0.99. In the addition recovery test, the average recovery rate of cyetpyrafen was 98.88%–100.22% (relative standard deviation was 0.34%–0.92%). The detection results showed that the residues of cyetpyrafen mainly adhered to the *Malus domestica* peel, and the residues conducted to the flesh through internal absorption were very few. The average residue amount showed the trend of peel>whole fruit>flesh. Under the recommended dosage, the residue level in the fruit peel was the highest, reaching 3.19 mg/kg 2 h after application, which was over 3 times the maximum residue limit (MRL) (1 mg/kg). The residue level in the fruit peel dropped to 0.6 mg/kg 5 d after application, below the MRL (1.00 mg/kg), indicating a relatively low safety risk. At twice the recommended dose, the original residue amount in the peel 2 h after spraying was 5.90 mg/kg, which was 1.85 times that of the recommended dose. At twice the recommended dose, the residue amount in the peel 7 d after spraying was 1.11 mg/kg>1.00 mg/kg (MRL), still not meeting the standard. **Conclusion** The *Malus domestica* peel is the main residue site of etofenprox. The residue amount increases significantly with the increase of the application dose. Applying at doses exceeding the recommended level will significantly increase the residue risk and directly affect the food safety of *Malus domestica*. It is recommended that during production, the recommended dosage should be strictly followed for application, and the frequency of application should be controlled. It is suggested that a harvest interval of more than 7 d. Consumers can effectively reduce potential risks by peeling the fruit.

KEY WORDS: acaricides; cyetpyrafen; *Malus domestica*; pesticide residue

0 引 言

苹果作为中国第一大水果, 在种植面积、产量、消费量等方面均居世界首位[1–3]。苹果叶螨是苹果主要虫害之一, 主要有山楂叶螨、二斑叶螨和苹果全爪螨等, 以若螨和成螨刺吸苹果叶片汁液, 破坏叶绿素, 影响光合作用, 从而危害树体和果实发育[4–6]。在管理不善的果园危害较重, 严重影响果品质量, 造成经济损失[7–9]。目前化学防控是苹果害螨的主要防控措施之一[10–11]。如不合理使用化学农药, 苹果叶螨易产生严重的抗药性, 也易产生农药残留超标及生态环境负面效应等问题。安全高效应用杀螨剂成为近年来研究的热点。乙唑螨腈是由沈阳中化农药化工研发有限公司创制的一种新型杀螨剂[12], 主要通过触杀作用, 抑制线粒体功能而导致螨类死亡, 触杀达到防治作用[13–14], 具有生物活性高、速效性好等特点, 对柑橘叶螨、苹果叶螨、棉花叶螨和茄子叶螨均有较高防效[15–16]。目前国内乙唑螨腈已在柑、橘、苹果等果蔬上获准登记使用, 并已制定了最大残留限量(maximum residue limit, MRL)。乙唑螨腈如不科学施用或对人类健康存在潜在的威胁[17–18]。近年来, 已有学者探究了乙唑螨腈在枸杞[19]、草莓[20]、蜜柚[21]、棉花[22]、荔枝[23]等作物上的残留规律, 但乙唑螨腈在苹果中残留特征研究鲜见报道。本研究以 30%乙唑螨腈悬浮液为研究对象, 建立 QuEChERS-高效液相色谱法测定乙唑螨腈在苹果中不同部位的残留量, 探究在不同施药剂量下乙唑螨腈在苹果中的残留规律, 旨在为乙唑螨腈在苹果中的残留分析、安全高效应用及苹果产业高质量发展提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 仪器和试剂

Waters e2695 高效液相色谱仪、Waters C_{18} 柱(4.6 mm ×250 mm, 5 μm)(美国沃特世公司); H2050R 型离心机(湖南湘仪实验室仪器开发有限公司); MFV-24 智能氮吹仪(广州得泰仪器科技有限公司); DT-500 电子天平(精度 0.01 g, 杭州奇舰科技有限公司); IKA Vortex 4 digital 涡旋振荡器(深圳市三莉科技有限公司); Eppendorf Researchplus 型自动移液枪[艾本德(中国)有限公司]。

