

# 吉林省种植基地蔬菜中农药污染特征及风险评价

孟繁磊<sup>1,2</sup>, 谭莉<sup>1,2</sup>, 范宏<sup>1,2</sup>, 张慧<sup>1,2</sup>, 张俊姝<sup>3</sup>, 宋志峰<sup>1,2\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 长春 130033; 2. 吉林省农业环境与农产品安全重点实验室, 长春 130033; 3. 梅河口市农业综合行政执法大队, 梅河口 135000)

**摘要: 目的** 了解吉林省种植基地蔬菜中农药残留情况, 并探明其污染风险状况。**方法** 在吉林省 7 个市县采集 211 份蔬菜样品, 测定其中 80 种农药残留水平, 并分别用危害物风险系数法和食品安全指数法评价其风险状况。**结果** 共检出农药 25 种, 检出率最高的为啉虫脒, 超标率最高的是氧乐果; 农药残留超标的蔬菜为韭菜、芹菜、马铃薯、茄子和菜豆; 从风险系数法结果看, 氧乐果为高风险农药, 毒死蜱和腐霉利为中风险农药; 从食品安全指数评价结果看, 吉林省蔬菜质量安全整体状况是可接受的, 但克百威、氧乐果在蔬菜中残留的风险超过了可接受的限度, 应该进入风险管理程序。**结论** 吉林省基地蔬菜中存在农药残留及超标情况, 且存在农药多残留累积风险, 建议相关部门加强对蔬菜生产者进行合理用药的培训, 抓好产中的技术指导和产后的监管, 保证蔬菜整体质量安全。

**关键词:** 农药; 蔬菜; 污染特征; 风险系数法; 安全指数法

## Features and risk assessment of pesticide pollution in planting bases vegetables of Jilin Province

MENG Fan-Lei<sup>1,2</sup>, TAN Li<sup>1,2</sup>, FAN Hong<sup>1,2</sup>, ZHANG Hui<sup>1,2</sup>, ZHANG Jun-Shu<sup>3</sup>, SONG Zhi-Feng<sup>1,2\*</sup>

(1. Institute of Agricultural Quality Standard and Testing Technology, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China; 2. Jilin Provincial Key Laboratory of Agro-environment and Agro-products Safety, Changchun 130033, China; 3. Agricultural Comprehensive Administrative Law Enforcement Unit of Meihekou City, Meihekou 135000, China)

**ABSTRACT: Objective** To explore the pesticide residues and to analyze the risk in the planting base vegetables of Jilin Province. **Methods** The 211 pieces vegetable samples were collected from 7 cities and counties in Jilin Province, and 80 kinds of pesticide residues were determined, the risk status was evaluated by hazard risk coefficient method and food safety index method respectively. **Results** The 25 kinds of pesticides were detected, the acetamiprid was with the highest detection times, and the omethoate was with the results of highest over limit times; the pesticide residues of leek, celery, potato, eggplant and kidney bean were exceeded the limit; according to the results of risk coefficient method, the omethoate was a high-risk pesticide, and chlorpyrifos and pyomethor were medium risk pesticides; from the food safety index evaluation results, the overall quality and safety of vegetables in Jilin Province was acceptable, but the risk of carbofuran and omethoate residues in vegetables exceeded the

基金项目: 吉林省科技厅重点研发项目(20210202110NC)、吉林省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所发展基金项目(ZBS20Q03)

**Fund:** Supported by the Key Research and Development Projects of Jilin Provincial Department of Science and Technology (20210202110NC), and the Development Fund Project of Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology, Jilin Academy of Agricultural Sciences (ZBS20Q03)

\*通信作者: 宋志峰, 硕士, 研究员, 主要研究方向为农产品质量安全检测与风险评估。E-mail: mhsr@sina.com

\*Corresponding author: SONG Zhi-Feng, Master, Professor, Jilin Academy of Agricultural Sciences, No.1363, Ecological Street, Changchun 130033, China. E-mail: mhsr@sina.com

acceptable limit, should be managed. **Conclusion** The pesticide residues and excessive pesticide residues at planting base vegetables are existed in Jilin Province, and there is a risk of accumulation of pesticide residues, it is suggested that relevant departments should strengthen the training of vegetable producers on the usage of rational drugs, and pay attention to the technical guidance during production and post production supervision, to ensure the overall quality and safety of vegetables.

