

- infants and toddlers [J]. *Food Chemistry*, 2018, 266(15): 381-388.
- [21] ALTAKI M S, SANTOS F J, PUIGNOU L, et al. Furan in commercial baby foods from the Spanish market: estimation of daily intake and risk assessment [J]. *Food Additives and Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 2017, 34(5): 728-739.
- [22] European Food Safety Authority. Update on furan levels in food from monitoring years 2004-2010 and exposure assessment [J]. *EFSA Journal*, 2011, 9(9): 2347.
- [23] 李可, 陈网璇, 丘汾, 等. 非参数概率法评估 2015—2017 年深圳地区 9 类食品黄曲霉毒素膳食暴露风险 [J]. *卫生研究*, 2018, 47(5): 827-832.
- [24] QU C, LI B, WU H, et al. Probabilistic ecological risk assessment of heavy metals in sediments from China's major aquatic bodies [J]. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2016, 30(1): 271-282.
- [25] PALMERS S, GRAUWET T, VANDEN A L, et al. Effect of oxygen availability and pH on the furan concentration formed during thermal preservation of plant-based foods [J]. *Food Additives and Contaminants-Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 2016, 33(4): 612-622.
- [26] SCHOLL G, SCIPPO M L, PAUW E D, et al. Estimation of furan contamination across the Belgian food chain [J]. *Food Additives and Contaminants-Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 2012, 29(2): 172-179.
- [27] KETTLITZ B, SCHOLZ G, THEURILLAT V, et al. Furan and methylfurans in foods: an update on occurrence, mitigation, and risk assessment [J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2019, 18(3): 738-752.

## 风险评估

# 广东省部分地区市售龙眼中农药残留现状与膳食暴露评估

黄敏兴<sup>1,2</sup>, 高裕锋<sup>1,2</sup>, 甄振鹏<sup>1,2</sup>, 刘志鹏<sup>1,2</sup>, 陈晓初<sup>1,2</sup>, 杨李胜<sup>1,2</sup>, 余构彬<sup>1,2</sup>

(1. 广东省科学院生物工程研究所, 广东 广州 510316;

2. 中国轻工业甘蔗制糖工程技术研究中心, 广东 广州 510316)

**摘要:**目的 调查广东省 10 个城市市售龙眼中农药残留现状并开展膳食暴露评估, 为龙眼生产的合理用药及龙眼中农药残留限量的修订提供参考依据。方法 随机采购来自广东省 10 个城市的 200 份龙眼样品, 对其中的 50 种农药残留进行检测。统计分析农药残留数据, 采用风险熵值进行龙眼膳食暴露风险评估。结果 200 份龙眼样品中, 检出农药 20 种, 其中检出率最高的农药为多菌灵, 高达 33.00% (66/200)。84.00% (168/200) 的样品检出农药残留, 27.50% (55/200) 的样品检出 2 种及以上多种农药残留。检出的 20 种农药的慢性膳食暴露量占每日允许摄入量的比例 (%ADI) 均低于 9.00%, 在 0.00%~8.56% 之间; 急性膳食暴露量占急性参考剂量的比例 (%ARFD) 均低于 100.00%, 在 0.02%~70.00% 之间。根据残留风险得分, 检出残留的 20 种农药可划分为高风险 (5 种)、中风险 (7 种)、低风险 (8 种) 3 类。结论 广东省 10 个城市龙眼中农药残留慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险均较低, 正常食用龙眼不会对居民健康造成不良影响。

**关键词:** 广东省; 龙眼; 农药残留; 风险评估

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2021)01-0086-07

DOI: 10.13590/j.cjfh.2021.01.017

## Monitoring and risk assessment of pesticide residues in longan samples in several areas of Guangdong Province

HUANG Minxing<sup>1,2</sup>, GAO Yufeng<sup>1,2</sup>, ZHEN Zhenpeng<sup>1,2</sup>, LIU Zhipeng<sup>1,2</sup>, CHEN Xiaochu<sup>1,2</sup>, YANG Lisheng<sup>1,2</sup>, YU Goubin<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Bioengineering, Guangdong Academy of Sciences, Guangdong Guangzhou 510316, China; 2. Research Center for Sugarcane Industry Engineering Technology of Light Industry of China, Guangdong Guangzhou 510316, China)

收稿日期: 2020-11-23

基金项目: 广州市科技计划项目 (201806010093); 广东省科学院专项资金项目 (2020GDASYL-20200103064)

