

武潇楠, 杨茜, 魏丽萍, 等. 甜瓜 MRLs 增补种类及其建议值分析 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(6): 250–257. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060020

WU Xiaonan, YANG Xi, WEI Liping, et al. Analysis of Supplementary Types of Melon MRLs and Their Recommended Values[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(6): 250–257. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060020

· 食品安全 ·

# 甜瓜 MRLs 增补种类及其建议值分析

武潇楠<sup>1,2,3,4</sup>, 杨茜<sup>1,2,3,4</sup>, 魏丽萍<sup>1,2,3,4</sup>, 何伟忠<sup>2,3,4,\*</sup>, 王成<sup>3,4,5,\*</sup>

(1. 新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆乌鲁木齐 830052;

2. 新疆农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 新疆乌鲁木齐 830091;

3. 农村农业部农产品质量安全风险评估实验室, 新疆乌鲁木齐 830091;

4. 新疆农产品质量安全重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830091;

5. 新疆农业科学院科研管理处, 新疆乌鲁木齐 830091)

**摘要:** 为明确甜瓜最大残留限量值增补种类及其建议值, 本文以 2018 和 2019 年 6 个省份 545 份甜瓜为实验材料, 在完成实验材料中 60 种农药残留定量分析的基础上, 通过急性膳食风险分析 (%ADI)、慢性膳食风险分析 (%ARfD)、风险矩阵等技术方法, 探讨了甜瓜残留农药的质量安全风险, 开展了风险相对较高残留农药及最大残留限量值 (MRLs) 增补种类及其建议值的研究与分析, 结果显示: 残留农药急、慢性膳食风险均低于 100%, 二甲戊灵急性膳食风险相对较高, 达到 56.67%; 残留农药中, 哒螨灵、甲维盐、联苯菊酯的残留风险相对较高; 65.22% 的残留农药无最大残留限量, 其中包括 3 种风险相对较高的残留农药。综合以上分析可知: 哒螨灵、甲维盐、联苯菊酯、二甲戊灵兼具风险相对较高和无最大残留限量的特点, 建议制订对应限量值, 建议值依次为: 1、0.05、1、3 mg·kg<sup>-1</sup>。

**关键词:** 甜瓜, 最大残留限量, 农药, 最大残留限量建议值

中图分类号: TS201.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)06-0250-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060020



本文网刊:

## Analysis of Supplementary Types of Melon MRLs and Their Recommended Values

WU Xiaonan<sup>1,2,3,4</sup>, YANG Xi<sup>1,2,3,4</sup>, WEI Liping<sup>1,2,3,4</sup>, HE Weizhong<sup>2,3,4,\*</sup>, WANG Cheng<sup>3,4,5,\*</sup>

(1. College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Institute of Agricultural Quality Standard and Testing Technology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China;

3. Agricultural Product Quality and Safety Risk Assessment Laboratory of the Ministry of Rural Agriculture, Urumqi 830091, China;

4. Xinjiang Key Laboratory of Agricultural Product Quality and Safety, Urumqi 830091, China;

5. Administration of Scientific Research, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

**Abstract:** This study aimed to clarify the maximum residue limit value of muskmelon, the additional types and their recommended values. Based on the quantitative analysis of 60 pesticide residues in 545 melon samples from 6 provinces in 2018 and 2019, the detected pesticide varieties were evaluated for chronic dietary intake risk (%ADI), acute dietary intake risk (%ARfD) and risk matrix. The quality and safety risks of pesticide residues in muskmelon were discussed, and the research and analysis on the relatively high risks of pesticide residues and the supplementary types and recommended

收稿日期: 2021-06-03

**基金项目:** 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系资助; 农产品质量安全与优质化业务技术委托任务 (CSQA-2020-05-13); 新疆维吾尔自治区天山雪松计划 (2017XS07); 新疆特色果品中多种农药残留检测技术研究 (201517106)。

**作者简介:** 武潇楠 (1997-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 农产品质量与安全, E-mail: Wuxiaonan@163.com。

**\* 通信作者:** 何伟忠 (1981-), 男, 硕士, 研究员, 研究方向: 农产品质量与安全, E-mail: hewei198112@126.com。

王成 (1971-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 农产品质量安全及其检测技术研究, E-mail: wangchengxj321@sina.com。

values of maximum residue limits (MRLs) were carried out. The results showed that the acute and chronic dietary risks of residual pesticides were less than 100%, and the acute dietary risk of pendimethalin was relatively high, reaching 56.67%, among the residual pesticides, pyridaben, emamectin benzoate, and bifenthrin had relatively high risk. And 65.22% of residual pesticides had no MRLs, including 3 residual pesticides with relatively high risks. Based on the above analysis, pyridaben, emamectin benzoate, bifenthrin and pendimethalin had the characteristics of relatively high risk and no maximum residue limit. It was recommended to formulate corresponding limit values. The recommended values were as follows: 1, 0.05, 1, 3 mg·kg<sup>-1</sup>.

**Key words:** melon; maximum residue limit; pesticide; recommended maximum residue limit

甜瓜中含有丰富的糖类、有机酸、氨基酸, 还有少量维生素、色素、膳食纤维等功能物质<sup>[1]</sup>。我国是世界重要的甜瓜种植国和消费国, 我国甜瓜产业自改革开放以来发展迅速, 面积、产量均位居全球第一<sup>[2]</sup>。甜瓜因其栽培周期较短、投入产出比较高、增加农民收入效果显著等优点<sup>[3]</sup>, 广受消费者欢迎, 是一种高效经济的瓜果作物<sup>[4]</sup>。

国内外相关学者先后对甜瓜果实中农药残留水平、MRLs 制定情况及其不足等开展了相应的研究与探讨, 如 Sousa 等<sup>[5]</sup>、王淑等<sup>[6]</sup>、鄢阳等<sup>[7]</sup> 分别对巴西西拉州福塔莱萨、内蒙古巴彦淖尔地区、包头市产出或市场上流通甜瓜样品中残留农药种类进行了分析研究, 结果表明: 样品中存在农药残留的现象, 残留农药主要是咪鲜胺、联苯菊酯、氯氟氰菊酯、噻虫嗪、烯酰吗啉、多菌灵、异菌脲、氯氰菊酯、腐霉利、甲霜灵、甲氰菊酯、苯醚甲环唑、三唑酮、毒死蜱、虫螨腈、啉菌酯、吡虫啉、水胺硫磷、杀螟硫磷。同时, 也有学者对我国甜瓜质量安全标准现状<sup>[8-9]</sup> 进行了分析, 结果显示: 常用农药最大残留限量缺失<sup>[4]</sup> 是我国现行甜瓜质量安全标准中存在的重要不足之一。

