

海南热带果蔬农药残留现状分析及对策研究

伍婷¹, 李备^{2*}, 吴龙^{1*}

[1. 海南大学食品科学与工程学院, 海口 570228; 2. 海南省食品检验检测中心, 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 570311]

摘要: 随着人们对食品安全的日益重视, 农药残留问题成为当前农业生产中的一大难题。海南省位于中国热带地区, 是我国重要的热带果蔬产区。由于气候、土壤等因素的影响, 病虫害问题较为严重, 该地区的农药使用量较高, 导致热带果蔬中农药残留问题突出, 对人体健康和环境造成潜在的风险。因此, 对海南热带果蔬的农药残留进行评估和管理尤为重要。本文从农药残留风险评估出发, 分析海南热带果蔬农药残留存在的膳食风险, 以保障果蔬农产品安全。同时, 结合海南农药残留的现状和农药残留的危害程度, 提出了有效的监管体系和控制措施, 以减少农药残留水平和规范农药使用, 进一步保障消费者健康与环境安全, 促进农业可持续发展。

关键词: 热带果蔬; 农药残留; 风险评估; 控制方法

Research on current situation and countermeasures of pesticide residues in tropical fruit and vegetable in Hainan

WU Ting¹, LI Bei^{2*}, WU Long^{1*}

(1. School of Food Science and Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. Hainan Institute for Food Control, Key Laboratory of Tropical Fruits and Vegetables Quality and Safety for State Market Regulation, Haikou 570311, China)

ABSTRACT: As people increasingly prioritize food safety, the issue of pesticide residues has become a major obstacle in current agricultural production. Hainan Province is located in the tropical region of China, which is an important region for tropical fruit and vegetable production in China. Due to factors such as climate and soil, the pest and disease problem is more serious and the area has a relatively high amount of pesticide use, which results in significant issues with pesticide residue in tropical fruits and vegetables. This poses a potential risk to human health and environment. Therefore, it is particularly important to assess and manage pesticide residues in tropical fruits and vegetables in Hainan. Based on the risk assessment of pesticide residues, this paper analyzed the dietary risks of pesticide residues in tropical fruits and vegetables in Hainan to ensure the safety of fruits and vegetables. Meanwhile, this review combined the

基金项目: 海南省自然科学基金项目(322MS015、321QN183)、国家市场监督管理总局重点实验室(热带果蔬质量与安全)重点研究课题资助项目(ZX-2023001)

Fund: Supported by the Hainan Provincial Natural Science Foundation of China (322MS015, 321QN183), and the Key Laboratory of Tropical Fruits and Vegetables Quality and Safety for State Market Regulation (ZX-2023001)

***通信作者:** 李备, 博士, 主任药师, 主要研究方向为食药安全与人类健康。E-mail: cq_libei@163.com

吴龙, 博士, 副教授, 主要研究方向为热带农产品质量与安全检测和快速检测方法和原理的研究。E-mail: longquan.good@163.com

***Corresponding author:** LI Bei, Ph.D, Chief Pharmacist, Hainan Institute for Food Control (Key Laboratory of Tropical Fruits and Vegetables Quality and Safety for State Market Regulation), Nanhai Avenue, Xiuying District, Haikou 570311, China. E-mail: cq_libei@163.com

WU Long, Ph.D, Associate Professor, School of Food Science and Engineering, Hainan University, 58 Renmin Ave, Meilan District, Haikou 570228, China. E-mail: longquan.good@163.com

current situation of pesticide residues and the extent of pesticide residue hazards in Hainan to propose effective supervision systems and control measures to reduce pesticide residue levels, regulate pesticide use, ensure consumer health and environmental safety, and promote sustainable agricultural development.

KEY WORDS: tropical fruits and vegetables; pesticide residues; risk assessment; control methods

0 引言

海南位于中国热带地区,拥有广泛的果蔬种植业。海南省是我国热带地区的一个重要农产品生产区域,果蔬种植面积广泛。根据《海南统计年鉴—2022》公布的数据,2021年海南全省蔬菜的播种面积为 394.35 万亩,水果收获面积为 247.84 万亩^[1]。其中,主要蔬菜品种包括番茄、西红柿、辣椒等;主要水果品种包括芒果、龙眼、荔枝、香蕉等。由于气候温暖潮湿,病虫害较为严重,因此,农民在种植果蔬的过程中通常会使用大量的农药来保护作物免受病虫害侵害^[2-3]。然而,这些残留在农作物上的农药如果使用不当或者不加控制,就会对人体健康和环境安全构成潜在威胁^[4-6]。

据调查,海南热带果蔬中存在着较高的农药残留水平。其中,常见的残留农药包括有机磷类、氨基甲酸酯类、三唑类等^[7-9]。这些农药对人体健康和环境都有不同程度的危害,例如会损害神经系统、免疫系统、内分泌系统等,长期使用含有农药残留的食品会增加患癌症、神经毒性、免疫毒性等疾病的风险^[10-11]。同时,这些农药也会污染土壤、水源等环境资源,破坏生态平衡,对农业可持续发展产生不利影响^[12-14]。

2020 年,海南省市场监管系统共抽检 20399 批次,总体不合格率为 2.60%。其中,涉及农药残留超标的样品占不合格样品总量的 70.9%^[15]。2021 年, TAN 等^[5]研究发现,在 72.7%的样品中检测到多菌灵、啉虫脒,吡虫啉等 6 种农药残留。其中,埃玛菌素苯甲酸盐和啉虫脒超过了最大残留量。2022 年海南省市场监督管理局报告显示,抽检的 9808 批次样品中,检出不合格样品 204 批次,其中,农兽药残留超标占比高达 61.14%^[16]。从近 3 年的统计数据可以看出,海南热带果蔬中的农药残留问题十分严峻,不仅对人体身体健康十分不利,还严重影响相关农产品企业的发展和经济的增长。