作者简介: 黄敏兴 男 工程师 研究方向为食品检验与食品安全 E-mail: 1091298588@qq.com

通信作者: 高裕锋 男 高级工程师 研究方向为食品检验与标准化 E-mail: gyuf2001@163.com

**Abstract: Objective** To inspect the pesticide residues in longan samples from 10 cities of Guangdong Province and evaluate the health risk of dietary exposure. These collected data were expected to be useful in regulating the concentration of the pesticide residues, and also in supporting safe consumption of longan fruit. **Methods** 200 longan samples were collected randomly and 50 kinds of pesticide residues were analyzed. The dietary exposure risk was assessed by risk entropy which based on the statistics of pesticide residues. **Results** 20 kinds of pesticide residues were found in 84.00% (168/200) of the samples, and carbendazim with detection ratio of 33.00% (66/200) was found to be in the highest frequencies of detected pesticides. Further results showed that 27.50% (55/200) samples contained two or more pesticides. For 20 kinds of pesticides with detectable residues, acceptable daily intake (%ADI) was in the range of 0.00% to 8.56%, which was less than 9.00%. The acute reference dose (%ARfD) was ranged from 0.02% to 70.00%, which was less than 100.00%. These 20 kinds of pesticides were divided into three groups namely high risk group (5), medium risk group (7), and low risk group (8) by considering the residue risk score. **Conclusion** Chronic dietary intake risk and acute dietary intake risk of pesticide residues were relatively low in longan from 10 cities of Guangdong Province, and normal consumption of longan would not cause adverse health effects.

**Key words:** Guangdong Province; longan; pesticide residues; risk assessment

随着现代农业技术的高速发展,农药制剂被广泛使用,但因滥用农药、盲目增加药量、忽视休药期等不规范施药行为的存在,导致了严重的农药残留问题<sup>[1-2]</sup>。残留于农产品中的农药通过食物链进入人体,在富集和累积效应下,对人体健康产生直接或潜在危害,如损伤神经及内脏、致癌致畸等<sup>[3-4]</sup>。近年来,有关食用农产品农药残留安全性问题时有报道,政府及人民对食用农产品安全性的关注度越来越高,农药残留问题已成为食品安全关注的焦点问题<sup>[5]</sup>,因此,监测农产品的农药残留情况,并对其进行膳食摄入风险评估,对开展农产品质量安全监管和指导人民群众安全消费均具有重要意义。

龙眼是药食两用亚热带水果,是人们夏季主要食用水果之一。龙眼产区处于热带和亚热带地域,高温湿热气候明显,病虫害多且危害严重,尤其在花蕾期和成熟期,龙眼鬼帚病、霜霉病经常并发出现,严重影响龙眼质量和产量<sup>[6-7]</sup>。目前施用化学农药仍是龙眼病虫害防治的主要手段,然而,与其他大宗作物比较,龙眼种植面积相对较小,企业进行农药登记成本高,目前仅有多效唑、氯氰菊酯、毒死蜱等农药在龙眼上登记使用<sup>[8-9]</sup>。生产过程用药短缺、农药不合理使用造成龙眼中农药残留超标的现象时有发生<sup>[10]</sup>,因此监测龙眼中农药残留情况,并进行人体膳食摄入风险评估十分重要。

农药残留对人体健康产生危害是基于毒理学原理,只有综合分析农药毒性、残留量和膳食暴露量,才能对摄入风险做出合理评估。目前,国内农产品农药残留风险评估方面,一般用慢性膳食暴露量占每日允许摄入量的比例(%ADI)和急性膳食暴露量占急性参考剂量的比例(%ARfD)评估慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险;同时以%ADI和%ARfD作为农药残留慢性风险和急性风险的排

序指标。%ADI和%ARfD作为排序指标主要考虑了农药残留的暴露量。英国兽药残留委员会提出了一种风险排序矩阵的评估方法用于兽药残留的风险评估,该方法综合考虑了毒效、毒性、膳食比例、残留水平、暴露水平等因素,是一种风险综合排序和评估的有效方法<sup>[11]</sup>,可在农药残留风险得分排序中参考和借鉴。为全面了解2019年广东省市售龙眼中农药残留状况,随机采购龙眼样品200份进行50种农药残留检测,在综合分析农药残留结果的基础上,进行慢性及急性膳食暴露风险评估<sup>[12-15]</sup>,并对农药残留风险进行排序,以期为龙眼种植质量安全监管提供数据参考,并为引导消费提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品来源

2019年7~9月,在广州市、茂名市、湛江市、阳江市、惠州市、肇庆市、汕尾市、中山市、清远市、河源市10个地级市的超市、市场、水果专卖店随机购买200份龙眼样品。样品采集方法按照NY/T 789—2004《农药残留分析样本的采样方法》<sup>[16]</sup>执行,采样部位按照GB 2763—2019《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》<sup>[17]</sup>附录A,采集龙眼全果,去除果柄、果皮和果核(取果肉),残留量计算计入果核的重量。样品经匀浆处理后于-20℃储存,根据农药残留联席会议(JMPR)农药残留评估报告,试验期间所检测农药残留物在高含水量基质和高含糖量基质中保持相对稳定,不会发生显著降解<sup>[18]</sup>。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 农药残留检测

