

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240730003

2022—2023 年度广州市市售蔬菜水果农药 残留调查分析

黄 松, 刘 佳, 胡 凌, 林泽珊, 陈 婷, 赵金利, 毛新武*

(广州市食品检验所, 广州 511400)

摘 要: **目的** 了解 2022—2023 年度广州市市售蔬菜水果的农药残留情况, 保障居民食品安全。**方法** 利用液相色谱-串联质谱法和气相色谱-串联质谱法对采集的 14 类共 2246 份蔬菜水果样品进行农药残留筛查, 检测项目一共 256 种, 依据 GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》对检测结果进行评价, 超过最大残留限量即为不合格。**结果** 2246 份样品中检出率为 62.11%, 其中蔬菜、水果的检出率分别为 59.62%、70.80%, 蔬菜中检出率排名前三的是茄果类、豆类和叶菜类, 水果中排名前三的是柑橘类、核果类、浆果和其他小型水果类; 不合格率为 2.94%, 蔬菜中豆类、鳞茎类、根茎薯芋类不合格率排名前三, 水果中柑橘类、浆果和其他小型水果类、热带和亚热带水果类的不合格率位居前三, 禁限用农药超标导致的不合格占不合格样品的 2/3。**结论** 筛查发现大部分蔬菜水果样品的农药残留均在 GB 2763—2021 规定的最大残留限量范围之内, 但禁限用农药不合格的情况依然存在, 应加强宣传引导和监管力度。

关键词: 蔬菜; 水果; 农药残留; 调查分析

Investigation and analysis of pesticides residues in vegetables and fruits in Guangzhou from 2022 to 2023

HUANG Song, LIU Jia, HU Ling, LIN Ze-Shan, CHEN Ting,
ZHAO Jin-Li, MAO Xin-Wu*

(Guangzhou Institute for Food Inspection, Guangzhou 511400, China)

ABSTRACT: **Objective** To understand pesticide residues in vegetables and fruits sold in Guangzhou from 2022 to 2023, and ensure food safety. **Methods** Totally 2246 vegetables and fruits in 14 categories were collected, and 256 kinds of pesticides were monitored by liquid chromatography-mass spectrometry and gas chromatography-mass spectrometry. The test results were evaluated according to GB 2763—2021 *National standards of food safety-Maximum residue limits of pesticides in food*, and exceeding the maximum residue limits was deemed unqualified. **Results** The total detection rates of 2246 samples were 62.11%, the detection rates of vegetables were 59.62%, and the fruits were 70.80%. The top three highest detection rates were *Solanaceous* fruit vegetables, *Leguminous* vegetables, and leaf vegetables in vegetable samples. *Citrus* fruits, stone fruits, berries and the other small fruits were ranked in the top three in fruit samples. The exceeding rates were 2.94%. The top three highest rates

基金项目: 广州市市场监督管理局科技项目(2022kj40)

Fund: Supported by Science and Technology Project of Guangzhou Administration for Market Regulation (2022kj40)

*通信作者: 毛新武, 硕士, 主任技师, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: xinwumao@163.com

*Corresponding author: MAO Xin-Wu, Master, Chief Technician, Guangzhou Institute for Food Inspection, No.53, Jiejin 2nd Road, Panyu District Guangzhou 511400, China. E-mail: xinwumao@163.com

were *Leguminous* vegetables, bulb vegetables, roots and tuber vegetables in vegetable samples, and *Citrus* fruits, berries, and other small fruits, tropical and subtropical fruits in fruit samples. The samples caused by excessive use of banned and restricted pesticides accounted for 2/3 of the over-standard samples. **Conclusion** Screening find that most of the pesticide residues of vegetable and fruit samples are within the maximum residue limits stipulated in GB 2763—2021, but the situation of unqualified banned pesticides still exists, and publicity guidance and supervision shall be strengthened.

KEY WORDS: vegetables; fruits; pesticides residues; investigation and analysis

0 引 言

农药是用来预防或消灭作物病虫害, 保证农作物正常生长的制剂。有研究表明, 如果农业生产中不使用农药, 那么蔬菜水果谷物类农作物将会大幅度减产^[1], 另外随意扩大农药的使用范围或者无限制的滥用各类农药, 这不仅会降低其防治效率, 而且会造成生态环境污染^[2-4], 甚至对身体健康产生不良影响^[5-9]。因此合理规范的使用农药是减轻病虫害、提高农作物产量的重要措施, 且有必要对市售的蔬菜水果中农药残留进行筛查, 了解蔬菜水果中农药残留的具体分布情况, 为监管部门提高相应的数据支撑。

本研究通过对 2022—2023 年度广州市市售的 14 类共 2246 份蔬菜水果中 256 种农药残留进行筛查, 从农药残留的总体检出率、禁限用农药的检出情况和农药残留不合格率等方面对蔬菜水果中农药残留的现状进行分析, 为监管部门制定食品安全风险管理措施, 保障当地蔬菜水果安全提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

2022—2023 年从广州市的主要农贸市场、超市、批发市场等场所进行样品采集, 共采集到新鲜的蔬菜水果共 2246 份(表 1)。样品采集依据 NY/T 789—2004《农药残留分析样本的采样方法》进行采样, 按照 GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》附录 A 所述处理样品得到测定部位。样品类别分为 14 类, 其中蔬菜包括叶菜类、根茎薯芋类、茄果类、瓜类、豆类、芸薹类、鳞茎类、水生类这 8 类, 水果包括瓜果类、热带和亚热带水果类、浆果和其他小型水果类、核果类、仁果类、柑橘类等 6 类。

1.2 仪器与试剂

TRACE 1300-TSQ 8000 Evo 气相色谱三重四极杆串联质谱(配电子轰击离子源)、TR-PESTICIDE II 气相色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm)、Thermo Accucore AQ 色谱柱(150 mm×2.1 mm, 2.6 μm)(美国 Thermo Fisher Scientific 公司); Triple

表 1 14 类蔬菜水果的代表样品和数量
Table 1 Representative samples and amounts of 14 types of vegetables and fruits