乙唑螨腈标准品(质量浓度 1000 mg/L, 坛墨质检科技股份有限公司); 乙腈(色谱纯, 赛默飞世尔科技中国有限

公司); C_{18}(十八烷基键合硅胶, 粒径 5 μm)、乙二胺-N-丙基硅烷(北京莱伯帕兹检测科技有限公司); 无水硫酸镁、氯化钠、柠檬酸钠二水合物、柠檬酸二钠盐倍半水合物(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 微孔滤膜(0.22 μm, 上海安谱实验科技股份有限公司); 30%乙唑螨腈悬浮剂(沈阳科创化学品有限公司)。

1.2　田间试验设计

田间试验参照 NY/T 788—2018《农作物中农药残留试验准则》, 在云南省昭通市鲁甸县茨院乡田合村苹果种植基地试验田中进行。供试苹果品种为早熟型"红露"苹果来源于田间试验。试验设 30%乙唑螨腈悬浮液推荐剂量(制剂量 3000 倍液)、2 倍推荐剂量(制剂量 1500 倍液)和空白对照(以施药处理前采集的苹果), 共 3 个处理, 每个处理 3 株果树, 重复 3 次。在苹果园中害螨发生期(7 月 28 日), 采用整株喷雾的方式喷施 30%乙唑螨腈悬浮液推荐剂量(制剂量 3000 倍液)和 2 倍推荐剂量(制剂量 1500 倍液)两种浓度, 每株果树用药液量 5 L。在每株供试果树苹果大小一致、无损伤。

1.3　实验方法

1.3.1　样品采集

根据高艳等[22]已指出的乙唑螨腈残留消解相关规律 NY/T 788—2018《农作物中农药残留试验准则》中残留消解试验部, 本研究将采样时间点设定为施药后 2 h、3 d、5 d、7 d、14 d 进行随机采样, 每个处理每次取 10 个苹果, 分为果皮和果肉 2 部分, 各处理匀浆后分别于–20 ℃保存, 待测。

1.3.2　样品提取和净化

准确称取 10.00 g 均质苹果样品置于 50 mL 聚丙烯离心管中, 加入 10 mL 色谱级乙腈, 投入 1 颗陶瓷均质子, 使用涡旋振荡器以 2500 r/min 剧烈振荡 2 min。加入由 4 g 无水硫酸镁、1 g 氯化钠、1 g 柠檬酸钠二水合物和 0.5 g 柠檬酸二钠盐倍半水合物组成的提取盐包, 再振荡 2 min 以充分萃取。将离心管置于冷冻离心机, 8000 r/min 离心 5 min (4 ℃)。取 5.0 mL 上清液转移至 15 mL 离心管, 加入含 900 mg 无水硫酸镁和 150 mg 乙二胺-N-丙基硅烷的净化填料, 涡旋混匀 2 min 后, 再次以 8000 r/min 离心 5 min。取最终上清液经 0.22 μm 聚四氟乙烯微孔滤膜过滤, 滤液转移至进样小瓶待测[24]。

1.3.3　仪器设备条件

色谱柱: Waters C_{18} (4.6 mm×250 mm, 5 μm); 柱温: 35 ℃; 流速: 0.4 mL/min; 进样量: 70 μL; 流动相比例乙腈-水(体积比 90:10); 检测波长 λ=195 nm。

1.3.4　标准溶液配制

准确吸取 1 mL 100 mg/L 乙唑螨腈标准品, 用乙腈稀释, 配制成 10 mg/L 的标准中间液。再用乙腈将 10 mg/L 标准中间液逐级稀释, 得到 0.05、0.10、0.50、1.00、5.00 mg/L 的工作液, 用于绘制标准曲线。

1.3.5　方法验证

将添加质量分数分别为 0.05、0.50、1.00 mg/kg 的乙唑螨腈标准溶液, 加入空白苹果样品, 按照 1.3.2 样品前处理方法对样品中的乙唑螨腈进行提取和净化。每个添加质量分数设 5 个平行, 同时进行苹果空白样品分析, 排除基质的干扰。