**KEY WORDS:** pesticide; vegetables; pollution characteristics; risk coefficient method; safety index method

## 0 引言

蔬菜可提供人体所必需的多种维生素和矿物质等营养物质, 是人们日常生活的必需品, 其质量安全尤为重要。蔬菜的病虫害发生频率较高, 生产者通常采用化学方法控制病虫害, 有些生产者单纯为了达到农药施用效果不遵守《农药安全使用管理条例》, 将高毒、剧毒和高残留等禁限用农药也用于蔬菜生产。实际生产中多种农药混合使用、盲目使用或者滥用农药致使蔬菜中多农药残留现象比较突出<sup>[1-5]</sup>。直接或间接食用受农药污染过的蔬菜可能会导致农药在人体内蓄积<sup>[6]</sup>, 会给人类健康带来风险隐患<sup>[7-8]</sup>, 因此, 开展蔬菜中农药残留检测及风险评估, 筛查未知危害因子、评价已知因子的危害程度, 对于摸清蔬菜产品污染情况、保障蔬菜质量安全具有重要意义。

风险系数法<sup>[9-12]</sup>、食品安全指数法<sup>[13-16]</sup>常被用来进行农药残留风险评价。对于吉林省蔬菜中农药残留情况有部分研究报道, 例如王俊增<sup>[17]</sup>对吉林省 5 城市市售蔬菜中 20 种农药残留现状调查分析, 并评价了膳食暴露风险; 卢忠魁<sup>[18]</sup>调查分析了吉林省 6 县市农药状况。目前对于吉林省蔬菜农药残留的报道均集中在市售蔬菜, 对种植基地蔬菜农药残留情况关注不高, 为了摸清吉林省种植基地的蔬菜中农药残留状况, 在吉林省 7 个市县蔬菜主产区, 采集 211 份样品, 对其中的 80 种农药残留进行检测, 并应用风险系数法和食品安全指数法评价风险状况, 通过风险分析确定种植基地蔬菜生产中风险因素, 为吉林省蔬菜的安全生产提供技术支撑, 为相关管理部门的监管执法提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样品采集、制备

根据吉林省蔬菜种植生产情况, 于 2021 年在 7 个市县蔬菜主产区(长春市、吉林市、白城市、通化市、四平市、辽源市、松原市)采集芹菜(24 份)、芫荽(25 份)、西葫芦(24 份)、大葱(25 份)、马铃薯(27 份)、菜豆(31 份)、茄子(30 份)、韭菜(25 份)8 种蔬菜共 211 份。采样方法参考 NY/T 789—2004《农药残留分析样本的采样方法》和 NY/T 762—2004《蔬菜农药残留检测抽样规范》。样品采集后简单处理表面的泥土等污物, 去除腐烂叶片后, 按照 GB

2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》标准要求, 取对应部分切碎、缩分后, 放入组织捣碎机中制成匀浆, 取 300 g 左右, -18℃保存待测。

### 1.2 主要仪器及试剂

LC-30A 超高效液相色谱-串联 QTRAP5500 质谱仪(美国 AB Sciex 公司); TSQ 8000 Evo 三重四极杆气质联用仪(美国赛默飞公司); NR 空气浴震荡器(东联电子技术开发有限公司); KQ-500 数控超声清洗器(昆山市超声仪器有限公司); MS3 涡旋混匀器(德国 IKA 公司); 3K-30 高速台式离心机(德国 Sigma 公司)。

乙腈、甲醇、乙酸乙酯(色谱纯, 美国 Thermo Fisher Scientific 公司); 甲酸铵(色谱纯, 上海麦克林生化科技有限公司)。

### 1.3 检测农药种类

标准品: 多菌灵(浓度 500 mg/L)、甲胺磷、甲拌磷(包括甲拌磷砒、甲拌磷亚砒)、氧乐果、对硫磷、甲基对硫磷、毒死蜱、敌敌畏、敌百虫、乙酰甲胺磷、三唑磷、水胺硫磷、杀螟硫磷、马拉硫磷、伏杀硫磷、亚胺硫磷、特丁硫磷(含特丁硫磷砒、特丁硫磷亚砒)、倍硫磷、辛硫磷、丙溴磷、治螟磷、氰戊菊酯、蝇毒磷、灭线磷、杀扑磷、乐果、甲基异柳磷、二嗪磷、三唑酮、百菌清、异菌脲、氯氰菊酯、甲氰菊酯、氯氟氰菊酯、氟氯氰菊酯、溴氰菊酯、联苯菊酯、涕灭威(包括涕灭威砒、涕灭威亚砒)、氟胺氰菊酯、氟氰戊菊酯、氯菊酯、三氯杀螨醇、腐霉利、异丙甲草胺、莠灭净、氯苯嘧啶醇、甲萘威、灭多威、克百威(包括三羟基克百威)、吡虫啉、啉虫脒、啉虫灵、啉虫脒、苯醚甲环唑、氟虫腈(包括氟甲腈、氟虫腈硫醚、氟虫腈砒)、咪鲜胺、虫螨腈、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、烯酰吗啉、啉菌酯、二甲戊灵、噻虫嗪、氟啶脲、灭幼脲、阿维菌素、除虫脲、氟虫脲、灭蝇胺、甲霜灵、霜霉威、异丙威、多效唑、乙烯菌核利、氯吡脲、氯虫苯甲酰胺、醚菊酯、虫酰肼、吡唑醚菌酯、杀虫双、抑霉唑(浓度 1000 mg/L)[农业农村部环境保护科研监测所(天津)]。