种类	代表样品	数量/份数
叶菜类	包菜、白菜、菠菜、芥菜、生菜、上海青、油麦菜, 娃娃菜	575
根茎薯芋类	胡萝卜、萝卜、甘薯、姜、莴笋、马铃薯、香芹、山药	261
茄果类	辣椒、番茄、茄子	306
瓜类	黄瓜、西葫芦、南瓜、节瓜、苦瓜、冬瓜	194
豆类	豆角、四季豆、豌豆、龙牙豆	58
芸薹类	菜薹、结球甘蓝、花椰菜、芥蓝	175
鳞茎类	葱、红葱、洋葱、韭菜、蒜	63
水生类	豆瓣菜、茭白、莲藕、荸荠	114
瓜果类	哈密瓜、西瓜、香瓜	20
热带亚热带水果类	菠萝、柿子、番石榴、香蕉、荔枝、火龙果、榴莲、龙眼、芒果、木瓜	130
浆果和其他小型水果类	百香果、草莓、提子、葡萄、猕猴桃、蓝莓	58
核果类	李、枣、桃、杏	55
仁果类	苹果、梨、枇杷	123
柑橘类	橙子、橘子、蜜柚、沃柑、砂糖橘、柠檬	114

Quand 4500 高效液相色谱串联质谱仪(配电喷雾离子源, 上海爱博才思分析仪器公司); Allegra X-30R Centrifuge 高速离心机(美国 BECKMAN 公司); MS3 涡旋振荡器、KS501 数显型圆周振荡器(德国 IKA 公司); ME2002E 电子天平(精度 0.01 g, 瑞士 METTLER TOLEDO 公司)。

107 种农药混合标准溶液、96 种农药混合标准溶液、5 种农药混合标准溶液、13 种农药混合标准溶液、4 种农药混合标准溶液、46 种农药残留标准品(100 µg/mL, 北京振翔科技有限公司); 乙腈、正己烷、丙酮(色谱纯, 美国 Fisher Chemical 公司); QuEChERS 分散固相萃取盐包 5982-7650 (4 g MgSO₄、1 g NaCl、1 g 柠檬酸钠、0.5 g 三水合二柠檬酸二钠)、QuEChERS 分散固相萃取净化管 5982-5056 (15 mL, 150 mg N-丙基乙二胺, 900 mg MgSO₄)、陶瓷均质子(美国 Agilent 公司); 微孔滤膜(0.22 µm, 聚四氟乙烯, 上海安谱科技有限公司)。

1.3 检测方法和评价标准

筛查的农药残留检测项目一共 256 种, 其中气相色谱质谱联用法筛查项目 212 种, 检测方法采用 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》, 液相色谱串联质谱法筛查项目 44 种, 检测方法采用 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》。

依据 GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》对检测结果进行评价, 超过最大残留限量即为不合格, 未进行残留限量规定的农药不予判定。

检测过程中采用空白样测定、平行双样测定和加标回收实验等质控方式保证检测过程的准确性。加标回收率在 60%~120%之间, 平行双样的相对标准偏差小于 15%。

1.4 数据处理

检测数据通过 Microsoft Excel 2016 软件统计分析并绘制图表。

2 结果与分析

2.1 蔬菜水果总体检出情况

一共筛查蔬菜水果 2246 份, 检出农药残留的样品数为 1395 份, 检出率为 62.11%, 其中蔬菜有 1746 份, 检出率为 59.62%, 水果有 500 份, 检出率为 70.80%。有检出意味着该样品至少筛查出一种农药残留, 检出率高说明目前防治病虫害的主要手段还是以化学农药防治为主, 生物防治、物理防治等方式为辅。检出频次高的农药残留项目见表 2, 其中如噻虫嗪、啮虫脞、噻虫胺、吡虫啉等属于烟碱类农药, 氯氰菊酯、氯氟氰菊酯属于拟除虫菊酯类农药, 苯醚甲环唑、丙环唑、戊唑醇等属于三唑类农药, 这

几类农药均属于高效低毒的常用农药^[10-16], 广泛应用于农作物的种植过程中, 因此检出率较高。

表 2 检出率排在前十位的农药残留结果
Table 2 Pesticide residues results of top 10 in terms of detection rates

项目	检出次数	检出率/%	含量/(mg/kg)
噻虫嗪	382	17.01	0.008~5.724
苯醚甲环唑	344	15.32	0.017~4.229
啮虫脞	338	15.05	0.002~2.535
丙环唑	289	12.87	0.016~9.916
氯氰菊酯	242	10.77	0.012~2.398
氯氟氰菊酯	236	10.51	0.014~7.316
多菌灵	220	9.80	0.001~4.371
噻虫胺	219	9.75	0.016~1.177
吡虫啉	213	9.48	0.006~1.970
戊唑醇	196	8.73	0.015~4.807

农药残留检出率偏高的原因有以下 3 点, (1)农药的大量频繁使用使得土壤、水体、环境中都存在不同含量不同种类的农药残留, 这些残留要随着时间而慢慢降解^[17-18]。有研究筛查 625 份环境样本(201 份土壤、193 份作物、20 份户外空气、115 份室内灰尘、58 份地表水、38 份沉积物), 发现 86.00%的样本至少有一种农药残留^[19]。(2)目前使用的检测仪器灵敏, 含量极低的农药残留也能够被准确检测。ZHAO 等^[20]用液相色谱-串联质谱法检测 120 份苹果样品中的农药残留, 结果检出率高达 91.70%, 但是对这些样品进行风险评估后证明, 食用苹果的风险可以忽略。此外关于贵州省^[21]和福建省^[22]蔬菜中农药残留筛查的研究显示其农药残留检出率在 60.00%以上。(3)筛查项目数量越多, 则检出的概率越大, 检出率越高。研究人员统计了巴西 2010 年 1 月到 2020 年 12 月的检测数据, 发现 44 类作物的 35321 种样品中, 55.30%的样品检出至少一种农药残留, 其中梨、桃、草莓和甜椒的检出率更是高达 90.00%^[23]。MA 等^[24]采用超高效液相色谱-串联四极杆飞行时间质谱法筛查蔬菜水果中 420 种农药残留, 结果 87.27%的样品有检出农药残留, 其中水果的检出率是 96.97%, 蔬菜的是 83.12%。

