DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20251104003
引用格式: 王琼妹, 周颖雪, 林爱琴, 等. 2024 年海南市售“妃子笑”荔枝农药残留情况及风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(8): 197–204.
WANG QM, ZHOU YX, LIN AIQ, *et al*. Pesticide residue status and risk assessment of commercially available “Feizixiao” *Litchi chinensis* in Hainan in 2024 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(8): 197–204. (in Chinese with English abstract).

2024 年海南市售“妃子笑”荔枝农药残留情况及风险评估

王琼妹, 周颖雪, 林爱琴, 吴基任, 周梦丽, 钟秋霞, 杨雅雅*
[海南省检验检测研究院, 国家市场监督管理总局重点实验室(热带果蔬质量与安全), 海口 570314]

摘 要: 目的 分析评价海南市售“妃子笑”荔枝多种农药残留情况及风险评估。**方法** 2024 年, 从海南省内 13 个市县(海口、琼中、儋州、临高、文昌、万宁、定安、陵水、澄迈、三亚、保亭、琼海、五指山)采集市售“妃子笑”荔枝样品(以下简称“妃子笑”)35 批次, 采用气相色谱-串联质谱法(gas chromatography-tandem mass spectrometry, GC-MS/MS)对样品中 195 种农药残留进行检测, 针对检出的农药残留组分进行分析, 基于风险排序法对检出的农药残留进行风险排序及膳食暴露风险评估。**结果** 农药残留检出率达 100%, 样品合格率为 62.9%。共检出 16 种农药组分, 其中仅有 8 种在我国制定了相应的限量标准, 仅占检出农药的 50%。在检出的农药中, 4 种农药的检出率超过 50%, 依次为苯醚甲环唑(91.4%)、氯氟氰菊酯和高效氯氟氰菊酯(80.0%)、氟丙菊酯(71.4%)及氯氰菊酯和高效氯氰菊酯(51.4%)。单批样品农药残留检出种类分布为: 1 种 1 批、2~3 种 6 批、4 种 6 批、5 种及以上 22 批, 单批最高检出 8 种。根据残留风险得分, 检出农药中低风险有 3 种, 中风险有 10 种, 高风险 3 种。不同人群慢性膳食暴露风险评估中, 男性每日允许摄入量高于女性, 但两者暴露风险值均较低。**结论** 海南市售“妃子笑”荔枝农药残留检出率较高, 或与现行标准检测部位为全果、部分农药无对应残留限量标准有关, 相关标准需完善; 单批样品检出农药种类多, 可能因生产中农药交替、重复施用, 检测结果可为科学用药提供数据; 风险评估显示其残留及慢性膳食暴露风险多为中低水平、可控, 消费者规范清洗果皮即可降低潜在影响。

关键词: “妃子笑”荔枝; 农药残留; 风险评估

收稿日期: 2025-11-04
基金项目: 国家市场监督管理总局重点实验室(热带果蔬质量与安全)基金项目(2024006)
第一作者: 王琼妹(1991—), 女, 工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: 363215104@qq.com
周颖雪(1991—), 女, 工程师, 主要研究方向为实验室质量管理体系。E-mail: 1240458306@qq.com
***通信作者:** 杨雅雅(1990—), 女, 工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: 1127986733@qq.com

Pesticide residue status and risk assessment of commercially available "Feizixiao" *Litchi chinensis* in Hainan in 2024

WANG Qiong-Mei, ZHOU Ying-Xue, LIN Ai-Qin, WU Ji-Ren, ZHOU Meng-Li, ZHONG Qiu-Xia, YANG Ya-Ya*

(*Hainan Academy of Inspection and Testing*, *Key Laboratory of Tropical Fruits and Vegetables Quality and Safety*, *State Administration for Market Regulation*, *Haikou* 570314, *China*)

ABSTRACT: Objective To analyze and evaluate the situation of multiple pesticide residues and risk assessment in commercially available "Feizixiao" *Litchi chinensis* in Hainan. **Methods** In 2024, 35 batches of commercially available "Feizixiao" *Litchi chinensis* samples (referred to as "Feizixiao") were collected from 13 cities and counties in Hainan Province (Haikou, Qiongzhong, Danzhou, Lingao, Wenchang, Wanning, Ding'an, Lingshui, Chengmai, Sanya, Baoting, Qionghai, Wuzhishan). Gas chromatography-tandem mass spectrometry (GC-MS/MS) was used to detect 195 kinds of pesticide residues in the samples. The detected pesticide residue components were analyzed, and risk ranking as well as dietary exposure risk assessment of these residues were conducted based on the risk ranking method. **Results** The total detection rate of pesticide residues was 100%, with a sample qualification rate of 62.9%. A total of 16 pesticide components were detected, among which only 8 had corresponding maximum residue limits established in China, accounting for 50% of the detected pesticides. The 4 kinds of pesticides had a detection rate exceeding 50%, namely difenoconazole (91.4%), lambda-cyhalothrin and gamma-cyhalothrin (80.0%), flumiproparil (71.4%) and cypermethrin and beta-cypermethrin (51.4%). The distribution of pesticide residue types detected per batch was as follows: 1 batch with 1 type, 6 batches with 2–3 types, 6 batches with 4 types, and 22 batches with 5 or more types, with a maximum of 8 types detected in a single batch. Based on the residue risk scores, among the detected pesticides, 3 were classified as low-risk, 10 as medium-risk and 3 as high-risk. In the chronic dietary exposure risk assessment of diverse populations, the acceptable daily intake for males exceeded that for females, yet both exhibited low exposure risk levels. **Conclusion** The detection rate of pesticide residues in commercially available "Feizixiao" *Litchi chinensis* in Hainan is relatively high, possibly related to the current standard specifying the whole fruit as the testing part and the lack of corresponding residue limits for some pesticides, which requires standard improvement. Multiple pesticide types are detected in single batches, likely due to alternating/repeated pesticide application during production; the results can support scientific pesticide use. Risk assessment shows most residue and chronic dietary exposure risks are low-to-medium and controllable, and consumers can reduce potential impacts by properly cleaning the peel.

