

苏南某市叶类蔬菜含氯有机农药残留状况分析及风险评估

刘腾飞¹, 范君¹, 杨代凤^{1*}, 谢修庆²

(1. 江苏太湖地区农业科学研究所, 苏州 215155; 2. 连云港市农村能源环境保护办公室/连云港市农产品质量监督检验测试中心, 连云港 222003)

摘要: **目的** 了解苏南某市叶类蔬菜中含氯有机农药的残留状况及其质量安全现状。**方法** 利用气相色谱法对采集自该市农贸市场、大型超市、种植基地及散户的6种主要叶类蔬菜中5种代表性的含氯有机农药(百菌清、三唑酮、氟氯氰菊酯、氯氰菊酯和氰戊菊酯)进行定量检测分析, 采用食品安全指数开展暴露风险评估。**结果** 5种含氯有机农药在蔬菜样本中均有不同程度的检出, 平均检出率为13.8%, 百菌清、氯氰菊酯2种农药在部分蔬菜样本中的残留超标, 超标率分别为0.4%和0.9%。6种叶类蔬菜的农药安全指数平均值均小于1, 说明被检蔬菜的安全状态可为消费者所接受。但百菌清在菠菜和生菜中的安全指数均大于1, 表明百菌清对菠菜和生菜质量安全的影响风险超过了可接受的限度。**结论** 该地区主要叶类蔬菜的整体质量较安全, 被检农药的残留状况总体良好, 但对菠菜和生菜生产中百菌清的使用需加大监督管理力度, 确保消费者食用蔬菜的安全性。

关键词: 叶类蔬菜; 含氯有机农药; 残留分析; 风险评估

Analysis and risk assessment of chlorinated organic residues in leafy vegetables in a southern city of Jiangsu

LIU Teng-Fei¹, FAN Jun¹, YANG Dai-Feng^{1*}, XIE Xiu-Qing²

(1. Jiangsu Taihu Area Institute of Agricultural Sciences, Suzhou 215155, China; 2. Office of Rural Energy and Environmental Protection Environmental Protection/Supervision & Testing Center for Agricultural Products Quality of Lianyungang, Lianyungang 222003, China)

ABSTRACT: Objective To understand the status of chlorinated organic pesticide residues and the quality and safety in leafy vegetables in a southern city of Jiangsu. **Methods** Five representative chlorinated organic pesticides, including chlorothalonil, triadimefon, fenvalerate, cypermethrin and cyhalothrin, in 6 most popular kinds of leafy vegetables from retail markets, supermarkets, vegetable bases and individual peasant households were quantitatively determined by gas chromatography (GC), and the exposure risks were evaluated using the food

基金项目: 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(14)2102]、苏州市应用基础研究项目(SNG201622)、江苏省高等学校大学生创新创业训练计划项目(201612808003Y)、苏州市科技支撑项目(SNG201442)

Fund: Supported by the Agricultural Science and Technology Independent Innovation Funds of Jiangsu Province [CX(14)2102], Applied Basic Research Program of Suzhou (SNG201622), Jiangsu Student's Program for Innovation and Entrepreneurship Training Plan (201612808003Y) and Key Technology Research and Development Program of Suzhou (SNG201442)

*通讯作者: 杨代凤, 副研究员, 主要研究方向为农产品质量安全检测及控制。E-mail: szyangdf@163.com

*Corresponding author: YANG Dai-Feng, Associate Professor, Jiangsu Taihu Area Institute of Agricultural Sciences, Suzhou 215155, China. E-mail: szyangdf@163.com

safety index. **Results** The 5 pesticides were all found in the detected vegetables and the average detection rate was 13.8%. The residues of chlorothalonil and cypermethrin in some leafy vegetables exceeded the standards, and the excessive rates were respectively 0.4% and 0.9%. The mean safety indexes of 6 kinds of leafy vegetables were all lower than 1, demonstrating the state of vegetable safety was acceptable to consumers. However, the chlorothalonil safety indexes of spinach and lettuce were both higher than 1, indicating that the safety risk of chlorothalonil in spinach and lettuce exceeded acceptable limit. **Conclusion** The overall quality of the main leaf vegetables in the area is relatively safe, and the pesticide residues are in good condition. But the use of chlorothalonil in the production of spinach and lettuce still need intensify supervision and management to ensure the safety of vegetable intake of consumers.