针对海南热带果蔬中农药残留问题,海南省政府和相关部门已经采取了多项措施来加强对农药残留的监测和管理,并且在推广绿色农业、加强监管执法方面进行了积极尝试,但是农药残留问题依然存在。本文从海南热带果蔬的农药残留风险评估出发,结合海南农药残留的现状与农药残留的危害程度,从食品安全监管和控制技术提出相应的解决措施,旨在为海南农药残留的管理和控制提供科学依据和理论指导,促进海南省农产品的安全性和可持

发展。

1 海南热带果蔬农药残留风险评估研究现状

海南热带果蔬作为农产品的重要组成部分,其质量和安全性对消费者的健康至关重要。农药残留是影响海南热带果蔬安全的一个重要因素。一方面,由于海南气温高湿度大,病虫害的发生率也相对较高,农民需要定期喷洒农药来控制害虫和病菌的繁殖^[17-19]。另一方面,消费者对农产品的需求量不断增加,会使农民对农药的投入越来越依赖^[20]。农药的使用有效地控制了农作物病虫害。但是,这也会增加农产品中残留农药的含量,对人体健康和环境造成潜在风险。因此,对海南热带果蔬的农药残留进行评估和管理显得尤为重要。

在《海南省农产品质量安全条例》^[21]中规定,应对涉及农产品的潜在危害进行风险评估,并根据评估结果采取相应措施,以保障食品安全。风险评估可以帮助评估海南热带果蔬中农药残留的含量,以及这些农药残留对消费者健康的潜在影响。同时,评估还可以帮助确定农药使用标准和限制农药使用量,保障海南热带果蔬的品质和安全性。近年来,随着人们对食品安全的日益关注,海南热带果蔬农药残留问题备受重视。为了评估海南热带果蔬农药残留的风险,学者和研究机构对海南本地的农药残留进行了相关研究。

例如,聂宏骞等^[22]研究发现,海南省各类蔬菜中存在多种超标的农药残留,但短期及长期膳食暴露风险较低。另外,对于豆类及茎类蔬菜,研究者们做了进一步的测量评估。ZHANG 等^[23]采集了海南省不同产区的豇豆样品,初步评估了不同人群的慢性膳食摄入风险。研究发现,阳性检出率为 80.8%,其中 30.1%的样品农药残留超过了最大残留量,12 种是被禁农药。梁晓涵等^[24]评估了海南芹菜的农药残留风险,发现 10 种农药的检出率超过了 10%。其中有 26 种农药未在芹菜农药登记或不作为临时用药,只有 6 种可以用于芹菜。以上风险评估结果均显示农药摄入量小于海南省居民蔬菜水果占膳食总摄入量的比例,接触风险可以接受。

除蔬菜外,水果中的农药残留也成为了大众关注的焦点。黄惠玲等^[25]对 2015 年至 2020 年海南省蔬菜及水果进行监测及风险评估后发现,有机磷农药残留的检出率和超标率分别为 19.79%和 9.22%,其中超标的农药有毒死蜱、氧化乐果、甲胺磷、甲基对硫磷、马拉硫磷、敌百虫。

此外, 段云等^[26]通过对 1056 份芒果的检测和膳食摄入风险评估发现, 13 种杀菌剂中有 7 种属于超范围使用农药, 未被登记可以使用。长期和短期膳食摄入风险均在风险接受范围内。

基于以上研究可以看出, 海南热带果蔬普遍存在农药残留风险。部分农药还存在严重超标和未登记使用的情况。因此, 应强化对高频使用农药和禁限用农药的监督管理。针对农药残留风险评估的研究具有重要意义, 不仅有助于引导生产者采用更加科学的农药使用方法, 支持政策制定和管理措施的实施, 还可以为农药残留控制技术的研发和应用提供科学依据, 保障消费者的健康和安全。

2 海南热带果蔬农药残留成因分析

农药残留问题是当前农业生产中的一个重要问题, 特别是在海南省这样的农业大省, 农药残留问题更是突出。表 1 列出了近几年海南省果蔬样品农药残留的现状, 农药残留检出率为 41.14%~80.80%, 可以看出近年果蔬农药残留问题普遍存在。部分果蔬中依然存在农药残留超标且含禁限用农药的问题。针对海南农药残留问题, 本文从 3 个方面进行探讨。

2.1 农药使用不规范

首先, 海南大多数农户受教育水平较低, 很多农户对农药使用的意识不够并且缺乏专业的农药使用知识。有数据表明, 目前海南农业从业人员 329.95 万人, 农业生产经营人员中, 初中及以下教育程度占比为 83.6%^[30]。由于缺乏较好的教育, 普通话基础薄弱, 导致多数农民无法正确理解和应用农药的使用方法和安全操作规程。一方面, 有些农民没有认识到农药对人体健康的危害程度, 导致他们在使用农药时没有采取必要的安全措施, 从而增加了农药

残留超标的风险。另一方面, 为了有效控制病虫害, 农民在使用农药时可能没有按照正确的方式和剂量使用, 或者使用了禁止使用的农药, 这样会导致农药残留超标。

2.2 检测能力有待提升

目前, 海南省农产品检测中心涵盖海南省食品检验检测中心和国家热带农产品质量监督检验中心。获得国家级资质认定的农产品检测机构有农业农村部热带农产品质量监督检验测试中心和农业农村部热带作物种子种苗质量监督检验测试中心等 5 家机构。当前, 海南省已构建了农产品监管体系, 制定了一系列法律法规, 包括《海南省农产品质量安全条例》《海南省农产品质量安全信用信息评价管理办法》和《海南省热带作物标准化生产示范园建设管理办法》等, 为保障农产品质量安全提供了法律保障。虽然海南省已经建立了比较完善的农产品监管体系和法律法规, 但是目前仍然存在一些技术方面的问题需要解决。具体而言, 检验检测人员需要进一步提高其技术水平, 部分检验人员操作不当可能导致农药检测结果与实际值产生偏差; 一些检测人员没有很好地掌握仪器设备的操作要点, 可能会导致检测结果的准确性受到影响, 无法及时发现农药残留问题, 进而影响到农产品的质量安全。另外, 检测设备的使用和保养不当, 一些检测机构未对检测设备与方法进行优化, 导致检测灵敏度不够, 达不到检测要求; 在测样前未对检测仪器进行校准工作, 会影响检测结果的准确性。