1.3.6　残留量计算

定量方法采用外标法定量, 以乙腈逐渐稀释乙唑螨腈标准溶液作标准曲线, 样品中乙唑螨腈残留量按式(1)计算。

$$w=\frac{\rho\times V}{m}\times\frac{1000}{1000} \tag{1}$$

式中: w 为试样中乙唑螨腈残留量, mg/kg; ρ 为标准曲线中得到的试样溶液中乙唑螨腈的质量分数, mg/kg; V 为提取液体积, mL; m 为试样质量, g。

1.4　数据处理

试验数据采用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据整理与制表, 相对标准偏差分析采用 SPSS 18.0 完成, Origin 2021 软件绘制图形。

2　结果与分析

2.1　线性关系

将配制好的系列标准溶液注入高效液相色谱仪进行检测, 以乙唑螨腈的质量浓度为横坐标(X, mg/L), 峰面积为纵坐标(Y)绘制标准曲线。结果表明, 在 0.05~5.00 mg/L 范围内, 乙唑螨腈的线性关系良好, 回归方程为 Y=733990.56X–13420.25 (r=0.9998), 乙唑螨腈的质量浓度与峰面积线性相关良好。

2.2　添加回收率和定量线

在空白苹果样品中添加 0.05、0.50、1.00 mg/kg 3 个浓度水平的乙唑螨腈标准溶液, 每个添加水平设置 5 个平行, 按照优化后的前处理方法和仪器条件进行检测, 计算回收率和相对标准偏差(relative standard deviation, RSD), 以信噪比(S/N=10)计算检测方法定量限(limit of quantitation, LOQ)。结果显示乙唑螨腈在苹果中的平均回收率为 98.88%~100.22%, RSDs 为 0.34%~0.92%, LOQ 为 0.05 mg/kg(表 1)。

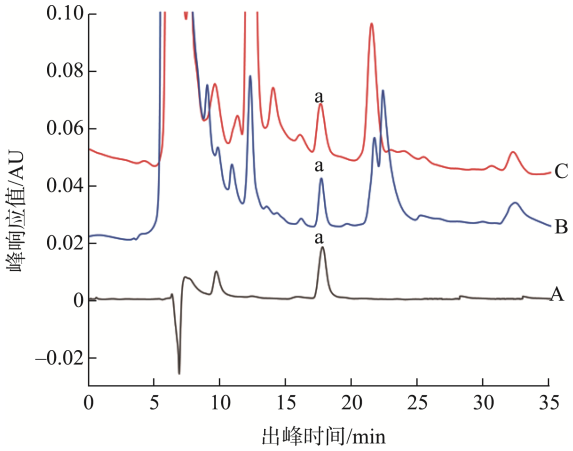
2.3　乙唑螨腈在苹果不同部位的残留量

乙唑螨腈标准溶液、苹果样品加标及实际样品色谱图(图 1), 分离效果和峰形良好, 乙唑螨腈时间 17.955 min, 结果表明(表 2): 在推荐剂量下, 施药后 2 h 果皮中残留量最高, 为 3.19 mg/kg, 超 3 倍 MRL 值(1 mg/kg)。在推荐剂

表 1 苹果中乙唑螨腈的加标回收分析结果
Table 1 Analytical results of spiked recovery of cyetpyrafen in apples

添加浓度/(mg/kg)	回收率/%	RSDs/% (n=5)
0.05	98.88±0.91	0.92
0.50	100.22±0.36	0.36
1.00	99.13±0.33	0.34