2.2 不同类型的蔬菜水果的检出情况

不同类型蔬菜水果的检出率差异较大, 具体数据见图 1。蔬菜中检出率排名前三的是茄果类、豆类 and 叶菜类, 水果中排名前三的是柑橘类、核果类、浆果和其他小型水果类, 筛查结果与重庆市^[25]和黄冈市^[26]的监测结果保持一致。

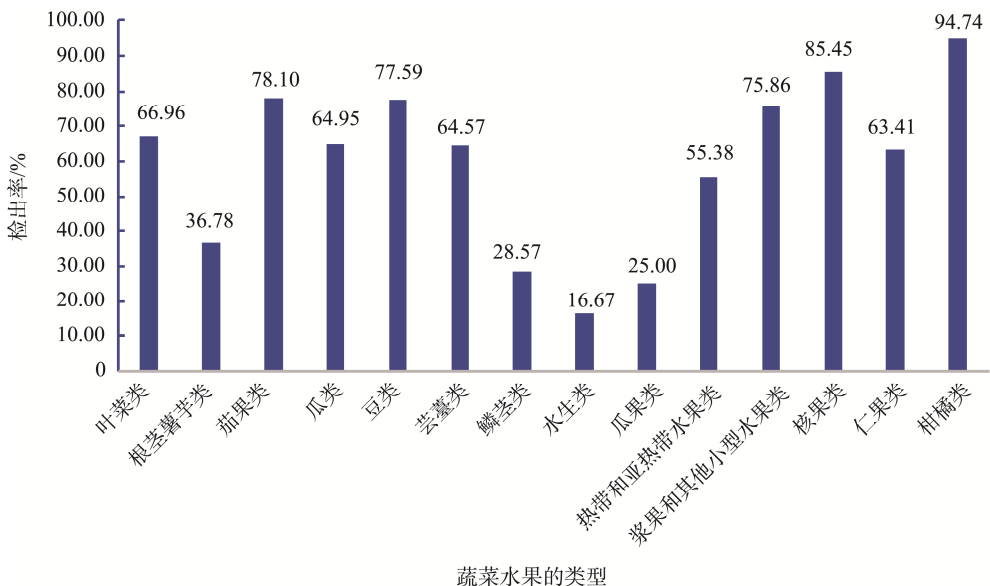


图 1 14 类蔬菜水果的检出率
Fig.1 Detection rates of 14 types of vegetables and fruits

茄果类蔬菜主要包括番茄、茄子和辣椒等作物, 在生长过程中病虫害种类较多, 而种植过程中重茬连作频繁, 更是有利于病虫害的发生, 因此, 其产量和质量受到病虫害的严重影响^[27]。种植户需要使用多种农药来保证其产量, 如果急于上市销售而不严格遵守休药间隔期的规定, 则农药缺乏足够的时间降解, 从而引起农药残留。目前登记在茄果类蔬菜使用的农药近八成是杀虫剂和杀菌剂, 绝大部分属于化学农药制剂^[28]。茄果类蔬菜中检出率高的项目包括啶虫脒、噻虫嗪、吡虫啉等杀虫剂, 苯醚甲环唑、腐霉利等杀菌剂, 与登记使用的农药制剂保持一致。

柑橘类水果主要包括柑、橘、橙等水果, 其生长周期长, 在果实膨大期、采收期等阶段受多种病虫害危害导致果实减产或者品相变差, 故临近上市前仍需要施用农药防治, 这是导致柑橘类水果农残检出率高的主要原因^[29-31]。柑橘类水果中检出频次较高的项目是抑霉唑(38 批次)、吡唑醚菌酯(35 批次)、多菌灵(27 批次)、苯醚甲环唑(24 批次)、毒死蜱(23 批次), 与文献报道的检测结果基本一致^[29,32]。

2.3 禁限用农药检出情况

禁限用农药大都是剧毒高毒的农药, 国家相关部门评估其危害性之后, 禁止再使用或者禁止在某类农作物上使用, 这类农药往往因其高毒性、易富集性、持续污染性等特点而对人或环境造成很多负面影响^[33-34]。禁限制使用的农药检出有甲胺磷、甲基对硫磷、甲拌磷、甲基异柳磷、水胺硫磷、氧乐果、乐果、灭多威、克百威、氯唑磷、氟虫腈、乙酰甲胺磷、三唑磷、氰戊菊酯、毒死蜱等 15 种, 具体数据见表 3。

国家农业农村部公告规定禁止使用的农药有 56 种, 在部分范围内禁止使用的农药有 12 种, 本次筛查中检出

的 15 种禁限用农药中氯唑磷、乙酰甲胺磷、乐果、毒死蜱、三唑磷、氰戊菊酯、氟虫腈等 7 种是部分禁止使用农药, 其余 8 种是禁止使用农药。禁限用农药检出一共 147 批次, 不合格样品共 45 批次, 不合格率为 30.61%, 此次筛查中禁限用农药不合格的样品占总不合格样品的 2/3。

表 3 禁、限用农药检出结果
Table 3 Detection results of banned and restricted pesticides

项目	检出频次	含量/(mg/kg)
毒死蜱	92	0.015~0.469
氰戊菊酯	13	0.021~0.057
三唑磷	9	0.027~2.155
克百威	6	0.042~0.150
氧乐果	6	0.040~1.380
氟虫腈	5	0.038~0.200
甲胺磷	4	0.021~0.050
水胺硫磷	4	0.028~0.496
乙酰甲胺磷	2	0.140~0.156
氯唑磷	2	0.148~0.178
灭多威	2	0.004~0.023
甲基对硫磷	1	0.020
甲拌磷	1	1.350
甲基异柳磷	1	0.069
乐果	1	0.127

2.4 不合格样品检出情况

在筛查的蔬菜水果样品中, 不合格样品一共有 66 个, 不合格项目 22 个, 部分不合格样品检出多个不合格项目, 不合格率为 2.94%, 详细数据见表 4。不合格项目检出毒死蜱(17 次)居首位, 其次是克百威(6 次)、氧乐果(6 次)、氟虫腈(5 次)、氯氟氰菊酯(5 次)。