2.3 环境因素

由于海南地处热带地区, 雨量丰沛, 可能会导致农药被冲刷流失, 从而增加土壤中的农药残留。就农作物而言, 气温的高低和降雨量的多少都会对病虫害的生长产生影响。在温热和潮湿的环境中, 病虫害更容易繁殖爆发, 农民为了保证农产品生产产量和质量, 可能会增加使用农药

表 1 海南省果蔬样品中农药残留现状
Table 1 Status of pesticide residues in fruit and vegetable samples in Hainan Province

样品	年份/样本量	农药种类	检出率	超标农药	禁限用农药	参考文献
豇豆	2018—2021 年/ N=574	杀虫剂、杀菌剂、杀螨剂 3 类 27 种	80.80%	苯醚甲环唑、氯氰菊酯 等 10 种	毒死蜱、氯虫苯甲酰胺等 12 种	[23]
芹菜	2022 年/ N=115	杀虫剂、杀菌剂、杀螨剂、 除草剂 4 类 39 种	72.20%	毒死蜱、甲拌磷和敌敌畏	毒死蜱和甲拌磷	[24]
芒果	2017—2019 年/ N=178	杀菌剂、杀虫剂、植物生长 调节剂 3 类 25 种	92.70%	吡唑醚菌酯、吡虫啉等 6 种	-	[27]
火龙果	-/ N=175	杀菌剂、杀虫剂、除草剂 3 类 28 种	41.14%	氧乐果	氧乐果	[28]
杨桃	2018 年/ N=70	杀虫剂、杀菌剂、植物生长 调节剂 3 类 18 种	75.70%	氟虫腈、三羟基克百威和 灭多威	氟虫腈, 氰戊菊酯等 6 种	[29]

注: -表示相应文献未标明。

的频率及用量,保护农产品不受侵害,但过多的农药会导致农产品农药残留问题。首先,数据显示中国的农药使用量是其他地区的 2~7 倍。在中国的热带地区,农药使用量是全国平均水平的 2.0 到 3.8 倍^[5]。相比之下,我国其他地区的气候条件较为温和,农作物病虫害的压力较小,因此农药使用的频率和使用量也相对较低。这使得海南地区的农产品潜在农药残留风险相对较高。另外,由于地理位置的不同,海南地区与其他地区在农药的种类和使用方式上可能存在差异。以海南热带果蔬为例,农民为了防治病虫害往往会采用多样化的农药,可能会使用多种农药联合作用,以提高防治效果。

海南农药残留问题在果蔬样品中普遍存在,除上述 3 个成因以外,农业技术推广、市场监管、农药市场的管理等也会影响果蔬农药残留问题。如图 1 所示,在农药残留的问题上,需要多方共同努力,构建有效的监管体系,实施细化的控制措施,以保障人民身体健康。

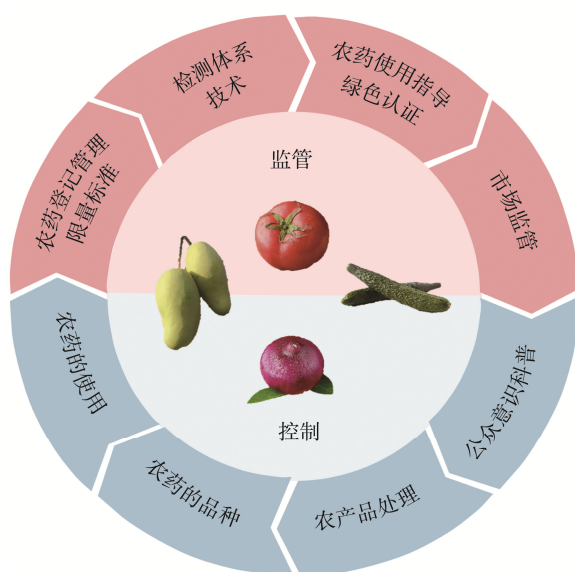


图 1 农药残留的监管和控制措施

Fig.1 Regulatory and control measures for drug residues

3 农药残留的监管

针对海南热带果蔬农药残留普遍存在的现状,相关部门已经采取了多项监管和鼓励措施,其中包括:加强农药登记管理,制定农药限量标准,建立农药残留检测体系,发展快速检测技术,开展农药使用指导,鼓励绿色食品认证,强化市场监管等。这些措施有助于从施药源头到农产品市场终端降低农药残留的种类和含量,从而减少对人体的危害。

3.1 加强农药登记管理

加强农药登记管理也是解决海南热带果蔬农药残留

问题的重要措施之一。农药的使用是有一定风险的,如果农药使用不当或者使用的农药不合格,会对人类健康和环境造成潜在危害。因此,加强农药登记管理,禁止销售和使用不符合标准的农药,可以有效地控制农药的质量及使用情况,从而保障海南热带果蔬的质量安全。具体来说,加强农药登记管理需要建立完善的农药登记制度,制定严格的农药注册标准和审批流程,加强对农药生产企业和销售渠道的监管,及时处理违法违规行。此外,还需要加强农药使用监管,实施限量使用和禁用农药等措施,确保农药使用的安全、合理和科学。这样可以有效地减少农药残留,提高海南热带果蔬的质量和水平。

3.2 制定农药限量标准

制定并严格执行有关农药使用限量、使用标准和禁用农药的规定,是保障农产品安全和减少农药残留的关键措施之一。农药使用限量和禁用农药的规定,可以根据农产品的不同种类、生长阶段和其他环境因素等,针对不同的作物和用途,制定相应的农药使用标准和限量标准,避免农民过度使用、滥用农药^[31]。同时,针对违法使用农药的行为,必须加强监管力度,依法从严惩处违规单位和个人,形成震慑效应,促进农业生产的绿色发展,提高农产品的质量和水平。