量下，果皮中降解较快，施药后 5 d，降解率为 81%，残留量降至 0.6 mg/kg<1.00 mg/kg。全果中残留量较果皮中残留量明显减少，施药后 2 h 的残留量为 0.43 mg/kg<1.00 mg/kg。果肉中的残留量最低，施药后 2 h 至 14 d 残留值均小于 LOQ 0.05 mg/kg，视为未检出。可见推荐剂量下乙唑螨腈在苹果全果及果肉中的残留风险较低，如果去皮食用将有效提高安全性。2 倍推荐剂量下，施药后 2 h 在果皮中的残留量最高为 5.90 mg/kg，为推荐剂量下残留量的 1.85 倍，超 5 倍 MRL 值。2 倍推荐剂量下降解较慢，施药后 5 d，在果皮中的降解率为 46.7%，施药后 7 d 降解率为 81%，残留量为 1.11 mg/kg>1.00 mg/kg，仍未达标。2 倍推荐剂量下全果中的残留量较推荐剂量明显增加，施药后 2 h 残留量约为推荐剂量的 2.4 倍，为 1.03 mg/kg>1.00 mg/kg，施药后 3 d 的残留量为 0.80 mg/kg 接近残留限量值。2 倍推荐剂量下，施药后 2 h 果肉中残留值为 0.18 mg/kg<1.00 mg/kg，施药后 3 d 显示未检出。可见在 2 倍推荐剂量下，乙唑螨腈在苹果中不同部位残留量明显高于推荐剂量，残留风险明显增加。两种剂量下乙唑螨腈在苹果不同部位的残留量存在明显差异，均呈现出果皮>全果>果肉的趋势，去皮后食用能有效降低农药残留风险。



注：A. 1 mg/L 乙唑螨腈标准溶液色谱图；B. 苹果样品中添加 1 mg/kg 乙唑螨腈标准溶液色谱图；C. 实测苹果样品中乙唑螨腈残留色谱图；a. 乙唑螨腈出峰位置。
图 1 苹果中乙唑螨腈残留色谱图
Fig.1 Chromatograms of cyetpyrafen residues in apples

表 2 乙唑螨腈在苹果不同部位的残留量
Table 2 Residue levels of cyetpyrafen in different parts of apples

残留物(乙唑螨腈)	果皮/(mg/kg)					果肉/(mg/kg)					全果/(mg/kg)				
	2 h	3 d	5 d	7 d	14 d	2 h	3 d	5 d	7 d	14 d	2 h	3 d	5 d	7 d	14 d
推荐剂量 3000 倍液	3.19	1.46	0.60	0.19	0.00	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.43	0.37	0.09	<LOQ	<LOQ
2 倍推荐剂量 1500 倍液	5.90	4.06	3.13	1.11	0.00	0.18	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.03	0.80	0.52	0.23	<LOQ

注：根据 GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》，乙唑螨腈在苹果中的 MRL 值为 1 mg/kg。

3 结论与讨论

本研究基于 QuEChERS-高效液相色谱法，建立了简便、快速、准确的测定苹果中乙唑螨腈残留分析方法。试验结果表明，在 0.05~5.00 mg/L 范围内相关系数 r=0.9998，线性关系良好。在 0.05~1.00 mg/kg 添加水平下，乙唑螨腈在苹果中的平均添加回收率为 98.88%~100.22%，RSDs (n=5)为 0.34%~0.92%，符合农药残留分析方法要求[25]，该方法的 LOQ 为 0.05 mg/kg，能够满足苹果中乙唑螨腈最大残留限量(1 mg/kg)的检测要求。苹果中农药残留主要有两种存在方式，(1)附着于果皮表面，(2)通过内吸渗透传导至果实内部[26–27]。果实中各部位残留量与农药理化性质、作用机制及果实对农药的吸收转化相关[28–29]。乙唑螨腈的主要作用方式为触杀和胃毒，内吸性较弱[30–31]。由试验结果可见：两种剂量下乙唑螨腈在苹果不同部位的残留量存在明显差异，呈现出果皮>全果>果肉的趋势。这一残留特征与乙唑螨腈[12]的分子结构中疏水机团占比较高与低水溶性的理化特性密切相关。可见乙唑螨腈施用后残留主要是附着在苹果果皮上，通过内吸传导至果肉的残留很少，去皮后食用能有效降低农药残留风险。推荐剂量下，果皮中残留量最高，施药后 2 h 为 3.19 mg/kg，超 3 倍 MRL 值(1 mg/kg)。施药后 5 d 果皮中残留量降至 0.6 mg/kg<MRL 值(1.00 mg/kg)。推荐剂量下全果及果肉中残留较果皮中残留量明显降低，施药后 2 h 的残留量均小于 1.00 mg/kg。2 倍推荐剂量下乙唑螨腈残留量较推荐剂量明显增加，施药后 2 h 在果皮中的原始残留量为 5.90 mg/kg，为推荐剂量下残留量的 1.85 倍、MRL 值的 5.9 倍，施药后 7 d 在果皮中的残留量为 1.11 mg/kg>1.00 mg/kg，仍未达标。可见 2 倍