苯醚甲环唑、吡唑醚菌酯、马拉硫磷、啉霉胺、

噻虫嗪、敌敌畏、对硫磷、甲基对硫磷、乐果、丙溴磷、虫螨腈、吡蚜灵、多效唑、二甲戊灵、氟虫腈、甲拌磷、氯菊酯、三氯杀螨醇、乙烯菌核利、氟氯氰菊酯、氟戊菊酯、腐霉利、甲氰菊酯、联苯菊酯、氯氰菊酯、氰戊菊酯、三唑酮、溴氰菊酯、毒死蜱、甲胺磷、甲基异柳磷、三唑磷、水胺硫磷、乙酰甲胺磷等 34 种农药参照 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》<sup>[19]</sup> 进行检测。

吡虫啉、啶虫脒、多菌灵、氟啶脲、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、啉菌酯、灭蝇胺、灭幼脲、烯酰吗啉、辛硫磷、除虫脲、甲萘威、克百威、灭多威、涕灭威等 16 种农药参照 GB/T 20769—2008《水果和蔬菜中 450 种农药及相关化学残留量的测定 液相色谱-串联质谱法》<sup>[20]</sup> 进行检测。

称取 20 g 果肉,按照标准方法进行前处理及仪器检测,对 50 种农药进行加标回收质量控制,加标水平均为 0.1 mg/kg,回收率为 78.3%~109.7%,表明 50 种农药参照 GB 23200.8—2016 和 GB/T 20769—2008 进行检测,结果可靠。

### 1.2.2 慢性膳食暴露风险评估

根据 2014 年数据统计,广东省鲜龙眼年产量  $7.843 \times 10^5$  t<sup>[21]</sup>,年进口鲜龙眼量约  $1.4 \times 10^5$  t(参考 2009 年数据<sup>[22]</sup>),年出口鲜龙眼量约  $3.0 \times 10^3$  t<sup>[21]</sup>。龙眼产期相对集中,主要在每年的 7~10 月上市<sup>[21]</sup>,因此龙眼的集中消费天数约为 120 d。2012 年广东省总人口数为 1.043 2 亿人<sup>[23]</sup>。根据龙眼的年产量、进口量、出口量、集中消费天数以及总人口数计算,广东省居民日均龙眼消费量为 0.073 6 kg(73.6 g)。用公式(1)<sup>[24-25]</sup>和公式(2)计算各农药的慢性膳食摄入风险(%ADI)<sup>[26-27]</sup>。根据农药残留膳食风险评估原则,%ADI 值越小,风险越小,表示该农药的慢性膳食摄入风险越小。当%ADI≤100%时,表示风险可以接受;当%ADI>100%时,表示有不可接受的风险<sup>[25]</sup>。

$$NEDI = \frac{\sum_{k=1}^n x_{k, \text{mean}} \times c_{k, \text{mean}}}{BW_{\text{mean}}} \quad (1)$$

$$\%ADI = \frac{NEDI}{ADI} \times 100 \quad (2)$$

式中,*NEDI*为某种农药的平均暴露水平,μg/kg BW;*x<sub>k, mean</sub>*为第*k*种食物在全人群的平均消费量,g/d;*c<sub>k, mean</sub>*为第*k*种食物监测残留浓度的平均值,mg/kg;*n*为可能含有某种化学物的食物数目;*BW<sub>mean</sub>*为人群平均体重,参考联合国粮食及农业组织(FAO)数据<sup>[28-30]</sup>,按照 60 kg 计算;*ADI*为每日允许摄入量,

mg/kg BW,按照 GB 2763—2019<sup>[17]</sup>计算。

### 1.2.3 急性膳食暴露风险评估

根据世界卫生组织数据<sup>[28]</sup>,我国居民龙眼消费的大份餐(LP,一般以日消费量的 97.5 百分位点值为准<sup>[27-29]</sup>)为 0.389 2 kg,龙眼单果重为 20 g(≤25 g),采用公式(3)计算估计短期摄入量<sup>[30]</sup>,采用公式(4)和(5)分别计算每种农药的急性膳食摄入风险(%ARfD)和安全界限(SM)<sup>[28]</sup>。根据农药残留膳食风险评估原则,%ARfD 值越小,风险越小。当%ARfD≤100%时,表示风险可以接受;当%ARfD>100%时,表示有不可接受的风险<sup>[31]</sup>。

$$ESTI = \frac{LP \times HR}{BW} \quad (3)$$

$$\%ARfD = \frac{ESTI}{ARfD} \times 100 \quad (4)$$

$$SM = \frac{ARfD \times BW}{LP} \quad (5)$$

式中:*ESTI*为估计短期摄入量,kg;*HR*为最高残留量,取 99.9 百分位点值<sup>[32]</sup>,mg/kg;*LP*为中国居民龙眼消费大份餐,取 0.389 2 kg;*BW*为人群平均体重,kg,按照 60 kg 计算<sup>[28,30]</sup>;*ARfD*为急性参考剂量,mg/kg BW;*SM*为安全界限,mg/kg。