### 1.4 检测与判定方法

分别按照 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》和 GB 23200.121—2021《食品安全国

家标准《植物源性食品中 331 种农药及其代谢物残留量的测定 液相色谱-质谱联用法》测定;依据 GB 2763—2021 对农药残留结果进行判定。

检测过程中做试剂空白和基质加标回收率。其中,每 20 个样品做 1 个本底加标回收以控制实验过程,要求回收率满足 60%~120%;每 10 个样品加 1 个混合标准溶液以测试仪器状态。检测过程用空白基质配制标准溶液以消除基质效应。

## 1.5 农药残留风险评价方法

### 1.5.1 危害物风险系数法

危害物风险系数可以直观地反映农药残留风险大小,它综合考虑了农药的超标率和检出率等影响,可用式(1)计算的  $R$  值大小来评价农药残留的危害程度<sup>[19-20]</sup>。

$$R = aP + \frac{b}{F} + S \quad (1)$$

其中:  $P$  为某种农药残留的超标率(禁用农药采用其阳性检出率);  $F$  为对应农药残留的检出率;  $a$  和  $b$  分别为相应的权重系数;  $S$  为敏感因子,参考魏介琪等<sup>[21]</sup>的文献,本研究设定权重系数  $a=100$ ,  $b=0.1$ 。由于本研究数据均来源于正常检测,可设  $S=1$ ; 因被评价有害农药残留所有样品中均检测,故  $F=1$ 。

计算的结果判定:若  $R \leq 1.5$  时,表明该农药残留危害为低风险;若  $1.5 < R \leq 2.5$  时,表明该农药残留危害为中度风险;  $R > 2.5$  时,该农药残留危害为高度风险。

### 1.5.2 食品安全指数法

食品安全指数法主要是农药的实际摄入量与其安全摄入量的比较,从理论上分析食品安全指数可以指出食品中的某种农药种类对消费者健康是否存在危害以及危害的程度<sup>[22-23]</sup>。采用公式(2)和(3)计算。

$$IFS = \frac{EDI \times f}{SI \times b_w} \quad (2)$$

$$\overline{IFS} = \frac{\sum_{i=1}^n IFS}{n} \quad (3)$$

式中:  $EDI$  为农药的实际摄入量估算值;  $EDI = \sum(R_i, F_i, E_i,$

$P_i)$ , 其中  $R_i$  为蔬菜  $i$  中农药残留水平,取平均值;  $F_i$  为蔬菜  $i$  的估计摄入量;  $E_i$  为蔬菜  $i$  的可食用部分因子;  $P_i$  为蔬菜  $i$  的加工处理因子;  $SI$  为农药的安全摄入量;  $b_w$  为标准人体平均质量;  $f$  为安全摄入量的校正因子。  $IFS$  用来反映蔬菜中的某种农药对消费者健康的危害程度,  $\overline{IFS}$  表示食品安全状态。根据相关文献<sup>[24]</sup>,本研究设置蔬菜的估计摄入量  $F_i=380 \text{ g}/(\text{人} \cdot \text{d})$ ,  $E_i=1$ ,  $P_i=1$ ,  $b_w=60 \text{ kg}$ ,  $f=1$ ,  $SI$  采用每日允许摄入量(allowable daily intake, ADI)值,各种农药残留的具体 ADI 值参照 GB 2763—2021。

计算的结果判定:若  $\overline{IFS}$  或者  $IFS \leq 1$  表明整体状况可接受或农药残留污染物对蔬菜安全的风险可接受;若  $\overline{IFS}$  或者  $IFS > 1$  表明整体状况不可接受或农药残留污染物对蔬菜安全影响的风险超过了可接受的限度,应该进入风险管理程序。

## 1.6 数据处理

采用 Office Excel 2010 进行数据处理和图表的绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 农药总体检出情况分析

在 211 份蔬菜样品中共有啶虫脒(11 次)、苯醚甲环唑(2 次)、哒螨灵(6 次)、烯酰吗啉(5 次)、二甲戊灵(6 次)、多菌灵(5 次)、吡虫啉(4 次)、氧乐果(6 次)、甲萘威(1 次)、克百威(1 次)、噻虫嗪(8 次)、甲拌磷(1 次)、灭蝇胺(3 次)、多效唑(5 次)、氯虫苯甲酰胺(3 次)、啉霉胺(1 次)、霜霉威(2 次)、敌百虫(4 次)、丙溴磷(7 次)、毒死蜱(10 次)、腐霉利(10 次)、联苯菊酯(3 次)、氟氰戊菊酯(8 次)、氯氟菊酯(6 次)、氰戊菊酯(5 次)25 种农药检出。检出值最大的农药是多菌灵(0.753 mg/kg),检出率最高的农药是啶虫脒(5.21%)。农药整体的超标率为 5.19%,超标的农药分别是氧乐果、甲拌磷、毒死蜱、克百威、腐霉利,超标率分别为 1.90%、0.47%、0.95%、0.47%和 0.95%。211 份蔬菜中不同种类农药残留最大检出值和检出率如图 1 和图 2 所示。

