



张文,汤佳乐,程小梅,等.湖南省猕猴桃农药残留及风险评估[J].江西农业大学学报,2021,43(1):42-51.  
ZHANG W,TANG J L,CHEN X M,et al.Monitoring and evaluation of the pesticide residues in kiwifruit in Hunan Province[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2021,43(1):42-51.

# 湖南省猕猴桃农药残留及风险评估

张 文<sup>1</sup>,汤佳乐<sup>1</sup>,程小梅<sup>1</sup>,尚雪波<sup>2</sup>,张 群<sup>2</sup>,王仁才<sup>3</sup>,罗赛男<sup>1\*</sup>

(1.湖南省农业科学院 园艺研究所,湖南 长沙 410125;2.湖南省农业科学院 农产品加工研究所,湖南 长沙 410125;3.湖南农业大学 园艺学院,湖南 长沙 410128)

**摘要:**【目的】为明确湖南省猕猴桃果实农药残留及风险情况,方便日后系统性进行农药监测、监管。【方法】2019年,从湖南省25个县市43个猕猴桃果园采集63份样品,利用高效液相色谱-质谱法和高效气相色谱-质谱法对处理后的果实样品进行农药残留量测定,结合《GB 2763—2019食品中农药最大残留限量》进行分析和比较猕猴桃不同品种农药残留差异;用每日允许摄入量和急性参考剂量进行慢性膳食摄入风险评估和急性膳食摄入风险评估;并借鉴英国兽药残留风险排序矩阵进行农药和样品排序。【结果】本次检出农残的样品数为43个,占样品总数的68.25%。共检测了70种农药,其中检出农药21种,农药品种检出率为30%。21种农药中多菌灵、吡唑醚菌酯、甲基硫菌灵、吡虫啉的检出率分别为占28.57%、20.63%、14.29%、11.11%,其余17种的农药品种检出率都低于10%。湖南地区未发现禁限用农药和有机磷类农药,杀菌剂中多菌灵的检测结果临近最大农药残留限量值。在猕猴桃不同品种中,‘红阳’的农药残留检出率73.33%、农药种类12种,明显高于‘米良1号’农药残留检出率64.71%、农药种类6种。检出农药的慢性膳食摄入风险(%ADI)和急性膳食摄入风险(%ARfD)平均值分别为0.0376%、1.638%,远小于100%,不会对人体产生风险。在检出的21种农药中,阿维菌素的风险得分为20.15,属于高风险农药,其余20种农药的风险得分在15以下,均属于中、低风险农药。98.41%的样品风险指数低于15,处于中、低或极低风险区域。【结论】湖南地区的猕猴桃质量安全状况良好,但在猕猴桃栽培和质量安全监管过程中需要重视高风险农药的使用。

**关键词:**猕猴桃;农药残留;风险评估;湖南省

中图分类号:S481+.8;S663.4 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2021)01-0042-10

## Monitoring and Evaluation of the Pesticide Residues in Kiwifruit in Hunan Province

ZHANG Wen<sup>1</sup>,TANG Jiale<sup>1</sup>,CHEN Xiaomei<sup>1</sup>,SHANG Xuebo<sup>2</sup>,  
ZHANG Qun<sup>2</sup>,WANG Rencai<sup>3</sup>,LUO Sainan<sup>1\*</sup>

(1.Hunan Horticultural Research Institute, Hunan Academy of Agricultural Science, Changsha 410125, China; 2.Hunan Agricultural Product Processing Institute, Hunan Academy of Agricultural Science, Changsha 410125, China; 3.College of Horticulture, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

收稿日期:2020-08-22 修回日期:2020-10-20

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFD0202000)和湖南省现代农业产业技术体系(2019—2021)

Project supported by National Key Research and Development Program (2017YFD0202000) and Modern Agricultural Industrial Technology System of Hunan Province (2019—2021)

作者简介:张文,orcid.org/0000-0002-6369-4017,664051653@qq.com;\*通信作者:罗赛男,副研究员,博士,主要从事果树育种及水果质量安全控制研究,orcid.org/0000-0003-1056-0987,15073195658@163.com。

**Abstract:** [Objective] Kiwifruit is deeply loved by people, due to its rich nutrition and vitamin C. Hunan Province is one of the provinces in China which cultivated kiwifruit artificially the earliest. Up to 2020, the cultivation area in the province is about 300,000 mu. The increase of planting area will inevitably lead to the extensive use of pesticides. At the same time, it will increase the risk of pesticide residues. This study was to quantify the pesticide residues and the risk to kiwifruit in Hunan Province, which is beneficial for systematic pesticide monitoring and supervision in the future. [Method] In 2019, 63 samples were collected from 43 kiwi fruit orchards in 25 counties and cities in Hunan Province. The high performance liquid chromatography-mass spectrometry (HPLC-MS) and high performance gas chromatography-mass spectrometry (HPGC-MS) were used to determine the pesticide residues in the treated fruit samples. In combination with "GB 2763—2019 Maximum Pesticide residues in Food", the differences in pesticide residues in different kiwifruit varieties were analyzed and compared. The acceptable daily intake and acute reference dose were employed for risk assessment of chronic dietary intake and acute dietary intake risk assessment. And the Matrix Ranking developed by the Veterinary Residues Committee of the United Kingdom was referred to for the ranking of pesticides and samples. [Result] The results showed that the number of the samples of pesticide residues detected was 43, accounting for 68.25% of the total number of the samples. 21 pesticide residues of the 70 pesticide residues were detectable in fresh kiwifruit. The detectable rate of pesticide kinds was 30%. In the detected 21 pesticides, the pesticide detectability rates of carbendazim, carbamic acid, thiophanate-methyl, imidacloprid were 28.57%, 20.63%, 14.29% and 11.11%, respectively. The pesticide detectability rates of other 17 pesticides were less than 10%. Forbidden pesticides and organophosphorus pesticides were not detected. Organochlorine, pyrethroid and nicotiny did not exceed the limit of the State standards. But the detection result of carbendazim in fungicides was near the maximum limit. Among the different varieties of kiwifruit, the detection rate of pesticide residues in 'Hongyang' was 73.33%, and 12 pesticides were detected, which was significantly higher than that in 'Miliang 1' (64.71%), and 6 pesticides. Their %ADI and %ARfD averages were 0.0376% and 1.638%, respectively, far below 100%, indicating that there was very little risk to human health. For the detected 21 pesticides, the risk score of abamectin was 20.15, belonging to high-risk pesticides, while the risk score of the other 20 pesticides was below 15, belonging to medium and low risk pesticides. 98.41% of the samples had a risk index below 15, which were in the middle, low or very low risk zones. [Conclusion] The kiwifruit in Hunan Province was relatively safe. But high pesticide residue risk should be focused on in its production and in the process of quality and safety supervision.