KEY WORDS: leafy vegetable; chlorinated organic pesticide; residual analysis; risk assessment

1 引言

蔬菜在人们的日常膳食结构中占有重要地位,尤其是叶类蔬菜,它们可为人体提供丰富的维生素、胡萝卜素、矿质元素及膳食纤维等营养成分,深受消费者的喜爱,已成为我国种植面积最广(约占蔬菜生产总量的30%~40%)^[1]、品种最多(可食用的达1000种以上)^[2]、消费量最大的一类蔬菜。但近年来,蔬菜的质量安全事件时有发生(如青岛韭菜有机磷中毒、海南豇豆水胺硫磷中毒事件),生产种植过程中超剂量、超次数施用农药问题突出,使得农药残留成为消费者最为担心的风险隐患,不仅影响消费安全、蔬菜价格和农民增收,也制约了整个蔬菜产业的可持续发展。因此对蔬菜进行农药残留调查分析和风险评估,找出蔬菜中风险程度较高的农药,对把握蔬菜质量安全监管重点、保证蔬菜的安全性具有重要意义。

目前我国蔬菜生产上常用的有机农药从其成分及来源来看,主要为化学类农药,从防治对象来看,以杀虫剂(主要为有机磷类、拟除虫菊酯类杀虫剂)和杀菌剂居多^[3-6]。其中,百菌清、三唑酮、氟氯氰菊酯、氯氰菊酯及氰戊菊酯是使用较多的几种有机农药品种。百菌清、三唑酮为有机氯类杀菌剂,具有毒性低、杀菌谱广、持效期长、价格低廉等特点^[7,8],三唑酮还兼有植物生长调节剂的特性^[9],氟氯氰菊酯、氯氰菊酯、氰戊菊酯同属于拟除虫菊酯类杀虫剂,具有杀虫谱广、活性高、生物降解性好等特点^[10],其中氟氯氰菊酯为低毒,氯氰菊酯、氰戊菊酯均为中等毒性^[11-13]。本研究以苏南某市代表性的主要叶类蔬菜为研究对象,通过实地采样,应用气相色谱法分析样本中百菌清、三唑酮、氟氯氰菊酯、氯氰菊酯、氰戊菊酯5种含氯有机农药的残留状况,利用食品安全指数对被检农药进行风险评估,以掌握该市叶类蔬菜中5种含氯有机农药的残留水平及其质量安全现状,为叶类蔬菜生产过程中农药的使用监管和风险控制提供数据参考。

2 材料与方法

2.1 样品采集

样品采集自苏南某市城区及近郊的4个蔬菜种植基地、5个农贸市场、5个大型超市和8个散户,共采集蔬菜样品6种(青菜、白菜、菠菜、包菜、芹菜和生菜),共557份,其中,种植基地样品102个,农贸市场样品100个,大型超市样品128个,散户样品167个,6种蔬菜样品分别各115、100、72、110、90和70个。样品的采集按照NY/T 762-2004标准^[14]进行。

2.2 主要仪器与试剂

7890A型气相色谱仪(美国Agilent公司);K600型高速分散机(德国博朗公司);弗罗里硅土固相萃取柱(1 g/6 mL,天津博纳艾杰尔科技有限公司)。

百菌清、三唑酮、氟氯氰菊酯、氯氰菊酯、氰戊菊酯标准溶液(质量浓度为100 mg/L,农业部环境保护科研监测所);正己烷(色谱纯,瑞典Oceanpak公司);丙酮(色谱纯,上海国药集团公司);乙腈、氯化钠(分析纯,上海国药集团公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 测定方法

按照NY/T 761-2008方法^[15],称取25.0 g经粉碎的蔬菜试样,加入50.0 mL乙腈,混匀,10000 r/min匀浆2~3 min,向滤液中加入5~7 g氯化钠,充分振摇,静置。吸取5.0 mL上层溶液,80℃水浴下蒸发至近干,加入1.0 mL正己烷溶解残渣,然后移入已用5.0 mL 10%丙酮-正己烷和5.0 mL正己烷预淋洗过的弗罗里硅土固相萃取柱中,用10.0 mL 10%丙酮-正己烷分2次洗脱,收集所有洗脱液,于50~60℃水浴下蒸发浓缩至近干,正己烷定容至5.0 mL,过0.22 μm有机滤膜,利用气相色谱-电子捕获检测器(gas chromatography-electron captured detection, GC-ECD)测定蔬菜样本中的百菌清、三唑酮、氟氯氰菊酯、氰戊菊酯和