### 1.2.4 农药残留风险排序

参考兽药残留风险排序矩阵<sup>[11,33]</sup>,以农药毒性指标代替兽药毒性指标,采用急性经口毒性,并根据经口半数致死量(LD<sub>50</sub>)分为低毒、中毒、高毒和剧毒 4 类,具体农药的 LD<sub>50</sub> 可从中国农药信息网查询。膳食比例(龙眼占居民总膳食的百分率,%)、农药毒效(ADI 值,可从 GB 2763—2019<sup>[17]</sup>中获得)、使用频率(FOD)、高暴露人群、残留水平均采用原赋值标准<sup>[34]</sup>,每个指标的赋值标准见表 1。农药使用频率、样品中各农药的残留风险得分(TS)、风险指数(RI)分别按照公式(6)和(7)计算。各农药的残留风险得分以该农药在所有样品中的残留风险得分平均值计,该值越高,残留风险越大。龙眼样品的农药残留风险用风险指数排序,风险指数越大,风险越大。

$$FOD = \frac{T}{P} \times 100 \quad (6)$$

$$TS = (A + B) \times (C + D + E + F) \quad (7)$$

式中:*T*为龙眼果实发育过程中使用该农药的次数;*P*为龙眼果实发育日数(龙眼从开花到果实成熟所经历的时间,取 120 d<sup>[35]</sup>);*A*为毒性得分;*B*为毒效得分;*C*为龙眼膳食比例得分;*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。

表1 农药残留风险排序赋值标准<sup>[34]</sup>

Table 1 Score standard for risk ranking indicators

指标	指标值	得分
毒性	低毒	2
	中毒	3
	高毒	4
	剧毒	5
毒效/(mg/kg BW)	$\geq 1 \times 10^{-2}$	0
	$1 \times 10^{-4} \sim < 1 \times 10^{-2}$	1
	$1 \times 10^{-6} \sim < 1 \times 10^{-4}$	2
	$< 1 \times 10^{-6}$	3
膳食比例/%	$< 2.5$	0
	$2.5 \sim < 20.0$	1
	$20.0 \sim < 50.0$	2
	$50.0 \sim < 100.0$	3
使用频率/%	$< 2.5$	0
	$2.5 \sim < 20.0$	1
	$20.0 \sim < 50.0$	2
	$50.0 \sim < 100.0$	3
高暴露人群	无	0
	不太可能	1
	有可能	2
	有或无相关数据	3
残留水平/(mg/kg)	ND	1
	$< 1 \times \text{MRL}$	2
	$1 \times \text{MRL} \sim 10 \times \text{MRL}$	3
	$> 10 \times \text{MRL}$	4

注:ND表示未检出;MRL表示最大残留限量

表2 龙眼中20种农药的残留情况( $n=200$ )

Table 2 Twenty pesticides residues in longan

农药	毒性	检出份数	检出率/%	最大残留限量/(mg/kg)	残留量范围/(mg/kg)
多菌灵	低毒	66	33.00	—	ND~0.498 0
灭幼脲	低毒	49	24.50	—	ND~0.209 0
吡唑醚菌酯	低毒	27	13.50	—	ND~0.063 9
除虫脲	低毒	26	13.00	—	ND~0.556 0
氯虫苯甲酰胺	低毒	19	9.50	—	ND~0.019 6
啶虫脒	中毒	16	8.00	2	ND~0.982 0
烯酰吗啉	低毒	14	7.00	—	ND~0.019 5
吡虫啉	中毒	9	4.50	—	ND~0.024 6
苯醚甲环唑	低毒	5	2.50	—	ND~0.124 8
甲氧菊酯	中毒	4	2.00	5	ND~0.173 2
氯氰菊酯	中毒	4	2.00	—	ND~0.026 0
啉菌酯	低毒	4	2.00	—	ND~0.008 0
毒死蜱	中毒	3	1.50	1.0	ND~0.685 0
克百威	高毒	3	1.50	0.02	ND~0.017 6
敌敌畏	中毒	2	1.00	0.2	ND~0.067 6
三唑磷	中毒	2	1.00	—	ND~0.102 0
灭多威	高毒	2	1.00	0.2	ND~0.038 0
氰戊菊酯	中毒	2	1.00	0.2	ND~0.041 2
噻虫嗪	中毒	1	0.50	—	ND~0.009 5
涕灭威	高毒	1	0.50	0.02	ND~0.016 0

注:ND表示未检出;—表示在GB 2763—2019<sup>[17]</sup>中无最大残留限量值

## 2 结果

### 2.1 龙眼中农药残留状况分析

200份龙眼样品中,168份样品检出农药残留(84.00%),共检出20种农药(包括8种低毒农药、9种中毒农药、3种高毒农药),其中检出多种农药的样品为55份(27.50%)。在检出的20种农药中,多菌灵检出率最高,高达33.00%(66/200),其次为灭幼脲(24.50%,49/200)。总体而言,广东省龙眼中农药残留检出率相对较高,但农药残留量均处于较低水平,各检出的农药残留水平见表2。

### 2.2 龙眼农药残留慢性风险评估

龙眼中农药残留慢性膳食摄入风险评估结果详见表3。检出的20种农药的%ADI均远远低于100.00%,其中,三唑磷的%ADI最高为8.56%;除虫脲、毒死蜱、克百威、敌敌畏4种农药的%ADI在1.22%~4.44%之间,其他农药的%ADI均低于1.00%。这表明经龙眼暴露于20种农药的慢性膳食摄入风险可以接受。