KEY WORDS: "Feizixiao" *Litchi chinensis*; pesticide residue; risk assessment

0 引 言

作为无患子科植物, 荔枝树属于常绿乔木范畴。喜高温高湿环境, 主产区分布在广东、广西、海南等地[1], 在我国华南地区果树种植中发挥着重要的经济作用。荔枝作为用药短缺的特色小宗作物, 仅有少量农药完成登记用于其种植场景, 登记的农药有效成分共 56 种, 包含杀虫剂、杀菌剂、除草剂及植物生长调节剂[2]。然而, 荔枝种植中面临的虫害达 80 余种、病害 20 余种, 现有登记农药远无法匹配实际生产的防控需求。这使得荔枝生产中部分农药的使用参数只能参照其他作物[3], 从而增加了荔枝中农药残留的风险。

在海南省的荔枝种植中, "妃子笑"荔枝是核心主栽品种, 以下称"妃子笑"。国家荔枝龙眼产业技术体系调研数据显示, 2021 年"妃子笑"的栽培覆盖我国华南各省(区)约 50 个县(市、区), 总面积 79896 hm^2, 年总产量达 570200 t, 分别约占全国荔枝总面积和总产量的 15%和 20%, 是我国分布范围最广、平均单产最高的荔枝品种。海南省陵水县、海口市、文昌市、琼海市、万宁市、定安县、儋州市, "妃子笑"种植面积分别为 2433、5467、2803、2607、1805、1600、880 hm^2[4]。

海南属于热带地区, 肥沃的土壤和充足的阳光为"妃子笑"的生长提供了理想的环境。也使得病虫害频发, 导致农户在种植过程中不得不依赖农药来控制病虫害, 从而可

能带来农药残留问题。而且新鲜“妃子笑”不易保存, 因此化学农药仍是生产和储藏过程中主要的病虫害防治手段[5]。目前已有不少针对我国荔枝的农药残留风险评估[6–10], 但对海南“妃子笑”的农药残留情况研究较少, 因此, 有必要对海南“妃子笑”中的农药残留情况进行分析, 了解其农药残留状况。

鉴于此, 本研究以海南 13 个市县“妃子笑”35 批次为研究对象, 参考现行标准 GB 2763—2021《食品安全国家标准食品中农药最大残留限量》, 采用气相色谱-串联质谱法(gas chromatography-tandem mass spectrometry, GC-MS/MS), 对“妃子笑”全果样本进行检测, 分析农药残留情况及风险评估, 为农户在合理使用农药提供参考, 为消费者在食用新鲜“妃子笑”时如何避免食用更多农药作为参考。

1　材料与方法

1.1　材料与试剂

随机购买海南海口、陵水、澄迈、琼中、儋州、琼海、临高、文昌、万宁、定安、三亚、保亭、五指山 13 个市县市售“妃子笑”共 35 批次。

208 种农药标准品(50 μg/mL)、环氧七氯 B 内标(50 μg/mL)(坛墨质检科技股份有限公司); 乙腈、乙酸乙酯(色谱纯, 美国 TEDIA 公司); QuEChERS 盐包[4 g $MgSO_4$、1 g NaCl、0.5 g 癸二酸二己酯(dihexyl sebacate, DHS), 1g TSCD]、15 mL 净化管(含 150 mg PSA, 900 mg $MgSO_4$)[岛津企业管理(中国)有限公司]。

1.2　仪器与设备

7890B-7000D 三重串联四极杆气质联用仪(电子轰击电离源, electron ionization, EI)、HP-5MS UI 色谱柱[安捷伦(中国)科技有限公司]; SatoriousSQP 千分之一天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司]; HN132 全自动氮吹浓缩仪(济南海能仪器股份有限公司); SiGMAZ-16KL 冷冻离心机(德国希格玛实验室离心机公司); TYXH-I 涡旋混合器(上海兰仪实业有限公司); HR2195 型飞利浦搅拌机(飞利浦电子香港有限公司); 0.22 μm 进口滤膜(美国颇尔公司)。

1.3　实验方法

1.3.1　试样制备

参照 GB 2763—2021 制样方法, “妃子笑”去核, 整果直接用破壁机捣碎匀浆, 置于聚丙烯瓶中, –20 ℃保存。

1.3.2　农药的选择

参考相关文献, 荔枝在生产和储藏中常用农药主要有杀虫剂、杀菌剂、植物生长调节剂等类型[11–16]。主要用于防治荔枝蒂蛀虫等病虫害[17–20]。此外常用还有除草剂。因此选择“妃子笑”在种植和储藏过程中可能使用的农药品种, 共计 195 种(按主要作用)。具体见表 1。