氯氟菊酯 5 种含氯有机农药的残留量。

GC-ECD 条件: HP-5 毛细管柱(30 m×0.32 mm, 0.25 μm); 检测器温度: 300 ℃; 进样口温度: 260 ℃; 柱箱初始温度: 120 ℃, 保持 2 min, 以 20 ℃/min 的速率升温至 280 ℃, 保持 10 min; 载气为高纯氮气, 流速 1 mL/min; 进样量 1 μL, 不分流进样。

检测结果根据 GB 2763-2014 标准^[16]进行判定。

2.3.2 评价方法

化学污染物的毒害作用与其进入人体的绝对量有关, 因此评价某种食品是否安全, 以人体对某化学污染物的实际摄入量与其安全摄入量进行比较更为科学合理。食品安全指数(international food standard, IFS)考虑了食品的消费量, 综合反映了食品受污染程度及消费者受污染物质的危害程度, 通过结合残留监测和膳食暴露评估, 指出食品中的某种化学污染物对人体健康的危害程度。因此, 本研究采用该指数来评价蔬菜中某种农药残留对消费者是否存在危害及其危害程度, 用 IFS 的平均值($\overline{IFS}$)评价蔬菜的安全状态^[17]。

$$IFS=(EDI_c \times f)/(SI_c \times b_w)$$

$$\overline{IFS} = \sum_{i=1}^n IFS_{ci} / n$$

$$EDI_c=R_i \times F_i \times E_i \times P_i$$

式中, c 为所研究的某种农药; EDI_c 为农药 c 的实际摄入量估算值; R_i 为蔬菜 i 中农药 c 的残留水平, mg/kg; F_i 为蔬菜 i 的估计日摄入量, g/(人·天); E_i 和 P_i 分别为蔬菜 i 的可食用部分因子和加工处理因子(对于蔬菜均按 1 计); SI_c 为农药 c

的安全摄入量, mg/kg, 采用每日允许摄入量(acceptable daily intake, ADI)表示; b_w 为人体平均体质量, kg; f 为农药安全摄入量的校正因子; IFS_{ci} 为蔬菜 i 中农药 c 的食品安全指数; n 指农药的种类; $\overline{IFS}$ 为蔬菜 i 中 n 种农药残留食品安全指数的平均值。

如果 $IFS \ll 1$, 则农药 c 对蔬菜安全没有影响; $IFS \leq 1$, 农药 c 对蔬菜安全影响的风险可以接受; $IFS > 1$, 农药 c 对蔬菜安全的影响不可接受; $\overline{IFS} \ll 1$, 则蔬菜的安全状态很好; $\overline{IFS} \leq 1$, 蔬菜的安全状态可以接受; $\overline{IFS} > 1$, 蔬菜的安全状态不可接受^[18]。

3 结果与分析

3.1 不同蔬菜中农药的残留状况

表 1 为不同被测农药的基本信息, 表 2 为不同蔬菜中的农药残留情况。从表 2 中的数据可以看出, 在 557 个蔬菜样本中, 77 个蔬菜样本检出了农药残留, 平均检出率为 13.8%, 7 个蔬菜样本检出了农药残留超标, 平均超标率为 1.3%。从农药残留检出率和超标率来看, 风险隐患较大的蔬菜为生菜和菠菜, 生菜的检出率和超标率最高, 分别为 31.4%和 4.3%, 菠菜的检出率和超标率次之, 分别为 23.6%和 2.8%。结果表明, 该市蔬菜存在一定程度的农药污染现象, 且不同蔬菜受污染的程度不同, 这与不同种类蔬菜的生长季节, 病虫害的发生特点以及使用的农药种类、浓度和方法不同等因素有关。