目前, 技术领域关于 MRLs 增补种类的研究报道多集中于杨桃<sup>[10]</sup>、银耳<sup>[11-13]</sup>、猕猴桃<sup>[14-16]</sup>、菠萝和金橘<sup>[17]</sup>、樱桃<sup>[18]</sup>、草莓<sup>[19]</sup>、葡萄<sup>[20-21]</sup>, 关于甜瓜果实中 MRLs 增补种类及建议值的研究报道还不多, 难以为我国甜瓜果实 MRLs 的不断修订完善提供完备技术支撑。识别甜瓜果实中需增补的最大残留限量 (maximum residue limit, MRL) 种类, 明确其建议值, 利于支撑甜瓜果实 MRLs 的不断充实和完善, 进而对我国优势农产品甜瓜果实农药残留水平的科学判定产生积极作用。

因此, 本文以 2018 和 2019 年的 545 份甜瓜样品为研究对象, 综合急、慢性膳食风险、风险矩阵等技术方法, 评估了残留农药的膳食风险, 开展了风险相对较高残留农药、MRLs 增补种类及其建议值的研究与探讨, 以期为我国甜瓜果实最大残留限量的制订提供参考和科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

甜瓜 根据甜瓜栽培种植范围及上市时间, 于 2018 和 2019 年成熟期完成采集, 样品采集于山东、广西、新疆、海南、河北、辽宁, 共计 6 个省份 545 份样品; 乙腈、甲醇 色谱纯, 美国 Fisher Scientific 公

司; 氯化钠、正己烷、丙酮 分析纯, 北京市化工厂; 二甲戊灵、腈菌唑、氯吡脲等农药标准品 国家标准物质中心, 浓度均为 1000 mg/L, 规格为 1 mL。

1 g/6 mL 氨基固相萃取小柱、1 g/6 mL 弗洛里硅砂柱 迪马科技有限公司; R-20 型旋转蒸发仪 瑞士步琦公司; e2695 液相色谱仪、XevoTQ 型超高效液相色谱串联质谱 美国沃特世公司; N-EVAP112 型氮吹仪 美国 Oraganomation 公司; 7890 型气相色谱仪 美国安捷伦公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 样品采集 按照 GB/T 8855-2008 进行样品的采集。样品经去瓢匀浆后装入样品盒, 置于冰柜中冷冻备用, 分别于 2018、2019 年 11 月前完成所有参试指标的定量分析。

1.2.2 参试农药及其分析方法 参照 GB/T 20769-2008、NY/T 761-2008 进行定量分析。参试农药包括: 甲胺磷、对硫磷、甲基对硫磷、六六六、甲拌磷、氧乐果、水胺硫磷、甲基异柳磷、克百威、涕灭威、氟虫腈、乐果、敌敌畏、毒死蜱、乙酰甲胺磷、三唑磷、杀螟硫磷、丙溴磷、马拉硫磷、亚胺硫磷、伏杀硫磷、辛硫磷、二嗪磷、三氯杀螨醇、氯氰菊酯、氰戊菊酯、溴氰菊酯、甲氰菊酯、联苯菊酯、氯氟氰菊酯、氟氯氰菊酯、氟胺氰菊酯、氟氰戊菊酯、灭多威、甲萘威、除虫脲、灭幼脲、吡虫啉、啉虫脲、啉啉灵、阿维菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈、噻虫嗪、氟啶脲、异菌脲、五氯硝基苯、三唑酮、百菌清、腐霉利、乙烯菌核利、多菌灵、苯醚甲环唑、啉霉胺、烯酰吗啉、咪鲜胺、啉菌酯、二甲戊灵、腈菌唑、氯吡脲, 共计 60 种。参试农药种类综合实地调研、专家咨询、文献查阅结果及农业农村部发布的禁限用农药种类提出。

1.2.3 慢性膳食摄入风险研究方法 参照聂继云等<sup>[22]</sup> 报道的方法进行残留农药慢性、急性膳食摄入风险及风险排序。

慢性膳食摄入风险按照公式 (1) 进行评估, 若 %ADI ≤ 100% 说明风险可以接受; 反之, 当 %ADI > 100%, 说明风险不可接受。

$$\%ADI = \frac{STMR \times \text{居民日均甜瓜消费量}}{bw \times ADI} \times 100$$

式 (1)

式中: STMR 为农药残留平均值, mg/kg; bw 为

体重, kg, 按 60 kg 计算; ADI 为每日允许摄入量, mg/kg; 居民日均甜瓜消费量按 0.1644 计算, kg。

1.2.4 急性膳食摄入风险研究方法 急性膳食摄入风险按照公式(2)和公式(3)进行分析, 若 %ARfD ≤ 100%, 说明风险可以接受; 反之, %ARfD > 100%, 说明风险不可接受。

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

$$\%ARfD = \frac{ESTI}{ARfD} \times 100 \quad \text{式 (3)}$$

式中: ESTI 为估算短期摄入量, kg; U 为单果重, kg, 按 3 kg 计算; HR 为最高残留量, mg/kg, 取 99.9 百分位点值; V 为变异因子, 取值 3; LP 为甜瓜消费大份餐, kg, 按 0.6264 kg 计算; ARfD 为急性参考剂量, mg/kg。

1.2.5 风险排序研究方法 采用英国兽药残留委员会兽药残留风险矩阵, 进行残留农药的风险排序<sup>[23]</sup>。残留农药的毒性得分 A、毒效得分 B、膳食比例 C、使用频率 D、高暴露人群 E 和残留水平得分 F 的赋值标准见表 1。风险排序按照公式(4)和公式(5)进行计算。

$$FOD = \frac{T}{P} \times 100 \quad \text{式 (4)}$$

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

式中: FOD 为农药使用频率; T 为果实发育过程中使用此类农药的次数; P 为果实发育日数, d; S 为样品中各农药的残留得分; A 为毒性得分; B 为毒效得分; C 为甜瓜膳食比例得分; D 为农药使用频率得分; E 为高暴露人群得分; F 为残留水平得分。