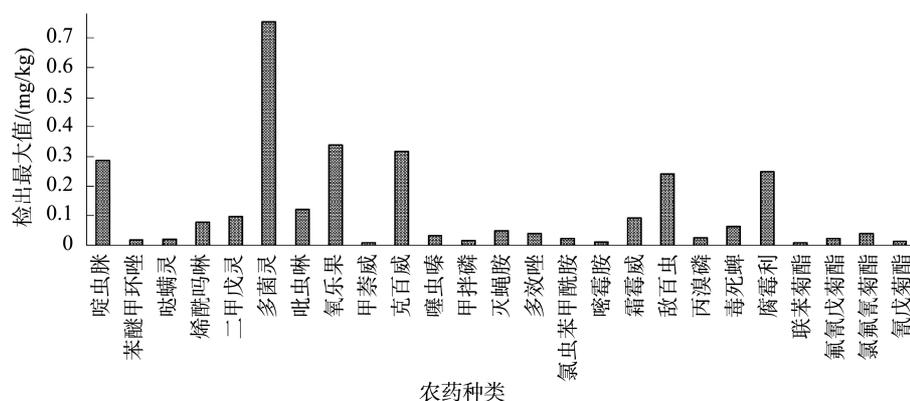


图 1 不同种类农药残留最大检出值

Fig.1 Maximum detection values of different pesticide residues

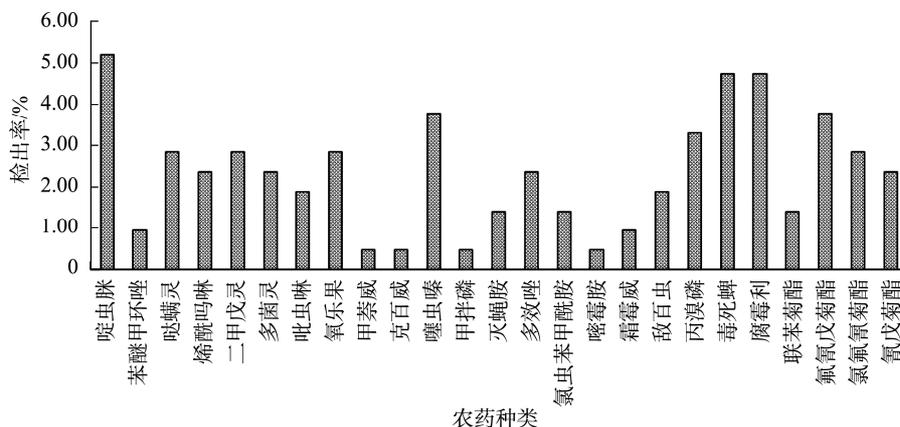


图 2 不同种类农药残留检出率

Fig.2 Detection rates of different pesticide residues

其中, 氧乐果、克百威、甲拌磷、毒死蜱属于在蔬菜中禁止使用的农药, 但在蔬菜上还是有检出和超出最大残留限量的现象, 造成上述行为的主要原因有: 一是蔬菜生产基地分散, 农业生产随意性大, 缺乏标准化生产程序的行为约束机制; 二是病虫害防治缺乏规范化的技术指导, 在新农药研发、替代、推广使用方面缺乏政府政策、资金支持, 有的新农药价格高, 人们很难承受, 这也是老旧毒农药频频检出的主要原因; 三是农产品市场监管不规范、不严格, 各级管理部门必须认真贯彻落实关于农产品质量安全监督管理的法律、规定, 落实各级责任制, 严格监督管理, 从快从严处理农产品质量违法行为。

### 2.2 不同种类蔬菜中农药检出情况

8 种蔬菜中农药残留检出率和超标率见图 3。

由图 3 可知, 吉林省蔬菜农药残留的检出率为 41.5%, 超标率为 5.19%。与其他地区相比, 本次检测结果的检出率高于郑州市市售蔬菜中农药残留检出率(33.08%)<sup>[25]</sup>, 低

于绵阳市蔬菜中农药残留检出率(74.2%)<sup>[26]</sup>, 和已经报道的吉林省 5 城市市售蔬菜中的检出率(44.8%)<sup>[17]</sup>相近。不同地区农药的检出率不同的原因一方面与所用的检测方法的检出限不同有关, 另一方面可能与各地气候、病虫害发生以及生产者用药情况等有关。