表 1 被检农药的基本信息
Table 1 Basic information of the tested pesticides

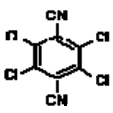
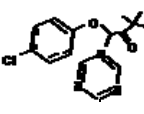
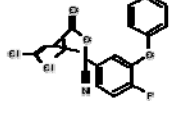
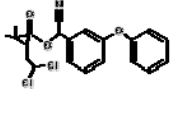
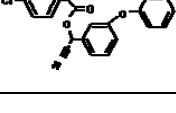
名称	类别	结构式	毒性	每日允许摄入量 ^[15] (mg/kg)	叶类蔬菜中的残留限量值 ^[15] (mg/kg)
百菌清	杀菌剂		低毒	0.02	5
三唑酮	杀菌剂		低毒	0.03	0.05
氟氯氰菊酯	杀虫剂		低毒	0.02	0.5
氯氟菊酯	杀虫剂		中毒	0.02	1~5
氰戊菊酯	杀虫剂		中毒	0.04	0.5~3

表 2 不同蔬菜的农药残留情况
Table 2 The status of pesticide residues in different kinds of vegetables

蔬菜种类	样本数(个)	农药检出样本数(个)	农药超标样本数(个)	农药检出率(%)	农药超标率(%)
菠菜	72	17	2	23.6	2.8
生菜	70	22	3	31.4	4.3
芹菜	90	7	0	7.8	0
白菜	100	5	0	5.0	0
包菜	110	10	1	9.1	0.9
青菜	115	16	1	13.9	0.9
总计	557	77	7	13.8	1.3

3.2 不同农药的残留情况

图 1 为蔬菜样品中不同农药的检测结果。由图 1 可以看出, 5 种被检农药在蔬菜样本中均有不同程度的检出, 残留检出率由高到低为: 氯氰菊酯(5.6%) > 百菌清(5.0%) > 三唑酮(1.8%) > 氟氯氰菊酯(0.7%) > 氰戊菊酯(0.5%)。其中, 氯氰菊酯和百菌清 2 种农药被检出残留量超出国家标准, 超标率分别为 0.9%和 0.4%。检出率和超标率最高的氯氰菊酯为毒性较低的拟除虫菊酯类杀虫剂, 随着我国对部分高毒有机磷、有机氯农药的禁用和限用, 氯氰菊酯作为推荐使用的高毒农药替代物, 被越来越多的应用于蔬菜蚜虫、小菜蛾、黄条跳甲及菜青虫等害虫的防治上, 但是由于部分生产者没有按照有关规定控制其使用浓度、使用剂量及安全间隔期, 造成了多次残留检出和超标。百菌清的残留检出率较高, 这与百菌清具有广谱、高效的杀菌效果、价格便宜、易于购买有关。

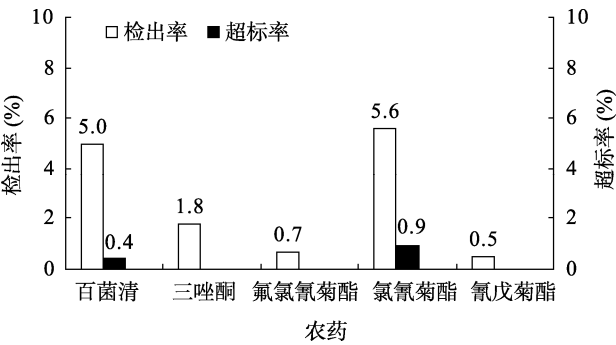


图 1 不同农药的检测结果

Fig. 1 Detection results of different kinds of pesticides

3.3 不同来源蔬菜的农药残留状况

图 2 为不同来源蔬菜的农药残留情况, 从图 2 可以看出, 不同来源蔬菜存在不同程度的农药污染现象, 残留检出率由高到低为: 农贸市场(19.4%) > 散户(12.6%) > 大型超市(11.7%) > 种植基地(9.8%)。其中, 农贸市场蔬菜的农

药残留超标率最高, 为 1.8%, 种植基地和散户的蔬菜超标率相对较低, 分别为 1.0%和 0.6%, 大型超市的蔬菜样本未出现农药残留超标现象。

不同来源蔬菜的农药残留状况存在差异, 原因可能是大型超市一般具备完善的定点采购制度, 蔬菜准入标准高、质量管理技术规范, 农药残留超标的蔬菜进入的几率较低, 故残留检出率及超标率均相对较低。种植基地蔬菜样本的农药残留检出率相对最低, 是由于基地蔬菜规模化种植, 管理相对规范以及监管机制健全的原因, 同时反映了该市近年来不断加强无公害蔬菜生产基地建设, 从源头保障蔬菜质量安全的工作取得了显著成效。采集自散户的蔬菜大多为自产自销, 菜农在销售前往往会去掉蔬菜的不可食部分或进行初步清洗, 因此检出率和超标率相对较低。而农贸市场的蔬菜来源复杂, 质量波动大, 使其农药残留检出率和超标率相对较高^[19,20]。