表 4 不合格样品的检出情况
Table 4 Detection results of over-standard samples

类别	样品	项目	含量/(mg/kg)	限量值/(mg/kg)
叶菜类	油麦菜	阿维菌素	0.112	0.050
	上海青	啉虫脒	2.110	1.000
	白菜	毒死蜱	0.084、0.151、0.160	0.020
	菠菜	毒死蜱	0.046	0.020
	油麦菜	毒死蜱	0.040、0.154	0.020
	白菜	三唑磷	0.067	0.050
	白菜	氟虫腈	0.200	0.020
	油麦菜	氟虫腈	0.038、0.073	0.020
	姜	毒死蜱	0.079	0.020
	红萝卜	毒死蜱	0.071	0.020
根茎薯芋类	姜	吡虫啉	3.118	0.500
	香芹	克百威	0.061	0.020
	白萝卜	甲拌磷	1.350	0.010
	姜	噻虫胺	1.291、1.487、2.190	0.200
	姜	噻虫嗪	0.768、3.752	0.300
	茄子	克百威	0.150	0.020
	番茄	克百威	0.042	0.020
	红辣椒	氧乐果	0.046	0.020
	青尖椒	氧乐果	0.071	0.020
	红辣椒	乐果	0.127	0.010
茄果类	辣椒	氯氟氰菊酯	0.432	0.200
	辣椒	噻虫胺	0.301	0.050
	辣椒	毒死蜱	0.038、0.075、0.121、0.143	0.020
	茄子	三唑磷	0.315	0.050
	豆角	氟虫腈	0.092	0.020
	豆角	毒死蜱	0.050	0.020
	豆角	三唑磷	2.155、0.348	0.050
	豆角	氧乐果	0.065	0.020
	豆角	倍硫磷	0.161、0.368、0.562、0.710	0.050
	豆角	乙酰甲胺磷	0.140	0.020
豆类	豆角	水胺硫磷	0.496	0.050
	苦瓜	氯氟氰菊酯	0.130	0.050
	南瓜	毒死蜱	0.469	0.020
	节瓜	氧乐果	0.047	0.020
	苦瓜	氧乐果	1.380	0.020
	葱	苯醚甲环唑	0.531	0.300
	葱	水胺硫磷	0.261	0.050
	葱	甲基异柳磷	0.069	0.010
	韭菜	氯氟氰菊酯	6.787	0.500
	韭菜	多菌灵	4.371	2.000

表 4(续)				
类别	样品	项目	含量/(mg/kg)	限量值/(mg/kg)
芸薹类	菜薹	毒死蜱	0.080、0.142	0.020
	菜心	氟虫腈	0.089	0.020
水生类	豆瓣菜	毒死蜱	0.242	0.020
	豆瓣菜	氧乐果	0.218	0.020
热带和亚热带水果类	香蕉	吡虫啉	0.239	0.050
	荔枝	氯氟氰菊酯	0.181、0.604	0.100
浆果和其他小型水果类	草莓	烯酰吗啉	0.352	0.050
	百香果	苯醚甲环唑	0.092	0.050
仁果类	苹果	敌敌畏	0.287	0.100
	砂糖桔	苯醚甲环唑	0.542	0.200
柑橘类	橘子	水胺硫磷	0.202	0.020
	橙子	克百威	0.101、0.112、0.109	0.020
	橙子	氯唑磷	0.178	0.010
	西柚	氯唑磷	0.148	0.010

毒死蜱是一种中等毒性的有机磷类杀虫杀螨剂,因其具有广谱、高效、混用相容性好等特点而广泛于病虫害防治中^[35]。但是它对水生生物毒性较高^[36],对人体健康有较大危害,如引起内分泌紊乱,具有神经毒性、免疫毒性、生殖毒性、呼吸毒性和肝毒性^[37-38]等,因此,从 2018 年起,我国禁止在蔬菜上使用毒死蜱,但研究发现蔬菜中使用毒死蜱的情况并不少见^[39-41]。本次筛查的禁限用农药中,毒死蜱的检出率最高,几乎在各类蔬菜水果中均有检出,同时其不合格率最高,主要集中在叶菜类(6 个)、茄果类(4 个)、根茎薯芋类(2 个)、芸薹类(2 个)、豆类(1 个)、瓜类(1 个)、水生类(1 个)等蔬菜样品中,由此可见,毒死蜱存在超

范围使用的情况,应引起重视。

各类型蔬菜水果的不合格率不同,具体数据见图 2。其中瓜果类和核果类水果全部合格,蔬菜中豆类、鳞茎类、根茎薯芋类不合格率排名前三,水果中柑橘类、浆果和其他小型水果类、热带和亚热带水果类的不合格率位居前三。该结果与文献报道基本一致^[42],差异在于文献中热带和亚热带水果不合格率占水果的首位,而在本研究筛查结果是第三位。造成该差异可能的原因是本次实验所采集的热带和亚热带水果的数量不足,但种类过多,单个品种的水果个体数量太少,导致代表性不足,影响了实验结果。