3.3 建立农药残留检测体系

建立科学、规范和有效的农药残留检测体系,对于保障海南热带果蔬的品质安全具有重要意义^[32]。具体来说,建立农药残留检测体系需要从以下几个方面入手:1)建立农药残留检测实验室——建立符合国家标准农药残留检测实验室,配备先进的检测仪器和设备,以确保检测结果的准确性和稳定性;2)制定农药残留检测标准——根据国家相关标准和法律法规,制定适用于海南热带果蔬的农药残留检测标准,并确保检测方法与国际接轨;3)建立农药残留抽检机制——建立符合国家标准农药残留抽检机制,对海南热带果蔬进行定期、随机的农药残留抽检,并及时公示检测结果,保障消费者知情权;4)提高检验检测人员的专业能力——通过开展培训活动,例如省食检中心开展的“实验室质量管理及能力提升”“食品中微生物、农药残留、化学污染物及有害因素等风险评估预警培训班”专题培训,提高技术人员的理论水平和实操能力。总之,建立完善的农药残留检测体系可以有效地控制海南热带果蔬中的农药残留,并确保果蔬的品质安全。

3.4 发展快速检测技术

目前,在海南部分地区,农户的经营能力和土地规模受限,导致蔬菜生产呈现规模小、分散化的情况。同时,大多数蔬菜在上市时期集中出现,而普通农户的上市量却相对有限,这为相关部门的检测工作增加了一定的难度。因

此,发展快速,可现场监测的农药残留快速检测在食用农产品日常监测中的重要性日益突出^[33]。当前,已经出现了许多快速检测技术,如光谱分析^[34-36]、电化学分析^[37-39]、生物传感器^[40-42]等。这些技术具有响应速度快、操作简单、灵敏度高和成本低等优点,可以广泛应用于农药残留检测领域^[43]。虽然快速检测技术已经取得了一定的成果,但仍存在一些挑战。快速检测方法缺少规范化标准,需要更好地与国家标准法进行对接,以提高检测结果的一致性和可比性。同时,由于经费和技术人才的限制,海南省的相关检测机构无法实现全覆盖的全面监测。目前,只有极少数单位拥有先进设备,并能够顺利进行工作。然而,部分进口仪器设备因缺乏专业管理人才,无法充分发挥其应有的作用。当地政府应加强对快速检测技术的研发和推广,鼓励企业和科研机构加大投入,提高快速检测技术的研发水平和应用范围,促进农产品质量检测的现代化和智能化发展,为农民和消费者提供更加安全和可信赖的农产品。

3.5 开展农药使用指导

加强农药使用指导和技术培训、示范推广等活动,是科学使用农药的重要手段之一。这一手段可以提高农民对农药使用的认识和技能水平,引导农民合理使用农药,并在实际操作中避免使用不合格的农药,减少农药残留^[44]。首先,要对禁限用农药以及易超标农药的科学使用进行宣传,推广相关的标准和法规,如《农药管理条例》《海南省农产品质量安全条例》以及 GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》,帮助农户了解限量标准,并提升其法律观念。虽然,海南省瓜菜生产企业和农户对科学使用农药的意识有所提高,但一些农药经营店过度配药导致了高价销售的问题。同时,缺乏群防群治和生物防治,对农药过度依赖,进而对生态平衡造成损害。应针对不同的作物和环境条件,制定相应的农药使用技术指导和标准,加强对农民的宣传教育和技术培训,提升农民的科学化管理能力和技术水平,形成良好的农药使用习惯和意识。这样就可以有效地降低农药残留,保障农产品的安全 and 质量。

3.6 鼓励绿色食品认证

鼓励和支持开展农产品有机认证和绿色食品认证,推广有机农业和绿色农业,是实现减少农药使用的重要途径之一^[45-47]。有机农业和绿色农业是一种以生态平衡为基础,采用自然循环和生物控制等手段,最大限度地减少对环境的污染和对人体健康的危害的农业生产方式^[48-49]。目前,海南省积极申报“三品一标”产品,并扩大“三品一标”产地的范围,以打造农业品牌,提升农产品的质量水平。同时,加强了对“三品一标”的监管力度,严格执行认证程序,提高了认证门槛,并加强了认证质量审核。为进一步

推动农产品认证和标准化工作,相关部门可积极鼓励农户参与认证,以提升产品质量和安全水平。在认证过程中,要加强监管,确保认证的可靠性和信誉度,进一步增强消费者对农产品的信任。使消费者对绿色食品有所了解,增加对绿色食品的信任度,从而提高市场需求。通过认证和推广有机农业和绿色农业,可以促进农民科学种植,提高农产品的质量和安全水平。同时,有机农业可以减少农药的使用,有利于维持土壤肥力和生物多样性,从而减少污染并保护生态环境。因此,政府应加强对有机农业和绿色农业的政策支持和经济扶持,提供有机产品和绿色食品的集中销售平台,减少中间环节,降低流通成本,使绿色食品的售价更具竞争力,推动农业生产的可持续发展。

3.7 强化市场监管

市场监管部门应该加强对农药生产、销售和使用环节的监管,严厉打击假冒伪劣农药生产和销售行为,确保农药质量安全,减少农药残留。具体来说,加强市场监管可以从以下几个方面入手:1)加强农药生产企业的监管——加强对农药生产企业的监管,建立健全的质量管理体系,严格执行农药质量标准,确保农药的质量符合标准;2)加强农药销售环节的监管——加强对农药经销商的监管,落实农药销售的备案制度,对农药销售单位进行定期检查,确保农药销售的真实性和规范性^[50];3)加强农药使用环节的监管——加强对农民的宣传教育,提高其对农药的正确使用和安全使用意识,同时加强对农药使用的监管,严格执行农药使用规定,避免过量使用和乱用农药^[51-52]。总之,加强市场监管可以有效地减少农药残留,保障海南热带果蔬的品质安全。