表 1　“妃子笑”全果中检测的 195 种农药

Table 1　The 195 kinds of pesticides detected in whole “Feizixiao” *Litchi chinensis*

类别	化合物名称
杀虫(螨)剂	六六六、艾氏剂、安硫磷、胺丙畏、胺菊酯、百治磷、倍硫磷、苯硫膦、苯硫威、吡丙醚、吡螨胺、丙硫磷、丙溴磷、虫螨磷、虫螨畏、虫线磷、除线磷、哒螨灵、哒嗪硫磷、狄氏剂、敌敌畏、敌噁磷、地胺磷、地虫硫膦、丁基嘧啶磷、毒虫畏、毒死蜱、对硫磷、对氧磷、喹硫磷、二嗪磷、伐灭磷、丰索磷、伏杀硫磷、氟胺氰菊酯、氟丙菊酯、氟氯氰菊酯和高效氟氯氰菊酯、氟氰戊菊酯、氯氟氰菊酯和高效氯氟氰菊酯、甲胺磷、甲拌磷、甲基毒死蜱、甲基对硫磷、甲基对氧磷、甲基嘧啶磷、甲基异柳磷、甲氰菊酯、久效磷、抗蚜威、克百威、喹硫磷、乐果、联苯菊酯、林丹、磷胺、硫丹、硫环磷、氯氰菊酯和高效氯氰菊酯、氯唑磷、马拉硫磷、马拉氧磷、嘧啶磷、灭线磷、皮蝇磷、氰戊菊酯、噻唑膦、三硫磷、三氯杀螨醇、三氯杀螨砜、三唑磷、杀虫畏、杀螨酯、杀螟硫磷、杀扑磷、生物氯菊酯、水胺硫磷、特丁硫磷、特丁硫磷砜、五氯苯胺、溴苯膦、溴苯烯磷、溴硫磷、溴螨酯、溴氰菊酯、亚胺硫磷、氧乐果、氧异柳磷、乙基溴硫磷、乙硫磷、乙螨唑、乙嘧硫磷、异丙威、异狄氏剂、异柳磷、益棉磷、毒蝇磷、治螟磷、联苯、六氯苯、益棉磷、乙酯杀螨醇
杀菌剂	吡菌磷、灭菌磷、苯醚甲环唑、乙嘧酚磺酸酯、苯霜灵、丙环唑、啶酰菌胺、敌瘟磷、噁霜灵、氟环唑、氟喹唑、氟酰胺、腐霉利、咯菌腈、环丙唑醇、环氟菌胺、己唑醇、甲基立枯磷、腈苯唑、腈菌唑、醚菌酯、嘧菌胺、嘧菌环胺、嘧霉胺、土菌灵、肟菌酯、五氯硝基苯、戊菌唑、戊唑醇、烯唑醇、三唑醇、三唑酮、四氟醚唑、四氯硝基苯、乙烯菌核利、抑霉唑、异菌脲、稻瘟灵、甲霜灵、喹氧灵、氯硝胺、咪唑菌酮、异稻瘟净
除草剂	哌草磷、莎稗磷、野麦畏、抑草磷、环丙氟灵、毒壤膦、阿特拉通、绿谷隆、莠灭净、莠去津、西玛津、特丁津、特丁净、扑草净、扑灭津、嗪草酮、敌草胺、敌草腈、敌草净、敌稗、苯草醚、丙草胺、丁草胺、二甲戊灵、二苯胺、噁草酮、氟丁酰草胺、禾草丹、禾草敌、禾草灵、环嗪酮、甲草胺、甲羧除草醚、炔苯酰草胺、三氟硝草醚、脱乙基莠去津、乙草胺、乙丁氟灵、乙丁烯氟灵、乙氧呋草黄、乙氧氟草醚、异丙甲草胺、异丙净、异噁草酮、苯噻酰草胺、吡氟禾草灵、除草醚、硫草敌
植物生长调节剂	多效唑、脱叶磷、氯苯胺灵

1.3.3 农药残留检测

样品前处理及农药残留检测方法均参照 GB 23200.113—2018《食品安全国家标准 植物源性食品中 208 种农药及其代谢物残留量的测定 气相色谱-质谱联用法》执行。根据“妃子笑”全果及果核的质量, 将测定的农药残留值换算为包含核重的全果残留量, 仪器使用三重串联四极杆气质联用仪, 依据 GB 2763—2021 中明确的农药最大残留限量(maximum residue limit, MRL), 对样品中检出的农药残留量进行判定分析。

1.3.4 农药残留风险排序

综合考虑农药的毒性、毒效(以每日允许摄入量, acceptable daily intake, ADI 值为参考)、膳食摄入比例、实际使用频率及高暴露人群等关键因素[21], 对海南市售“妃子笑”农药残留风险进行排序, 计算方式见公式(1), 农药残留风险值以 S 表示, S 值越大, 风险越高。排序指标的得分赋值规则如表 2 所示。

$$S=(A+B)\times(C+D+E)\times F \quad (1)$$

式中: A 为农药毒性评分(半数致死量, median lethal dose, LD_{50}); B 为毒效评分(ADI); C 为膳食比例评分; D 为农药实际使用频次评分; E 为高暴露人群风险评分; F 为农药残留水平得分。