1.2.6 最大残留量估计值的计算 用公式(6)计算最大残留限量估计值<sup>[21]</sup>。

$$eMRL = \frac{ADI \times bw}{LP} \quad \text{式 (6)}$$

式中: LP 为甜瓜日消费量, 按最大风险原则, 取大份餐, kg; eMRL 为最大残留限量估计值, mg·kg<sup>-1</sup>。

### 1.3 数据处理

采用 Graphpad 8.0.2、Excel 2019 进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 样品残留农药种类分析

由表 2 可知, 545 份甜瓜样品中, 共检出 23 种农

药残留。以啉霉胺、烯酰吗啉、啉虫脒、多菌灵的检出率最高, 分别为 35.41%、20.00%、17.43%、15.96%。其他农药残留样品所占比例为 0.18%~10.46%。在检出的 23 种农药残留中, 多菌灵、啉霉胺、吡虫啉、腈菌唑、噻虫嗪、多效唑、哒螨灵、丙溴磷、咪鲜胺、苯醚甲环唑、甲维盐、腐霉利、联苯菊酯、虫螨腈、啉菌酯、二甲戊灵共 15 种农药我国尚未制定甜瓜中的最大残留限量。

本文样本残留农药种类与相近研究结果不完全一致, 这主要体现在: 本文样品残留农药种类为 23 种, 占参试农药数量的 38.33%, 高于其他部分文献报道, 这可能是受评估区域、参试农药数量、种类的影响。如相关报道显示: 2016~2018 年西安市甜瓜中残留的农药<sup>[24]</sup> 主要是吡虫啉、氟虫脒、多菌灵、烯酰吗啉, 占参试农药数量的 23.53%; 与之不同, 德黑兰市甜瓜样品残留农药种类<sup>[25]</sup> 有抗蚜威、乐果、甲霜灵、氯菊酯, 希腊甜瓜样品中残留的农药<sup>[26]</sup> 则是霜霉威盐酸盐、乐果、噻虫嗪、氟吡菌胺、茚虫威、毒死蜱、噻虫啉 7 种。

为进一步探讨残留农药的膳食风险水平, 团队通过慢性和急性膳食摄入风险, 对残留农药的膳食风险进行了探讨。

### 2.2 样品慢性膳食摄入风险分析

由表 3 可知: 23 种残留农药的 %ADI 值在 0%~0.0247%, 均远小于 100%, 表明残留农药的慢性膳食风险不高。这进一步说明, 虽样品中存在农药残留的现象, 但残留农药的慢性膳食风险并不高。

学者们对不同水果残留农药的慢性膳食风险进行了研究探讨, 结果显示: 不同水果残留农药的慢性膳食风险不同。如表 4 所示, 按照 %ADI 极大值, 甜瓜残留农药的慢性膳食风险仅为 0.0247%, 高于猕猴桃, 低于其他 7 种水果, 所述 7 种水果 %ADI 极大值由高至低依次是草莓、桃、桑葚、水蜜桃、梨、西瓜、葡萄。根据此排序可知, 需加强对草莓、桃子和桑葚等水果的监管, 对这些风险较高的水果开展其残留农药的消解是急需解决的问题之一。

### 2.3 样品急性膳食摄入风险分析

腈菌唑、多效唑、哒螨灵、腐霉利、甲氰菊酯无明确的急性参考剂量(ARfD 值), 啉霉胺、啉菌酯不需要急性参考剂量, 因此根据公式(2)和(3)计算出其他 16 种农药残留的急性膳食风险如表 5 所示。残

表 1 毒性、毒效、残留水平赋值标准

Table 1 Score of toxicity potency residue level

| 指标          | 指标值                 | 得分 | 指标值                                    | 得分 | 指标值                                    | 得分 | 指标值                 | 得分 |
|-------------|---------------------|----|----------------------------------------|----|----------------------------------------|----|---------------------|----|
| 毒性          | 低毒                  | 2  | 中毒                                     | 3  | 高毒                                     | 4  | 剧毒                  | 5  |
| 毒效(mg/kg)   | >1×10 <sup>-2</sup> | 0  | 1×10 <sup>-4</sup> ~1×10 <sup>-2</sup> | 1  | 1×10 <sup>-6</sup> ~1×10 <sup>-4</sup> | 2  | <1×10 <sup>-6</sup> | 3  |
| 膳食比例(%)     | <2.5                | 0  | 2.5~20                                 | 1  | 20~50                                  | 2  | 50~100              | 3  |
| 使用频率        | <2.5                | 0  | 2.5~20                                 | 1  | 20~50                                  | 2  | 50~100              | 3  |
| 高暴露人群       | 无                   | 0  | 不太可能                                   | 1  | 很可能                                    | 2  | 有或无相关数据             | 3  |
| 残留水平(mg/kg) | 未检出                 | 1  | <限量值                                   | 2  | ≥限量值                                   | 3  | ≥10倍限量值             | 4  |

表 2 甜瓜样品农药残留情况  
Table 2 Pesticide residues in melon samples

| 农药    | 残留水平<br>(mg/kg) | 最大残留<br>限量(mg/kg) | 检出<br>数量(个) | 残留样品所占<br>比例(%) |
|-------|-----------------|-------------------|-------------|-----------------|
| 霜霉威   | 0~0.0285        | 5                 | 12          | 2.20            |
| 多菌灵   | 0.0002~0.0116   | /                 | 87          | 15.96           |
| 啉霉胺   | 0.0002~0.0232   | /                 | 193         | 35.41           |
| 啉虫脒   | 0.0004~0.3133   | 2                 | 95          | 17.43           |
| 吡虫啉   | 0.0056~0.2025   | /                 | 36          | 6.61            |
| 腈菌唑   | 0.0003~0.0456   | /                 | 27          | 4.95            |
| 噻虫嗪   | 0.0007~0.2225   | /                 | 34          | 6.24            |
| 多效唑   | 0.0006~0.0026   | /                 | 4           | 0.73            |
| 二嗪磷   | 0.0002~0.0270   | 0.2               | 3           | 0.55            |
| 哒螨灵   | 0.0037~0.2001   | /                 | 8           | 1.47            |
| 丙溴磷   | 0.0005~0.0557   | /                 | 57          | 10.46           |
| 咪鲜胺   | 0.0005~0.0084   | /                 | 25          | 4.59            |
| 烯酰吗啉  | 0.0001~0.3492   | 0.5               | 109         | 20.00           |
| 苯醚甲环唑 | 0.0006~0.0094   | /                 | 39          | 7.16            |
| 甲维盐   | 0.0001~0.0174   | /                 | 6           | 1.10            |
| 三唑酮   | 0.0440          | 0.2               | 1           | 0.18            |
| 腐霉利   | 0.0558~0.9837   | /                 | 17          | 3.12            |
| 联苯菊酯  | 0.0156~0.0447   | /                 | 3           | 0.55            |
| 甲氰菊酯  | 0.1421          | 5                 | 1           | 0.18            |
| 虫螨腈   | 0.0127~0.1004   | /                 | 6           | 1.10            |
| 氯氟氰菊酯 | 0.0140          | 0.05              | 1           | 0.18            |
| 啉菌酯   | 0.0139~0.0657   | /                 | 5           | 0.92            |
| 二甲戊灵  | 0.0003~0.5131   | /                 | 18          | 3.30            |