此外,政府还应该鼓励农民向有机农业发展,减少化肥和农药的使用,同时加强对农民的培训和教育,提供有机农业生产技术和咨询服务,帮助农民转型升级,推广有机农业,促进农业生产方式的可持续发展,保障果蔬品质安全和较少对环境的污染。

总的来说,加强农药登记管理,不断完善细化农药限量标准,是农药管理的基础。同时,提升快速检测的能力,加强农产品的检测,可以及时发现农药残留问题。在人员方面,强化农户用药指导,对检验检测人员开展技能培训,强化考核,可以提高用药质量,减少农药残留。在监管方面,可构建完善立体的网格化监管体系,实现网格化,精准化管理。最后,农药残留的监管需要全社会共同努力,落实农药管理的各项监管措施,保障老百姓的食品安全。

4 农药残留的控制

农药残留的控制是指在生产加工过程中,采取一系列的技术措施。如对农药使用进一步加强管理力度、选择

低毒、高效、环保的农药替代,科学合理地使用农药等。通过对农药残留的控制从源头上降低了农药在农产品中的残留量,确保了农产品的质量安全。农药残留的控制主要包括以下几个方面:

4.1 限制高风险农药的使用

首先,政府应该加强对高风险农药的监管。包括对高风险农药的生产、销售和使用进行严格的管理。政府可以通过制定相关法律法规和标准,加强农药生产和使用的许可和监管,从源头上控制高风险农药的使用^[53]。同时,政府也需要加强对农药行业的监督,打击农药非法生产和销售行为,保障消费者的权益。

其次,鼓励生产商研发更加环保、低毒、低残留的农药,以替代高风险农药的使用。这需要大量的科研投入和技术创新,政府可以通过提供财政资金和优惠政策,激励企业进行研发和推广。

最后,鼓励农民采用更加生态友好的农业技术,在农作物的种植和养殖过程中,减少对农药的依赖性。例如,可以采用生物防治、有机肥料等技术,也可以加强土壤改良和作物轮作,从而减少农药的使用量和频率。这种方式不仅能够保护环境,还能提高农产品的品质和安全性。

4.2 采用科学的使用方法

农药虽然可以有效地控制害虫和病虫害,但不正确使用则可能会对人体健康和环境造成危害。采用科学的农药使用方法,如合理选用农药、按照建议剂量和使用期限使用、选择适宜的施药时间等,可以减少农药残留量。

首先,在使用农药之前,农民应了解海南地区常见的目标害虫或病虫害的种类、数量和生长习性等,根据实际情况选择合适的低毒性农药,并遵循农药生产厂商的建议,按照建议剂量和使用期限使用农药。其次,针对海南地区的气候和作物特点,应选择适宜的施药时间。不同的害虫和病虫害在不同的生长阶段会有不同的威胁程度,因此需要在它们最活跃的时期进行施药。同时,也要避免在天气不稳定或风力较大时进行施药,以免农药随风扩散,对周围环境造成污染^[54]。正确储存农药是防止意外事故和污染的关键。在海南地区的高温环境下,农药应储存在干燥、通风、阴凉的地方,避免阳光直射和高温。使用后的农药包装物应妥善处理,不可乱扔到环境中,避免对周围环境和生态造成影响。通过这些针对性的措施,可以最大程度地减少高毒性农药对海南地区的危害,保护农民的健康和海南的生态环境。

4.3 推广低毒性、低残留的农药

低毒性、低残留的农药相对于高毒性、高残留的农药,更加安全、环保、健康。这些农药不仅可以减少对人体健康的危害,也能够减少对土壤、水源、生态系统的污染^[55]。

因此,优先推广使用低毒性、低残留的农药,可以从源头上减少农药残留量,保护人体的健康和环境的安全。同时,政府和行业部门也应该给予低毒性、低残留的农药更多的关注和支持。比如鼓励生产商开展相关研究和生产,增加低毒性、低残留农药的供应量;建立完善的监管体系,确保低毒性、低残留农药的质量和安全性等。这些措施将有力地促进低毒性、低残留农药的推广和普及。

4.4 正确的处理方式

在农产品加工、贮存和运输过程中,应按照正确的处理方式进行处理,如洗涤、消毒、去皮、削皮等,从而降低农药残留量的风险。首先,对于海南特色热带果蔬,如豇豆、芒果、荔枝、香蕉等,在洗涤方面,应该用流动清水反复洗涤,以将表面农药残留去除^[56-57]。其次,在消毒方面,应该使用符合安全标准的消毒剂,如氢过氧化物、过氧乙酸等,消毒剂使用的浓度和时间应遵循相应的规定,并且要注意彻底冲洗干净^[58-59]。此外,对于一些需要去皮或削皮的农产品,如芒果、木瓜等水果,应该在去皮或削皮前,先将表面的农药残留彻底清洗干净。最后,在运输和贮存方面,应该采取适当的包装和储存方式,避免农药残留与其他物品接触,要确保食品在贮存和运输过程中的卫生安全^[60]。正确的处理方式能够在很大程度上减少农产品中的农药残留量,从而保证消费者的食品安全。

4.5 加强公众意识与科普

加强公众对农药残留的认识和科普,提高消费者的自我保护意识和对食品安全的重视程度,从而推动农药残留控制工作的开展。公众通过了解农药残留对健康的影响和如何正确选择、处理和烹饪食品等方面的知识,可以更好地保护自己的健康和安全。此外,公众也应该积极参与到农药残留控制工作中来,比如提高对有机农产品的认知、支持农业生产者不使用高毒性、高残留的农药等。

为了加强公众意识与科普,可以通过多种途径,比如媒体宣传、社区教育、网络科普等方式,向公众传递相关知识和信息。政府和行业部门也可以组织宣传活动、举办培训班等形式,向公众普及相关知识。同时,也可以在食品包装上标明农药残留情况,提高消费者对食品安全的警觉性和保护意识。