**Keywords:** kiwifruit; pesticide residues; risk assessment; Hunan Province

【研究意义】猕猴桃 (*Actinidia* Lindl.) 属于猕猴桃科 (Actinidiaceae) 猕猴桃属 (*Actinidia* Lindl.), 因果实营养丰富, 富含维生素 C, 深受消费者喜爱<sup>[1]</sup>。近年来, 随着市场效益增加, 我国猕猴桃产业进入高速发展阶段, 全国猕猴桃的种植面积达 25 万  $\text{hm}^2$ <sup>[2]</sup>。种植面积的增加, 导致病虫害的发生和危害也越来越严重, 必然会导致农药的大量使用<sup>[3-4]</sup>。随着生活水平的提高, 人们对猕猴桃的品质要求也不断提高, 不仅要求果实好吃、好看, 更要安全。猕猴桃果实农药残留情况, 越来越引起社会和消费者的重视, 开展猕猴桃果实农残检测及风险评估尤为重要。【前人研究进展】国内外学者已经在苹果、桃、葡萄等多种水果上进行过研究和风险评估<sup>[5-9]</sup>, 浙江和陕西也研究猕猴桃农残情况<sup>[10-11]</sup>, 但是在湖南省猕猴桃农残研究和风险评估的报道甚少。【本研究切入点】湖南省是我国猕猴桃人工栽培起步最早的省份之一, 截至 2020 年, 全省的猕猴桃栽培面积达 2 万  $\text{hm}^2$ 。因此笔者试图通过研究湖南省猕猴桃果实农药残留及风险情况, 为日后系统性进行农药监测、监管提供科学依据, 对指导猕猴桃进行安全生产及引导猕猴桃健康消费有重要意义, 同时也为后续制定猕猴桃中农药的最大残留限量提供参考依据。【拟解决的关键问题】本研究基于调查湖南省 43 个猕猴桃果园的农药使用情况, 利用液相色谱-质谱法和气相色谱-质谱法对 63 个果实样品进行农药残留分析, 通过慢性膳食摄入风险和急性膳食摄

入风险进行评估,并借鉴英国兽药残留风险排序矩阵进行农药和样品排序,分析湖南省猕猴桃果实的质量安全状况。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验地概况

湖南位于长江以南,五岭以北,属亚热带季风湿润气候区,高温多湿,年均气温达 17.5 ℃,气温适中,四季分明,年均降雨量达 1 498 mm,无霜期达 300 d。年日照时数为 1 300~1 800 h。土壤类型以红壤、黄壤、黄棕壤为主,适宜猕猴桃的生长。

#### 1.2 试验材料

样品采集来自湖南省 25 个县市,包括中方县、怀化市鹤城区、麻阳县、溆浦县、安化县、沅江市、蓝山县、双牌县、凤凰县、泸溪县、永顺县、岳阳市君山区、岳阳县、祁东县、常宁市、衡山县、衡阳县、城步县、隆回县、新邵县、张家界永定区、长沙市芙蓉区、长沙县、宁乡市、桃源县、临澧县、湘潭县、桂阳县。涉及 43 个基地、合作社等,品种包括‘红阳’、‘东红’、‘金艳’、‘翠玉’和‘米良 1 号’等品种。每个果园选择树势基本一致的 10~15 株作为取样树,在果实可溶性固形物达到 6.5% 时,按东南西北 4 个方位采集树冠上的果实,组成一个样品,匀浆后贮存于-20 ℃低温冰箱备用。

#### 1.3 果实农药残留量测定

按照 NY/T 761—2008、GB/T 20769—2008、GB/T 23200.8—2016、GB/T 23200.20—2016 的规定<sup>[12-15]</sup>,进行样品预处理,对 70 种农药进行含量测定(表 1),每个样品做 3 次重复。结果参考 GB 2763—2019 限量要求,有针对猕猴桃限量要求的直接采用,没有猕猴桃限量要求的参考浆果类水果或者其他水果的限量<sup>[16]</sup>。

