

氯吡脞在猕猴桃中的残留动态及影响因子研究

李 菁¹, 孟庆庆¹, 张振华¹, 孙红艳¹, 胡 草², 贾 琦^{1*}

(1. 陕西省西安市农产品质量安全检验监测中心, 西安 710077;

2. 西安市鄠邑区农产品质量安全检验监测中心, 西安 710300)

摘要: 目的 研究不同品种、不同浓度和不同地理情况下氯吡脞在猕猴桃中的消解规律, 并分析氯吡脞在猕猴桃中消解的影响因子。**方法** 在周至县范围内, 根据不同地理情况、不同猕猴桃品种设立了 6 个田间试验, 通过密集采样, 考察不同施药浓度氯吡脞在猕猴桃中的残留动态、消解率、半衰期及安全使用间隔期, 并分析了施药浓度、生长时期、不同品种和不同生产区域对残留量和消解率的影响。**结果** 氯吡脞符合非线性一级动力学消解模式; 不同的处理浓度在猕猴桃成熟后均无残留; 平均半衰期为 11.9 d, 最大安全间隔期为 75 d; 施药浓度、不同生长时期对氯吡脞残留量有显著影响, 不同区域对氯吡脞残留量无显著影响; 不同生长时期对氯吡脞消解率有显著影响; 施药浓度、不同地理类型、不同品种对氯吡脞消解率无显著影响。**结论** 由于猕猴桃生长周期较长, 只要严格按照规定剂量使用, 氯吡脞可安全地用于猕猴桃生产, 不会形成残留危害。

关键词: 猕猴桃; 氯吡脞; 残留动态; 消解率

Study on the residual dynamics and influencing factors of forchlorfenuron in kiwifruit

LI Jing¹, MENG Qing-Qing¹, ZHANG Zhen-Hua¹, SUN Hong-Yan¹, HU Cao², JIA Qi^{1*}

(1. Xi'an Agricultural Product Quality and Safety Inspection and Monitoring Center, Xi'an 710077, China;

2. Xi'an Yiyi District Agricultural Product Quality and Safety Inspection and Monitoring Center, Xi'an 710300, China)

ABSTRACT: Objective To study the digestion of forchlorfenuron in kiwi in different varieties, different concentrations and different geographical conditions, and to analyze the influencing factors of forchlorfenuron digestion in kiwi. **Methods** In Zhouzhi County, 6 field trials were set up according to different geographical conditions and different kiwi varieties. Through intensive sampling, the residual dynamics, digestion rate, half-life and safe use interval of forchlorfenuron at different application concentrations were investigated in kiwifruit. The effects of pesticide concentration, growth period, different varieties and different production areas on residues and digestion rates were analyzed. **Results** Forchlorfenuron fitted the nonlinear first-order kinetic digestion model. There was no residue at different concentrations after kiwifruit matures. The average half-life was 11.9 d and the maximum safe interval was 75 d. The application concentration and different growth periods had a significant effect on the forchlorfenuron residue, and the different regions had no significant effect on the forchlorfenuron residue. Different growth stages have significant effects on the rate of forchlorfenuron digestion. The application concentration, different geographical types, and different varieties had no significant effect on the forchlorfenuron

基金项目: 西安市 2014 年农业技术研发项目(编号: NC1404(6))

Fund: Supported by the Agricultural Technology Research and Development Foundation of Xi'an in 2014 (NC1404(6))

*通讯作者: 贾琦, 高级农艺师, 主要研究方向为农产品质量安全检测。Email: 1452321081@qq.com

*Corresponding author: JIA Qi, Senior Agronomist, Quality and Safety Inspection of Agricultural Products, No. 193 West Second Ring Road, Xi'an 710077, China. Email: 1452321081@qq.com

digestion rate. **Conclusion** Due to the long growth period of kiwifruit, as long as it is used strictly according to the prescribed dose, forchlorfenuron can be safely used in kiwi fruit production without forming a residual hazard.