表 3 检出农药慢性膳食摄入风险分析  
Table 3 Chronic dietary intake risk analysis of detected pesticides

| 农药    | STMR(mg/kg) | ADI(mg/kg bw) | %ADI   |
|-------|-------------|---------------|--------|
| 霜霉威   | 0.0002      | 0.40          | 0.0001 |
| 多菌灵   | 0.0021      | 0.03          | 0.0193 |
| 啉霉胺   | 0.0004      | 0.20          | 0.0008 |
| 啉虫脒   | 0.0043      | 0.07          | 0.017  |
| 吡虫啉   | 0.0033      | 0.06          | 0.0151 |
| 腈菌唑   | 0.0003      | 0.03          | 0.0027 |
| 噻虫嗪   | 0.0034      | 0.08          | 0.0117 |
| 多效唑   | 0           | 0.10          | 0      |
| 二嗪磷   | 0           | 0.05          | 0.0003 |
| 哒螨灵   | 0.0009      | 0.01          | 0.0237 |
| 丙溴磷   | 0.0004      | 0.03          | 0.0039 |
| 咪鲜胺   | 0           | 0.01          | 0.0026 |
| 烯酰吗啉  | 0.0023      | 0.20          | 0.0032 |
| 苯醚甲环唑 | 0.0002      | 0.01          | 0.0059 |
| 甲维盐   | 0           | 0.0005        | 0.0194 |
| 三唑酮   | 0           | 0.03          | 0.0007 |
| 腐霉利   | 0.009       | 0.10          | 0.0247 |
| 联苯菊酯  | 0.0002      | 0.01          | 0.0047 |
| 甲氰菊酯  | 0.0003      | 0.03          | 0.0024 |
| 虫螨腈   | 0.0004      | 0.03          | 0.0039 |
| 氯氟氰菊酯 | 0           | 0.02          | 0.0004 |
| 啉菌酯   | 0.0004      | 0.20          | 0.0005 |
| 二甲戊灵  | 0.0011      | 0.03          | 0.0099 |

表 4 水果中的急性慢性膳食风险  
Table 4 Acute and chronic dietary risks in fruits

| 水果种类 | %ADI            | %ARfD       | 参考文献 |
|------|-----------------|-------------|------|
| 猕猴桃  | 0.00001~0.01604 | 0.01~26.20  | [16] |
| 草莓   | 0.0008~6.8485   | 0.073~7.041 | [27] |
| 葡萄   | 0.01~0.35       | 0.31~44.26  | [28] |
| 水蜜桃  | 0.010~3.07      | 2.18~31.28  | [29] |
| 桃    | 0.02~4.39       | 0.08~69.07  | [30] |
| 梨    | 0.0085~2.38     | 0.21~19.92  | [31] |
| 桑椹   | 0~4.34          | 0~32.19     | [32] |
| 西瓜   | 0.01~1.53       | 0.03~23.3   | [33] |
| 甜瓜   | 0~0.0247        | 0.16~56.67  | 本文   |

表 5 检出农药急性膳食摄入风险分析  
Table 5 Acute dietary intake risk analysis of detected pesticides

| 农药    | 最大值(mg/kg) | ARfD(mg/kg·bw) | %ARfD | STMR  |
|-------|------------|----------------|-------|-------|
| 霜霉威   | 0.0285     | 2              | 0.16  | 18.11 |
| 多菌灵   | 0.1716     | 0.5            | 3.79  | 4.53  |
| 啉虫脒   | 0.3133     | 0.1            | 34.60 | 0.91  |
| 吡虫啉   | 0.2025     | 0.4            | 5.59  | 3.62  |
| 噻虫嗪   | 0.2225     | 1              | 2.46  | 9.05  |
| 二嗪磷   | 0.0270     | 0.03           | 9.92  | 0.27  |
| 丙溴磷   | 0.0557     | 1              | 0.61  | 9.05  |
| 咪鲜胺   | 0.0084     | 0.1            | 0.93  | 0.91  |
| 烯酰吗啉  | 0.3492     | 0.6            | 6.43  | 5.43  |
| 苯醚甲环唑 | 0.0094     | 0.3            | 0.35  | 2.72  |
| 甲维盐   | 0.0174     | 0.02           | 9.63  | 0.18  |
| 三唑酮   | 0.0440     | 0.08           | 6.08  | 0.72  |
| 虫螨腈   | 0.1004     | 0.03           | 36.96 | 0.27  |
| 氯氟氰菊酯 | 0.0140     | 0.04           | 3.88  | 0.36  |
| 二甲戊灵  | 0.5131     | 0.1            | 56.67 | 0.91  |
| 联苯菊酯  | 0.0447     | 0.01           | 49.32 | 0.09  |

留农药的急性膳食风险值在 0.16%~56.67%, 远低于 100%, 说明残留农药的急性膳食风险在人群可接受范围内。此外, 16 种残留农药中, 二甲戊灵的急性膳食风险最高, 达 56.67%, 建议加强关注。

也有学者对不同水果残留农药的急性膳食风险进行了评估, 结果列于表 4。从表中可以看出: 不同水果残留农药的急性膳食风险均在可接受范围内的情况下, 但其风险水平有所不同, 9 种水果中, 甜瓜残留农药的急性膳食风险仅低于桃子, 位列第 2, 其次依次是: 葡萄、桑葚、水蜜桃、猕猴桃、西瓜、梨、草莓。这说明: 不同水果中, 更需关注甜瓜残留农药的急性膳食风险。