8 种蔬菜中农药检出率从高到低排序为: 韭菜(68.8%)、芹菜(62.5%)、芫荽(53.3%)、菜豆(45.0%)、大葱(36.0%)、茄子(35.0%)、马铃薯(24.3%)、西葫芦(21.4%), 超标率从高到低排序为: 韭菜(18.8%)、芹菜(16.7%)、马铃薯(2.70%)、菜豆=茄子(2.50%), 农药残留风险较高。西葫芦和大葱无农药残留超标风险。

从各类蔬菜中农药的检出和超标情况看, 韭菜和芹菜中农药残留污染情况突出, 这个结果与蒲云霞等<sup>[27]</sup>、黄智文等<sup>[28]</sup>、杨蕙等<sup>[29]</sup>、孙江等<sup>[30]</sup>的报道一致, 这可能与韭菜和芹菜它们本身结构特点和栽培方式有关。农药在韭菜和芹菜上的附着率高, 农药的吸收速度和传导速度比较高。

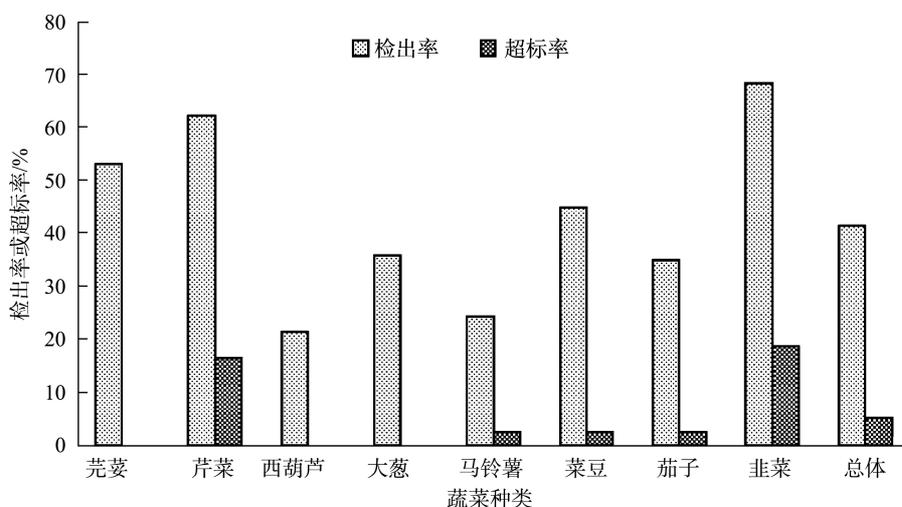


图 3 不同蔬菜品种检出率和农药超标情况

Fig.3 Detection rates of different vegetable varieties and pesticide exceeding standard

### 2.3 农药多残留共存情况

本研究对不同种类蔬菜中农药多残留情况进行了统计分析, 结果见图 4。由图 4 可知, 芹菜和韭菜中同一样品中最多检出了 4 种农药残留, 芫荽、芹菜、大葱、菜豆、韭菜中分别有 20.0%、8.3%、4.0%、2.5%、6.3% 的样品检出 3 种农药。总体上看农药多残留现象在吉林省种植基地的蔬菜中普遍存在。由于缺少相关科学数据和标准支撑, 农药最大残留限量(maximum residue limit, MRL)制定并没有考虑联合暴露风险, 因此, 在食品安全监测中, 含多种残留的样品只要不超过单个农药 MRL, 都被视为可安全食用。然而, 根

据目前已有研究数据显示, 多残留导致的联合暴露风险可能超过安全水平, 从而对健康构成潜在风险。

### 2.4 农药残留风险评价

#### 2.4.1 危害物风险系数法

本研究用危害物风险系数法评估了 80 种农药的残留风险, 结果见图 5。高度风险的农药残留有 1 种(氧乐果),  $R$  值为 2.91; 中度风险的农药残留有 2 种,  $R$  值为分别为 1.96(毒死蜱)和 1.96(腐霉利); 其余农药残留都属于低风险, 但有禁限用甲拌磷和克百威超标的情况, 也应引起重视。