KEY WORDS: kiwifruit; forchlorfenuron; residue dynamics; degradation rate

1 引言

氯吡脞, 化学名称是 1-(2-氯-4-吡啶基)-3-苯基脞, 英文通用名称为 forchlorfenuron^[1], 在瓜果植物上使用可起到促进花芽分化、保花保果、提高坐果率、促进果实膨大等作用, 被广泛应用于各种果树和果菜类生产^[2-8]。目前我国猕猴桃生产中使用的膨大剂主要成分为氯吡脞, 在猕猴桃中的残留限量为 0.05 mg/kg(GB 2763-2016^[9])。近年来国内外学者的研究主要集中在氯吡脞残留^[10]、对果实生理和品质影响^[11-17]以及果蔬中氯吡脞的残留检测方法上^[18,19], 关于氯吡脞属植物生长调节剂在猕猴桃果实中的消解规律研究较少, 现有研究也仅限于氯吡脞在单一猕猴桃品种中的消解(残留)动态^[20,21], 缺乏氯吡脞在不同浓度, 不同地势, 不同品种中的消解规律研究比较。

有鉴于此, 本研究依托陕西省周至县丰富的猕猴桃资源设立田间试验, 进行氯吡脞在不同品种、不同浓度和不同地理情况下的消解规律研究, 并分析消解的影响因子, 以期科学、安全使用此类植物生长调节剂提供依据。

2 材料和方法

2.1 仪器与试剂

0.1%氯吡脞可溶性液剂(四川省蓝月科技有限公司提供); 氯吡脞标准品(含量 $\geq 99\%$, 四川省蓝月科技有限公司提供); Aglient 1200 高效液相色谱仪(配二元泵、二极管阵列检测器); Aglient SPE 氨基柱(500 mg/6 cc)、固相萃取装置(Aglient 美国公司); 甲醇、乙腈(色谱纯, 美国 sigma 公司); 氯化钠($\geq 99.5\%$, 成都科龙化工试剂厂)。

2.2 田间试验设计

2.2.1 供试材料

田间试验选择的区域和品种涵盖了周至县猕猴桃生产区域的各种地势种类和主要栽培品种。根据该地区的猕猴桃生产现状, 选取富仁镇富兴村(渭河南岸)、翠峰乡丁家凹村(沿山地带)、马召镇纪联村(平原地区)3 个区域, 每个区域确定 2 个平行试验区; 在品种方面, 选取翠香、海沃得、华优、徐香主栽品种。每个试验点选择地势开阔、长势一致的猕猴桃树作为实验用树。具体信息如表 1 所示。

2.2.2 用药方法:

根据膨大剂使用说明以及调查生产实践, 并参考有关文献^[22], 设立 6 个处理浓度: 0、2、2.5、3.4、5、10 mg/L。每个浓度设 3 株作为平行试验, 对每株实验用树进行编号并挂牌标识, 对于不同浓度在树干上喷涂颜色予以标记。

本实验于 6 月 5 日, 统一对所有实验点进行用药处理, 采用施药方法与当地实际生产情况一致: 将各浓度的药液分置于 150 mL 的一次性塑料杯中, 将猕猴桃果实完全浸没, 停留 3 s 后取出。

2.2.3 采样时间和采样方法

定期采集不同品种的猕猴桃试样。具体时间为: 浸药当天 3 h 后第 1 次取样, 以后每隔 3 d 取样 4 次, 然后每隔 7 d 取样 2 次, 再隔 21 d 采样 1 次, 再隔 28 d 采样, 直至采收结束。以树干为中心, 按树势外、中、内均匀取样。采集后用食品袋包装, 及时带回实验室制样, 检测氯吡脞的含量。

表 1 田间试验点情况一览表
Table 1 List of Field Test Sites

编号	1	2	3	4	5	6
地理类型	渭河南岸	渭河南岸	沿山地带	沿山地带	平原地区	平原地区
品种	华优	徐香	翠香	翠香	海沃德	华优
地址	富仁镇 富兴村	富仁镇 富兴村	翠峰乡 丁家凹村	翠峰乡 丁家凹村	马召镇 纪联村	马召镇 纪联村
经纬度	N 34°11'11" E 108°23'56"	N 34°11'26" E 108°23'38"	N 34°07'14" E 108°03'34"	N 34°07'28" E 108°03'55"	N 34°07'01" E 108°14'06"	N 34°07'03" E 108°14'06"
园区面积/亩	4.2	4	5	4.3	1.5	1.5
株距/m	3×2	3×1.5	3×1.5	3×1.5	3×1.5	3×1.5
树龄/年	7	3	5	5	7	10
开花时间	5 月 8 日	5 月 10 日	5 月 8 日	5 月 8 日	5 月 12 日	5 月 12 日

2.3 分析方法

2.3.1 样品提取和净化

称取 20.0 g 鲜样于 100 mL 烧杯中, 加入 40 mL 乙腈, 于匀浆机中以 15000 r/min 分散提取 1 min, 过滤于预先装有约 7 g 氯化钠的 100 mL 比色管中, 盖上塞子剧烈振荡 60 s 后静置 30 min, 待分层后净化。