推荐剂量下乙唑螨腈的残留风险明显增加, 直接影响了苹果的食品安全性。综合来看, 乙唑螨腈在苹果中的残留行为受施药剂量与部位特性双重调控, 生产中需严格遵循推荐剂量施用, 并严格控制施用频次, 建议执行 7 d 以上采收间隔期, 消费者可通过去皮有效降低潜在风险。

参考文献

[1] 鲁兴凯, 马勉娣, 谭安超, 等. 不同产区华硕苹果品质差异性分析[J]. 果树学报, 2024, 41(1): 30–40.
LU XK, MA MD, TAN ANC, *et al*. Analysis of quality differences of Huashuo apples from different producing areas [J]. Journal of Fruit Science, 2024, 41(1): 30–40.

[2] 贾朝爽, 王志华. 不同产地的 12 个苹果品种品质指标数据集[J]. 农业大数据学报, 2022, 4(2): 20–24.
JIA CS, WANG ZH. Quality index dataset of 12 apple varieties from different producing areas [J]. Journal of Agricultural Big Data, 2022, 4(2): 20–24.

[3] 霍学喜, 刘天军, 刘军弟, 等. 2020 年度中国苹果产业发展报告(精简版)[J]. 中国果菜, 2022, 42(2): 1–6.
HUO XX, LIU TJ, LIU JD, *et al*. 2020 China apple industry development report (abridged version) [J]. China Fruit & Vegetable, 2022, 42(2): 1–6.

[4] 高越, 王银平, 王亚黎, 等. 我国苹果主产区苹果叶螨种类及杀螨剂应用现状[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(2): 67–70.
GAO Y, WANG YP, WANG YL, *et al*. Species of apple spider mites and application of miticides in main apple-producing areas of China [J]. China Plant Protection, 2019, 39(2): 67–70.

[5] 顾耘, 吕瑞云. 近年来胶东地区苹果病虫害发生与控制的新趋势和新进展[J]. 烟台果树, 2017(1): 20–22.
GU Y, LÜ RY. New trends and advances in occurrence and control of apple diseases and insect pests in Jiaodong area in recent years [J]. Yantai Fruits, 2017(1): 20–22.

[6] 韩文启, 王秀琴, 蔡国栋, 等. 全杀新型杀螨剂防治苹果螨类的药效试验[J]. 落叶果树, 2019, 51(4): 37–38.
HAN WQ, WANG XQ, CAI GD, *et al*. Efficacy test of a new broad-spectrum acaricide against apple mites [J]. Deciduous Fruits, 2019, 51(4): 37–38.

[7] 李鸽. 苹果叶螨类虫害的发生与防治[J]. 黑龙江农业科学, 2013(7): 163–164.
LI G. Occurrence and control of apple spider mite pests [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2013(7): 163–164.

[8] 王福堂, 陈芳, 金珠, 等. 新疆库尔勒苹果园害虫害螨生物防治技术集成应用[J]. 中国植保导刊, 2025, 45(10): 74–78.
WANG FT, CHEN F, JIN Z, *et al*. Integrated application of biological control technologies for pests and mites in Korla apple orchards of Xinjiang [J]. China Plant Protection, 2025, 45(10): 74–78.

[9] 黄宝剑, 张继龙, 苏莎, 等. 苹果全爪螨抗药性研究进展[J]. 植物保护, 2024, 50(1): 24–30.
HUANG BJ, ZHANG JL, SU S, *et al*. Advances in acaricide resistance of the European red mite, *Panonychus ulmi* (Koch) [J]. Plant Protection, 2024, 50(1): 24–30.