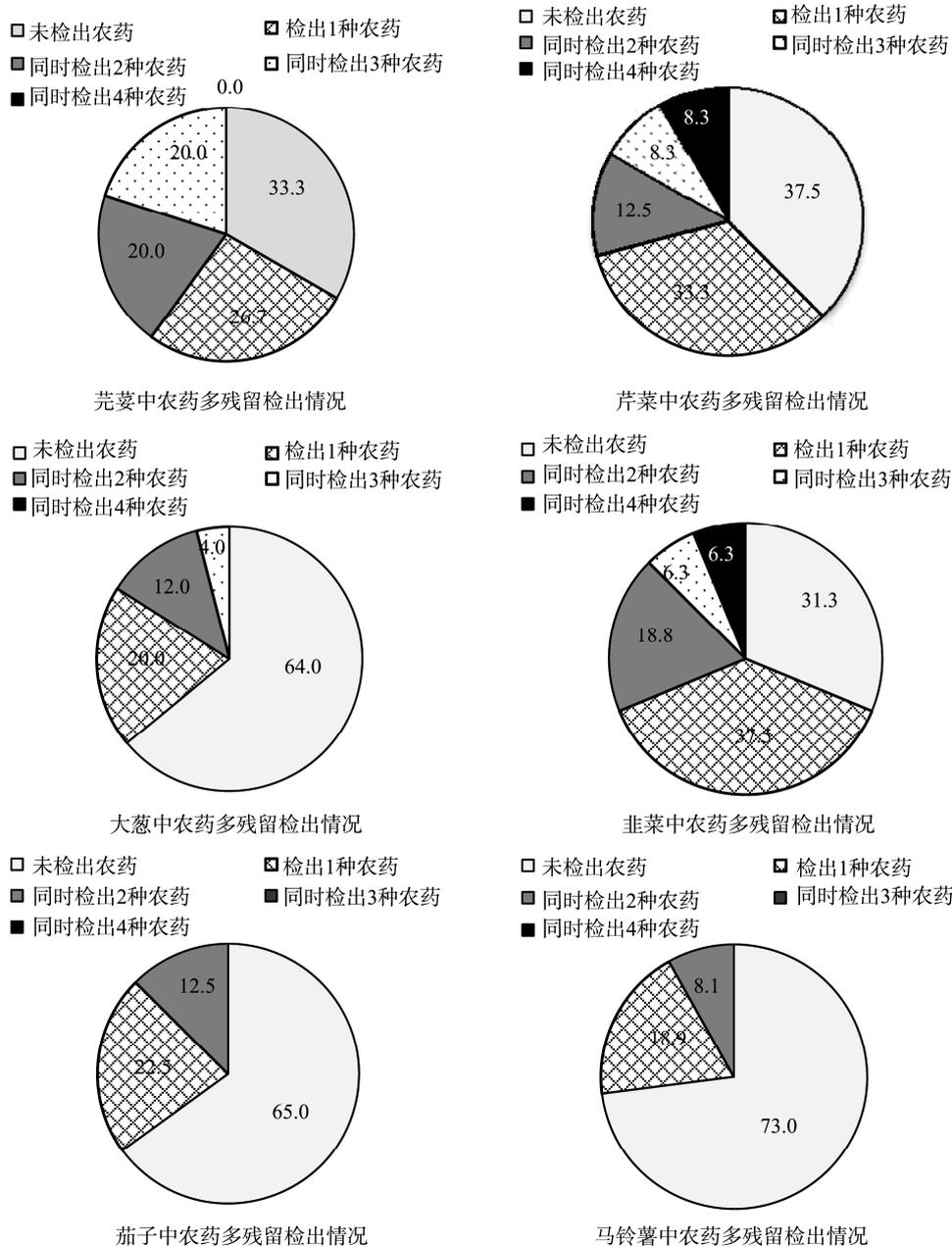


图 4 不同种类蔬菜中农药多残留情况

Fig.4 Pesticide residues in different kinds of vegetables

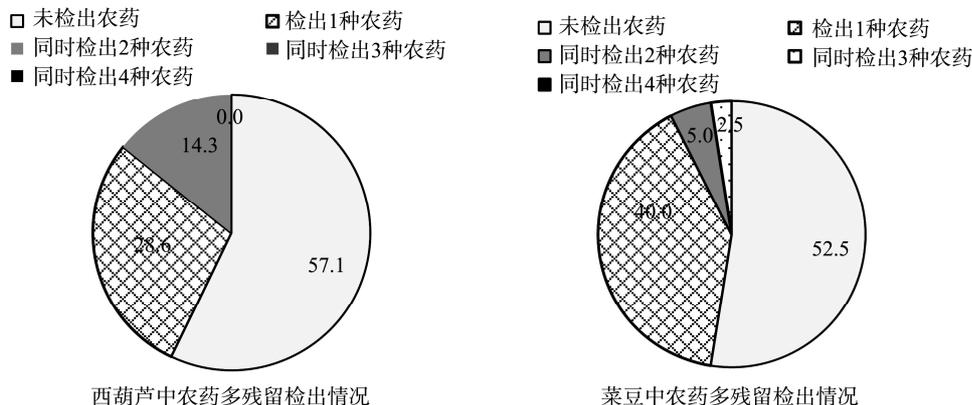


图 4(续) 不同种类蔬菜中农药多残留情况  
Fig.4 Pesticide residues in different kinds of vegetables