综上,对于农户而言,首先要规范和科学使用农药。其次要精准减药,遵循“以预防为主,综合治理”的理念。最后,可以采取绿色防控技术,例如轮作控害,生物防治和物理干预控制。对于公众而言,需要加强对农药残留的认识,引导公众参与到农产品质量安全监管中来,以保护自己的健康安全。总之,农药残留的监管和控制都是保障食品安全的重要手段。一方面需要加强对市场的监督和检测,建立健全的法律法规体系,加大对违法行为的处罚

力度,保障消费者的权益;另一方面需要加强农民的教育和培训,提供农业生产技术和咨询服务,引导农民科学、规范使用农药。

5 结束语

综合对农药残留膳食风险评估、农药残留监管和控制技术的讨论,农药残留问题所带来的危害更应该受到高度关注,并采取系统化的措施来控制和管理农药残留。虽然农药残留问题较为复杂,但是可以通过加强法律法规制定和执行、加强科技创新、推广有机农业和生态农业、提高公众意识等手段来有效降低农药残留的水平。同时,也需要不断加强相关研究和技术创新,开发更加安全和环保的农药,并倡导绿色生产方式和循环经济理念,从而实现农业可持续发展和人类健康的保护。

此外,从监管层面可以发展更加高效的快速检测技术对农药残留进行准确检测。常用的快速检测技术不仅可以快速检测农产品中的农药残留物,还可以检测食品加工过程中的农药残留物。通过建立快速检测技术平台,有利于加强农药残留的监管和控制。从控制层面可以开发新的清洗技术,例如在不使用化学消毒剂的情况下,电解水清洗技术可以对农产品进行清洗和消毒,能够有效地去除蔬菜、水果等农产品表面的细菌和农药残留,同时还可以保持农产品的新鲜度和口感。

总的来讲,降低农药残留的关键在于采用科学的方法进行评估和监管,并采用新型科学技术进行控制和管理。例如,绿色高效农药合成技术可以减少农药的使用量和毒性,从根本上解决农药残留问题;快速检测技术可以及时、准确地检测农产品中的农药残留,保障消费者的安全与健康;而农药清洗技术则可以有效减少农药残留的影响,并且对于农民来说也是一种经济、环保的好方法。只有在科学指导下不断地提高农药残留的控制和管理水平,才能保障人类健康和生态环境的可持续发展。

参考文献

- [1] 海南省统计局国家统计局海南调查总队. 海南统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.
Hainan Provincial Bureau of Statistics Hainan Survey Headquarters, National Bureau of Statistics. Hainan statistical yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2022.
- [2] LI H, CHANG QY, BAI RB, *et al.* Simultaneous determination and risk assessment of highly toxic pesticides in the market-sold vegetables and fruits in China: A 4-year investigational study [J]. *Ecotox Environ Saf*, 2021, 221: 112428.
- [3] 吴圣勇, 谢文, 刘万才, 等. 我国豇豆蓟马研究进展及综合防控措施[J]. 植物保护, 2023, 61: 1–11.
WU SY, XIE W, LIU WC, *et al.* Research progress about thrips on Chinese cowpea and integrated control measures [J]. *Plant Prot*, 2023, 61: 1–11.
- [4] LI CJ, ZHU HM, LI CY, *et al.* The present situation of pesticide residues in China and their removal and transformation during food processing [J]. *Food Chem*, 2021, 354: 129552.
- [5] TAN HD, WU QM, HAO R, *et al.* Occurrence, distribution, and driving factors of current-use pesticides in commonly cultivated crops and their potential risks to non-target organisms: A case study in Hainan, China [J]. *Sci Total Environ*, 2023, 854: 158640.
- [6] LI CJ, ZHU HM, LI CY, *et al.* The present situation of pesticide residues in China and their removal and transformation during food processing [J]. *Food Chem*, 2021, 354: 129552.
- [7] 段云, 钱程, 李建国, 等. 有机磷农药在海南菜心、苦瓜和豇豆中的残留分析及膳食风险评估[J]. 南方农业学报, 2014, 45(9): 1594–1598.
DUAN Y, QIAN C, LI JG, *et al.* Organophosphorus pesticide residues in Hainan bitter melon, Chinese flowering cabbage and cowpea and dietary exposure risk assessment [J]. *J Southern Agric*, 2014, 45(9): 1594–1598.
- [8] DUAN Y, GUAN N, LI PP, *et al.* Monitoring and dietary exposure assessment of pesticide residues in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in Hainan, China [J]. *Food Control*, 2016, 59: 250–255.
- [9] SAADAOUI H, BOUJELBANE F, SERAIRI R, *et al.* Transformation pathways and toxicity assessments of two triazole pesticides elimination by gamma irradiation in aqueous solution [J]. *Sep Purif Technol*, 2021, 276: 119381.
- [10] HU HY, YANG LQ. Development of enzymatic electrochemical biosensors for organophosphorus pesticide detection [J]. *J Environ Sci Heal B*, 2020, 56(2): 168–180.
- [11] YANG FW, LI YX, REN FZ, *et al.* Toxicity, residue, degradation and detection methods of the insecticide triazophos [J]. *Environ Chem Lett*, 2019, 17(4): 1769–1785.
- [12] MDENI NL, ADENIJI AO, OKOH AI, *et al.* Analytical evaluation of carbamate and organophosphate pesticides in human and environmental matrices: A review [J]. *Molecules*, 2022, 27(3): 618.
- [13] SHAHID M, KHAN MS. Ecotoxicological implications of residual pesticides to beneficial soil bacteria: A review [J]. *Pestic Biochem Physiol*, 2022, 188: 105272.
- [14] FU HY, TAN P, WANG RJ, *et al.* Advances in organophosphorus pesticides pollution: Current status and challenges in ecotoxicological, sustainable agriculture, and degradation strategies [J]. *J Hazard Mater*, 2022, 424: 127494.
- [15] 海南省市场监督管理局. 海南省市场监督管理局关于2020年食品安全监督抽检情况分析的通告[EB/OL]. [2020-12-31]. https://amr.hainan.gov.cn/zjfwcs/spcjxx/202012/t20201231_2912428.html [2023-04-01].
Hainan Provincial Administration of Market Supervision. Notice of the market supervision administration of hainan province on the analysis of food safety supervision and sampling in 2020 [EB/OL]. [2020-12-31]. https://amr.hainan.gov.cn/zjfwcs/spcjxx/202012/t20201231_2912428.html [2023-04-01].
- [16] 海南省市场监督管理局. 海南省市场监督管理局关于2022年食品安全监督抽检情况分析的通告[EB/OL]. [2022-12-30]. https://amr.hainan.gov.cn/zjfwcs/spcjxx/202212/t20221230_2912428.html