### 2.3 龙眼农药残留急性风险评估

世界卫生组织数据库<sup>[36]</sup>中氯虫苯甲酰胺、啉菌酯、除虫脲的ARfD信息为“unnecessary(不必要)”,灭幼脲、甲氧菊酯、敌敌畏无ARfD信息,其余14种农药的ARfD信息见表3。从表3可得,这14种农

药的急性膳食摄入风险(%ARfD)在0.02%~70.00%之间,均低于100.00%。这说明经龙眼暴露于这20种农药的急性膳食摄入风险是可以接受的。其中,啶虫脒、克百威、三唑磷、灭多威等4种农药的%ARfD>5.00%,分别为6.40%、10.00%、70.00%、10.00%,多菌灵、毒死蜱、氰戊菊酯、涕灭威等4种农药的%ARfD在1.50%~4.40%之间,其余6种农药的%ARfD均低于1.00%。各种农药的最高残留量均小于安全界限值,但三唑磷的最高残留量0.102 0 mg/kg,较为接近安全界限值0.15 mg/kg。

### 2.4 农药残留风险排序

根据广东省龙眼消费量以及居民食物消费量<sup>[37]</sup>推断,广东省居民龙眼消费量占总膳食的比例为2.5%~20.0%,根据表1可确定龙眼膳食比例(C)得分为1。根据农药合理使用国家标准<sup>[38-45]</sup>,每种农药在龙眼中使用的次数最多为3次。龙眼的发育期在120 d以内,计算得出各农药的使用频率(FOD)均小于2.5%,根据表1确定农药使用频率得分(D)为0分。由于目前尚无相关资料可以判定存在高暴露人群的相关数据,因此根据表1确定龙眼高暴露人群得分(E)为3分,涉及各农药A~F的分值及残留风险评分结果见表4,20种农药的残留风险得分见图1。从图1可看出,根据20种农药的残留风险得分分为3类<sup>[34,46]</sup>,第1类为高风险



表3 农药残留慢性风险评估和急性风险评估结果

Table 3 Chronic risk assessment and acute risk assessment of pesticide residues

农药	慢性风险评估			急性风险评估				
	ADI/(mg/kg BW)	c/(mg/kg)	%ADI/%	HR/(mg/kg)	ARfD/(mg/kg BW)	ESTI/(mg/kg)	%ARfD/%	SM/(mg/kg)
多菌灵	0.03	0.187 2	0.76	0.484 8	0.1	0.003 1	3.10	15.42
灭幼脲	1.25	0.086 7	0.01	0.191 4	—	0.001 2	—	—
吡唑醚菌酯	0.03	0.027 4	0.11	0.057 2	0.05	0.000 4	0.80	7.71
除虫脲	0.02	0.199 2	1.22	0.554 1	不必要	0.003 6	—	—
氯虫苯甲酰胺	2.00	0.011 3	0.00	0.019 5	不必要	0.000 1	—	—
啶虫脒	0.07	0.322 2	0.56	0.980 3	0.1	0.006 4	6.40	15.42
烯酰吗啉	0.20	0.008 2	0.00	0.019 2	0.6	0.000 1	0.02	92.50
吡虫啉	0.06	0.013 7	0.03	0.024 5	0.4	0.000 2	0.05	61.66
苯醚甲环唑	0.01	0.029 3	0.36	0.124 1	0.3	0.000 8	0.27	46.25
甲氧菊酯	0.03	0.080 4	0.33	0.156 3	—	0.001 0	—	—
氯氰菊酯	0.02	0.021 3	0.13	0.025 7	0.04	0.000 2	0.50	6.17
啉菌酯	0.20	0.006 6	0.00	0.008 0	不必要	0.000 0	—	—
毒死蜱	0.01	0.362 4	4.44	0.683 8	0.1	0.004 4	4.40	15.42
克百威	0.001	0.013 9	1.71	0.017 6	0.001	0.000 1	10.00	0.15
敌敌畏	0.004	0.066 4	2.04	0.064 6	—	0.000 4	—	—
三唑磷	0.001	0.069 8	8.56	0.101 8	0.001	0.000 7	70.00	0.15
灭多威	0.02	0.026 3	0.26	0.037 2	0.002	0.000 2	10.00	0.31
氰戊菊酯	0.02	0.027 2	0.17	0.039 3	0.02	0.000 3	1.50	3.08
噻虫嗪	0.08	0.009 5	0.01	0.009 5	0.03	0.000 1	0.33	4.62
涕灭威	0.003	0.016 0	0.65	0.015 4	0.003	0.000 1	3.33	0.46

注:c表示龙眼中某种农药残留的平均值;—表示无相关信息或无法计算

表4 龙眼中20种农药残留风险评分结果(分)