吸取 10 mL 乙腈提取液于 100 mL 烧杯中, 60 °C 水浴近干, 用 2 mL 甲醇溶解, 加入经 4 mL 甲醇活化过的氨基柱, 用 2 mL 甲醇冲洗烧杯后淋洗氨基柱, 并重复 1 次, 收集洗脱液, 氮吹近干, 用 1 mL 甲醇:水(70:30, V:V)溶解, 0.45 μm 滤膜过滤于样品瓶中, 待测。

2.3.2 液相色谱条件

色谱柱: C₁₈(250 mm×4.6 mm, 5 μm)不锈钢柱; 柱温: 30 °C; 流速: 0.9 mL/min; 进样量: 10 μL; 流动相: 甲醇:水(60:40, V:V); 检测波长 265 nm, 外标法定量。

2.4 计算公式:

氯吡脞残留量/(mg/kg)= $A \cdot C_s \cdot V_1 \cdot V_3 / A_s \cdot V_2 \cdot M$, 其中 A 为试样中氯吡脞峰面积, A_s 为标准溶液中氯吡脞峰面积, C_s 为标准溶液氯吡脞质量浓度(mg/L), V_1 为提取溶液总体积(mL), V_2 为吸取用于检测的溶液体积(mL), V_3 为样品溶液定容体积(mL), M 为试样质量(g)

氯吡脞消解率/%=(初次采样测定值-定期采样测定值)/初次采样测定值×100

2.5 统计分析

用 SPSS 18.0 对数据差异进行显著性分析。

3 结果与分析

3.1 方法线性范围与检出限、定量限

将氯吡脞标准品配制成 6 个浓度梯度, 在浓度范围 0.02~2.0 mg/L 内, 氯吡脞有良好的线性关系, 以峰面积 Y 对各组分质量浓度 X 求回归方程为 $Y=53.488X-0.529$, 相关系数为 0.9998。其中 X 为氯吡脞浓度, Y 为氯吡脞峰面积响应值。在上述色谱条件下, 氯吡脞检出限 0.002 mg/kg, 定量限 0.0068 mg/kg。

3.2 方法准确度与精密度

分别添加 0.02、0.05、0.2 mg/kg 3 个浓度水平氯吡脞标准品进行加标回收实验, 每个浓度平行测定 6 次, 回收率 84.4%~103.7%, 变异系数 6.25%~13.3%。

3.3 氯吡脞残留动态

分别采集了 0、3、6、10、13、20、27、48、76、104 d 6 个田间试验的样品, 每个样品平行测定 3 次, 取平均值, 并计算标准偏差, 得到氯吡脞残留动态图 1~图 6。氯吡脞在猕猴桃中的消解速度较快, 前 27 d 之内残留量急剧下降, 消解率达到 60%~80%。27~104 d 残留量下降趋于缓慢,

不同浓度消解速度各不相同, 相同测定时间以 10 mg/L 浓度处理的氯吡脞消解绝对量较高, 2 mg/L 处理的消解绝对量较低。不同地区的消解速度也各不相同, 其中田间试验 1 的氯吡脞残留量在 48 d 之后全部低于国家最大残留限量要求 0.05 mg/kg, 田间试验 2、田间试验 3、田间试验 4 在 76 d 之后也全部低于国家标准限量要求。田间试验 5、田间试验 6 在 76 d 之后部分样品还有少量残留。6 个田间试验在 104 d 之后均未检出氯吡脞残留(即低于方法检测限 0.002 mg/kg)。

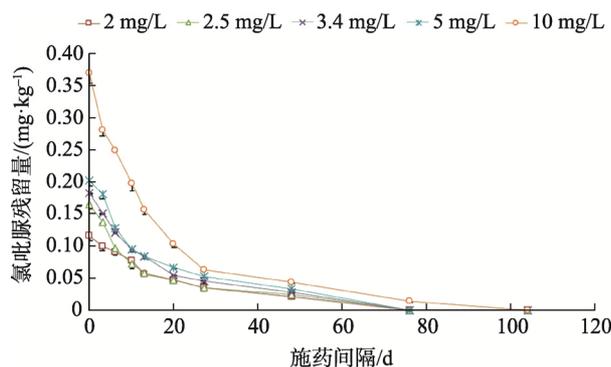


图 1 田间试验 1 氯吡脞残留动态(n=3)