1.3.5 不同人群慢性膳食摄入风险

由于急性膳食摄入通常聚焦于一餐或单日的摄入量, 计算时通常以单一食品的农药 MRL 为依据, 这种方式虽针对性强, 但在实际操作中不易掌握, 分析难度也较大。本研究采用慢性风险评估方式对食用“妃子笑”进入人体的农药进行慢性(长期)膳食摄入量风险评估。见公式(2), %ADI 值越小表示风险越低, 当%ADI<100.000%时, 风险可接受, %ADI>100.000%时, 有慢性暴露风险。

$$\%\mathrm{ADI}=\frac{c_0\times F}{\mathrm{bw}\times \mathrm{ADI}} \quad (2)$$

式中: %ADI 为慢性膳食摄入风险; c_0 为各农药平均残留值, mg/kg; F 为我国荔枝日均消费量, kg; bw 为人平均体重(body weight), kg; ADI 为每日允许摄入量, mg/kg·bw。

1.4 数据处理

采用 MS hunter GC-QQQ (2018 版本)进行数据分析, Microsoft Excel 2023 制表、绘图。

2 结果与分析

2.1 “妃子笑”中农药残留情况

35 批全果样品经前处理上机检测后, 检出率为 100%, 共检出 16 种农药 154 项次, 见表 3。表 3 中可见, 检出农药中包含高毒 1 种, 中毒 4 种, 低毒 11 种。参考相关登记信息, 适用于“妃子笑”(荔枝)的农药中并无高毒品种[22]。16 种农药中, 检出率高于 50%(含 50%)的有 4 种, 为苯醚甲环唑、氟丙菊酯、氯氟氰菊酯和高效氯氟氰菊酯、氯氰菊酯和高效氯氰菊酯, 其中苯醚甲环唑检出率高达 91.4%。苯醚甲环唑为内吸性广谱三唑类杀菌剂, 兼具杀虫与植物生长调节作用, 常用于防治“妃子笑”生长周期出现的炭疽病、疫霉病等[22−25]。这也可能是农户在种植过程中频繁且不科学使用该药, 造成检出频次高。检出率介于 20%~50%的

表 2 “妃子笑”荔枝农药残留风险排序指标的得分赋值规则

Table 2 Scoring and assignment criteria for pesticide residue risk ranking indicators of “Feizixiao” *Litchi chinensis*

指标	指标值: 得分	指标值: 得分	指标值: 得分	指标值: 得分
A: 毒性	低毒: 2	中毒: 3	高毒: 4	剧毒: 5
B: 毒效/(μg/kg)	>10.000: 0	0.100~10.000: 1	0.001~0.100: 2	<0.001: 3
C: 膳食比例/%	<2.5: 0	2.5~20.0: 1	20.0~50.0: 2	50.0~100.0: 3
D: 使用频率/%	<2.5: 0	2.5~20.0: 1	20.0~50.0: 2	50.0~100.0: 3
E: 高暴露人群	No: 0	不太可能: 1	有可能: 2	无相关数据: 3
F: 残留水平得分	未检出: 1	<1 MRL: 2	1~10 MRL: 3	>10 MRL: 4

注: No 表示完全不可能。

表 3 “妃子笑”荔枝中农药残留检出情况

Table 3 Detection situation of pesticide residues in “Feizixiao” *Litchi chinensis*

序号	农药名称	类别	毒性	检出批数	检出率/%	残留量范围/(mg/kg)	超标批数	MRL/(mg/kg)
1	苯醚甲环唑	杀菌剂	低毒	32	91.4	0.00~0.48	-	0.5
2	吡丙醚	杀虫剂	低毒	17	48.6	0.00~0.24	-	-
3	丙环唑	杀菌剂	低毒	2	5.7	0.00~0.027	-	-
4	丙溴磷	杀虫剂	中毒	1	2.9	0.00~0.034	-	-

表 3(续)

序号	农药名称	类别	毒性	检出批数	检出率/%	残留量范围/(mg/kg)	超标批数	MRL/(mg/kg)
5	毒死蜱	杀虫剂	低毒	5	14.3	0.00~0.082	-	1
6	喹硫磷	杀虫剂	中毒	1	2.9	0.00~0.34	-	-
7	氟丙菊酯	杀虫剂	低毒	25	71.4	0.00~0.15	-	-
8	氟氯氰菊酯和高效氟氯氰菊酯	杀虫剂	低毒	1	2.9	0.00~0.063	-	-
9	氯氟氰菊酯和高效氯氟氰菊酯	杀虫剂	低毒	28	80.0	0.00~0.32	9	0.1
10	甲氰菊酯	杀虫剂	中毒	1	2.9	0.00~0.017	-	5
11	联苯菊酯	杀虫剂	低毒	11	31.4	0.00~0.37	-	-
12	氯氰菊酯和高效氯氰菊酯	杀虫剂	低毒	18	51.4	0.00~0.36	-	0.5
13	氯唑磷	杀虫剂	高毒	1	2.9	0.00~0.014	1	0.01
14	溴氰菊酯	杀虫剂	中毒	4	11.4	0.00~0.16	2	0.05
15	乙螨唑	杀虫剂	低毒	2	5.7	0.00~0.21	-	-
16	多效唑	植物生长调节剂	低毒	5	14.3	0.00~0.43	1	0.5