表 1 70 种农药名称及分类  
Tab.1 Name and classification of 70 pesticides

农药类别 Pesticide category	农药名称 Pesticide name
禁限用和高毒农药 Forbidden pesticide and high toxic pesticide	氧乐果、甲胺磷、对硫磷、甲基对硫磷、甲拌磷、甲基异柳磷、三唑磷、克百威(三羟基克百威)、涕灭威(涕灭威砒、涕灭亚威砒)、灭多威
杀虫剂 Insecticide	乙酰甲胺磷、辛硫磷、灭蝇胺、丙溴磷、毒死蜱、乐果、水胺硫磷、杀螟硫磷、马拉硫磷、亚胺硫磷、伏杀硫磷、敌敌畏、六六六、滴滴涕、氯虫苯甲酰胺、五氯硝基苯、三氯杀螨醇、联苯菊酯、甲氰菊酯、氯氟氰菊酯、溴氰菊酯、氰戊菊酯、氯氰菊酯、氟氯氰菊酯、氟胺氰菊酯、氟氰戊菊酯、氯菊酯、噻虫嗪、吡虫啉、啉虫脒、甲萘威、除虫脲、灭幼脲、虫酰肼、氟虫腈、氟啶脲、丁硫克百威
杀菌剂 Fungicide	霜霉威、多菌灵、甲基硫菌灵、啞霉胺、甲霜灵、啞菌酯、咪鲜胺、苯醚甲环唑、吡唑醚菌酯、腐霉利、三唑酮、百菌清、醚菌酯、乙炔菌核利、烯酰吗啉
杀螨剂 Acaricide	哒螨灵、阿维菌素、虫螨腈
植物生长调节剂 Plant growth regulator	氯吡脲、多效唑

#### 1.4 慢性膳食摄入风险的计算

慢性膳食摄入风险评估是指对一般人群和特殊亚人群的化学污染物长期膳食暴露情况进行风险评估。根据公式(1)计算各农药的慢性膳食摄入风险(%ADI),%ADI 越小风险越小,当 %ADI≤100% 时,表示风险可以接受;%ADI>100%,表示有不可接受的风险。

$$\%ADI = \frac{STMR \times 0.0095}{bw} /ADI \times 100 \tag{1}$$

式(1)中,STMR为平均残留值(mg/kg);0.009 5为居民日均猕猴桃消费量(kg);ADI为农药每日允许摄入量(mg/kg·bw);bw为体质量,按60 kg计算。

### 1.5 急性膳食摄入风险的计算

急性膳食摄入风险评估是指在一天食物消费中摄入的食物和水中的某物质残留量,对一般人群和特殊亚人群的摄入情况进行风险评估。采用公式(2)计算各农药的估计短期摄入量(NESTI)。通过公式(3)计算各农药的急性膳食摄入风险(%ARfD)和安全界限(SM)。 $\%ARfD$ 越小风险越小,当 $\%ARfD \leq 100\%$ 时,表示风险可以接受; $\%ARfD > 100\%$ ,表示有不可接受的风险。

$$NESTI = \frac{U \times HR \times v + (LP - U) \times HR}{bw} \quad (2)$$

$$\%ARfD = \frac{NESTI}{ARfD} \times 100 \quad (3)$$

$$SM = \frac{ARfD \times bw}{U \times v + LP - U} \quad (4)$$

式(2)、(3)和(4)中,U、v、LP分别为单果质量(kg)(猕猴桃值为0.083 kg)、变异因子(取值为3)、消费大份餐(kg)(猕猴桃为0.548 7 kg<sup>[17]</sup>);HR为最高残留量(mg/kg);ARfD为农药急性参考剂量(mg/kg)。

### 1.6 风险排序

借鉴英国兽药残留委员会兽药残留风险排序矩阵<sup>[18]</sup>,根据公式(5)计算农药的风险得分(S),并将各风险大小划分为3类,当 $S \geq 20.0$ 为高风险农药; $15.0 \leq S < 20.0$ 为中风险农药; $S < 15.0$ 为低风险农药。同样,根据公式(6)计算样品中农药的风险指数(RI),将样品分为4类,当 $RI \geq 15$ 为高风险样品; $10 \leq RI < 15$ 为中风险样品; $5 \leq RI < 10$ 为低风险样品; $RI < 5$ 为极低风险样品。

$$S = (A + B) \times (C + D + E + F) \quad (5)$$

$$RI = \sum_{i=1}^n S - TS0 \quad (6)$$

式(5)中,A为毒性得分(低毒为2分,中毒为3分,高毒为4分,剧毒为5分),B为毒效得分(ADI值 $\geq 1 \times 10^{-2}$ 为0分, $1 \times 10^{-4} \leq ADI$ 值 $< 1 \times 10^{-2}$ 为1分, $1 \times 10^{-6} \leq ADI$ 值 $< 1 \times 10^{-4}$ 为2分,ADI值 $< 1 \times 10^{-6}$ 为3分),C为膳食比例得分(猕猴桃摄入量占总膳食比例为0.71% $<$ 2.5%为0分),D为农药使用频率得分(猕猴桃中农药的使用频率最大为2% $<$ 2.5%为0分),E为高暴露人群得分(3分),F为残留水平得分。公式(6)中n为检出农药种类的个数,TS0为n种农药均未检出的样品残留风险得分。