Fig.1 Residual dynamics of forchlorfenuron in field experiment 1 (n=3)

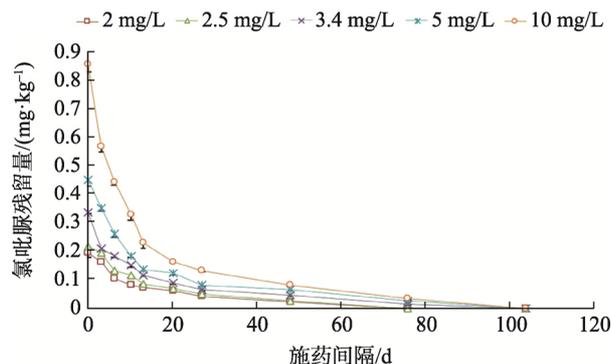


图 2 田间试验 2 氯吡脞残留动态(n=3)

Fig.2 Residual dynamics of forchlorfenuron in field experiment 2 (n=3)

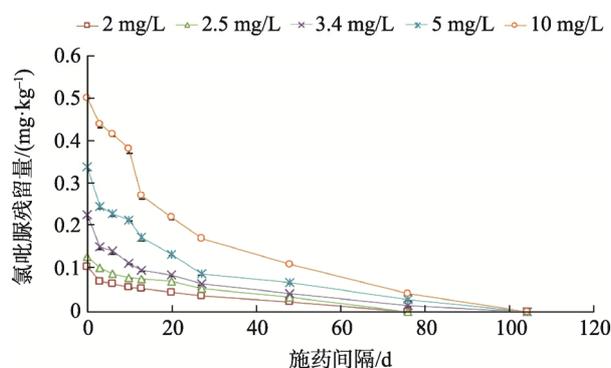


图 3 田间试验 3 氯吡脞残留动态(n=3)

Fig.3 Residual dynamics of forchlorfenuron in field experiment 3 (n=3)

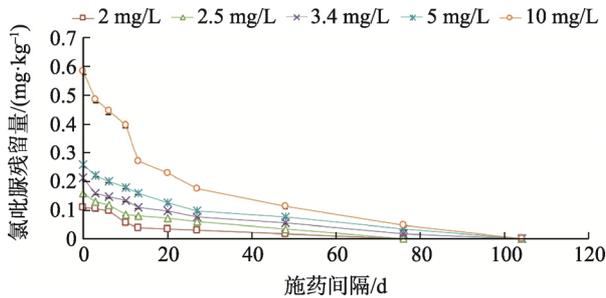


图 4 田间试验 4 氯吡啶残留动态($n=3$) Fig.4 Residual dynamics of forchlorfenuron in field experiment 4 ($n=3$)

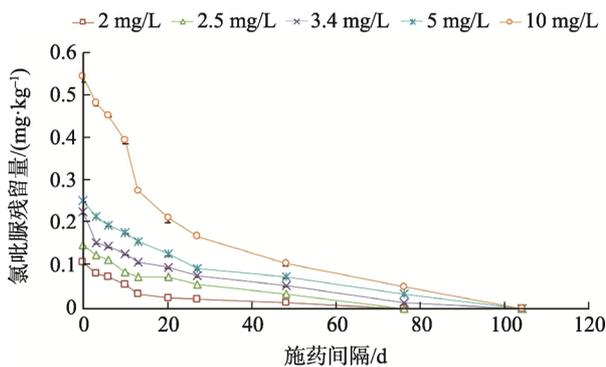


图 5 田间试验 5 氯吡啶残留动态($n=3$)

Fig.5 Residual dynamics of forchlorfenuron in field experiment 5 ($n=3$)

3.4 氯吡啶消解率

6 个田间试验各个处理浓度的氯吡啶消解规律符合非线性一级动力学消解模式, 相关系数均在 0.9 以上, 见表 2。不同田间试验的半衰期略有不同, 平均半衰期最短的为河岸地区的徐香 7.8 d, 最长的为沿山地带的翠香, 达到 14.2 d。综合地势考虑, 渭河南岸区域(田间试验 1、田间试验 2)半衰期较短, 沿山地带(田间试验 3、田间试验 4)半衰期较长, 平原地区(田间试验 5、田间试验 6)半衰期居中。总体平均半衰期为 11.9 d。

不同田间试验不同浓度的安全间隔期不尽相同, 取最大安全间隔期, 即 75 d 为各品种各区域的最大安全间隔期, 而此时离猕猴桃成熟采摘还有 35 d 左右, 说明氯吡啶如果严格按照规定剂量施用, 完全可以放心用于猕猴桃生产, 不会对最终产品产生残留风险。