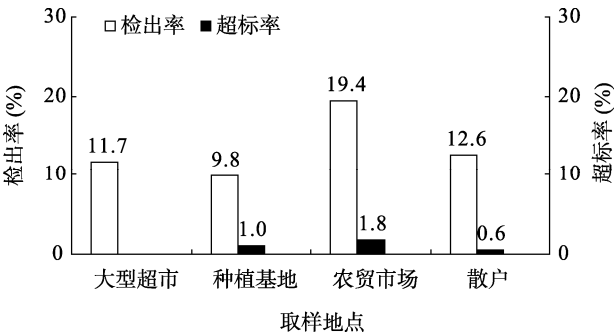


图 2 不同来源蔬菜的农药残留情况

Fig.2 The status of pesticide residues in vegetables from different sources

3.4 蔬菜中农药的残留安全指数

根据相关资料^[21], 本研究设 $F_i=380 \text{ g}/(\text{人}\cdot\text{天})$, $E_i=1$, $P_i=1$, $b_w=60 \text{ kg}$, $f=1$, SI_c 采用每日允许摄入量(ADI), 5 种被检农药的 ADI 值见表 1, 根据 2.3.2 中的公式, 计算出各农药在蔬菜上的 IFS 值, 结果见表 3。

表 3 不同蔬菜中农药的残留安全指数
Table 3 Safety indexes of pesticide residues in different kinds of vegetables

蔬菜	IFS					$\overline{IFS}$
	百菌清	三唑酮	氟氯氰菊酯	氯氰菊酯	氰戊菊酯	
菠菜	1.615	0.009	0.073	0.662	0.092	0.490
生菜	1.650	0.007	0	0.760	0	0.483
芹菜	0	0.007	0	0.018	0	0.005
白菜	0.090	0.008	0.032	0	0	0.026
包菜	0.017	0.003	0.015	0.671	0.017	0.145
青菜	0.057	0	0.098	0.751	0	0.181

IFS 与 $\overline{IFS}$ 分别用来评估蔬菜中某种农药对消费者健康的危害程度及蔬菜中各种农药对消费者健康的总体危害程度, 从表 3 可以看出, 百菌清在菠菜和生菜中的 IFS 值均大于 1, 说明百菌清对菠菜和生菜质量安全影响的风险超过了可接受的限度, 应进入风险管理程序加以管制; 其余被检农药在不同蔬菜上的 IFS 值均小于 1, 说明这些农药的残留量对蔬菜安全影响的风险可接受。所有蔬菜样本的 $\overline{IFS}$ 均小于 1, 说明该地区叶类蔬菜的安全状态可为消费者所接受。

4 讨论与结论

本研究针对苏南某市农贸市场、大型超市、种植基地、散户 4 种不同来源的 6 种主要叶类蔬菜中的 5 种含氯有机农药残留进行了现状分析和风险评估。结果表明, 该地区主要叶类蔬菜的质量整体较安全, 被检农药残留状况总体良好。5 种被检农药在蔬菜样本中均有不同程度的检出, 平均检出率为 13.8%, 其中百菌清、氯氰菊酯 2 种农药在部分蔬菜中存在残留超标现象, 主要为生菜和菠菜, 超标率分别为 0.4%、0.9%。6 种叶类蔬菜的安全指数平均值均小于 1, 说明该地区叶类蔬菜的安全状态可为消费者所接受。但百菌清在菠菜和生菜中的安全指数均大于 1, 说明百菌清对菠菜和生菜的质量安全影响风险超过了可接受的限度, 对菠菜和生菜生产中百菌清的使用需加大监督管理力度, 以保证消费者的食用安全。建议在蔬菜种植过程中加强低残留、高活性、安全价廉的新型农药的开发及其高效安全应用技术的研究; 大力推广病虫害绿色防控新技术, 实现农药减量使用与零增长^[22]; 开发简便快速、适用于蔬菜中农药残留现场检测的技术, 建立完善的速测系统, 对蔬菜种植、销售的各个环节进行动态监测, 拒绝农药残留超标的蔬菜进入市场; 相关职能部门应加强高毒农药监管, 从源头禁止高毒农药的使用^[23], 从根本上解决蔬菜农药残留可能给人体健康带来的危害。