### 1.7 最大残留限量估计值的计算

$$eMRL = \frac{ADI \times bw}{F} \quad (7)$$

式(7)中,F为猕猴桃日消费量,按照最大风险原则,取大份餐(LP)值(kg)。

## 2 结果与分析

### 2.1 猕猴桃样品农药残留水平分析

本次通过液相色谱-串联质谱法及气相色谱-质谱法检测共检测总样品个数为63个,检出农残的样品数为43个,占抽样总数的68.25%。检测了70种农药,检出的农药共21种,占农药品种检出率为30%。检出的农药中未发现禁限用和剧毒农药,21种农药中高毒农药有1种,中毒农药有3种,低毒农药为17种。检出率高的农药为多菌灵,检出率占28.57%,吡唑醚菌酯占20.63%,甲基硫菌灵占14.29%,吡虫啉占11.11%。其他17种农药的检出率都低于10%(表2)。所有检出农药中,其中多菌灵的检出率最高,这与朱杰丽等<sup>[10]</sup>2012年开展浙江省猕猴桃的多菌灵检测结果(26.7%)相似,但与刘君等<sup>[19]</sup>在2018年西安市的检测结果(多菌灵检出率5%,啞霉胺检出率13.5%)不同。多菌灵的检出最大值达到0.49 mg/kg,临近多菌灵的MRL值(0.50),18个检出样品中有22.22%接近最大残留限量值,存在的原因可能是多菌灵作为一种传统的广谱型杀菌剂,在湖南地区使用时间长,颇受种植户喜欢。值得注意的是检出率高的吡唑醚菌酯、甲基硫菌灵和吡虫啉都未在猕猴桃或者浆果类水果上制定最大残留限量标准。

表 2 湖南猕猴桃中 21 种农药的残留水平  
Tab.2 Residue level of 21 pesticides in kiwifruit of Hunan

农药 Pesticide	毒性 Toxicity	最大残留限量/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Maximum residue limit	检出数 Detectable numble	检出率/% Detectable rate	残留量范围/ (mg·kg <sup>-1</sup> ) Residue level
多菌灵 Carbendazim	低毒	0.50(猕猴桃)	18	28.57	0.01~0.487 5
甲基硫菌灵 Thiophanate-methyl	低毒	3.00(葡萄)	9	14.29	0.010 4~0.485 4
嘧霉胺 Pyrimethanil	低毒	3.00(浆果类)	1	1.59	0.028
甲霜灵 Metalaxyla	低毒	1.00(葡萄)	1	1.59	0.014 4
烯酰吗啉 Dimethomorph	低毒	5.00(葡萄)	2	3.17	0.046 7~0.062 5
啉菌酯 Azoxystrobin	低毒	5.00(浆果)	4	6.35	0.011 5~0.049 4
咪鲜胺 Prochloraz	低毒	2.00(葡萄)	1	1.59	0.051 8
苯醚甲环唑 Difenconazole	低毒	0.50(葡萄)	6	9.52	0.010 1~0.107 7
吡唑醚菌酯 Pyraclostrobin	低毒	2.00(葡萄)	13	20.63	0.015 1~0.500 5
腐霉利 Procymidone	低毒	5.00(葡萄)	1	1.59	0.066
三唑酮 Triadimefo	低毒	0.30(葡萄)	1	1.59	0.099 3
氯氟氰菊酯 Cyhalothrin	中毒	0.20(浆果)	2	3.17	0.029 5~0.082 8
溴氰菊酯 Deltamethrin	中毒	0.05(猕猴桃)	1	1.59	0.032 4
氯氰菊酯 Cypermethrin	中毒	0.20(葡萄)	3	4.76	0.014~0.114
噻虫嗪 Thiamethoxam	低毒	0.50(猕猴桃)	2	3.17	0.011 6~0.038 3
吡虫啉 Imidacloprid	低毒	5.00(葡萄)	7	11.11	0.012 5~0.417 3
啶虫脒 Acetamiprid	低毒	2.00(浆果)	1	1.59	0.012 1
灭蝇胺 Cyromazine	低毒	0.50(芒果)	4	6.35	0.009 9~0.015 3
氯吡啶 Forchlorfenuron	低毒	0.05(猕猴桃)	5	7.94	0.013~0.036 1
阿维菌素 Abamectin	高毒	0.02(草莓)	2	3.17	0.012 1~0.012 5
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	低毒	1.00(浆果)	3	4.76	0.023~0.130 6

## 2.2 猕猴桃不同品种农药残留差异分析

文中共检测‘红阳’、‘东红’、‘金艳’、‘翠玉’和‘米良 1 号’5 个品种,主要从农残检出率和检出农残种类分析不同品种的果实农药残留差异。5 个品种的农残检出率都大于 60%,其中最高的是‘红阳’73.33%,最低的是‘米良 1 号’64.71%,‘东红’、‘金艳’和‘翠玉’分别是 66.67%、66.67%、69.23%。在检出的 21 种农药中,‘红阳’共检出 12 种农药,‘米良 1 号’和‘金艳’都检出 6 种,‘东红’和‘翠玉’分别是 7 种、10 种。‘红阳’的检出率、农药种类明显高于‘米良 1 号’,归其原因首先是‘红阳’本身的抗病性低于‘米良 1 号’,其次是湖南地区猕猴桃的标准化栽培管理水平有待提高,需根据品种自身特性,配套相应栽培技术突出品种优势,增加树体抗病性,减少农药使用频率。

## 2.3 猕猴桃中农药残留慢性膳食摄入风险与急性膳食摄入风险

在 2019 年食品安全国家标准—食品中农药最大残留限量上查询 21 种检出农药的 ADI 值,根据公式计算农药残留慢性膳食摄入风险,发现 21 种检出农药的 ADI 值均在 0.2% 以下,平均值是 0.037 6%,其中,阿维菌素的值最高为 0.194 7%,远小于 100%,表示风险可以接受。