2.4 样本残留农药风险排序分析

根据农药合理使用国家标准, 农药最高使用次数 T 计 3 次; 果实发育日数 P 计 45 d; 甜瓜膳食比例 C 计 1.6; 农药使用频率 D 为 1; 高暴露人群 E 尚无相关数据。结合表 1 的赋分方法, 所得残留农药的风险得分如图 1 所示。

由图 1 可见, 残留农药可分为 3 类, 第 1 类为高

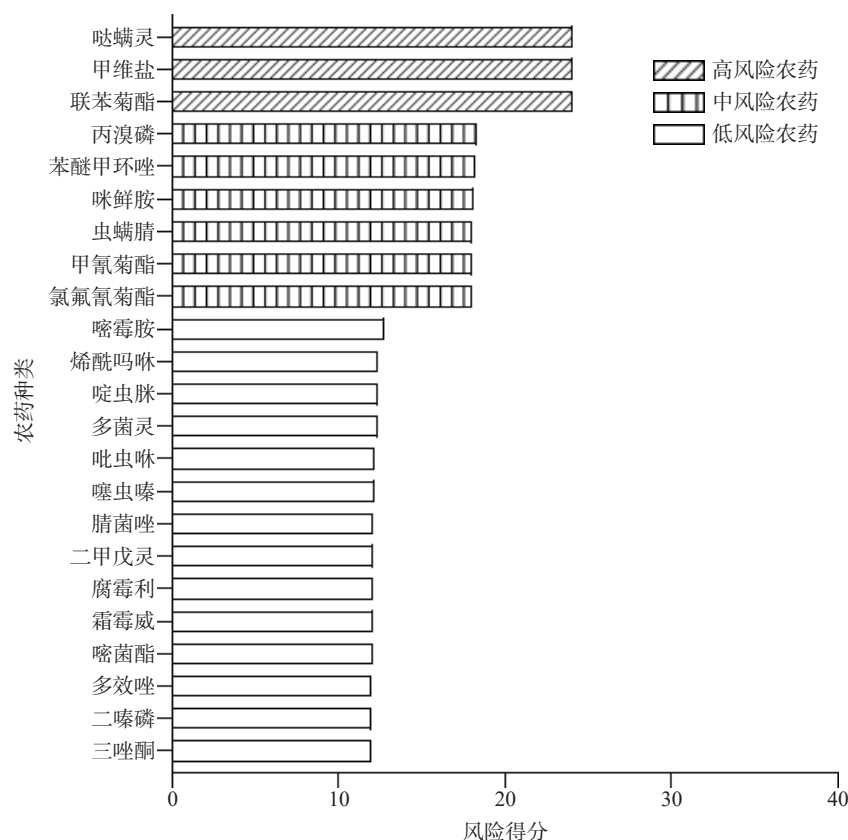


图1 甜瓜农药残留膳食风险排序

Fig.1 Ranking of dietary risk of melon pesticide residues

风险农药,共有3种,分别是哒螨灵、甲维盐、联苯菊酯,风险得分均 $\geq 20$ ;第2类为中风险农药,共有6种,分别是丙溴磷、苯醚甲环唑、咪鲜胺、虫螨腈、甲氧菊酯、氯氟氰菊酯,风险得分均在15~20;第3类为低风险农药,共有14种,分别是啉霉胺、多菌灵、啉虫脒、烯酰吗啉、噻虫嗪、吡虫啉、多效唑、霜霉威、啉菌酯、腈菌唑、二甲戊灵、腐霉利、二嗪磷、三唑酮,风险得分均 $<15$ 。

蚜虫、粉虱、蓟马是甜瓜种植过程中的主要虫害,对产量造成的损失达30%以上<sup>[34]</sup>,基于此,瓜农常会重点关注此类虫害的防治,以降低虫害危害程度,减少病害传播媒介<sup>[35-36]</sup>,达到保产、稳产的目的。有研究表明,哒螨灵<sup>[37]</sup>、联苯菊酯<sup>[38]</sup>、吡虫啉<sup>[39-40]</sup>可用于上述虫害的防治,但哒螨灵对成螨的毒力效果并不好<sup>[41]</sup>,这就有可能导致生产中哒螨灵超频次、超剂量施用,进而导致哒螨灵的残留风险相对较高。联苯菊酯和甲维盐的残留风险也相对较高,其原因可能与上述哒螨灵残留风险相对较高的原因相似。

针对风险相对较高的残留农药,建议选用低毒、高效的农药防治相应病虫害。如可选20%的丁氟螨酯悬浮剂防治甜瓜螨虫,选用10%虫螨腈悬浮剂、3.2%阿维菌素乳油和43%联苯腈酯悬浮剂防治瓜叶螨成虫等<sup>[37]</sup>,此类农药多为低毒,利于进一步降低对应虫害防治用药的残留风险。同时,需加强关注的是:现行甜瓜上登记允许的农药种类还相对较少,仅

为9种,其中并不包括上述几种农药,故在开展上述防治用药的推广应用过程中,还需加快此类农药的登记,以支撑甜瓜农药的规范、合理使用。

## 2.5 甜瓜 MRLs 增补种类及其建议值分析

甜瓜中残留农药的最大残留限量估计值(eMRL)如表6所示。从表6可见,啉霉胺、啉菌酯2种农药eMRL值均达到 $19.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,但未制定最大残留限量。与eMRL相比,霜霉威、啉虫脒、二嗪磷、烯酰吗啉、三唑酮、氯氟氰菊酯最大残留限量过严,而甲氧菊酯最大残留限量过松。按照最大残留限量可比eMRL略低或略高的原则,建议制修订霜霉威、多菌灵、啉霉胺、啉虫脒、吡虫啉、腈菌唑、噻虫嗪、多效唑、二嗪磷、哒螨灵、丙溴磷、咪鲜胺、烯酰吗啉、苯醚甲环唑、甲维盐、三唑酮、腐霉利、联苯菊酯、甲氧菊酯、虫螨腈、氯氟氰菊酯、啉菌酯、二甲戊灵的最大残留限量,建议值分别为38、3、19、7、6、3、8、9、5、1、3、1、19、1、0.05、3、9、1、3、3、2、19和 $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。23种农药的99.5百分位点残留值也明显低于国家最大残留限量和最大残留限量建议值,说明MRL值和RMRL值可以保护消费者健康。