3.5 氯吡啶残留量和消解率的影响因子

3.5.1 氯吡啶残留量的影响因子

考察了施药浓度、生长时期与不同田间试验(包括不同地理类型和不同品种)对氯吡啶残留量的影响, 采用单因素方差分析法, 判定 $P < 0.05$ 为差异显著, $P > 0.05$ 为差

异不显著。结果表明, 施药浓度和不同生长时期对残留量均为显著影响, 不同的田间试验对残留量影响不显著。

3.5.2 氯吡啶消解率的影响因子

考察了施药浓度、生长时期、不同生长区域和不同品种对氯吡啶消解率的影响, 方法同上。其中田间试验 1 和田间试验 6 为不同地理类型(河岸和平原), 相同栽培品种(华优), 通过这 2 个试验区域进行不同地理类型对消解率的影响分析; 田间试验 1 和田间试验 2 为相同地理类型(河岸), 不同栽培品种(华优和徐香), 通过这 2 个试验区域进行不同品种对消解率的影响分析。结果(图 8)表明, 不同生长时期对消解率有显著影响, 不同施药浓度、不同地理类型、不同品种对消解率影响不显著。

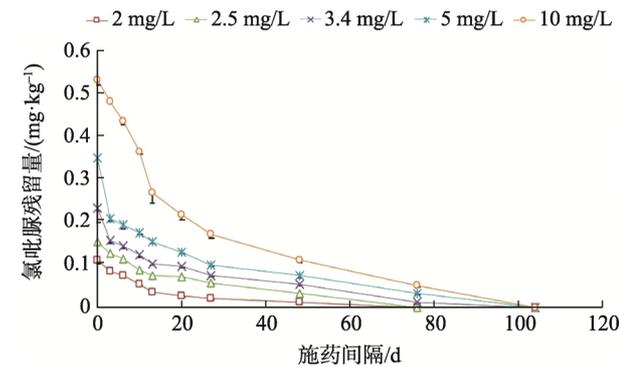


图 6 田间试验 6 氯吡啶残留动态($n=3$)

Fig.6 Residual dynamics of forchlorfenuron in field experiment 6 ($n=3$)

4 结论

本研究选择的试验点和品种涵盖了周至县猕猴桃生产的各种区域和主要栽培品种。设立了 6 个田间试验, 对不同处理浓度的猕猴桃中氯吡啶的残留动态、消解率、半衰期、安全使用间隔期进行了研究, 并对同一地理类型的不同品种和同一品种的不同地理类型的消解率进行分析。研究表明: 氯吡啶符合非线性一级动力学消解模式, 相关系数均在 0.9 以上。不同的处理浓度在猕猴桃成熟后均无残留; 平均半衰期为 11.9 d, 最大安全间隔期为 75 d; 施药浓度、不同生长时期对氯吡啶残留量有显著影响, 不同田间试验对氯吡啶残留量无显著影响; 不同生长时期对氯吡啶消解率有显著影响; 施药浓度、不同地理类型、不同品种对氯吡啶消解率无显著影响。试验证明, 由于猕猴桃生长周期较长, 只要严格按照规定剂量使用, 氯吡啶完全可以安全地用于猕猴桃生产, 不会形成残留危害。

表 2 氯吡脞消解动态方程、半衰期和和安全间隔期
Table 2 Dynamic equation, half-life and safety interval of degradation of forchlorfenuron

施药浓度/ (mg/L)	田间试验 1			田间试验 2			田间试验 3		
	消解动态方程	半衰期/d	安全间隔期/d	消解动态方程	半衰期/d	安全间隔期/d	消解动态方程	半衰期/d	安全间隔期/d
2.0	$Y=27.75\ln(X)-23.65$ $r^2=0.974$	14.2	18.0	$Y=23.774\ln(X)-1.34$ $r^2=0.973$	8.7	24.2	$Y=20.52\ln(X)+1.34$ $r^2=0.9369$	10.7	12.0
2.5	$Y=25.75\ln(X)-11.25$ $r^2=0.978$	10.8	23.0	$Y=26.43\ln(X)-12.18$ $r^2=0.9823$	10.5	29.1	$Y=22.89\ln(X)-12.78$ $r^2=0.9022$	15.5	25.1
3.4	$Y=25.44\ln(X)-10.56$ $r^2=0.993$	10.8	26.1	$Y=19.01\ln(X)+14.37$ $r^2=0.9823$	6.5	40.9	$Y=19.75\ln(X)+5.66$ $r^2=0.9756$	9.4	38.4
5	$Y=25.75\ln(X)-11.25$ $r^2=0.978$	10.8	28.7	$Y=21.5\ln(X)+6.2307$ $r^2=0.944$	7.7	46.8	$Y=21.61\ln(X)-3.22$ $r^2=0.9498$	11.7	60.2
10	$Y=25.44\ln(X)-10.56$ $r^2=0.993$	10.8	45.3	$Y=19.86\ln(X)+15.83$ $r^2=0.9543$	5.6	51.6	$Y=26.91\ln(X)-26.23$ $r^2=0.9525$	17.0	75.1
		11.5*	45.3 [#]		7.8*	51.6 [#]		12.9*	75.1 [#]