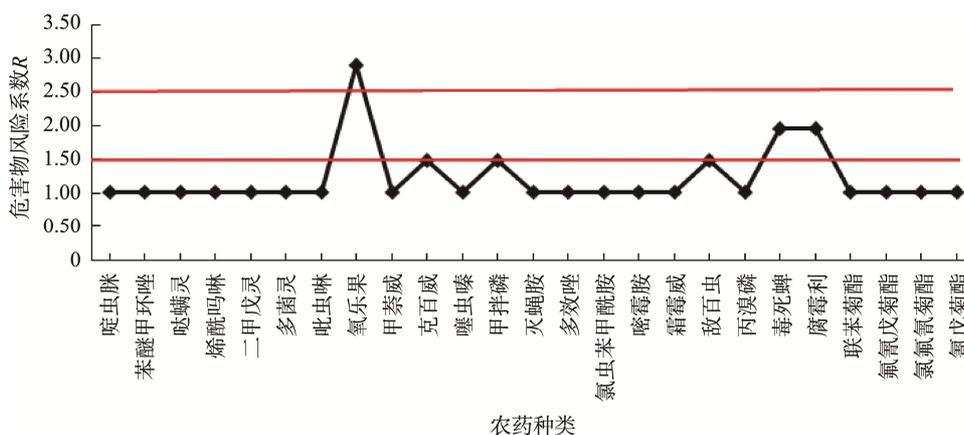


图 5 农药残留风险系数  
Fig.5 Risk coefficients of pesticide residues

2.4.2 食品安全指数法

用食品安全指数法评估了不同蔬菜的食用安全性, 本研究只讨论有残留的农药种类, 具体结果见表 1。由表 1 可知, 克百威、氧乐果 IFS>1, 其残留对蔬菜安全影响的风险超过了可以接受的限度, 应该进入风险管理程序, 其余农药残留的 IFS 都远远小于 1, 说明在本年度这些农药残留量对蔬菜安全没有影响。

表 1 蔬菜中检出农药残留安全指数  
Table 1 Safety index of pesticide residues detected in vegetables

农药种类	IFS	农药种类	IFS
啶虫脒	0.025	多效唑	0.003
苯醚甲环唑	0.021	氯虫苯甲酰胺	0.001
哒螨灵	0.032	啉霉胺	0.001
烯酰吗啉	0.003	霜霉威	0.001
二甲戊灵	0.007	敌百虫	0.268
多菌灵	0.165	丙溴磷	0.009

表 1(续)

农药种类	IFS	农药种类	IFS
吡虫啉	0.022	毒死蜱	0.056
氧乐果	9.480	腐霉利	0.012
甲萘威	0.006	联苯菊酯	0.004
克百威	2.010	氟氧戊菊酯	0.021
噻虫嗪	0.009	氯氟氰菊酯	0.012
甲拌磷	0.136	氰戊菊酯	0.006
灭蝇胺	0.009		
IFs		0.493	

全面考虑所研究的消费者人群的饮食习惯及各种蔬菜和化学物质的残留情况, 计算  $\overline{IFS} = 0.493 < 1$ , 表明蔬菜质量安全整体状况可接受。

3 结论

在吉林省 7 个蔬菜主产区种植基地采集的 211 份蔬菜

样品,共 25 种农药检出,以杀虫剂为主。从现有结果看,仍有氧乐果、甲拌磷、克百威、毒死蜱等禁限用高毒农药检出,提示相关管理部门应该加强生产者安全生产意识,落实强化生产经营主体责任,通过加强安全生产技术培训等方式引导和规范生产者在蔬菜生产环节农药使用,并严厉打击违法违规使用行为。腐霉利的检出率较高,主要是与其药效作用有关,腐霉利是内吸性杀真菌剂,被广泛应用于治疗蔬菜的灰霉病、菌核病,如若不严格落实安全间隔期,容易在蔬菜等农产品上残留,对环境和人类健康带来一定的影响。

不同种类蔬菜农药残留检出率和超标率最高的都是韭菜,其次是芹菜。不同种类蔬菜中农药多残留现象普遍存在,芹菜和韭菜中同一样品中最多检出了 4 种农药残留,可能存在多残留导致的联合暴露风险。芹菜和韭菜上农药残留检出和超标率高的原因主要是与其栽培模式和病虫害发生特点有关,危害它们的害虫主要藏在土壤里,需要喷洒大量农药,更为普遍的做法是用农药灌地,通过这样的操作,大量内吸性农药会被韭菜和芹菜根部吸收,导致农药残留甚至超标。建议在韭菜和芹菜的生产过程中采用综合防治病虫害方法,做到精准治疗。