[10] 鲁志弘, 于凯, 田利光, 等. 新型农药对苹果叶螨的田间防效试验[J]. 中国果树, 2017, 51(2): 56–57.
LU ZH, YU K, TIAN LG, *et al*. Occurrence and control of apple spider mites with new pesticides [J]. China Fruits, 2017, 51(2): 56–57.

[11] 王刚. 阿克苏地区苹果树 2 种害虫发生规律调查及其防治药剂筛选[D]. 石河子: 石河子大学, 2016.
WANG G. Occurrence investigation and control pesticide screening of two pests on apple trees in Akesu Area [D]. Shihezi: Shihezi University, 2016.

[12] 李斌, 于海波, 罗艳梅, 等. 乙唑螨腈的合成及其杀螨活性[J]. 现代农药, 2016, 15(6): 15–16, 20.
LI B, YU HB, LUO YM, *et al*. Synthesis and acaricidal activity of cyetpyrafen [J]. Modern Agrochemicals, 2016, 15(6): 15–16, 20.

[13] 刘超, 余霞奎, 忻雅, 等. 草莓果实中新型杀螨剂乙唑螨腈和腈吡螨酯的残留量测定[J]. 浙江农业科学, 2023, 64(7): 1781–1784.
LIU C, YU XK, XIN Y, *et al*. Determination of residues of novel acaricides cyetpyrafen and pyridaben in strawberry fruits [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2023, 64(7): 1781–1784.

[14] 孙靖雨. 二斑叶螨对乙唑螨腈的抗性遗传与抗性机制研究[D]. 重庆: 西南大学, 2022.
SUN JY. Study on resistance inheritance and resistance mechanism of *Tetranychus urticae* to cyetpyrafen [D]. Chongqing: Southwest University, 2022.

[15] 陈金翠, 王泽华, 曹利军, 等. 新型杀螨剂-乙唑螨腈对草莓二斑叶螨防效及安全性研究[J]. 农药科学与管理, 2019, 40(3): 48–52.
CHEN JC, WANG ZH, CAO LJ, *et al*. Efficacy and safety of a new acaricide-cyetpyrafen against *Tetranychus urticae* on strawberries [J]. Pesticide Science and Administration, 2019, 40(3): 48–52.

[16] 宋玉泉, 冯聪, 刘少武, 等. 新型杀螨剂乙唑螨腈的生物活性与应用[J]. 农药, 2017, 56(9): 628–631.
SONG YQ, FENG C, LIU SW, *et al*. Bioactivity and application of a new acaricide cyetpyrafen [J]. Pesticides, 2017, 56(9): 628–631.

[17] 李登云, 王炜, 修明霞, 等. 30%乙唑螨腈悬浮剂防治苹果叶螨田间试验[J]. 山西果树, 2018(6): 1–3.
LI DY, WANG W, XIU MX, *et al*. Field experiment of 30% cyetpyrafen suspension concentrate for controlling apple spider mites [J]. Shanxi Fruits, 2018(6): 1–3.

[18] WANG S, LI R, DONG F, *et al*. Determination of a novel pesticide cyetpyrafen and its two main metabolites in crops, soils and water [J]. Food Chemistry, 2023, 400: 134049.

[19] LI R, WANG S, CHANG J, *et al*. Insight into the uptake and metabolism of a new insecticide cyetpyrafen in plants [J]. Environment International, 2022, 169: 107522.

[20] 牛艳, 陈翔, 杨静, 等. 枸杞果实中乙唑螨腈检测方法研究[J]. 保鲜与加工, 2022, 22(9): 71–76.
NIU Y, CHEN X, YANG J, *et al*. Study on detection method of cyetpyrafen in wolfberry fruits [J]. Storage and Processing, 2022, 22(9): 71–76.

[21] 赖添财. HPLC-MS/MS 检测琯溪蜜柚中乙唑螨腈残留量及套袋对残留的影响[J]. 农学学报, 2019, 9(11): 63–66.
LAI TC. Determination of cyetpyrafen residues in Guanxi honey pomelo by HPLC-MS/MS and effect of bagging on residues [J]. Journal of Agronomy, 2019, 9(11): 63–66.