- gov.cn/zjfwcs/spcjxx/202212/t20221231_3338559.html [2023-04-20].
- Hainan Provincial Administration of Market Supervision. Notice of the market supervision administration of hainan province on the analysis of food safety supervision and sampling in 2022 [EB/OL]. [2022-12-30]. https://amr.hainan.gov.cn/zjfwcs/spcjxx/202212/t20221231_3338559.html [2023-04-20].
- [17] YANG QL, DU TM, LI N, *et al.* Bibliometric analysis on the impact of climate change on crop pest and disease [J]. *Agronomy-Basel*, 2023, 13(3): 920.
- [18] SKENDZIC S, ZOVKO M, ZIVKOVIC IP, *et al.* The impact of climate change on agricultural insect pests [J]. *Insects*, 2021, 12(5): 440.
- [19] MALHI GS, KAUR M, KAUSHIK P. Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review [J]. *Sustainability*, 2021, 13(3): 1318.
- [20] BELTRAN-PENA A, ROSA L, D'ODORICO P. Global food self-sufficiency in the 21st century under sustainable intensification of agriculture [J]. *Environ Res Lett*, 2020, 15(9): 095004.
- [21] 《海南省农产品质量安全条例》[Z]. 2018.
- Regulations on quality and safety of agricultural products in Hainan Province* [Z]. 2018.
- [22] 聂宏骞, 赖宣丞, 黄圣南, 等. 2019—2020 年海南省蔬菜农药残留及膳食暴露评估[J]. *环境与健康杂志*, 2022, 39: 1–5.
- NIE HQ, LAI XC, HUANG SN, *et al.* Pesticide residues in vegetables and dietary exposure assessment in Hainan [J]. *J Environ Health*, 2022, 39: 1–5.
- [23] ZHANG Q, MA C, DUAN Y, *et al.* Determination and dietary intake risk assessment of 35 pesticide residues in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) from Hainan province, China [J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 5523.
- [24] 梁晓涵, 林敏, 万娜, 等. 基于食品安全指数法和危害物风险系数法评估海南芹菜的农药残留风险[J]. *食品安全质量检测学报*, 2023, 14(1): 112–121.
- LIANG XH, LIN M, WAN N, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in celery in Hainan based on food safety index and hazard risk coefficient method [J]. *J Food Saf Qual*, 2023, 14(1): 112–121.
- [25] 黄惠玲, 王朝政, 庄鹏, 等. 海南省蔬菜、水果中有机磷农药残留情况的调查和风险评估[J]. *中国卫生检验杂志*, 2021, 31(13): 1637–1640.
- HUANG HL, WANG CZ, ZHUANG P, *et al.* Survey and risk assessment of organophosphorus pesticide residues in vegetables and fruits in Hainan Province [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2021, 31(13): 1637–1640.
- [26] 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 Pestic Sci*, 2023, 25(1): 175–183.
- [27] 马晨, 张群, 刘春华, 等. 海南芒果中农药多残留分析[J]. *农药学报*, 2021, 23(3): 552–560.
- MA C, ZHANG Q, LIU CH, *et al.* Analysis of multiple pesticide residues in mango of Hainan Province [J]. *Chin J Pestic Sci*, 2021, 23(3): 552–560.
- [28] 王盼, 郭晓杰, 段云, 等. 火龙果农药残留膳食摄入风险评估[J]. *热带作物学报*, 2021, 42(7): 2076–2084.
- WANG P, GUO XJ, DUAN Y, *et al.* Risk assessment of dietary intake of pesticide residues in pitaya [J]. *Chin J Tropical Crops*, 2021, 42(7): 2076–2084.
- [29] 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.
- JIANG C, LIN SH, HE S, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in carambola in main producing areas [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(24): 9496–9502.
- [30] 古洁. 乡村振兴视角下海南省新型职业农民培训现状、问题及建议[J]. *海南开放大学学报*, 2023, 24(1): 1–11.
- GU J. The current situation, problems, and suggestions of new vocational farmer training in hainan province from the perspective of rural revitalization [J]. *J Hainan Open Univ*, 2023, 24(1): 1–11.
- [31] 卢恒, 周冰谦, 杨国红, 等. 金银花农药残留研究进展[J]. *中国中药杂志*, 2022, 47(6): 1453–1458.
- LU H, ZHOU BQ, YANG GH, *et al.* Research progress on pesticide residues of *Lonicera Japonica* Flos [J]. *China J Chin Mater Med*, 2022, 47(6): 1453–1458.
- [32] CHEN ZL, DONG FS, XU J, *et al.* Management of pesticide residues in China [J]. *J Integr Agric*, 2015, 14(11): 2319–2327.
- [33] XU LY, ABD EATYAM, EUN JB, *et al.* Recent advances in rapid detection techniques for pesticide residue: A review [J]. *J Agric Food Chem*, 2022, 70(41): 13093–13117.
- [34] XU Y, KUTSANEDZIE FYH, HASSAN M, *et al.* Mesoporous silica supported orderly-spaced gold nanoparticles SERS-based sensor for pesticides detection in food [J]. *Food Chem*, 2020, 315: 126300.
- [35] XIE TH, CAO ZJ, LI YJ, *et al.* Highly sensitive SERS substrates with multi-hot spots for on-site detection of pesticide residues [J]. *Food Chem*, 2022, 381: 132208.
- [36] CAI Y, ZHU HS, ZHOU WC, *et al.* Capsulation of AuNCs with AIE effect into metal-organic framework for the marriage of a fluorescence and colorimetric biosensor to detect organophosphorus pesticides [J]. *Anal Chem*, 2021, 93(19): 7275–7282.
- [37] UMAPATHI R, GHOREISHIAN SM, SONWAL S, *et al.* Portable electrochemical sensing methodologies for on-site detection of pesticide residues in fruits and vegetables [J]. *Coord Chem Rev*, 2022, 453: 214305.
- [38] TU XL, GAO F, MA X, *et al.* Mxene/carbon nanohorn/beta-cyclodextrin-metal-organic frameworks as high-performance electrochemical sensing platform for sensitive detection of carbendazim pesticide [J]. *J Hazard Mater*, 2020, 396: 122776.
- [39] WU JH, YANG QT, LI Q, *et al.* Two-dimensional MnO₂ nanzyme-mediated homogeneous electrochemical detection of organophosphate pesticides without the interference of H₂O₂ and color [J]. *Anal Chem*, 2021, 93(8): 4084–4091.
- [40] OUYANG Q, WANG L, AHMAD W, *et al.* A highly sensitive detection of carbendazim pesticide in food based on the upconversion-MnO₂