Table 4 Residue risk scores of 20 pesticides in longan

农药	A	B	C	D	E	F	TS
多菌灵	2	0	1	0	3	1.330	10.66
灭幼脲	2	0	1	0	3	1.245	10.49
吡唑醚菌酯	2	0	1	0	3	1.135	10.27
除虫脲	2	0	1	0	3	1.130	10.26
氯虫苯甲酰胺	2	0	1	0	3	1.095	10.19
啶虫脒	3	0	1	0	3	1.080	15.24
烯酰吗啉	2	0	1	0	3	1.070	10.14
吡虫啉	3	0	1	0	3	1.045	15.14
苯醚甲环唑	2	0	1	0	3	1.025	10.05
甲氧菊酯	3	0	1	0	3	1.020	15.06
氯氰菊酯	3	0	1	0	3	1.020	15.06
啉菌酯	2	0	1	0	3	1.020	10.04
毒死蜱	3	0	1	0	3	1.015	15.05
克百威	4	1	1	0	3	1.015	25.08
敌敌畏	3	1	1	0	3	1.010	20.04
三唑磷	3	1	1	0	3	1.010	20.04
灭多威	4	0	1	0	3	1.010	20.04
氰戊菊酯	3	0	1	0	3	1.010	15.03
噻虫嗪	3	0	1	0	3	1.005	15.02
涕灭威	4	1	1	0	3	1.005	25.03

注:A~F分别为毒性、毒效、膳食比例、使用频率、高暴露人群、残留水平的得分;TS为残留得分

农药,共5种,残留风险得分≥20分;第2类为中风险农药,共7种,残留风险得分在15~20分;第3类为低风险农药,共8种,残留风险得分≤15分。

计算得到200份龙眼样品中各种农药残留风险指数在0.00~16.52之间,共分为4类,其中第1类为高风险样品,农药残留风险指数≥15,共有1份样品;第2类为中风险样品,农药残留风险指数在10~

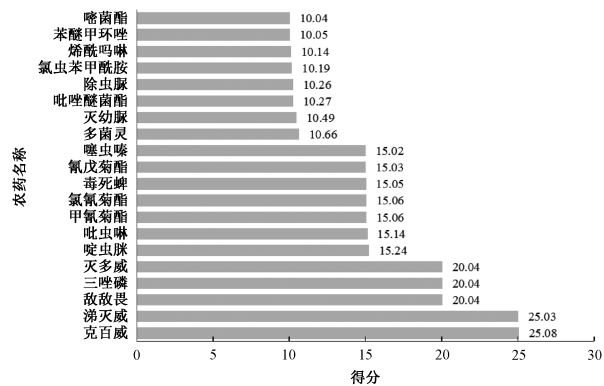


图1 龙眼中20种农药的残留风险排序

Figure 1 Ranking of residue risk of 20 pesticides in longan

15之间,共有6份样品;第3类为低风险样品,农药残留风险指数在5~10之间,共有42份样品;第4类为极低风险样品,共有151份。这说明针对检出的20种农药,广东省市售龙眼农产品残留风险水平以低风险和极低风险为主,占96.5%(193/200)。

### 3 讨论

2019年广东省10个城市200份龙眼样品中50种农药残留总体检出率为84.00%,检出农药20种。对比相关龙眼农药残留检测研究,CHEN等<sup>[10]</sup>在广东省内抽取了10个批次龙眼样品,进行农药残留检测,检测农药包括三唑酮、戊唑醇、己唑醇、烯唑醇、腈菌唑、溴氰菊酯、苜氯菊酯、甲氧菊酯、联苯菊酯等9种,其中检出甲氧菊酯、腈菌唑、溴氰菊酯3种农药。经分析评估,针对本研究检出的20种农药,

龙眼样品中农药残留慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险均较低,正常食用龙眼不会对居民健康造成不良影响。

本研究仅考虑龙眼中农药的残留情况,未考虑其他食品来源的农药残留,在一定程度上低估了膳食暴露水平。此外,本研究采用标准人的体重 60 kg 作为评估体重参考值,采用龙眼平均消费量作为摄入量,并非具体个体的实际体重和龙眼摄入量,也无法计算高消费量人群的暴露水平,具有一定的不确定性。对于慢性膳食摄入风险评估,在确定居民日均龙眼消费量时,龙眼产量应扣除出口量,同时应计入龙眼进口量才是可作为鲜果消费的龙眼数量。本研究综合上述因素之后确定广东省居民日均龙眼消费量为 0.073 6 kg,但因未收集到广东省龙眼深加工的数量,在计算龙眼消费量时未扣除龙眼深加工的数量,因此慢性膳食摄入风险评估结果可能会偏高。由于在本研究中,龙眼暴露于 20 种农药的慢性膳食摄入风险水平较低(均小于 10%),因此上述情况对最终结果基本不影响。对于急性膳食摄入风险评估,其计算公式因被评估产品对象而异,分为单果 $\leq 25$ 和 $>25$  g 两种情况。本研究中龙眼的单果重量为 20 g,计算公式选择单果 $\leq 25$  g 情况下的急性膳食摄入风险评估公式,计算公式中的变异因子采用默认值 3;对于大份餐的取值,由于找不到国内数据,因此本研究采用的大份餐值是参考世界卫生组织数据。本研究选用的大份餐数据与广东省居民实际的情况会有一些差异,但多数产品可能是偏向高估的,由于龙眼暴露于 20 种农药的急性膳食摄入风险较低,因此对最终结果影响不大。急性膳食摄入风险评估中农药残留水平如何取值,目前存在一定争议。

## 参考文献

[1] 李佳蔚,黄会,韩典峰,等. 磺酰脲类除草剂毒性及多残留检测技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(2): 367-374.