注: -为未检出超标批数及 GB 2763—2021 标准未制定 MRL。

有 2 种, 检出率介于 2%~20%的有 10 种。由 GB 2763—2021 查得, 16 种检出农药中仅 8 种制定了适用于“妃子笑”荔枝的最大残留限量标准(含热带及亚热带水果中皮不可食类的限量规定), 其余 8 种农药暂未制定对应的最大残留限量标准。本次检出的氯唑磷, 在蔬菜、瓜果等作物生产中为禁用农药[26]。35 批检测样品中, 12 批存在农药残留超标情况, 超标率为 34.3%, 氯氟氰菊酯与高效氯氟氰菊酯的超标批数最多, 该药主要用于防治“妃子笑”常见的蒂蛀虫和蝽蠓[23], 可见海南“妃子笑”农药残留情况不容乐观。

2.2　单批样品所检出农药的种数情况

单批样品农药检出种数分布情况见图 1。其中检出 1 种农药仅有 1 批, 占比 2.9%, 检出 2~3 种农药 6 批, 占比 17.1%, 检出 4 种农药 6 批, 占比 17.1%, 检出 5 种及以上共农药有 22 批, 占比 62.8%, 可见“妃子笑”单批样品检出农药残留种类较多。海南地处热带地区, 阳光雨露充足, 病虫害严重, 截至目前, “妃子笑”在生产过程中防治病虫害的主要手段仍为化学农药[27], 长期单一使用某种农药易导致病虫害产生抗药性, 进而迫使生产环节采用多种农药交替施用及重复使用的方式, 这可能是单批样品中检出多种农药的主要原因。

2.3　农药残留风险排序结果

查阅中国农药信息网[28]可得农药毒性评分 A (LD_{50}), ADI 依据 GB 2763—2021 赋值, 参考已有风险评估数据, 我国居民总膳食中荔枝摄入量占比 2.5%~20.0%, 农药使用频率为 3.8%[9,21,29]。选取“妃子笑”作为替代样本, 遵循风险最大化评估原则, 确定 C 值 1、D 值 1、E 值 3。F 以该农药检出最大值与我国最大残留限量相比较确定其值(无限量标准以欧盟最大限值为参考), “妃子笑”中各农药的风险残留得分见图 2。将风险得分为低(S<30)、中(30≤S≤50)、高(S>50) 3 个等级。检出的 16 种农药中, 低风险、中风险、高风险分别为 3 种、10 种、3 种, 分别占比为 18.8%、62.5%、18.8%。可见, 海南“妃子笑”检出农药大部分处于中低风险, 但仍需重点关注喹硫磷、氯唑磷、联苯菊酯 3 种高风险农药, 其中氯唑磷为禁用农药, 喹硫磷和联苯菊酯并非“妃子笑”荔枝登记农药。

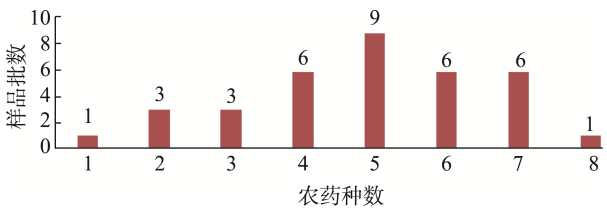


图 1　单批样品农药检出种数分布

Fig.1　Distribution of pesticide species detected per sample

2.4　“妃子笑”农药残留对不同人群的慢性膳食摄入风险

农药的ADI值参考GB 2763—2021, 参考相关文献[30],

我国居民荔枝日均消费量取数值 0.0291 kg, 以“妃子笑”为替代。男性平均体重取值 69.6 kg, 女性平均体重取值 59.0 kg[31]; “妃子笑”慢性膳食摄入风险结果见表 4。表 4 中可见, 在每日允许摄入量中, 男性摄入量往往大于女性, 这跟男性体重普遍大于女性有关。检出的 16 种农药中, 慢性膳食暴露风险值男性在 0.001%~0.812%, 女性在 0.001%~0.958% 之间, 均值分别为 0.157%、0.182%, 都低于 100.000%。结果表明海南市售“妃子笑”在不同人群中的慢性膳食摄入风险均很低, 风险可接受。在实际日常食用中, “妃子笑”是去皮食用, 风险较数据结果会更低一些。考虑风险最大化原则, 以“妃子笑”农药残留水平近似表征其他水果摄入带来的农药残留慢性膳食摄入风险, 具有一定参考价值。