注: 带*为平均半衰期, 带[#]为最大安全间隔期。

表 2 氯吡脞消解动态方程、半衰期和和安全间隔期(续)
Table 2 Dynamic equation, half-life and safety interval of degradation of forchlorfenuron

施药浓度/ (mg/L)	田间试验 4			田间试验 5			田间试验 6		
	消解动态方程	半衰期/d	安全间隔期/d	消解动态方程	半衰期/d	安全间隔期/d	消解动态方程	半衰期/d	安全间隔期/d
2.0	$Y=30.76\ln(X)-27.77$ $r^2=0.9166$	12.5	13.6	$Y=25.45\ln(X)-6.95$ $r^2=0.9552$	9.4	10.9	$Y=25.04\ln(X)-5.29$ $r^2=0.9633$	9.1	11.0
2.5	$Y=24.55\ln(X)-13.51$ $r^2=0.9634$	13.3	27.0	$Y=25.08\ln(X)-17.32$ $r^2=0.9596$	14.6	28.4	$Y=24.86\ln(X)-15.86$ $r^2=0.9646$	14.1	28.1
3.4	$Y=20.84\ln(X)-3.98$ $r^2=0.9536$	13.3	46.9	$Y=19.28\ln(X)+3.54$ $r^2=0.9572$	11.1	47.5	$Y=18.75\ln(X)+6.49$ $r^2=0.9595$	10.2	46.0
5	$Y=23.24\ln(X)-17.13$ $r^2=0.9734$	17.9	66.3	$Y=22.87\ln(X)-16.89$ $r^2=0.9683$	18.6	69.8	$Y=15.78\ln(X)+17.89$ $r^2=0.9611$	7.7	73.2
10	$Y=25.65\ln(X)-17.5$ $r^2=0.9642$	13.9	69.9	$Y=26.73\ln(X)-22.9$ $r^2=0.9576$	15.2	70.3	$Y=26.75\ln(X)-23.66$ $r^2=0.9755$	15.7	71.6
		14.2*	69.9 [#]		13.8*	70.3 [#]		11.4*	71.6 [#]

注: 带*为平均半衰期, 带[#]为最大安全间隔期。

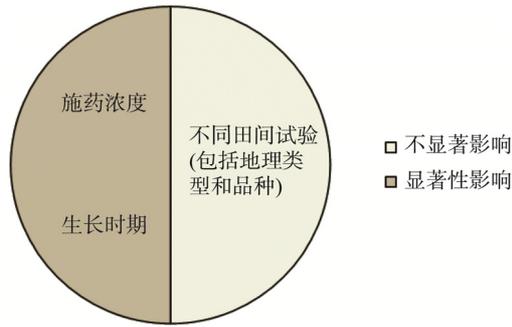


图 7 氯吡脞残留量的影响因子示意图

Fig.7 Influencing factors of forchlorfenuron residues

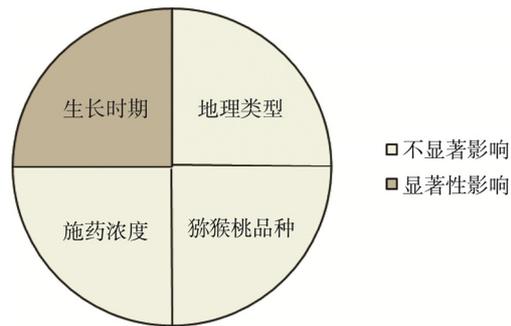


图 8 氯吡脞消解率的影响因子示意图

Fig.8 Influencing factors of the digestion rate of forchlorfenuron

本文考察了 0~10 mg/L 范围内 5 个浓度下的消解情况,符合当地生产中的实际使用浓度。在前人研究中^[20,21]有高于此浓度范围的报道,残留结果一致为未检出,并且大量的学者基于猕猴桃品质评价提出的氯吡脞合理使用浓度均低于 10 mg/L^[12-13,15-17],故本文未对高于此浓度范围进一步研究。