通过在世界卫生组织数据库(WHO)中查询检出农药的 ARFD,嘧霉胺和甲霜灵的 ARFD 信息为不需要,未找到氯虫苯甲酰胺的信息。根据公式计算剩余 18 种农药的 ARFD 为 0.200 0%~5.805 6%,值最高的是多菌灵为 5.805 6%,平均值为 1.638%,远小于 100%。说明湖南省猕猴桃的急性膳食摄入风险是可以接受的。从表 3 可以看出各农药的最高残留量远小于安全界限。

表 3 猕猴桃中农药残留慢性风险评估及急性风险评估  
 Tab.3 Chronic risk assessment and acute risk assessment for pesticide residues in kiwifruit

农药 Pesticide	慢性膳食摄入风险 Chronic risk assessment				急性膳食摄入风险 Acute risk assessment			
	农药每日 允许摄入量/ (mg·kg <sup>-1</sup> ·bw)	平均 残留值/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	慢性膳食 摄入 风险/%	最高 残留量/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	农药急性 参考剂量/ (mg·kg <sup>-1</sup> ·bw)	估计短期 摄入量/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	急性膳食 摄入 风险/%	安全 界限/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
	ADI	AR	ADI	HR	ARFD	ESTI	ARFD	SM
多菌灵 Carbendazim	0.03	0.186 8	0.098 6	0.487 5	0.10	0.005 8	5.805 6	8.40
甲基硫菌灵 Thiophanate-methyl	0.09	0.097 4	0.017 1	0.485 4	0.20	0.005 8	2.890 8	16.79
啉霉胺 Pyrimethanil	0.20	0.022 8	0.001 8	0.022 8	—	0.000 3	—	—
甲霜灵 Metalaxyla	0.08	0.014 4	0.002 9	0.014 4	—	0.000 2	—	—
烯酰吗啉 Dimethomorph	0.20	0.054 6	0.004 3	0.062 5	0.60	0.000 7	0.124 1	50.37
啉菌酯 Azoxystrobin	0.20	0.022 2	0.001 8	0.049 4	0.18	0.000 6	0.326 8	15.11
咪鲜胺 Prochloraz	0.01	0.051 8	0.082 0	0.051 8	0.10	0.000 6	0.616 5	8.40
苯醚甲环唑 Difenoconazole	0.01	0.036 7	0.058 1	0.107 7	0.30	0.001 3	0.427 4	25.19
吡唑醚菌酯 Pyraclostrobin	0.03	0.151 9	0.080 2	0.500 5	0.70	0.006 0	0.851 6	58.77
腐霉利 Procyimdone	0.10	0.066 3	0.010 5	0.066 3	0.10	0.000 8	0.789 6	8.40
三唑酮 Triadimefo	0.03	0.099 3	0.052 4	0.099 3	0.08	0.001 2	1.478 3	6.72
氯氟氰菊酯 Cyhalothrin	0.02	0.056 2	0.044 5	0.082 8	0.02	0.001 0	4.930 7	1.68
溴氰菊酯 Deltamethrin	0.01	0.032 4	0.051 3	0.032 4	0.05	0.000 4	0.771 8	4.20
氯氰菊酯 Cypermethrin	0.02	0.059 7	0.047 3	0.114 0	0.04	0.001 4	3.394 4	3.36
噻虫嗪 Thiamethoxam	0.08	0.024 9	0.004 9	0.038 3	1.00	0.000 5	0.045 6	83.95
吡虫啉 Imidacloprid	0.06	0.094 0	0.024 8	0.417 3	0.40	0.005 0	1.242 6	33.58
啉虫脲 Acetamiprid	0.07	0.012 1	0.002 7	0.012 1	0.10	0.000 1	0.144 4	8.40
灭蝇胺 Cyromazine	0.06	0.012 1	0.003 2	0.015 3	0.10	0.000 2	0.200 0	8.40
氯吡啶 Forchlorfenuron	0.07	0.022 4	0.005 1	0.036 1	0.10	0.000 4	0.429 8	8.40
阿维菌素 Abamectin	0.001	0.012 3	0.194 7	0.012 5	0.003	0.000 1	4.975 5	0.25
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	2.00	0.091 3	0.000 7	0.130 6	—	0.001 6	—	—

#### 2.4 猕猴桃中农药残留风险排序

根据猕猴桃中检出农药的毒性、毒效、使用频率、残留水平等因素,计算风险因子农药风险得分。由

图 1 可以看出阿维菌素的得分为 20.15,属于高等风险农药;其余 20 种农药的风险得分在 15 以下,均属于低风险农药。因此,在湖南省猕猴桃的栽培过程需要加强监管和指导该农药的使用。