[2] 黄敏兴,高裕锋,甄振鹏,等. 气相色谱-质谱法测定甘蔗中 13 种除草剂[J]. 化学试剂, 2018, 40(8): 759-762, 766.

[3] 刘仁杰,赵悦,王玉华,等. 有机磷农药残留现状及去除方法的研究进展[J]. 食品工业, 2019, 40(9): 299-302.

[4] YU R, LIU Q, LIU J S, et al. Concentrations of organophosphorus pesticides in fresh vegetables and related human health risk assessment in Changchun, Northeast China [J]. Food Control, 2016, 60:353-360.

[5] 张婷,王玉萍,段毅宏,等. 云南省新鲜蔬菜中 11 种有机磷农药残留情况分析及其慢性累积暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2019, 31(5): 475-480.

[6] 邹冬梅,吕岱竹,李建国. 我国龙眼农药最大残留限量制定及农药残留现状分析[J]. 中国热带农业, 2012, 6(49):

8-11.

[7] 周春娜,黄立胜,黄德超,等. 荔枝与龙眼病虫害绿色防控技术[J]. 现代农业科技, 2015(17):169, 171.

[8] 中国农药信息网. 农药登记数据[DB/OL]. (2020)[2020-06-01]. <http://www.chinapesticide.org.cn/hysj/index.jhtml>.

[9] 张红,陈子雷,王文正,等. 小作物中农药残留限量标准制定的研究[J]. 农产品质量与安全, 2012(2): 34-37.

[10] CHEN Z X, LI Q, YANG T C, et al. Sequential extraction and enrichment of pesticide residues in longan fruit by ultrasonic-assisted aqueous two-phase extraction linked to vortex-assisted dispersive liquid-liquid microextraction prior to high performance liquid chromatography analysis [J]. Journal of Chromatography A, 2020, 1619: 460929.

[11] The Veterinary Residues Committee-Matrix Ranking Subgroup. Minutes of the meeting held on Wednesday 4 September 2013 at the VMD [EB/OL]. (2014-01-16) [2020-05-07]. <http://www.vmd.defra.gov.uk/VRC/pdf/papers/2013/vrc1334.pdf>.

[12] RICHTER A, SIEKKE C, REICH H, et al. Setting the stage for the review of the international estimate of short-term intake (IESTI) equation. [J]. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 2018, 53(6): 343-351.

[13] 袁玉伟,王静,叶志华. 食品中农药残留的膳食暴露与累积性暴露评估研究[J]. 食品科学, 2008, 29(1): 374-378.

[14] 赵慧宇,杨桂玲,叶贵标,等. 急性膳食风险评估在农药残留限量标准制定中的应用[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(9): 1600-1602, 1606.

[15] 高仁君,陈隆智,张文吉. 农药残留急性膳食风险评估研究进展[J]. 食品科学, 2007, 28(2): 363-368.

[16] 中华人民共和国农业部. 农药残留分析样本的采样方法: NY/T 789—2004[S]. 北京:中国标准出版社, 2004.

[17] 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农村部,国家市场监督管理总局. 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:中国农业出版社, 2019.

[18] FAO. List of pesticides evaluated by JMPR and JMPS [EB/OL]. (2015) [2020-06-01]. <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/lpe/en>.

[19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,中华人民共和国农业农村部,国家食品药品监督管理总局. 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:GB 23200.8—2016[S]. 北京:中国标准出版社, 2016.

[20] 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. 水果和蔬菜中 450 种农药及相关化学残留量的测定 液相色谱-串联质谱法:GB/T 20769—2008 [S]. 北京:中国标准出版社, 2008.

[21] 陈水渐,姚兆奇,万忠,等. 2015 年广东龙眼产业发展形势与对策建议[J]. 广东农业科学, 2016, 43(4): 25-28.

[22] 罗军,周灿芳,万忠,等. 2010 年广东龙眼产业发展现状分析[J]. 广东农业科学, 2011, 38(4): 16-18.

[23] 杨大杰,郑育丰,黄桂玲,等. 广东省人口变动情况分析[J]. 中国卫生产业, 2014(25): 105-107.

[24] 刘守钦,杨柳,孙延斌,等. 济南市市售蔬菜中农药残留及慢性膳食暴露风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2016, 28(4): 532-535.