样品中氯吡脞残留量影响因素较多,田间试验也与用药当时及以后果实整个生长过程的天气有关,由于管理人员不同,栽培管理技术也不尽相同,果园土壤肥力、树龄等因素也会造成试验数据的误差。本实验也仅限于对氯吡脞消解水平的研究,今后期待对氯吡脞的消解产物、代谢途径和果实的品质进行进一步研究。

参考文献

- 雷绍荣, 郭灵安, 毛建霏, 等. 氯吡脞残留检测技术进展及趋势[J]. 中国测试, 2011, 37(6): 53-56.
Lei SR, Guo LA, Mao JF, *et al.* Progress and trend of detection technology for forchlorfenuron residues [J]. Chin Measur Test, 2011, 37(6): 53-56.
- Kassem HA, Al-obeed RS, Ahmed MA. Extending harvests eason, proving fruit quality and shelf life of 'Barhee' date palm by preharvest sprays [J]. Acta Horticultur, 2010, (882): 147-154.
- 张卫伟, 杨永珍. 氯吡脞的研究及应用进展[J]. 农药科学与管理, 2006, 27(5): 36-40.
Zhang WW, Yang YZ. Advances in research and application of forchlorfenuron [J]. Pesticid Sci Adm, 2006, 27(5): 36-40.

- 刘焕, 周会玲, 王甜, 等. 膨大剂在猕猴桃上的应用分析[J]. 陕西农业科学, 2018, 64(2): 71-75.
Liu H, Zhou HL, Wang T, *et al.* Application of expansion agent in kiwifruit [J]. Shaanxi Agric Sci, 2018, 64(2): 71-75.
- 张文涛, 李喜宏, 赵鹏宇, 等. 氯吡脞在'红地球'葡萄果实发育过程中的残留动态及对品质的影响[J]. 中国果树, 2016, (3): 24-26.
Zhang WT, Li XH, Zhao PY, *et al.* Residual dynamics of forchlorfenuron during fruit development of 'red globe' grape and its effect on quality [J]. Chin Fruit, 2016, (3): 24-26.
- 梁胜昌. 氯吡脞在荔枝保果上的应用效果[J]. 广西热带农业, 2010, (6): 64.
Liang SC. Effect of chlorfepiride on fruit preservation of litchi [J]. Guangxi Trop Agric, 2010, (6): 64.
- 周永丰, 张寿儒. 0.1% 氯吡脞对甜瓜产量和品质的影响[J]. 农药, 2003, 11(42): 43-44.
Zhou YF, Zhang SR. Field efficacy triais forchlorfenuron on muskmelon output and quality [J]. Agrochemicals, 2003, 11(42): 43-44.
- 张雪彬, 杨小锋, 曹明, 等. 0.1% 氯吡脞可溶性液剂对西瓜产量和可溶性固形物含量的影响[J]. 现代农业科技, 2019, (8): 93-94.
Zhang XB, Yang XF, Cao M, *et al.* Effects of 0.1% forchlorfenuron soluble liquid on watermelon yield and soluble solids content [J]. Mod Agric Sci Technol, 2019, (8): 93-94.
- GB 2763-2016 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量[S].
GB 2763-2016 National food safety standards-Maximum residue limits of pesticides in foods [S].
- 王丽英, 任贝贝, 刘印平, 等. 河北省市售水果中植物生长调节剂残留状况调查与分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(12): 3929-3935.
Wang LY, Ren BB, Liu YP, *et al.* Investigation and analysis of plant growth regulator residues in fruit in Hebei province [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(12): 3929-3935.
- 张慧, 刘世彪, 唐元柱, 等. 不同植物生长调节剂对猕猴桃单果重及营养成分的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2015, (4): 385-390.
Zhang H, Liu SB, Tang YG, *et al.* Effects of different plant growth regulators on fruit weights and nutritional components of kiwifruit [J]. J Hunan Agric Univ (Nat Sci), 2015, (4): 385-390.
- 谭永中, 赵琳, 张恩广, 等. 不同浓度氯吡脞对红阳猕猴桃质量及其安全性的影响[J]. 南方农业学报, 2016, 47(7): 1176-1180.
Tan YZ, Zhao L, Zhang EG, *et al.* Effect of different oncentrations of forchlorfenuron on quality and safety of Hongyang kiwifruit [J]. Southern J Agric, 2016, 47(7): 1176-1180.
- 赵治兵, 王金华, 刘永玲, 等. 基于主成分分析法研究氯吡脞对猕猴桃品质的影响[J]. 食品工业, 2018, 39(9): 190-193.
Zhao ZB, Wang JH, Liu YL, *et al.* Explore the influences of forchlorfenuron on the kiwi fruit quality based on principal component analysis method [J]. Food Ind, 2018, 39(9): 190-193.
- 张承, 王秋萍, 冉飞, 等. 猕猴桃适宜采摘期确定及其贮藏性能[J]. 农业工程学报, 2018, 34(17): 266-275.
Zhang C, Wang QP, Ran F, *et al.* Determination of suitable harvest period of kiwifruit and its storage performance [J]. Transact Chin Soc Agric Eng, 2018, 34(17): 266-275.
- 蔡金术, 王中炎. 低浓度 CPPU 对猕猴桃果实重量及品质的影响[J]. 湖南农业科学, 2009, (9): 146-148.
Cai JS, Wang ZY. Effect of concentration CPPU on fruit size and quality