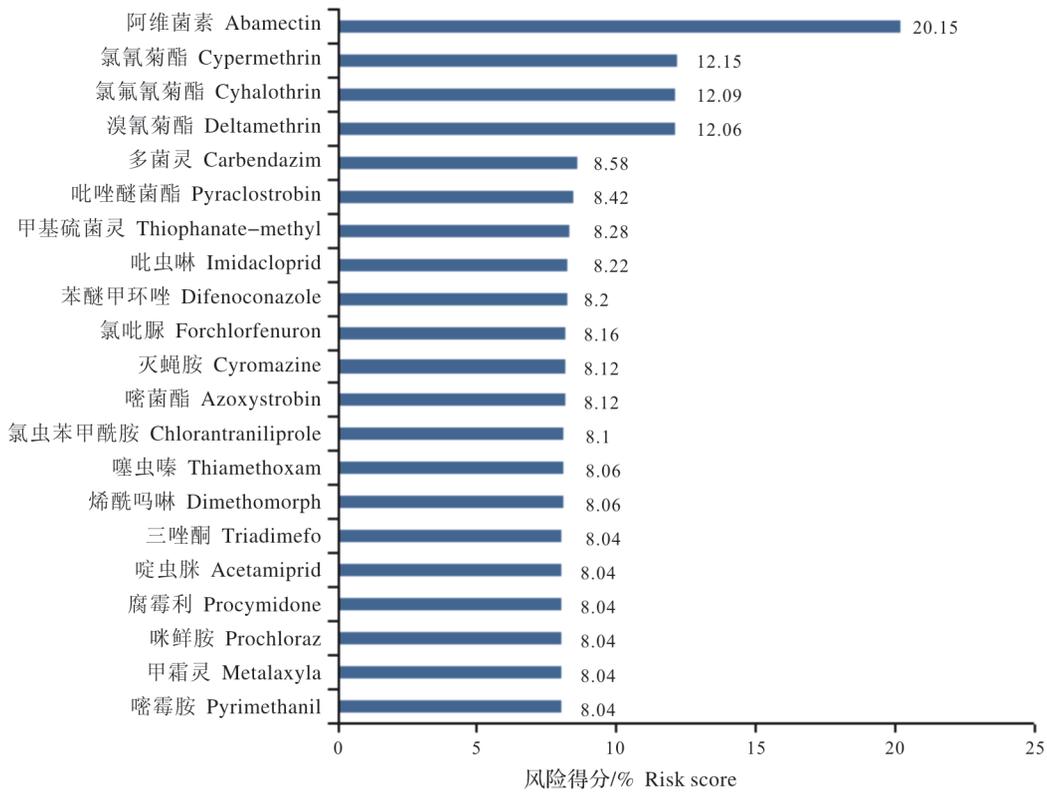


图 1 猕猴桃中 21 种农药的残留风险得分排序

Fig.1 Ranking of residues risk score of 21 pesticides in kiwifruit

通过风险指数来评价样品的风险程度,共检测 63 个样品,极低风险样品有 50 个,占 79.37%;低风险样品有 10 个,占 15.87%;中风险样品有 2 个,占 3.17%;高风险样品有 1 个,占 1.59%(图 2)。说明在湖南省有 98.41% 的样品是相对安全。同时,值得注意的是猕猴桃栽培过程中存在多农药残留,未检出农药的样品数有 20 个;检出农药残留种类 1~2 个的样品种类有 32 个,检出 3~5 种农药的样品有 10 个,检出 6 种农药的样品有 1 个。3 种以上农药残留的样品比率为 17.46%,所以在生产上需要针对性使用杀菌剂,避免重复滥用。

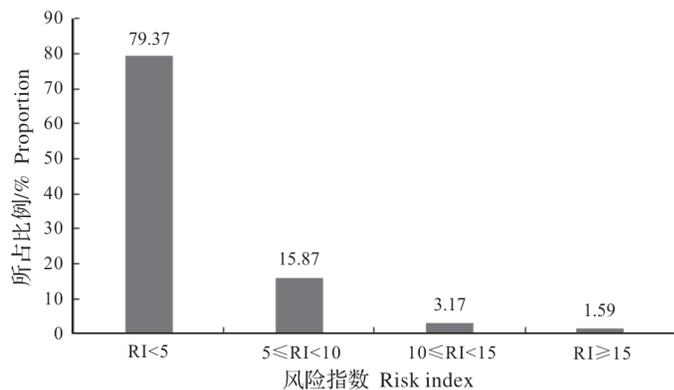


图 2 猕猴桃样品中农药的残留风险指数比例

Fig.2 The proportion of Ranking of residues risk index in kiwifruit

### 2.5 现有农药最大残留限量值的制定建议

在检出的 21 种农药中,有 9 种农药制定了猕猴桃或者浆果类水果最大残留量,其中氯虫苯甲酰胺的 ADI 值为 2,在猕猴桃中的最大残留限量估算值高达 218.70,在 2019 年国家标准中制定了浆果类水果上的最大残留限量(表 4)。所以急需制定 12 种农药的最大残留限量值,特别是检出率高的农药吡唑醚菌酯、甲基硫菌灵、吡虫啉和高风险农药阿维菌素。根据已制定 9 种农药的最大残留限量,多菌灵的 eMRL 是 MRL 的 6.56 倍,溴氰菊酯的 eMRL 是 MRL 的 21.8 倍,噻虫嗪的 eMRL 是 MRL 的 17.5 倍,氯吡脞的 eMRL 是 MRL 的 30.6 倍。可根据 MRL 比 eMRL 略严且 MRL<SM 的原则,结合毒理学数据,参考国外标准来制定相应农药在猕猴桃上的最大残留限量值。

表 4 猕猴桃中 21 种农药的 eMRL  
Tab.4 The eMRLs of 21 pesticide residues used in kiwifruit