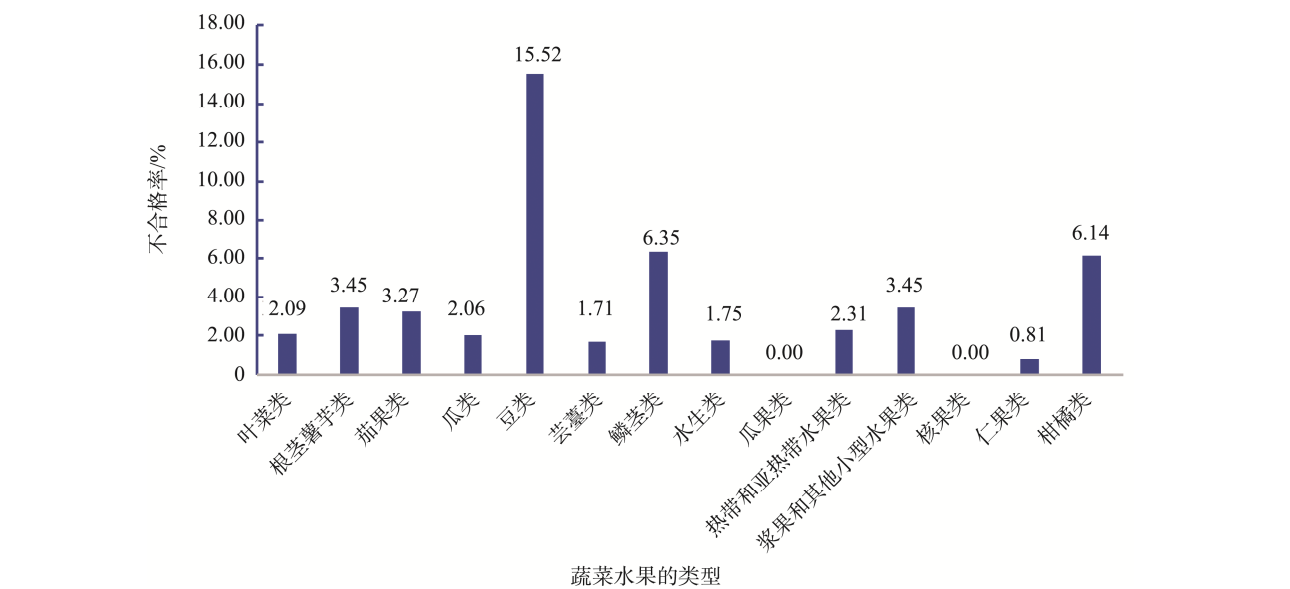


图 2 各类蔬菜水果的不合格率

Fig.2 Unqualified rate of all kinds of vegetables and fruits

豆类的不合格率最高, 筛查的 58 批次豆类蔬菜中有 27 批次豆角, 其中未检出任何农药残留的豆角样品仅有 5 批次, 检出率 81.84%, 9 批次的不合格样品均为豆角, 即单纯从豆角样品来看, 其不合格率为 33.33%。一个批次的豆角中乙酰甲胺磷、倍硫磷、毒死蜱、灭蝇胺(不在此次筛查范围内)4 个项目同时不合格, 由此可见, 豆角的农药残留问题较为突出。豆角的整个生长周期都有病虫害发生, 进入开花结荚期后则病虫害更加严重, 所以农药使用种类多、使用量大, 其花果同期、边开花边采摘, 采摘间隔短, 普遍存在重复用药的情况, 同时, 频繁施药导致抗性增加, 防治难度加大, 这是导致豆角中农药残留高的主要原因之一^[43-44]。福建省^[45]和湖南省^[46]的豆角检测结果也存在检出率和不合格率较高的情况。鳞茎类不合格样品是葱和韭菜, 其中采集葱 8 批次, 韭菜 11 批次, 其不合格率分别为 25.00%和 11.11%。

2.5 GB 2763—2021 的局限性

GB 2763—2021 规定了 564 种农药的最大残留限量, 是蔬菜水果合格与否的判定标准, 未规定限量则无法判定。筛查中联苯菊酯的检出率较高, 在 GB 2763—2021 中联苯菊酯对于芸苔属、茄果类、根茎薯芋类蔬菜规定了较为全面的限量, 但是叶菜类只规定了叶芥菜和萝卜叶这两种, 而对常见的白菜、生菜、油麦菜这些叶菜类都未规定限量。筛查发现豆瓣菜(0.512 mg/kg)、油麦菜(0.663、5.962 mg/kg)、上海青(1.610 mg/kg), 这些菜中联苯菊酯的残留量较高。同样对啮虫酰胺, GB 2763—2021 只规定了结球甘蓝、大白菜、茄子、马铃薯 4 种蔬菜的最大残留限量(不超过 0.500 mg/kg), 但是筛查中是油麦菜检出较多, 104 份油麦菜, 检出 37 份, 检出率 35.57%, 含量在 0.009~2.630 mg/kg 之间。这些项目在很多常见的基质中的最大残留限量并未作出规定, 因此检测结果无法进行判定, 但是这些项目也存在一定的风险, 不能忽略。希望今后能对 GB 2763—2021 进行进一步的完善, 或者参照诸如日本“肯定列表制度”来建立更加全面的限量标准。

3 讨论与结论

本研究一共筛查蔬菜水果样品 2246 批次, 检出率为 62.11%, 不合格率为 2.94%, 检出频次高的项目均为低毒高效的农药, 大部分样品的农药残留均在国标规定的最大残留限量范围之内。蔬菜中检出率排名前三的是茄果类、豆类和叶菜类, 结果与北京昌平区^[47]和云南省瑞丽市^[48]的监测结果保持一致; 水果中排名前三的是柑橘类、核果类、浆果和其他小型水果类, 结果与梅州梅县区^[49]和陕西省^[50]的检测结果保持一致。在蔬菜种植过程中, 施用农药的方式主要是喷雾法^[51], 农药常常直接喷洒在茄果类和叶菜的可食用部分, 当收获期仍未降解完全时便形成了农药

残留^[52]。豆类和柑橘类则因生长周期长使用农药过多量大而容易出现农药残留超标的现象。在不合格样品中, 禁限用农药残留的不合格较为突出, 这与其他研究的数据保持一致^[53-54], 这表明禁限用农药存在使用不规范的问题。同时, 也存在过量或者重复用药的情况。某一批次生姜样品中检出噻虫嗪(3.752 mg/kg)、噻虫胺(1.291 mg/kg), 这两个项目同时不合格, 可能是在防治害虫时使用复配药剂或者未遵守采摘间隔期, 上市销售时, 农药含量未能降解至安全范围内。

建议相关部门采取措施规范和引导种植户正确认识农药, 降低食品中农药残留风险。(1)加强对经销商和种植户的农药知识培训力度。种植户容易根据已有的经验或者依赖经销商的推荐选择农药, 长期使用同一种类型农药导致病虫害抗性增加, 防治需要的农药越来越多, 形成恶性循环。(2)加强对禁限用农药的宣传。一些种植户并不了解国家公布的禁限用农药清单, 为了追求好的防治效果而违规使用, 导致禁限用农药产生较大安全风险。要加大对相关知识的宣传引导, 让种植户明白禁限用农药的危害, 选择广谱、高效、低残留的农药进行病害防治。(3)加大对违法使用禁限用农药的行为的处罚力度, 确保各类农药得到合理规范的使用。

本研究的不足之处在于: (1)筛查的样品数量差异较大, 部分类别样品的种类过多但数量却不足, 可能会因为样本量过少无法代表整体, 分析结果产生偏差。(2)实验产生的数据较为庞大, 导致对筛查的数据分析不够深入, 后期可以进一步对不同类别的样品的检出特点、不合格项目情况等进行分析对比, 给当地蔬菜水果的农药残留提供更加完整的数据。