- of kiwifruit [J]. *Hunan Agric Sci*, 2009, (9): 146-148.
- [16] 方学智, 费学谦, 丁明, 等. 不同浓度 CPPU 处理对美味猕猴桃果实生长及品质的影响[J]. *江西农业大学学报*, 2006, 28(2): 217-221.
Fang XZ, Fei XQ, Ding M, *et al.* Effect of different concentrations of CPPU on growth and nutritional quality of *Actinidia deliciosa* [J]. *J Jiangxi Agric Univ*, 2006, 28(2): 217-221.
- [17] 费学谦, 方学智, 丁明, 等. 不同浓度 CPPU 处理对中华猕猴桃生长与营养品质的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2005, 24(1): 30-33.
Fei XQ, Fang XZ, Ding M, *et al.* Effect of different concentrations of CPPU on growth and nutritional quality of *Actinidia chinensis* Planch [J]. *J Agric Environ Sci*, 24(1): 30-33.
- [18] 侯玉茹, 杨媛, 石磊, 等. 固相萃取-高效液相色谱法检测葡萄中氯吡脞的研究[J]. *食品科技*, 2011, 36(1): 255-258.
Hou YR, Yang Y, Shi L, *et al.* Study of determination of forchlorfenuron in grape by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography [J]. *Food Sci Technol*, 2011, 36(1): 255-258.
- [19] 龚勇, 单伟力, 简秋, 等. 黄瓜、西瓜和土壤中氯吡脞残留分析方法[J]. *农药科学与管理*, 2011, 32(11): 30-34.
Gong Y, Shan WL, Jian Q, *et al.* Determination of forchlorfenuron residues in cucumber, watermelon and soil [J]. *Pesticid Sci Admin*, 2011, 32(11): 30-34.
- [20] 柴振林, 杨柳, 朱杰丽, 等. 氯吡脞在猕猴桃中的残留动态研究[J]. *果树学报*, 2011, 30(6): 1011-1015.
Chai ZL, Yang L, Zhu JL, *et al.* Study on residue dynamics of forchlorfenuron in kiwifruit [J]. *J Fruit Sci*, 2011, 32(11): 30-34.
- [21] 李瑞娟, 于建全, 宋国春, 等. 氯吡脞在猕猴桃和土中的消解动态与残留测定[J]. *山东农业科学*, 2009, (2): 78-80, 83.
Li RJ, Yu JL, Song GC, *et al.* Degradation dynamic and residue determination of forchlorfenuron in Chinese gooseberry fruit and soil [J]. *Shandong Agric Sci*, 2009, (2): 78-80, 83.
- [22] 张帆, 李莹. 怎样看待膨大剂在猕猴桃上的应用[J]. *西北园艺*, 2007, (12): 6-7.
Zhang F, Li Y. Application of expansion agent in kiwi fruit [J]. *Northwest Hortic*, 2007, (12): 6-7.

(责任编辑: 陈雨薇)

作者简介



李 菁, 硕士, 农艺师, 主要研究方向为农产品质量安全检测。

E-mail: xanjzxlj@126.com



贾 琦, 高级农艺师, 主要研究方向为农产品质量安全检测。

E-mail: 1452321081@qq.com