农药 Pesticide	农药每日允许摄入量/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{bw}$ ) ADI	安全界限/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) SM	最大残留限量估计值/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) eMRL	最大残留限量/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) MRL
多菌灵 Carbendazim	0.03	8.40	3.28	0.5(猕猴桃)
甲基硫菌灵 Thiophanate-methyl	0.09	16.79	9.84	
嘧霉胺 Pyrimethanil	0.20	—	21.87	3(浆果类)
甲霜灵 Metalaxyla	0.08	—	8.75	
烯酰吗啉 Dimethomorph	0.20	8.40	21.87	
嘧菌酯 Azoxystrobin	0.20	15.11	21.87	5(浆果)
咪鲜胺 Prochloraz	0.01	8.40	1.09	
苯醚甲环唑 Difenconazole	0.01	25.19	1.09	
吡唑醚菌酯 Pyraclostrobin	0.03	—	3.28	
腐霉利 Procymidone	0.10	8.40	10.93	
三唑酮 Triadimefo	0.03	6.72	3.28	
氯氟氰菊酯 Cyhalothrin	0.02	1.68	2.19	0.2(浆果)
溴氰菊酯 Deltamethrin	0.01	4.20	1.09	0.05(猕猴桃)
氯氰菊酯 Cypermethrin	0.02	3.36	2.19	
噻虫嗪 Thiamethoxam	0.08	41.98	8.75	0.5(猕猴桃)
吡虫啉 Imidacloprid	0.06	33.58	6.56	
啶虫脒 Acetamiprid	0.07	—	7.65	2(浆果)
灭蝇胺 Cyromazine	0.06	8.40	6.56	
氯吡啶 Forchlorfenuron	0.07	8.40	7.65	0.05(猕猴桃)
阿维菌素 Abamectin	0.001	0.25	0.11	
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	2.00	—	218.70	1(浆果)

### 3 结论与讨论

#### 3.1 整体风险水平介绍

湖南省猕猴桃果实虽有 21 种农药检出,但未发现禁限用农药、剧毒农药和有机磷杀虫剂检出<sup>[20]</sup>。在猕猴桃栽培过程中使用较多的农药为多菌灵、吡唑醚菌酯、甲基硫菌灵和吡虫啉都是低毒低残留农药,其中多菌灵的农药残留检测值临近最大农药残留限量值。检出农药的慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险平均值为 0.037 6%、1.638%,远小于 100%,不会对人体产生风险。在检出的 21 种农药中,阿维菌素属于高风险农药,98.41% 的样品相对较为安全,由于样品来源层次不一,有散户种植的非精品果,也有种植大户的精品包装果,其结果只在一定程度上反应了湖南省猕猴桃果实农药含量的现状。

#### 3.2 关于农药最大残留限量

在检出的 21 种农药中,只有多菌灵、嘧霉胺、嘧菌酯、氯氟氰菊酯、溴氰菊酯、噻虫嗪、啶虫脒、氯吡啶和氯虫苯甲酰胺 9 种农药制定了猕猴桃或浆果类水果中的最大残留限量值(MRL),有必要对未有标准的 12 种农药制定猕猴桃或浆果类水果中的最大残留限量值(MRL),特别是检出率较高的多菌灵、吡唑醚菌酯、甲基硫菌灵、吡虫啉和高风险农药阿维菌素。方便准确评估其在猕猴桃果实上的农药残留情况,以填补我国猕猴桃果品质量安全控制标准方面的空白。在本研究中,值得引起注意的是多菌灵的农药残留检测结果范围为 0.01~0.487 5,已经十分接近国内所设的 MRL 值(0.50)。这可能与农户的个人使用习

惯有关,需要针对性地提醒农户控制多菌灵的使用。也可能与我国的标准设定值太低或太严有关,笔者参考了欧盟和南韩的多菌灵标准值均为2.0,建议在粗放管理的地区可以适当调整最大限量值<sup>[21]</sup>。

### 3.3 主要存在问题和拟解决方法

首先是高风险农药问题,阿维菌素是一种高毒的杀螨剂,63个样品中有2个样品检出农药残留,需要针对性指导农户尽快使用低毒的杀螨剂进行替代或者使用生物防治如捕食螨等,同时加强果园的冬季清园管理。其次是农药多残留问题,尤其是检出率高的3种农药多菌灵、吡唑醚菌酯、甲基硫菌灵都属于杀菌剂。这说明湖南猕猴桃在栽培过程中标准化程度不高,管理比较粗放,在病虫害防控上多种农药多轮次使用,应加强猕猴桃绿色栽培技术的推广和示范,根据品种自身特性和差异针对性用药,在病虫害防控上应该掌握病虫害的发生规律,再采取预防为主,综合防治,避免过度用药,多次用药和随便乱用药。