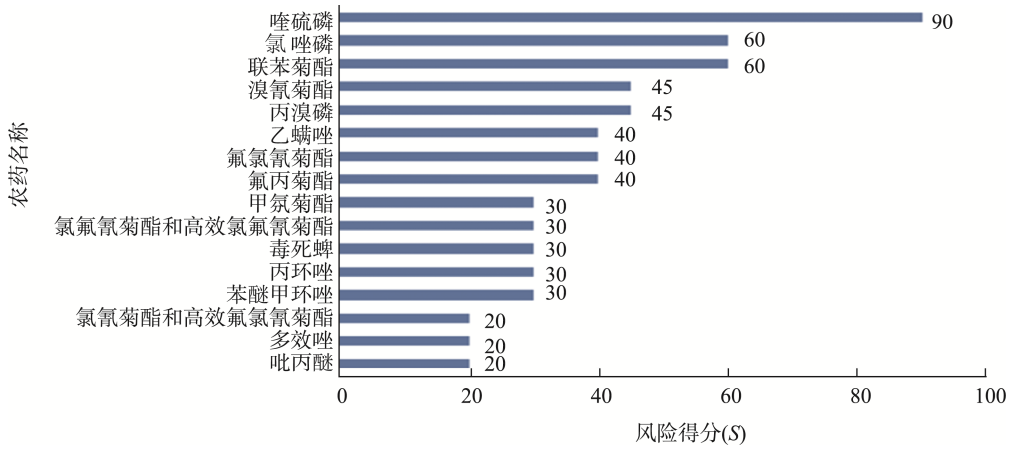


图 2 16 种农药在“妃子笑”荔枝中的残留风险排序

Fig.2 Risk ranking of residues of 16 kinds of pesticides in“Feizixiao” *Litchi chinensis*

表 4 “妃子笑”荔枝农药残留对不同人群的慢性膳食摄入风险结果

Table 4 Chronic dietary exposure risk of pesticide residues in “Feizixiao” *Litchi chinensis* for different populations

序号	农药名称	平均残留值/(mg/kg)	每日允许摄入量/(mg/kg • bw)	男性每日允许摄入量/mg	女性每日允许摄入量/mg	男性 ADI/%	女性 ADI/%
1	苯醚甲环唑	0.1121	0.01	0.6960	0.5900	0.469	0.553
2	吡丙醚	0.0231	0.1	6.9600	5.9000	0.010	0.011
3	丙环唑	0.0013	0.07	4.8720	4.1300	0.001	0.001
4	丙溴磷	0.0010	0.03	2.0880	1.7700	0.001	0.002
5	毒死蜱	0.0457	0.01	0.6960	0.5900	0.191	0.225
6	多效唑	0.0019	0.1	6.9600	5.9000	0.001	0.001
7	喹硫磷	0.0097	0.0005	0.0348	0.0295	0.812	0.958
8	氟丙菊酯	0.0453	0.025	1.7400	1.4750	0.076	0.089
9	氟氯氰菊酯和高效氟氯氰菊酯	0.0218	0.04	2.7840	2.3600	0.023	0.027
10	氯氰菊酯和高效氯氟氰菊酯	0.0752	0.02	1.3920	1.1800	0.157	0.186
11	甲氰菊酯	0.0049	0.03	2.0880	1.7700	0.007	0.008
12	联苯菊酯	0.0600	0.01	0.6960	0.5900	0.251	0.296
13	氯氰菊酯	0.0766	0.02	1.3920	1.1800	0.160	0.189
14	氯唑磷	0.0004	0.00005	0.0035	0.0030	0.334	0.334
15	溴氰菊酯	0.0047	0.01	0.6960	0.5900	0.020	0.023
16	乙螨唑	0.0080	0.05	3.4800	2.9500	0.007	0.008

3 讨论与结论

本研究样品农药残留检出率为 100%, 35 批样品检出的 16 种农药中, 仅有 8 种在我国制定了相应的限量标准, 仅占检出农药的 50%, 可见相关农药的最大残留限量标准制定工作仍需进一步细化、补充与完善, 以实现标准体系的科学全覆盖。在所有检出的农药品种中, 检出率最高的前 4 种为苯醚甲环唑、氯氟氰菊酯和高效氯氟氰菊酯、氟

丙菊酯及氯氰菊酯和高效氯氰菊酯。其中氯氟氰菊酯与高效氯氟氰菊酯的超标批数最高，其超标批次数为 9 批，说明该农药在“妃子笑”生长过程中广泛且频繁被使用，也应重点关注。单批样品检出农药种类 5 种以上有 22 批，最高可达 8 种。所有检出农药大多处于中低风险范围。在不同人群慢性膳食暴露风险评估中，男性每日允许摄入量高于女性，这跟他们体重有关，但两者暴露风险值均较低。针对本次检测中检出的氯唑磷等禁用及高毒农药，应持续加大农药监管力度。“妃子笑”荔枝的病虫害具有暴发迅猛的特点，当前防控手段多依赖增加农药喷施剂量与提高喷施频次，农户对农药用量的把控精准度不足，且防控技术较为单一，易导致农药过量施用的问题。此次采样以经销商口头陈述及区域销售标注为主要信息来源。虽采样信息的准确性有待进一步验证，但所得结果可初步呈现海南消费市场“妃子笑”农药残留的基本特征。

目前评价农产品的质量安全主要还是以农药残留是否超标以及超标率来体现[32]，评价指标过于单一，仍需多考虑农药的毒性毒效，不同人群居民膳食摄入量、摄入频率等综合因素，构建科学合理的评价体系。作为消费者，应理性客观看待农药残留问题，食用时通过清洗、去皮等方式降低农药残留风险。

参考文献

[1] 陈厚彬, 苏钻贤, 杨胜男. 2022 年全国荔枝生产形势分析[J]. 中国热带农业, 2022(3): 5–14.
CHEN HB, SU ZX, YANG SN. Analysis on the *Litchi* production situation in 2022 [J]. China Tropical Agriculture, 2022(3): 5–14.