综上所述, 本研究筛查了 2022—2023 年度广州市市售蔬菜水果中的 256 种农药残留情况, 以风险监测的形式为监管部门提供了一些数据支持, 以期广州市本地食用农产品的食品安全提升作出贡献。

参考文献

- [1] LAMICHHANE JR. Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM: An introduction to the special issue [J]. *Crop Prot*, 2017, 97: 1-6.
- [2] ZHAO Y, CHEN YP. Coming ecological risks of organochlorine pesticides and novel brominated flame retardants in the Yellow River Basin [J]. *Sci Total Environ*, 2023, 857: 159296.
- [3] LI WT, XIN SH, DENG WJ, *et al*. Occurrence, spatiotemporal distribution patterns, partitioning and risk assessments of multiple pesticide residues in typical estuarine water environments in eastern China [J]. *Water Res*, 2023, 245: 120570.
- [4] RUMSCHLAG SL, MAHON MB, HOVERMAN JT, *et al*. Consistent effects of pesticides on community structure and ecosystem function in freshwater systems [J]. *Nat Commun*, 2020, 11: 6333.

- [5] PENG FJ, PALAZZI P, MEZZACHE S, *et al.* Glucocorticoid hormones in relation to environmental exposure to bisphenols and multiclass pesticides among middle aged-women: Results from hair analysis [J]. *Environ Pollut*, 2024, 348: 123839.
- [6] LOZANO-PANIAGUA D, PARRON T, ALARCON R, *et al.* A Th2-type immune response and low-grade systemic inflammatory reaction as potential immunotoxic effects in intensive agriculture farmers exposed to pesticides [J]. *Sci Total Environ*, 2024, 938: 173545.
- [7] XU SQ, YANG XD, QIAN YW, *et al.* Analysis of serum levels of organochlorine pesticides and related factors in Parkinson's disease [J]. *Neuro Toxicol*, 2022, 88: 216–223.
- [8] JIN H, ZHAO C, CHEN YR, *et al.* Environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: An underestimated risk factor for systemic lupus erythematosus onset and progression [J]. *Sci Total Environ*, 2024, 926: 171841.
- [9] TUDI M, LI H, LI L, *et al.* Exposure routes and health risks associated with pesticide application [J]. *Toxics*, 2022, 10(6): 335.
- [10] 张艳, 曲良娇, 凌莉, 等. UPLC-MS/MS 法同时测定蔬菜中 11 种有机磷和 10 种新烟碱类杀虫剂[J]. *现代预防医学*, 2024, 51(4): 722–727.
- ZHANG Y, QU LJ, LING L, *et al.* Simultaneous determination of eleven organophosphorus and ten neonicotinoid pesticide in vegetables by UPLC-MS/MS [J]. *Mod Prev Med*, 2024, 51(4): 722–727.
- [11] 宋韶芳, 张维蔚, 张玉华, 等. 广州市 21 种市售蔬菜新烟碱类杀虫剂膳食风险评估[J]. *预防医学*, 2023, 35(9): 781–785.
- SONG SF, ZHANG WW, ZHANG YH, *et al.* Dietary risk assessment of neonicotinoid pesticide in 21 kinds of market-sold vegetables in Guangzhou City [J]. *Prev Med*, 2023, 35(9): 781–785.
- [12] 王锦铭, 刘萍, 诸芸, 等. 无锡市市售蔬菜中新烟碱类杀虫剂残留分析及膳食风险评估[J]. *食品安全质量检测学报*, 2024, 15(8): 322–328.
- WANG JM, LIU P, ZHU Y, *et al.* Analysis and dietary risk assessment of neonicotinoid insecticides in commercially available vegetables in Wuxi [J]. *J Food Saf Qual*, 2024, 15(8): 322–328.
- [13] 刘翠玲, 张冉, 杨桂玲, 等. 三唑类杀菌剂在蔬菜中的残留分布及对不同人群的累积性膳食摄入风险[J]. *农药学学报*, 2021, 23(6): 1194–1204.
- LIU CL, ZHANG R, YANG GL, *et al.* Residues distribution of triazole fungicides in vegetables and cumulative dietary intake risk to different populations [J]. *Chin J Pest Sci*, 2021, 23(6): 1194–1204.
- [14] 段云, 关妮, 马晨, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定 13 种甲氧基丙烯酸酯和三唑类杀菌剂在芒果中的残留及膳食摄入风险评估[J]. *农药学学报*, 2023, 25(1): 175–183.
- DUAN Y, GUAN N, MA C, *et al.* Dietary risk assessment of 13 strobilurin and triazole fungicide residues in mangoes by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Chin J Pest Sci*, 2023, 25(1): 175–183.
- [15] CAROL J, BURNS A, TIMOTHY P. Pyrethroid epidemiology: A quality-based review [J]. *Crit Rev Toxicol*, 2018, 48(4): 297–311.
- [16] LEHMLER HJ, SIMONSE D, LIU BY, *et al.* Environmental exposure to pyrethroid pesticides in a nationally representative sample of U.S. adults and children: The national health and nutrition examination survey 2007–2012 [J]. *Environ Pollut*, 2020, 267: 115489.
- [17] RIEDO J, WACHTER D, GUBLE A, *et al.* Pesticide residues in agricultural soils in light of their on-farm application history [J]. *Environ Pollut*, 2023, 331: 121892.
- [18] LI HF, GONG WW, LV WX, *et al.* Target and suspect screening of pesticide residues in soil samples from peach orchards using liquid chromatography quadrupole time-of-flight mass spectrometry [J]. *Ecotox Environ Saf*, 2023, 253: 114664.
- [19] SILVA V, GAI LT, HARKES P, *et al.* Pesticide residues with hazard classifications relevant to non-target species including humans are omnipresent in the environment and farmer residences [J]. *Environ Int*, 2023, 181: 109280.
- [20] ZHAO HL, LI RT, HU JY. Frequently used pesticides and their metabolites residues in apple and apple juice from markets across China: occurrence and health risk assessment [J]. *LWT*, 2023, 178: 114610.
- [21] 杨琪, 王娅芳, 李磊, 等. 2020—2022 年贵州省市售蔬菜中农药残留特征分析及健康风险评估[J]. *现代预防医学*, 2023, 50(18): 3425–3430.
- YANG Q, WANG YF, LI L, *et al.* Features and risk assessments of pesticide pollution in commercially available vegetables, Guizhou, 2020—2022 [J]. *Mod Prev Med*, 2023, 50(18): 3425–3430.
- [22] 黄芊. 福建省蔬菜中农药残留量抽查结果分析[J]. *广东化工*, 2021, 48(454): 233–234, 241.
- HUANG Q. Analysis of pesticide residue in vegetables in Fujian Province [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2021, 48(454): 233–234, 241.
- [23] JARDIM ANO, CALDAS ED. Pesticide residues in food of plant origin commercialized in Brazil from 2010 to 2020—an update from the two national monitoring programs [J]. *Food Control*, 2024, 165: 110674.
- [24] MA JM, FAN SF, YANG LQ, *et al.* Rapid screening of 420 pesticide residues in fruits and vegetables using ultra high performance liquid chromatography combined with quadrupole-time of flight mass spectrometry [J]. *Food Sci Hum Well*, 2023, 12(4): 1064–1070.
- [25] 陈明霞, 汤燕, 江光群. 2014—2022 年重庆市长寿区果蔬农药残留监测结果分析[J]. *职业卫生与病伤*, 2023, 38(5): 291–296.
- CHEN MX, TANG Y, JIANG GQ. Analysis of monitoring results of pesticide residues in fruits and vegetables in Changshou district of Chongqing from 2014 to 2022 [J]. *Occup Health Damage*, 2023, 38(5): 291–296.
- [26] 刘艳春, 项飞兵, 邵复云. 果蔬产品农药残留现状及建议—以黄冈市 2022 年果蔬产品农残监测为例[J]. *质量与认证*, 2023(4): 72–74.
- LIU YC, XIANG FB, SHAO FY. Status and suggestions of pesticide residues in fruits and vegetables products—take pesticide residues monitoring of fruit and vegetable products in Huanggang City in 2022 as an example [J]. *Chin Qual Certif*, 2023(4): 72–74.
- [27] 潘勇, 唐洪, 唐玮, 等. 江苏建湖县设施茄果类蔬菜病虫害特点及绿色防控技术[J]. *农业工程技术*, 2019, 39(35): 38–39, 41.
- PAN Y, TANG H, TANG W, *et al.* Characteristics of diseases and insect