### 参考文献 References:

- [1] 黄诚,周长春,李伟.猕猴桃的营养保健功能与开发利用研究[J].食品科技,2007,32(4):51-55.  
HUANG C,ZHOU C C,LI W.Nutrition and health care function of kiwifruit and its processing technique[J].Food science and technology,2007,32(4):51-55.
- [2] 方金豹,钟彩虹.新中国果树科学研究70年——猕猴桃[J].果树学报,2019,36(10):1352-1359.  
FANG J B,ZHONG C H.Fruit scientific research in new China in the past 70 years:Kiwifruit[J].Journal of fruit science,2019,36(10):1352-1359.
- [3] 王银柱.猕猴桃主要病虫害及其防治[J].河南农业,2010(9):22.  
WANG Y Z.The main pests of kiwifruit and their control methods[J].Henan nongye,2010(9):22.
- [4] 杜学武,赵雪芹,周永强,等.豫西南猕猴桃主要病虫害防治技术[J].落叶果树,2010,42(5):32-34.  
DU X W,ZHAO X Q,ZHOU Y Q,et al.The main pests of kiwifruit in Southwestern Henan and their control methods[J].Deciduous fruits,2010,42(5):32-34.
- [5] KIM Y A, ABD El-aty A M ,RAHMAN M M, et al.Method development, matrix effect, and risk assessment of 49 multiclass pesticides in kiwifruit using liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry[J].Journal of chromatography B,2018,1076:130-138.
- [6] LEMES V R, MARTINS-JUNIOR H A, DE SOUZS V C, et al.Ethylenethiourea in fruits: optimization and in-house validation of a method by liquid chromatography tan-dem mass spectrometry, occurrence and dietary exposure assessment[J].Food control,2014,42:321-328.
- [7] 梁俊,赵政阳,樊明涛,等.陕西苹果主产区果实农药残留水平及其评价[J].园艺学报,2007,34(5):1123-1128.  
LIANG J,ZHAO Z Y,FAN M T, et al.Monitoring and evaluation of apple pesticide residues in Shanxi[J].Acta horticulturae Sinica,2007,34(5):1123-1128.
- [8] 李海飞,聂继云,徐国峰,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].Journal of instrumental analysis,2019,38(9):1066-1072.
- [9] 刘河疆,康露,华震宇,等.新疆鲜食葡萄产区农药残留风险评估[J].江西农业大学学报,2018,40(4):714-724.  
LIU H J,KANG L,HUA Z Y, et al.Risk assessment of pesticide residues in Xinjiang table grape producing areas[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2018,40(4):714-724.
- [10] 朱杰丽,吕爱华,柴振林,等.浙江省猕猴桃主产区果实农药残留水平与评价[J].植物保护,2012,38(3):122-124.  
ZHU J L,LYU A H,CAI Z L, et al.Monitoring and evaluation of the pesticide residues in kiwi fruit in Zhejiang[J].Plant protection,2012,38(3):122-124.
- [11] 庞荣丽,乔成奎,王瑞萍,等.猕猴桃农药残留膳食摄入风险评估[J].果树学报,2019,36(9):1194-1203.  
PANG R L,QIAO C K,WANG R P, et al.Risk assessment of dietary intake of pesticide residues in kiwifruit[J].Journal of fruit science,2019,36(9):1194-1203.
- [12] 中华人民共和国农业部.NY/T 761—2008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[S].北京:中国标准出版社,2008.  
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China.NY/T 761—2008 Pesticide multiresidue screen

- methods for determination of organophosphorus pesticides, organochlorine pesticides, pyrethroid pesticides and carbamate pesticides in vegetables and fruits [S]. Beijing: China Standard Press, 2008.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 20769—2008 水果和蔬菜中 450 种农药及相关化学品残留量的测定 液相色谱-串联质谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration. GB/T 20769—2008 Determination of 450 pesticides and related chemicals residues in fruit and vegetables-Liquid chromatography-tandem mass spectrometry[S]. Beijing: China Standard Press, 2008.
- [14] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 中华人民共和国农业部, 国家食品药品监督管理总局. GB 23200.8—2016 食品安全国家标准水果和蔬菜中 500 种农药及相关化学品残留量的测定 气相色谱-质谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- National Health Commission of the People's Republic of China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. GB 23200.8—2016 National food safety standards-Determination of 500 pesticides and related chemicals residues in fruits and vegetables-Gas chromatography-mass spectrometry[S]. Beijing: China Standard Press, 2016.
- [15] 中华人民共和国农业农村部, 国家市场监督管理总局, 国家卫生健康委员会. GB 23200.20—2016 食品安全国家标准食品中阿维菌素残留量的测定 液相色谱-质谱/质谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- National Health Commission of the People's Republic of China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. GB 23200.20—2016 National food safety standards-Determination of abamectin residue in foods-Liquid chromatography-mass spectrometry[S]. Beijing: China Standard Press, 2016.
- [16] 中华人民共和国农业农村部, 国家市场监督管理总局, 国家卫生健康委员会. GB 2763—2019 食品安全国家标准食品中农药最大残留限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs, PRC, State Administration for Market Regulation, National Health Commission. GB 2763—2019 national standard for food safety maximum pesticide residues in food [S]. Beijing: China Standard Press, 2019.
- [17] WHO (World Health Organization). A template for the automatic calculation of the IESTI [EB/OL]. [http://www.who.int/food-safety/chem/IESTI\\_calculation\\_13c.xlt](http://www.who.int/food-safety/chem/IESTI_calculation_13c.xlt). 2014-1-16.
- [18] The Veterinary Residues Committee-Matrix Ranking Subgroup. Minutes of the meeting held on Wednesday 4 September 2013 at the VMD[EB/OL]. <http://www.vmd.defra.gov.uk/VRC/pdf/papers/2013/vrc1334.pdf>. 2014-1-16.
- [19] 刘君, 任晓姣, 张水鸥, 等. 西安市猕猴桃主产区农药残留风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(12): 3878-3885.
- LIU J, REN X J, ZHANG S O, et al. Risk assessment of pesticide residues in the main producing areas of kiwifruit in Xi'an [J]. Journal of food safety and quality, 2019, 10(12): 3878-3885.
- [20] 聂继云. 我国果树上禁用、撤销或停止受理登记的农药及其原因分析[J]. 中国果树, 2018(3): 105-108.
- NIE J Y. An analysis of the reasons for the ban, revocation or discontinuing of registered pesticides on fruit trees in China [J]. China fruits, 2018(3): 105-108.
- [21] 庞荣丽, 王瑞萍, 郭琳琳, 等. 我国猕猴桃质量标准现状及与其与国际组织比较[J]. 北方园艺, 2016(13): 187-192.
- PANG R L, WANG R P, GUO L L, et al. The quality standard of chinese kiwifruit and its comparison with international organizations [J]. Northern horticulture, 2016(13): 187-192.