[2] 罗成, 周如, 杨春亮, 等. 国内外荔枝农药残留限量标准对比分析[J]. 中国南方果树, 2023, 52(3): 236–241.
LUO C, ZHOU R, YANG CL, *et al*. Comparative analysis of the domestic and abroad standards of pesticide residue limit for *Litchi* [J]. South China Fruits, 2023, 52(3): 236–241.

[3] 顾燕萍, 张树飞, 张惠云, 等. 我国荔枝龙眼中农药最大残留限量标准现状分析与建议[J]. 现代食品科技, 2024, 40(3): 333–341.
GU YP, ZHANG SF, ZHANG HY, *et al*. Current standard staus analysis and suggestion for the maximum residue limits of pesticide sin Chinese *Litchi* and Longan [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(3): 333–341.

[4] 苏钻贤, 黄姜, 申济源, 等. “妃子笑”荔枝高产若干生长发育性状[J]. 中国南方果树, 2024, 53(1): 110–119.
SU ZX, HUANG J, SHEN JY, *et al*. Several growth and developmental traits for high yield of “feizixiao” *Litchi* [J]. South China Fruits, 2024, 53(1): 110–119.

[5] 姜子德, 习平根, 冼继东, 等. 对未来五年我国荔枝植保研究的思考[J]. 中国热带农业, 2011(5): 61–63.
JIANG ZD, XI PG, XIAN JD, *et al*. Reflections on *Litchi* plant protection research in China over the next five years [J]. China Tropical Agriculture, 2011(5): 61–63.

[6] KUANG LX, XU GF, TONG Y, *et al*. Risk as-sesment of pesticide residues in Chinese *Litchi*s [J]. Journal of Food Protection, 2021, 85(1): 98–103.

[7] WANG SW, ZENG XN, WANG XN, *et al*. Asurvey of multiple pesticide residues on *Litchi*: Aspecial fruit [J]. Mierochemical Joumal, 2022, 175(4): 10175–10182.

[8] 张湛辉, 姚琼, 董易之, 等. 广州地区荔枝农药使用现状调查与分析[J]. 热带农业科学, 2025, 45(8): 67–72.
ZHANG ZH, YAO Q, DONG YZ, *et al*. Investigation and analysis of the current situation of pesticide application on *Litchi* in Guangzhou [J]. Chinese Jorunal of Tropical Agriculture, 2025, 45(8): 67–72.

[9] 陈建南. 2024 年福建生产区荔枝中农药残留及膳食暴露风险评估[J]. 食品工业, 2025, 46(3): 337–340.
CHEN JN. Pesticide residues and dietary exposure risk assessment on commercial grapes in Fujian production area in 2024 [J]. The Food Industry, 2025, 46(3): 337–340.

[10] 李海, 邓金兰, 李伟华. 茂名地区荔枝农药残留膳食摄入风险评估[J]. 食品工业, 202., 44(6):337–340.
LI H, DENG JL, LI WH. Risk assessment of dietary intake of pesticide residues in *Litchi* from Maoming Area [J]. The Food Industry, 2023, 44(6): 337–340.

[11] 王思威, 刘艳萍, 丁晓波, 等. 高效液相色谱-四级杆-飞行时间质谱法测定荔枝果实中 29 种农药多残留[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(14): 270–279.
WANG SW, LIU YP, DING XB, *et al*. High-performance liquid chromatography-tandem quadrupole-time of fligh-tmass spectrometry for determination of 29 pesticides in *Litchi* [J]. Food and Fermentation Industries, 2024, 50(14): 270–279.

[12] 刘文静, 黄彪, 傅建炜, 等. QuEChERS 前处理法-超高效液相色谱-串联质谱法测定荔枝和葡萄中 18 种三唑类农药残留[J]. 农产品质量与安全, 2019(2): 44–48,61.
LIU WJ, HUANG B, FU JW, *et al*. Detection of 18 triazole pesticide residues in lychees and grapes by QuEChERS method coupled with ultra high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. Quality and Safety of Agroproducts, 2019(2): 44–48, 61.

[13] 彭茂民, 刘丽, 胡西洲, 等. 荔枝中农药残留分布与膳食风险评估[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(S1): 319–323.
PENG MM, LIU L, HU XZ, *et al*. Distribution of pesticide residues in *Litchi* and dietary risk assessment [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2022, 61(S1): 319–323.

[14] 王松, 谢银燕, 张成彬, 等. 荔枝病虫害及其防治研究进展[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(17): 120–124.
WANG S, XIE YY, ZHANG CB, *et al*. Research progress on lychee diseases and pests and their control [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(17): 120–124.

[15] 郭建辉. 我国荔枝、龙眼病害名录[J]. 亚热带植物科学, 2002, 31(S1): 48–50.
GUO JH. A list of diseases on *Litchi* and longan in China mainland [J]. Subtropical Plant Science, 2002, 31(S1): 48–50.

[16] 凌金锋, 黄荣, 董丁铭, 等. 荔枝炭疽病的发生与防治研究进展[J]. 华南农业大学学报, 2025, 46(1): 1–11.
LING JF, HUANG R, DONG DM, *et al*. Research progress on occurrence and control of *Litchi* anthracnose [J]. Journal of South China Agricultural

University, 2025, 46(1): 1–11.