- [25] RENWICK A G. Pesticide residue analysis and its relationship to hazard characterisation (ADI/ARfD) and intake estimations (NEDI/NESTI) [J]. *Pest Management Science*, 2002, 58 (10): 1073-1082.
- [26] 钱永忠, 李耘. 农产品质量安全风险评估:原理、方法和应用 [M]. 北京:中国标准出版社, 2007.
- [27] 张志恒, 汤涛, 徐浩, 等. 果蔬中氯吡啶残留的膳食摄入风险评估[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(10): 1982-1991.
- [28] World Health Organization (WHO). Programmes, chemical risks[DB/OL]. (2017) [2020-06-01]. [http://www.who.int/entity/foodsafety/areas\\_work/chemical-risks/IESTI\\_calculation\\_15\\_model\\_final\\_xlsm](http://www.who.int/entity/foodsafety/areas_work/chemical-risks/IESTI_calculation_15_model_final_xlsm).
- [29] AMBRUS A. Variability of pesticide residues in crop units[J]. *Pest Management Science*, 2006, 62 (8): 693-714.
- [30] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Submission and evaluation of pesticide residues data for estimation of maximum residue levels in food and feed (FAO plant production and protection paper 197) [R]. Rome: FAO, 2009.
- [31] European Food Safety Authority, the Dutch National Institute for Public Health and the Environment. Revisiting the international estimate of short-term intake (IESTI equations) used to estimate the acute exposure to pesticide residues via food[R]. 2015.
- [32] BIETLOT H P, KOLAKOWSKI B. Risk assessment and risk management at the Canadian Food Inspection Agency (CFIA): a perspective on the monitoring of foods for chemical residues[J]. *Drug Testing and Analysis*, 2012, 4: 50-58.
- [33] 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, 47(18): 3655-3667.
- [34] LI Z X, NIE J Y, YAN Z, et al. Risk assessment and ranking of pesticide residues in Chinese pears [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2015, 14(11): 2328-2339.
- [35] 尹金华, 刘成明, 范妍, 等. 龙眼新品种东良龙眼果实生长发育和果实性状[J]. *中国南方果树*, 2012, 41(2): 63-65.
- [36] World Health Organization. Inventory of evaluations performed by the joint meeting on pesticide residues[EB/OL]. (2017) [2020-06-01]. [https://extranet.who.int/sree/Reports?op=vs&path=/WHO\\_HQ\\_Reports/G7/PROD/EXT/JMPR\(JMPR\)&userid=G7\\_ro&password=inetsoft123](https://extranet.who.int/sree/Reports?op=vs&path=/WHO_HQ_Reports/G7/PROD/EXT/JMPR(JMPR)&userid=G7_ro&password=inetsoft123).
- [37] 王陇德. 中国居民营养与健康状况调查报告之一 2002 综合报告[M]. 北京:人民卫生出版社, 2005.
- [38] 国家质量技术监督局. 农药合理使用准则(一): GB/T 8321.1—2000[S]. 北京:中国标准出版社, 2000.
- [39] 国家质量技术监督局. 农药合理使用准则(二): GB/T 8321.2—2000[S]. 北京:中国标准出版社, 2000.
- [40] 国家质量技术监督局. 农药合理使用准则(三): GB/T 8321.3—2000[S]. 北京:中国标准出版社, 2000.
- [41] 国家质量技术监督局. 农药合理使用准则(四): GB/T 8321.4—2000[S]. 北京:中国标准出版社, 2000.
- [42] 国家质量技术监督局. 农药合理使用准则(五): GB/T 8321.5—2000[S]. 北京:中国标准出版社, 2000.
- [43] 国家质量技术监督局. 农药合理使用准则(六): GB/T 8321.6—2000[S]. 北京:中国标准出版社, 2000.
- [44] 国家质量技术监督局. 农药合理使用准则(七): GB/T 8321.7—2000[S]. 北京:中国标准出版社, 2000.
- [45] 国家质量技术监督局. 农药合理使用准则(八): GB/T 8321.8—2000[S]. 北京:中国标准出版社, 2000.
- [46] 王运儒, 邓有展, 陈永森, 等. 广西荔枝农药残留现状及膳食风险评估[J]. *南方农业学报*, 2018, 49(9): 1804-1810.

## · 资讯 ·

### 美国发布《国家一级饮用水规章》中铅和铜法规的最终修订版

据美国联邦公报消息,2021年1月15日,美国环保署发布2020-28691号条例,确定《国家一级饮用水规章》中铅和铜法规的最终修订版。

这些修订的要求通过减少饮用水中铅和铜的暴露量,为公众健康提供了更好,更有效的保护。该条例将更好地识别高含量的铅,提高铅抽头采样结果的可靠性,加强腐蚀控制处理要求,扩大消费者意识并改善风险沟通。该最终条例首次要求社区用水系统在学校和儿童保育设施中进行饮用水铅含量检测和公共教育。此外,该条例还将通过消除现有的监管漏洞,推动早期行动并加强更换要求来加快铅引入管线的更换。

(转自食品伙伴网 <http://news.foodmate.net/2021/01/582874.html>)