- luminescent resonance energy transfer biosensor [J]. Food Chem, 2021, 349: 129157.
- [41] ZHAO FN, YAO Y, JIANG CM, *et al.* Self-reduction bimetallic nanoparticles on ultrathin MXene nanosheets as functional platform for pesticide sensing [J]. J Hazard Mater, 2020, 384: 121358.
- [42] BILAL S, HASSAN MM, REHMAN MFU, *et al.* An insect acetylcholinesterase biosensor utilizing $\text{WO}_3/\text{g-C}_3\text{N}_4$ nanocomposite modified pencil graphite electrode for phosmet detection in stored grains [J]. Food Chem, 2021, 346: 128894.
- [43] LIANG Z, ABDELSHAFY AM, LUO ZS, *et al.* Occurrence, detection, and dissipation of pesticide residue in plant-derived foodstuff: A state-of-the-art review [J]. Food Chem, 2022, 384: 132494.
- [44] LIU D, HUANG YZ, LUO XF. Farmers' technology preference and influencing factors for pesticide reduction: Evidence from Hubei Province, China [J]. Environ Sci Pollut Res, 2023, 30: 6424–6434.
- [45] TAN HY, QI XL. Synergistic interconstruction of the green development concept in chinese rural ecological agriculture [J]. Sustainability, 2023, 15(5): 3961.
- [46] ZHONG Y. Analysis of pig farmers' preference and adoption behavior for food safety information labels in china [J]. Foods (Basel, Switzerland), 2023, 12(6): 1260.
- [47] SUN CZ, HUANG DJ, LI H, *et al.* Green food industry in China: Spatial pattern and production concentration drivers [J]. Front Environ Sci, 2021, 9: 665990.
- [48] HENNERON L, BERNARD L, HEDDE M, *et al.* Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life [J]. Agron Sustain Dev, 2015, 35(1): 169–181.
- [49] REMPELOS L, BARANSKI M, WANG J, *et al.* Integrated soil and crop management in organic agriculture: A logical framework to ensure food quality and human health? [J]. Agronomy-Basel, 2021, 11(12): 2494.
- [50] LI ZJ, HU RF, ZHANG C, *et al.* Governmental regulation induced pesticide retailers to provide more accurate advice on pesticide use to farmers in China [J]. Pest Manage Sci, 2022, 78(1): 184–192.
- [51] QIAO DK, LUO L, ZHENG XQ, *et al.* External supervision, face consciousness, and pesticide safety use: Evidence from Sichuan Province, China [J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(12): 7013.
- [52] ZHOU JH, YANG ZY, LI K, *et al.* Direct intervention or indirect support? The effects of cooperative control measures on farmers' implementation of quality and safety standards [J]. Food Policy, 2019, 86: 101728.
- [53] BENBROOK C. Missing the mark-new methods needed to detect and address high-risk pesticide residues in the global food supply [J]. Regul Toxicol Pharmacol, 2023, 138: 105328.
- [54] TUDI M, RUAN HD, WANG L, *et al.* Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment [J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(3): 1112.
- [55] AYILARA MS, ADELEKE BS, AKINOLA SA, *et al.* Biopesticides as a promising alternative to synthetic pesticides: A case for microbial pesticides, phytopesticides, and nanobiopesticides [J]. Front Microbiol, 2023, 14: 1040901.
- [56] KIWANGO PA, KASSIM N, KIMANYA ME. Household vegetable processing practices influencing occurrence of pesticide residues in ready-to-eat vegetables [J]. J Food Saf, 2020, 40(1): e12737.
- [57] LIU T, PENG J, PAN LQ, *et al.* Effects of shiitakes household processing on the residues of six pesticides [J]. J Food Process Pres, 2020, 44(4): e14395.
- [58] RODRIGUES AAZ, QUEIROZ M, NEVES AA, *et al.* Use of ozone and detergent for removal of pesticides and improving storage quality of tomato [J]. Food Res Int, 2019, 125: 108626.
- [59] TONGJAI P, HONGSIBSONG S, SAPBAMRER R. The efficiency of various household processing for removing chlorpyrifos and cypermethrin in Chinese kale and pakchoi [J]. Qual Assur Saf Crops Foods, 2021, 13(3): 45–52.
- [60] BILKOVA A, KNAPOVA P, SURAN P, *et al.* Effect of storage conditions on content of pesticide residues in sweet cherries [J]. Food Chem-X, 2022, 13: 100185.

(责任编辑: 张晓寒 郑 丽)

作者简介



伍 婷, 硕士研究生, 主要研究方向为热带农产品质量与安全检测和快速检测方法的研究。

E-mail: wuting3693@163.com



李 备, 博士, 主任药师, 主要研究方向为食药安全与人类健康。

E-mail: cq_libei@163.com



吴 龙, 博士, 副教授, 主要研究方向为热带农产品质量与安全检测和快速检测方法和原理的研究。

E-mail: longquan.good@163.com