本研究针对苏南某市不同来源的叶类蔬菜中的 5 种含

氯有机农药残留进行了现状分析和风险评估, 其他不同来源、不同种类蔬菜中是否存在农药残留风险隐患还需更大范围的取样分析, 并借鉴国内外农产品质量安全评估模式, 开展农药的急慢性毒性评估^[24], 为蔬菜的质量安全风险管理和控制提供科学依据。

参考文献

[1] 黄丹枫. 叶菜类蔬菜生产机械化发展对策研究[J]. 长江蔬菜, 2012, (2): 1-6.
Huang DF. Development countermeasures for mechanization of leaf vegetable production [J]. J Changjiang Vegetables, 2012, (2): 1-6.

[2] 羊杏平. 叶菜在都市高效农业中的地位和作用[J]. 江苏农业科学, 2007, (3): 1-4.
Yang XP. The role of leafy vegetables in highly effective agriculture [J]. Jiangsu Agric Sci, 2007, (3): 1-4.

[3] 王迪轩, 何永梅, 肖时运, 等. 蔬菜常用农药品种及其安全使用标准[J]. 农药市场信息, 2015, (7): 63-64.
Wang DX, He YM, Xiao SY, et al. Varieties and standards for safe application of pesticides in vegetables [J]. Pest Market News, 2015, (7): 63-64.

[4] 王迪轩, 何永梅, 肖时运, 等. 蔬菜常用农药品种及其安全使用标准[J]. 农药市场信息, 2015, (10): 71-72.
Wang DX, He YM, Xiao SY, et al. Varieties and standards for safe application of pesticides in vegetables [J]. Pest Market News, 2015, (10): 71-72.

[5] 王迪轩, 何永梅, 肖时运, 等. 蔬菜常用农药品种及其安全使用标准[J]. 农药市场信息, 2015, (13): 69-70.
Wang DX, He YM, Xiao SY, et al. Varieties and standards for safe application of pesticides in vegetables [J]. Pest Market News, 2015, (13): 69-70.

[6] 王迪轩, 何永梅, 肖时运, 等. 蔬菜常用农药品种及其安全使用标准[J]. 农药市场信息, 2015, (16): 65-66.
Wang DX, He YM, Xiao SY, et al. Varieties and standards for safe application of pesticides in vegetables [J]. Pest Market News, 2015, (16): 65-66.

[7] Zhang H, Nie Y, Zhang S, et al. Monitoring and probabilistic risk assessment of chlorothalonil residues in vegetables from Shandong