[17] 姚琼, 全林发, 李文景, 等. 荔枝龙眼卷叶蛾科害虫及其防控研究进展[J]. 环境昆虫学报, 2021, 43(5): 1143–1153.
YAO Q, QUAN LF, LI WJ, *et al*. Research progress and control of Tortricidae pests on *Litchi* and longan [J]. Journal of Environmental Entomology, 2021, 43(5): 1143–1153.

[18] 陈炳旭, 张英杰, 董易之, 等. 荔枝蒂蛀虫生物防治研究进展[J]. 果树学报, 2011, 8(3): 493–497.
CHEN BX, ZHANG YJ, DONG YZ, *et al*. Advances in research on biological control of conopomorpha sinensis [J]. Journal of Fruit Science, 2011, 28(3): 493–497.

[19] 李文景, 董易之, 姚琼, 等. 荔枝蒂蛀虫研究进展[J]. 昆虫学报, 2018, 61(6): 721–732.
LI WJ, DONG YZ, YAO Q, *et al*. Research progress in the *Litchi* fruit borer, *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera:Gracillariidae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2018, 61(6): 721–732.

[20] 陈以健. 荔枝蒂蛀虫化学防治[J]. 现代园艺, 2021, 24: 32–33.
CHEN YJ. Chemical management of lychee fruit borer [J]. Contemporary Horticulture, 2021, 24: 32–33.

[21] 蒋成, 林树花, 何双, 等. 市售荔枝农药残留风险评估[J]. 中国食品学报, 2023, 23(12): 209–218.
JIANG C, LIN SH, HE S, *et al*. Pesticide residue risk assessment of commercial lychees [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2023, 23(12): 209–218.

[22] 李婷, 李靖, 赵霞, 等. 我国荔枝主要病虫害及农药登记情况简析[J]. 农药科学与管理, 2022, 43(12): 7–12.
LI T, LI J, ZHAO X, *et al*. Analysis of the main pests occurred and pesticides registered on *Litchi* in China [J]. Pesticide Science and Administration, 2022, 43(12): 7–12.

[23] 吴燕, 马小龙, 李瑞, 等. 苯醚甲环唑在枸杞上残留消解和最终残留状态分析[J]. 宁夏农林科技, 2020, 61(11): 38–40.
WU Y, MA XL, LI R, *et al*. Residues and dissipation dynamics and final residual state of difenoconazole in *Lycium barbarum* L. [J]. Ningxia Journal of Agricultural and Forestry Science & Technology, 2020, 61(11): 38–40.

[24] 李继草, 王玉飞, 施家成, 等. 固相萃取-气相色谱-申联质谱法测定水果中 11 种三唑类杀菌剂[J]. 色谱, 2012, 30(3): 262–266.
LI JC, WANG YF, SHI JC, *et al*. Determination of 11 triazole fungicides in fruits using solid phase extraction and gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2012, 30(3): 262–266.

[25] 李琳, 张玉涛, 张进忠. 三唑类农药残留分析研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 6(22): 9704–9707.
LI L, ZHANG YT, ZHANG JZ. Research progress on the residue analysis of triswole pesticides [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(22): 9704–9707.

[26] 深圳市市场监督管理局. 禁限用农药名录[DB/OL]. [2025-09-04]. https://amr.sz.gov.cn/xxgk/qt/ztlm/spaq/nyzs/content/post_ 12209909.html
Shenzhen Municipal Administration for Market Regulation. Prohibited and restricted pesticides list [DB/OL]. [2025-09-04].

[27] 陈厚彬, 欧良喜, 李建国, 等. 新中国果树科学研究 70 年:荔枝[J]. 果树学报, 2019, 36(10): 1399–1413.
CHEN HB, OU LX, LI JG, *et al*. Fruit scientific research in New China in the past 70 years: *Litchi* [J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(10): 1399–1413.

[28] 中华人民共和国农业农村部农药检定所. 中国农药信息网[DB/OL]. [2025-08-29]. http://www.chinapesticide.org.cn/
Institute for the Control of Agrochemicals, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. China pesticide information network [DB/OL]. [2025-08-29]. http://www.chinapesticide.org.cn/

[29] 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.
WANG YR, DENG YZ, CHEN YS, *et al*. State and dietary intake risk assessment of pesticide residue in *Litchi* in Guangxi [J] Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(9): 1804–1810.

[30] World Health Organization (WHO). Global environment monitoring system-food contamination monitor-ing and assessment program me (GEMS/ood) [EB/OL]. (2019-12-07) [2022-09-29]. https://www.who.int/teams/nutrition -and -food-safety/data bases/global-envi- ronment-monitoring-system-food-contamination

[31] 王小瑾, 陈德委, 付刚毅, 等. 基于食品安全指数法和危害物风险系数法评估苍南县农产品农药残留风险[J]. 现代食品科技, 2024, 40(7): 244–253.
WANG XJ, CHEN DW, FU GY, *et al*. Risk assessment of pestic ide residues in agricultural products in cangnan based on food safety index and hazard risk coeficient methods [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(7): 244–`253.

[32] 胡笑形, 罗亚敏, 陈净, 等译. MACBEAN C. 农药手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
HU XX, LUO YM, CHEN J, *et al*. (Trans.). MACBEAN C. Pesticide manual [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2015.

(责任编辑: 韩晓红 蔡世佳)