[22] 高艳. 哒螨灵在黄瓜、土壤中与乙唑螨腈在棉花、土壤中的残留分析[D]. 济南: 山东大学, 2015.
GAO Y. Residue analysis of pyridaben in cucumber and soil, and

cyetpyrafen in cotton and soil [D]. Ji'nan: Shandong University, 2015.

[23] 韦龄乾, 潘喜芳, 蒋扬柏, 等. 荔枝中丁虫腈、丁香菌酯、氯啶菌酯、乙唑螨腈 4 种农药残留的定量检测方法[J]. 广西植保, 2023, 36(4): 23–28.
WEI LQ, PAN XF, JIANG YB, *et al*. Quantitative detection method for 4 pesticide residues (butanenitrile, coumoxystrobin, pyribencarb, cyetpyrafen) in litchi [J]. Guangxi Plant Protection, 2023, 36(4): 23–28.

[24] 马鹏, 王联广, 石安宪, 等. QuEChERS-气相色谱法测定土壤中砜吡草唑残留量[J]. 农药, 2024, 63(11): 827–830.
MA P, WANG LG, SHI ANX, *et al*. Determination of pyroxasulfone residues in soil by QuEChERS-gas chromatography [J]. Pesticides, 2024, 63(11): 827–830.

[25] 王思威, 刘艳萍, 张树飞, 等. 荔枝中 20 种登记农药残留分析方法研究[J]. 中国农学通报, 2024, 40(13): 129–139.
WANG SW, LIU YP, ZHANG SF, *et al*. Determination of residues of twenty registered pesticides in lychee [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2024, 40(13): 129–139.

[26] 黄玉南, 张绍铃, 方金豹, 等. 吡虫啉在梨果实中的残留动态分析[J]. 果树学报, 2010, 27(3): 453–456.
HUANG YN, ZHANG SL, FANG JB, *et al*. Residue dynamics of imidacloprid in pear fruits [J]. Journal of Fruit Science, 2010, 27(3): 453–456.

[27] 赵小云, 谢德芳, 田海. 套袋微环境对香蕉中苯醚甲环唑和噻呋酰胺内吸性和降解速率的影响及机制[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(3): 154–159.
ZHAO XY, XIE DF, TIAN H. Effects and mechanism of bagging microenvironment on systemic absorption and degradation rate of difenoconazole and thifluzamide in bananas [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(3): 154–159.

[28] 朱书生, 刘西莉, 李健强, 等. 新型杀菌剂氟吗啉在黄瓜植株体内的吸收传导行为[J]. 高等学校化学学报, 2006, 27(10): 1887–1890
ZHU SS, LIU XL, LI JQ, *et al*. Absorption and translocation behavior of a new fungicide flumorph in cucumber plants [J]. Chemical Journal of Chinese Universities, 2006, 27(10): 1887–1890.

[29] 姚安庆, 杨健. 农药在植物体内的传导方式和农药传导生物学[J]. 中国植保导刊, 2012, 32(10): 14–18.
YAO ANQ, YANG J. Translocation modes of pesticides in plants and pesticide translocation biology [J]. China Plant Protection, 2012, 32(10): 14–18.

[30] 左巍, 李晶, 董超, 等. 新型杀螨剂 *β*-酮腈及其衍生物的研究进展[J]. 现代农药, 2022, 22(2): 7–13.
ZUO W, LI J, DONG C, *et al*. Research progress on novel acaricides *β*-ketonitrile and its derivatives [J]. Modern Agrochemicals, 2022, 22(2): 7–13.

[31] 韩翔. 安全、高效杀螨剂乙唑螨腈的创制与应用[J]. 中国农药, 2018, 14(1): 47–50.
HAN X. Development and application of safe and efficient acaricide cyetpyrafen [J]. China Pesticide, 2018, 14(1): 47–50.

(责任编辑: 蔡世佳 安香玉)