- province (China) [J]. Regulat Toxicol Pharmacol, 2016, (80): 41–45.
- [8] 张培志, 何田, 吴瑛. 杀菌剂三唑酮在我国农业中的应用研究进展[J]. 浙江科技学院学报, 2004, 16(1): 28–34.
- Zhang PZ, He T, Wu Y. Progress of research on fungicide triadimefon in agriculture of China [J]. J Zhejiang Univ Sci Technol, 2004, 16(1): 28–34.
- [9] Jaleel CA, Manivannan P, Sankar B, *et al.* Induction of drought stress tolerance by ketoconazole in *Catharanthus roseus*, is mediated by enhanced antioxidant potentials and secondary metabolite accumulation [J]. Colloid Surface B: Biointerfaces, 2007, 60(2): 201–206.
- [10] Antwi FB, Reddy GV. Toxicological effects of pyrethroids on non-target aquatic insects [J]. Environ Toxicol Pharmacol, 2015, 40(3): 915–923.
- [11] Ila HB, Topaktas M, Rencuzogullari E, *et al.* Genotoxic potential of cyfluthrin [J]. Mutat Res/Fund Mol Mech Mutagenesis, 2008, 656(1–2): 49–54.
- [12] 覃东立, 白淑艳, 汤施展, 等. 氯氟菊酯毒性评价研究[J]. 农药科学与管理, 2014, 35(3): 28–32.
- Qin DL, Bai SY, Tang SZ, *et al.* Toxic assessment of cypermethrin [J]. Pest Sci Admin, 2014, 35(3): 28–32.
- [13] 王博深, 刘静, 丁璐, 等. 氰戊菊酯的生殖毒性研究进展[J]. 中国工业医学杂志, 2015, 28(6): 435–438.
- Wang BS, Liu J, Ding L, *et al.* Progress in study of reproductive toxicity of fenvalerate [J]. Chin J Ind Med, 2015, 28(6): 435–438.
- [14] NY/T 762-2004 蔬菜农药残留检测抽样规范[S].
- NY/T 762-2004 Specification for the sampling and detecting for pesticide residues in vegetables [S].
- [15] NY/T 761-2008 蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留的测定[S].
- NY/T 761-2008 Pesticide multiresidue screen methods for determination of organophosphorus pesticides, organochlorine pesticides, pyrethroid pesticides and carbamate pesticides in vegetables and fruits [S].
- [16] GB 2763-2014 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量[S].
- GB 2763-2014 National food safety standard Maximum residue limits for pesticides in food [S].
- [17] 柴勇, 杨俊英, 李燕, 等. 基于食品安全指数法评估重庆市蔬菜中农药残留的风险[J]. 西南农业学报, 2010, 23(1): 98–102.
- Chai Y, Yang JY, Li Y, *et al.* Risk estimate of vegetables based on food safety indexes methods in Chongqing [J]. Southwest China J Agric Sci, 2010, 23(1): 98–102.
- [18] 李聪, 张艺兵, 李朝伟, 等. 暴露评估在食品安全状态评价中的应用[J]. 检验检疫科学, 2002, 2(1): 11–12.
- Li C, Zhang YB, Li CW, *et al.* Application of exposure assessment in the evaluation of food safety [J]. Inspect Quarant Sci, 2002, 2(1): 11–12.
- [19] 沈春燕, 钱允辉. 南通市蔬菜农药残留超标现状及应对措施[J]. 农业环境与发展, 2007, (3): 97–100.
- Shen CY, Qian YH. Current situation and countermeasures of pesticide residues in vegetables in Nantong city [J]. J Agric Environ Dev, 2007, (3): 97–100.
- [20] 王小骊, 赵燕申, 叶雪珠, 等. 杭州市蔬菜有机磷农药残留的调查研究[J]. 浙江农业学报, 2004, 16(5): 267–270.
- Wang XL, Zhao YS, Ye XZ, *et al.* Investigation on residue of organic phosphorus pesticides in vegetable in Hangzhou [J]. Acta Agric Zhejiangensis, 2004, 16(5): 267–270.
- [21] 马丽萍, 汪少敏, 姜慎, 等. 利用食品安全指数法对地产蔬菜农药安全风险评价[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(2): 247–249.
- Ma LP, Wang SM, Jiang S, *et al.* Evaluation of safety risk of local vegetables by food safety index method [J]. Chin J Health Lab Technol, 2014, 24(2): 247–249.
- [22] 周蔚, 薄瑞, 吴厚斌. 2015 年度农药行情分析[J]. 农药科学与管理, 2016, 37(2): 15–18.
- Zhou W, Bo R, Wu HB. Analysis on characteristics of public opinion for pesticide in 2015 [J]. Pest Sci Admin, 2016, 37(2): 15–18.
- [23] 何玲玲, 孙宏英, 张代友, 等. 2010-2011 年绵阳市市售蔬菜中农药残留调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2013, 25(5): 466–469.
- He LL, Sun HY, Zhang DY, *et al.* Investigation on pesticide residues in vegetables in Mianyang city in 2010-2011 [J]. Chin J Food Hyg, 2013, 25(5): 466–469.
- [24] 韩燕, 孙小凤, 代辛, 等. 西宁市冬季市售蔬菜农药残留现状分析[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2015, 33(5): 28–30.
- Han Y, Sun XF, Dai X, *et al.* Analysis of pesticide residues situation of winter vegetables from farmers market of Xining [J]. J Qinghai Univ (Nat Sci Ed), 2015, 33(5): 28–30.

(责任编辑: 刘 丹)

作者简介



刘腾飞, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品质量安全分析。
E-mail: bblitengfei@163.com



杨代凤, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为农产品质量安全检测及控制。
E-mail: szyangdf@163.com