我国优势农产品甜瓜农药最大残留限量还存在体量小的不足。这主要体现在:根据FAO数据库2019年数据,全球甜瓜产量约为2700万吨,其中我国作为最大的生产国,产量达1270万吨<sup>[42]</sup>,位列各国首位,但与我国甜瓜种植大国地位不相符合的是,与国际相比,我国规定的甜瓜农药残留最大残留限量

表 6 农药最大残留限量建议值

Table 6 Recommended values of maximum residue limits for pesticides

| 农药    | ADI<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | eMRL<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | MRL<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | RMRL<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | P <sub>99.5</sub><br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) |
|-------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|
| 霜霉威   | 0.4                           | 38.31                          | 5                             | —                              | 0.0163                                      |
| 多菌灵   | 0.03                          | 2.87                           | /                             | 3                              | 0.1270                                      |
| 嘧霉胺   | 0.2                           | 19.16                          | /                             | —                              | 0.0111                                      |
| 啉虫脒   | 0.07                          | 6.70                           | 2                             | 7                              | 0.2061                                      |
| 吡虫啉   | 0.06                          | 5.75                           | /                             | 6                              | 0.1811                                      |
| 腈菌唑   | 0.03                          | 2.87                           | /                             | 3                              | 0.0452                                      |
| 噻虫嗪   | 0.08                          | 7.66                           | /                             | 8                              | 0.1908                                      |
| 多效唑   | 0.1                           | 9.58                           | /                             | 9                              | 0.0024                                      |
| 二嗪磷   | 0.05                          | 4.79                           | 0.2                           | 5                              | 0.0013                                      |
| 哒螨灵   | 0.01                          | 0.96                           | /                             | 1                              | 0.1336                                      |
| 丙溴磷   | 0.03                          | 2.87                           | /                             | 3                              | 0.0132                                      |
| 咪鲜胺   | 0.01                          | 0.96                           | /                             | 1                              | 0.0062                                      |
| 烯酰吗啉  | 0.2                           | 19.16                          | 0.5                           | —                              | 0.1232                                      |
| 苯醚甲环唑 | 0.01                          | 0.96                           | /                             | 1                              | 0.0067                                      |
| 甲维盐   | 0.0005                        | 0.05                           | /                             | 0.05                           | 0.0007                                      |
| 三唑酮   | 0.03                          | 2.87                           | 0.2                           | 3                              | 0.0020                                      |
| 腐霉利   | 0.1                           | 9.58                           | /                             | 9                              | 0.5064                                      |
| 联苯菊酯  | 0.01                          | 0.96                           | /                             | 1                              | 0.0337                                      |
| 甲氰菊酯  | 0.03                          | 2.87                           | 5                             | 3                              | 0.0020                                      |
| 虫螨腈   | 0.03                          | 2.87                           | /                             | 3                              | 0.1000                                      |
| 氯氟氰菊酯 | 0.02                          | 1.92                           | 0.05                          | 2                              | 0.0126                                      |
| 啉菌酯   | 0.2                           | 19.16                          | /                             | —                              | 0.0425                                      |
| 二甲戊灵  | 0.03                          | 2.87                           | /                             | 3                              | 0.0075                                      |

注: ADI: 每日允许摄入量; eMRL: 最大残留限量估计值; MRL: 最大残留限量; RMRL: 最大残留限量建议值; P<sub>99.5</sub>: 99.5 百分位点残留量。

项次还相对较少, 如欧盟涉及甜瓜的残留限量有 471 项, 美国有 119 项, 日本有 333 项, 韩国有 79 项, 而我国仅为 32 项; 同时, 与其他水果相比, 甜瓜农药残留最大残留限量项次也相对较少, 如 GB 2763-2019 中规定的各类水果限量涉及的农药残留项次分别是: 柑橘类水果柑 91 项、橘 92 项、橙 99 项、苹果 121 项、梨 72 项、葡萄 110 项、草莓 69 项, 均高于甜瓜的 32 项。同时, 也存在甜瓜中残留农药无 MRLs 的现象。如本文分析得出的 69.22% 残留农药无 MRLs; 西安市阎良区甜瓜 58.33% 的残留农药没有最大残留限量<sup>[43]</sup>; 新疆 60% 的残留农药无限量值等<sup>[44]</sup>。综合以上分析, 建议加快我国甜瓜 MRLs 的增补和完善。

3 结论

样品残留农药共计 23 种, 残留农药的慢性和急性膳食风险, 分别为 0%~0.0247%、0.16%~56.67%, 均处安全水平, 二甲戊灵的急性膳食风险相对较高, 达 56.67%; 以残留风险得分排序, 哒螨灵、甲维盐、联苯菊酯 3 种农药残留风险相对较高; 69.22% 残留农药无 MRL; 建议开展霜霉威、多菌灵、嘧霉胺、啉虫脒、吡虫啉、腈菌唑、噻虫嗪、多效唑、二嗪磷、哒螨灵、丙溴磷、咪鲜胺、烯酰吗啉、苯醚甲环唑、甲维盐、三唑酮、腐霉利、联苯菊酯、甲氰菊酯、虫螨腈、

氯氟氰菊酯、啉菌酯、二甲戊灵 23 种残留农药最大残留限量的修订, 建议值分别为 38、3、19、7、6、3、8、9、5、1、3、1、19、1、0.05、3、9、1、3、3、2、19 和 3 mg·kg<sup>-1</sup>。哒螨灵、甲维盐、联苯菊酯、二甲戊灵兼具风险相对较高和无最大残留限量的特点, 建议加强关注。

参考文献

[1] 张银欢, 耿新丽, 郑贺云, 等. 甜瓜果实质构及其影响因素[J]. 现代农业科技, 2018(10): 94-95. [ZHANG Y H, GENG X L, ZHENG H Y, et al. Melon fruit quality composition and its influencing factors[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2018(10): 94-95.]

[2] 王娟娟, 李莉, 尚怀国. 我国西瓜甜瓜产业现状与对策建议[J]. 中国瓜菜, 2020(5): 69-73. [WANG J J, LI L, SHANG H G. Current status and countermeasures of our country's watermelon and melon industry[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2020(5): 69-73.]