- pests of solanaceous vegetables and green control technology in Jianhu county, Jiangsu Province [J]. *Agric Eng Technol*, 2019, 39(35): 38–39, 41.
- [28] 卢平, 蔡滔, 薛伟, 等. 茄果类蔬菜生产农药应用现状分析与思考[J]. *农技服务*, 2017, 34(13): 60–62.
- LU P, CAI T, XUE W, *et al.* Analysis and thinking of pesticide application in solanaceous fruit vegetables [J]. *Agric Technol Serv*, 2017, 34(13): 60–62.
- [29] 赵青红, 蒙华森, 莫勤妹, 等. 崇左市部分地区柑橘类水果农药残留及其长期膳食摄入风险评估[J]. *生物灾害科学*, 2023, 46(3): 348–353.
- ZHAO QH, MENG HS, MO QM, *et al.* Pesticide residues in citrus fruits and their long-term dietary intake risk in assessment some areas of Chongzuo City [J]. *Biol Disaster Sci*, 2023, 46(3): 348–353.
- [30] 廖贤军, 冷付春, 陈国平, 等. 广西柑橘主要病虫害及其防治措施[J]. *南方园艺*, 2012, 23(6): 25–27.
- LIAO XJ, LENG FC, CHEN GP, *et al.* Main diseases and insect pests of Guangxi citrus and their control measures [J]. *Southern Horticul*, 2012, 23(6): 25–27.
- [31] 蒋建清. 柑橘栽培管理与病虫害防治技术探讨[J]. *广东蚕业*, 2021, 55(5): 89–90.
- JIANG JQ. Discussion on citrus cultivation management and pest control technology [J]. *Guangdong Sericulture*, 2021, 55(5): 89–90.
- [32] 林媚, 王天玉, 平新亮, 等. 浙江柑橘果品农药残留状况分析[J]. *浙江农业科学*, 2022, 63(6): 1351–1355.
- LIN M, WANG TY, PING XL, *et al.* Analysis of pesticide residues in Zhejiang citrus fruits [J]. *J Zhejiang Agric Sci*, 2022, 63(6): 1351–1355.
- [33] 包一翔, 苏琛, 陈君, 等. 禁用有机磷农药持久性, 生物累积性和毒性评估[J]. *现代农药*, 2021, 20(3): 33–38.
- BAO YX, SU C, CHEN J, *et al.* Assessment of persistence, bioaccumulation and toxicity of restricted organophosphorous pesticides [J]. *Mod Agrochem*, 2021, 20(3): 33–38.
- [34] 申继忠. 农药风险评估与禁限用[J]. *世界农业*, 2022, 44(11): 1–18, 26.
- SHEN JZ. Risk assessment, prohibition and restriction of pesticides [J]. *World Pestic*, 2022, 44(11): 1–18, 26.
- [35] HUANG YH, ZHANG WP, PANG SM, *et al.* Insights into the microbial degradation and catalytic mechanisms of chlorpyrifos [J]. *Environ Res*, 2021, 194: 110660.
- [36] XU NH, ZHOU ZG, CHEN BF, *et al.* Effect of chlorpyrifos on freshwater microbial community and metabolic capacity of zebra fish [J]. *Ecotox and Environ Saf*, 2023, 262: 115230.
- [37] ZHAO Y, FAN C, ZHANG A, *et al.* Walnut polyphenol extract protects against malathion and chlorpyrifos induced immunotoxicity by modulating TLRx-NOX-ROS [J]. *Nutrients*, 2020, 12(3): 616.
- [38] ECHEVERRI-JARAMILLO G, JARAMILLO-COLORADO B, SABATER-MARCO C, *et al.* Cytotoxic and estrogenic activity of chlorpyrifos and its metabolite 3,5,6-trichloro-2-pyridinol. Study of marine yeasts as potential toxicity indicators [J]. *Ecotoxicology*, 2020, 30: 104–117.
- [39] ZHANG YF, JIANG LL, CHEN Y, *et al.* Detection of chlorpyrifos residue in apple and rice samples based on aptamer sensor: Improving quantitative accuracy with partial least squares model [J]. *Microchem J*, 2023, 194: 109352.
- [40] LU Y, LI XL, LI WJ, *et al.* Detection of chlorpyrifos and carbendazim residues in the cabbage using visible/near-infrared spectroscopy combined with chemometrics [J]. *Spectrochim Acta A*, 2021, 257: 119759.
- [41] 王芳, 王海荣, 王永生, 等. 2020—2022 年定西市蔬菜农药残留状况分析[J]. *现代农业科技*, 2024(6): 145–148.
- WANG F, WANG HR, WANG YS, *et al.* Analysis of pesticides residues in vegetables in Dingxi from 2020 to 2022 [J]. *Mod Agric Sci Technol*, 2024(6): 145–148.
- [42] 曾静, 乔雄梧. 我国近年蔬菜水果中农药残留超标状况浅析[J]. *农药学学报*, 2023, 25(6): 1206–1221.
- ZENG J, QIAO XW. A brief analysis of pesticide residues exceeding maximum residue limits in vegetables and fruits in China [J]. *Chin J Pest Sci*, 2023, 25(6): 1206–1221.
- [43] 杨淞杰, 刘国军, 曾伟, 等. 四川省豇豆农残问题治理现状与对策建议[J]. *中国植保导刊*, 2023, 43(11): 109–112.
- YANG SJ, LIU GJ, ZENG W, *et al.* Current situation and countermeasures of pesticide residues in cowpea in Sichuan Province [J]. *China Plant Protect*, 2023, 43(11): 109–112.
- [44] 李卫东, 俞美莲. 豇豆农药残留超标高频原因分析与对策[J]. *上海农业学报*, 2024, 40(3): 101–107.
- LI WD, YU ML. Cause analysis and countermeasures on high frequency of excessive pesticide residues in cowpea [J]. *Acta Agric Shanghai*, 2024, 40(3): 101–107.
- [45] 梁启富, 邹华娇, 韦航, 等. 福建省产豇豆中农药残留水平及膳食暴露风险评估[J]. *农产品质量与安全*, 2024(4): 29–35.
- LIANG QF, ZOU HJ, WEI H, *et al.* Pesticide residues in cowpea and their dietary intake risk assessment of Fujian Province [J]. *Qual Saf Agro-prod*, 2024(4): 29–35.
- [46] 张丽, 汪霞丽, 梁锋, 等. 湖南省市售豇豆农药残留的采样分析及安全风险评估[J]. *湖南师范大学自然科学学报*, 2024(5): 95–102.
- ZHANG L, WANG XL, LIANG F, *et al.* Sampling analysis and safety risk assessment of pesticide residues in cowpea sold in Hunan market [J]. *J Nat Sci Hunan Normal Univ*, 2024(5): 95–102.
- [47] 刘敏, 陈一苇, 车少辉, 等. 北京市昌平区本地蔬菜农药残留现状分析[J]. *北京农学院学报*, 2024, 39(3): 47–51.
- LIU M, CHEN YW, CHEN SH, *et al.* Analysis of pesticide residues in local vegetables in Changping District, Beijing [J]. *J Beijing Univ Agric*, 2024, 39(3): 47–51.
- [48] 罗婷婷, 高金晓, 张开志, 等. 瑞丽地区 2020 年部分蔬菜农药残留情况及分析[J]. *食品安全导刊*, 2023(16): 118–121.
- NUO TT, GAO JX, ZHANG KZ, *et al.* Pesticide residues and analysis in some vegetables in Ruili area in 2020 [J]. *Chin Food Saf Mag*, 2023(16): 118–121.
- [49] 罗杏良, 李国华, 杜小珍, 等. 梅县区果蔬农药残留检测与分析[J]. *食品工业*, 2024, 45(7): 273–277.

- LUO XL, LI GH, DU XZ, *et al.* Detection and analysis of pesticide residues in fruits and vegetables in Meixian District [J]. Food Ind, 2024, 45(7): 273–277.
- [50] 赵莹, 王伟, 尹丹阳, 等. 2018—2021 年陕西省市售水果中农药残留状况调查及膳食摄入风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2023, 35(12): 1749–1756.
- ZHAO Y, WANG W, YIN DY, *et al.* Investigation of pesticide residues in commercialized fruits and risk assessment of dietary intake in Shaanxi province from 2018 to 2021 [J]. Chin J Food Hyg, 2023, 35(12): 1749–1756.
- [51] 李树焕. 蔬菜病虫害防治施药技术[J]. 世界热带农药信息, 2021, 527(5): 27–28.
- LI SH. Pest control and pesticide application technology of vegetables [J]. World Trop Agric Inform, 2021, 527(5): 27–28.
- [52] 徐静, 代飞飞, 聂丹丹. 潍坊市 2015 年蔬菜水果中农药残留污染情况[J]. 中国热带医学, 2016, 16(2): 141–144, 148.
- XU J, DAI FF, NIE DD. Situation of pesticide residues in vegetables and fruits of Weifang in 2015 [J]. China Trop Med, 2016, 16(2): 141–144, 148.
- [53] 郭映花, 张诗雨, 邢永华, 等. 海东市乐都区某镇大棚蔬菜禁/限用农药残留检测分析[J]. 河南预防医学杂志, 2018, 29(10): 795–798.
- GUO YH, ZHANG SY, XING YH, *et al.* Detection and analysis of banned/restricted pesticide residues in greenhouse vegetables in a town of Ledu District, Haidong City [J]. Henan J Prev Med, 2018, 29(10): 795–798.
- [54] 荆建忠, 刘俊丽. 2016—2018 年滨州市市售蔬菜农药残留调查[J]. 预防医学论坛, 2019, 25(4): 306–308, 311.
- JING JZ, LIU JL. Survey on pesticides residues in vegetables, Bingzhou City, 2016—2018 [J]. Prev Med Trib, 2019, 25(4): 306–308, 311.

(责任编辑: 安香玉 韩晓红)

作者简介



黄 松, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: 985612690@qq.com



毛新武, 硕士, 主任技师, 主要研究方向为食品质量与安全。
E-mail: xinwumao@163.com