[3] 代亚妮, 张菊红. 阎良甜瓜可持续发展经验[J]. 西北园艺(综合), 2020(3): 3-4. [DAI Y N, ZHANG J H. Yanliang melon sustainable development experience[J]. Northwest Horticulture, 2020(3): 3-4.]

[4] 任艳玲, 王涛, 罗阿东, 等. 甜瓜产业应对国际农药残留技术性贸易壁垒分析[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(4): 1-7. [REN Y L, WANG T, LUO A D, et al. Countermeasure study of Chinese melon industry and the technical barriers to trade of pesticide residue in international market[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2019, 32(4): 1-7.]

[5] SOUSA J D S, CASTRO R C D, ANDRADE G D A, et al. Evaluation of an analytical methodology using QuEChERS and GC-SQ/MS for the investigation of the level of pesticide residues in Brazilian melons[J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 2675-2681.

[6] 王淑, 李彦标, 王鹏, 等. 巴彦淖尔市羊肉及甜瓜质量安全风险评估[J]. 农技服务, 2020, 37(12): 25-27. [WANG S, LI Y B, WANG P, et al. Quality and safety risk assessment of mutton and melon in Bayannaoer city[J]. Agricultural Technology Service, 2020, 37(12): 25-27.]

[7] 郭阳, 郭艳琼, 王建军, 等. 固相萃取—气相色谱—质谱法同时测定甜瓜中 11 种有机磷农药残留量[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(8): 124-128. [WU Y, GUO Y Q, WANG J J, et al. Simultaneous determination of 11 organophosphorus pesticide residues in muskmelon by GC-MS with solid-phase extraction[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2019, 32(8): 124-128.]

[8] RONGLI P, SIYANG W, LINLIN G, et al. Status, problems and suggestions of quality and safety standards in watermelon and melon in China[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2019, 32(6): 1-8.

[9] 杨念, 孙玉竹, 吴敬学. 世界西瓜甜瓜生产与贸易经济分析[J]. 中国瓜菜, 2016, 29(10): 1-9. [YANG N, SUN Y Z, WU J X. Economic analysis of watermelon and muskmelon production and trade[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2016, 29(10): 1-9.]

[10] 蒋成, 林树花, 何双, 等. 主产区杨桃中农药残留风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(24): 9496-9502. [JANG C, LIN S H, HE S, et al. Risk assessment of pesticide residues in

- carambola in main producing areas[J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2020, 11(24): 9496–9502. ]
- [ 11 ] 姚清华, 颜孙安, 叶建洪, 等. 喷施农药对银耳生长的影响及膳食暴露风险评估[J]. *热带亚热带植物学报*, 2021, 29(1): 67–74. [ YAO Q H, YAN S A, YE J H, et al. Effects of pesticide on *Tremella fuciformis* Berk growth and risk assessment of dietary exposure[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2021, 29(1): 67–74. ]
- [ 12 ] 姚清华, 颜孙安, 叶建洪, 等. 施用农药对银耳膳食风险的影响及其最大残留限量[J]. *福建农业学报*, 2020, 35(10): 1111–1118. [ YAO Q H, YAN S A, YE J H, et al. Dietary safety and recommended maximum residue limits of pesticides applied on *Tremella fuciformis*[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 35(10): 1111–1118. ]
- [ 13 ] YAO Q, YAN S A, CHEN H, et al. Dietary risk assessment of pesticide residues on *Tremella fuciformis* Berk (snow fungus) from Fujian province of China[J]. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2020, 37(8): 1–12.
- [ 14 ] 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. ]
- [ 15 ] 庄慧千, 周普国, 张峰祖, 等. 猕猴桃农药登记和残留现状及应对措施研究[J]. *农药科学与管理*, 2021, 42(2): 11–18. [ ZHUANG H Q, ZHOU P G, ZHANG Z F, et al. Research on the situation and the corresponding measures of pesticide residues and pesticides registered in kiwifruit[J]. *Pesticide Science and Administration*, 2021, 42(2): 11–18. ]
- [ 16 ] 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. ]
- [ 17 ] 邓露晴. 高效氯氟氰菊酯在菠萝和金橘中的残留及膳食风险评估[D]. 广州: 华南农业大学, 2018. [ DENG L Q. Residue and dietary risk assessment of lambda-cyhalothrin in pineapple and kumquat[D]. Guangzhou: South China of Agricultural University, 2018. ]
- [ 18 ] SHUNYU Y, ZIXI Z, WANG L, et al. Evaluation of dissipation behavior, residues, and dietary risk assessment of fludioxonil in cherry via QuEChERS using HPLC-MS/MS technique[J]. *Molecules* (Basel, Switzerland), 2021, 26(11): 33–44.
- [ 19 ] FARAG M, OSAMA A, FAYZA A, et al. Dissipation behavior of thiophanate-methyl in strawberry under open field condition in Egypt and consumer risk assessment[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 28(1): 1–11.
- [ 20 ] HEZHI S, FENGJIAN L, XINZHONG Z, et al. Residue analysis and dietary exposure risk assessment of acibenzolar-S-methyl and its metabolite acibenzolar acid in potato, garlic, cabbage, grape and tomato[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2020, 207: 1–6.
- [ 21 ] 王冬群, 华晓霞. 慈溪市葡萄农药残留膳食摄入风险评估[J]. *食品安全质量检测学报*, 2017, 8(3): 1018–1024. [ WANG D Q, HUA X X. Dietary intake risk assessment of pesticide residues on grape in Cixi city[J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2017, 8(3): 1018–1024. ]
- [ 22 ] 聂继云, 李志霞, 刘传德, 等. 苹果农药残留风险评估[J]. *中国农业科学*, 2014(18): 3655–3667. [ NIE J Y, LI Z X, LIU C D, et al. Risk assessment of pesticide residues in apples[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2014(18): 3655–3667. ]
- [ 23 ] FANG L, ZHANG S, CHEN Z, et al. Risk assessment of pesticide residues in dietary intake of celery in China[J]. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 2015, 73(2): 578–586.
- [ 24 ] 薛雷, 孙红艳, 贾琦. 2016–2018年西安市水果中17种农药残留风险状况分析[J]. *黑龙江农业科学*, 2019(7): 80–84. [ XUE L, SUN H Y, JIA Q. Analysis of the risk status of 17 pesticide residues in fruits in Xi'an from 2016 to 2018[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2019(7): 80–84. ]
- [ 25 ] SHOEIBI S, AMIRAHMADI M, JANNAT B, et al. Pesticide residue levels in melon samples using gas chromatography-mass spectrometry[J]. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 2017, 27(154): 184–188.
- [ 26 ] PRODHAN M D H, PAPADAKIS E N, PAPADOPOULOU MOURKIDOU E. Analysis of pesticide residues in melon using QuEChERS extraction and liquid chromatography triple quadrupole mass spectrometry[J]. *Food Chemistry*, 2015, 95(13): 1219–1229.
- [ 27 ] 江景勇, 王会福, 何玲玲, 等. 台州草莓农药残留风险评估[J]. *江苏农业学报*, 2017, 33(6): 1408–1414. [ JIANG J Y, WANG H F, HE L L, et al. Risk assessment of pesticide residues in strawberry from Taizhou city[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2017, 33(6): 1408–1414. ]
- [ 28 ] 韩娇, 代俊强, 吴玥霖, 等. 葡萄农药残留膳食摄入风险评估[J]. *安徽农业科学*, 2019, 47(22): 170–174. [ HAN J, DAI J Q, WU Y L, et al. Risk assessment of pesticide residue dietary intake of grapes[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2019, 47(22): 170–174. ]
- [ 29 ] 王冬群, 潘丹霞, 华晓霞, 等. 水蜜桃农药残留膳食摄入风险评估[J]. *安徽农业科学*, 2016, 44(21): 126–130. [ WANG D Q, PAN D X, HUA X X, et al. Dietary intake risk assessment of pesticide residue in honey peach[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2016, 44(21): 126–130. ]
- [ 30 ] 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]. *Journal of Instrumental Analysis*, 2019, 38(9): 1066–1072. ]
- [ 31 ] 王冬群, 胡寅侠, 华晓霞. 慈溪市梨农药残留膳食摄入风险评估[J]. *江苏农业学报*, 2016, 32(3): 698–704. [ WANG D Q, HU Y X, HUA X X. Dietary intake risk assessment of pesticide residue in pears in Cixi city[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2016, 32(3): 698–704. ]
- [ 32 ] 汤逸飞, 黄芳, 陈欣慰, 等. 嘉兴市果桑园桑椹农药残留风险评估[J]. *蚕桑通报*, 2019, 50(4): 24–28. [ TANG Y F, HUANG F, CHEN X W, et al. Risk assessment of pesticide residues in Jiaxing mulberry fruit producing area[J]. *Bulletin of Sericulture*, 2019,

50(4): 24–28. ]

[ 33 ] 韦凯丽, 华震宇, 曹叶青, 等. 不同产地西瓜农药残留分析与膳食风险评估 [J]. 现代食品科技, 2020, 36(7): 331–337.

[ WEI K L, HUA Z Y, CAO Y Q, et al. Pesticide residue analysis and dietary risk assessment of watermelon in different habitats[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(7): 331–337. ]

[ 34 ] 郑珍蕾, 刘虹伶, 蒲德强, 等. 西甜瓜主要害虫防治技术[J]. 园艺与种苗, 2019, 39(5): 20–23. [ ZHENG Z L, LIU H L, PU D Q, et al. Main pest control technology of watermelon and melon[J]. Horticulture & Seed, 2019, 39(5): 20–23. ]

[ 35 ] PENG J C, YEH S D, HUANG L H, et al. Emerging threat of thrips-borne melon yellow spot virus on melon and watermelon in Taiwan[J]. European Journal of Plant Pathology, 2011, 130(2): 205–214.

[ 36 ] XIAOHONG M, GUOXIA L, XIUXIA Z, et al. Transmission and acquisition rate of watermelon mosaic virus (WMV) by *Aphis gossypii* on the zucchini plant and its relations with the occurrence of WMV[J]. Journal of Plant Protection, 2018, 45(6): 1274–1280.

[ 37 ] 王爽, 刘勇, 肖春雷, 等. 5 种药剂对三亚地区甜瓜瓜叶螨毒力测定试验[J]. 现代农业科技, 2016(17): 84. [ WANG S, LIU Y, XIAO C L, et al. Toxicity test of 5 pesticides to melon spider mites in Sanya area[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2016(17): 84. ]

[ 38 ] 吴禹慧. 安道麦新型棉花杀虫剂 Comissario 在巴西获得登记[J]. 农药市场信息, 2019, 648(9): 49. [ WU Y H. Adama's new

cotton insecticide Comissario gets registered in Brazil[J]. Pesticide Market News, 2019, 648(9): 49. ]

[ 39 ] BAO W X, KATAOKA Y, FUKADA K, et al. Imidacloprid resistance of melon thrips, thrips palmi, is conferred by CYP450-mediated detoxification[J]. Journal of Pesticide Science, 2015, 40(2): 65–68.

[ 40 ] 路虹, 宫亚军, 石宝才. 啉虫脒及吡虫啉对瓜蚜室内生物测定研究[J]. 北方园艺, 2008(2): 218–219. [ LU H, GONG Y J, SHI B C. Bioassay of acetaniprid and imidacloprid on melon aphid[J]. Northern Horticulture, 2008(2): 218–219. ]

[ 41 ] 吴声敢, 柳新菊, 苍涛, 等. 6 种杀虫剂对甜瓜蚜虫的防治效果[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(3): 451–452, 456. [ WU S G, LIU X J, CANG T, et al. Control effects of six insecticides on melon aphids[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2017, 58(3): 451–452, 456. ]

[ 42 ] Food and Agriculture Organization of the United Nations [EB/OL]. 2020. <https://www.fao.org/statistics/en/>.

[ 43 ] 任晓姣, 杨雍, 王党党, 等. 西安市甜瓜用药情况调查与对策建议[J]. 陕西农业科学, 2018, 64(1): 63–66. [ REN X J, YANG Y, WANG D D, et al. Investigation of melon use in Xi'an and countermeasures[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2018, 64(1): 63–66. ]

[ 44 ] 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(8): 90–95. [ WEI K L, ZHOU X L, YANG Q L, et al. Risk assessment of pesticide residues in muskmelon in Xinjiang[J]. Food & Machinery, 2019(8): 90–95. ]