从检出农药的风险系数看,氧乐果为高风险农药,毒死蜱和腐霉利为中风险农药。从食品安全指数评价结果看,吉林省蔬菜质量安全整体状况是可接受的,但克百威、氧乐果在蔬菜中残留的风险超过了可接受的限度,应该进入风险管理程序。

## 参考文献

- 袁玉伟. 菠菜中常用农药残留动态及其限量研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.  
YUAN YW. Study on residues dynamics and maximum residue limit of pesticide applied in spinach production [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008.
- 左晓磊, 刘培, 齐琨, 等. 2018 年石家庄市蔬菜中农药残留及慢性膳食暴露评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(18): 6562–6567.  
ZUO XL, LIU P, QI K, *et al.* Assessment of pesticide residues and chronic dietary exposure in vegetables in Shijiazhuang City in 2018 [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(18): 6562–6567.
- 尹全, 李忆, 刘炜, 等. 成都市生产基地蔬菜农药残留状况及原因分析[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(1): 131–134.  
YI Q, LI Y, LIU W, *et al.* Analysis of pesticide residues in vegetables of Chengdu city production base [J]. *Hubei Agric Sci*, 2021, 60(1): 131–134.
- 李步南. 四川省四种常用蔬菜农药残留检测和人体健康风险评估[D]. 西安: 西安科技大学, 2019.  
LI BN. Detection of pesticide residues and human health risk assessment of four common vegetable in Sichan Province [D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2019.
- LIU Z, CHEN Y, HAN J, *et al.* Determination, dissipation dynamics, terminal residues and dietary risk assessment of thiophanate-methyl and its metabolite carbendazim in cowpeas collected from different locations in China under field conditions [J]. *J Sci Food Agric*, 2021, 101(13): 5498–5507.
- ALBEDAIR LA, ALTURIQI AS. Evaluation of pesticide residues in the irrigation water soil and assessment of their health risks in vegetables from sub-urban areas around Riyadh district Saudi Arabia [J]. *Environ Forensics*, 2021, 22(1–2): 16–27.
- LIU X, LIU Z, BIAN L, *et al.* Determination of pesticide residues in chilli and Sichuan pepper by high performance liquid chromatography quadrupole time-of-flight mass spectrometry [J]. *Food Chem*, 2022, 387: 132915.
- JIANG M, GAO H, LIU X, *et al.* Detection of pesticide residues in vegetables sold in Changchun City, China [J]. *J Food Prot*, 2021, 84(3): 481–489.
- 段夏菲, 曾雅, 李映霞, 等. 食品安全指数法评估广州市海珠区果品中有机磷类农药残留的风险[J]. 中国卫生检验杂志, 2020, 30(1): 87–90.  
DUAN XF, ZENG Y, LI YX, *et al.* Risk assessment of organ phosphorus pesticide residues in fruits in Haizhu district of Guangzhou based on food safety indexes [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2020, 30(1): 87–90.
- 郝玉敏. 芹菜农药残留风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(13): 5215–5221.  
HAO YM. Risk assessment of pesticide residues in celery [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(13): 5215–5221.
- 王晓, 梁少茹. 信阳茶叶农药残留检测及其风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(10): 4195–4201.  
WANG X, LIANG SR. Detection and risk assessment of pesticide residues in Xinyang tea [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(10): 4195–4201.
- 李俊, 祝愿, 周雪丽, 等. 茶叶中 29 种挥发性有机物的固相微萃取-气相色谱-质谱法测定及其危害水平评估[J]. 理化检验-化学分册, 2021, 57(5): 391–397.  
LI J, ZHU Y, ZHOU XL, *et al.* Determination of 29 volatile organic compounds in tea by solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry and hazard level assessment [J]. *Phys Test Chem Anal Part B*, 2021, 57(5): 391–397.
- 常薇, 李慧, 李春梅, 等. 成都市售果蔬中农药残留水平分析及慢性膳食风险评估[J]. 食品工业科技, 2022, 43(6): 258–268.  
CHANG W, LI H, LI CM, *et al.* Residue levels and chronic dietary intake risk of pesticide residues in fruits and vegetables in Chengdu [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2022, 43(6): 258–268.
- 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所. 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.  
Institute of agricultural quality standards and testing technology. Chinese academy of agricultural sciences. Risk Assessment of agricultural product quality safety: Principles, methods and applications [M]. Beijing: China Standard Press, 2007.
- 王雅静, 王帅, 汤思凝, 等. 食品安全指数法评估唐山市鲜食用菌农药残留风险[J]. 食品工业, 2022, 43(3): 317–320.  
WANG YJ, WANG S, TANG SN, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in edible mushrooms in tangshan based on food safety indexes [J]. *Food Ind*, 2022, 43(3): 317–320.
- 孙思, 杨梅, 刘小惠, 等. 黔东南州禽蛋中 24 种兽药残留的风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(9): 3529–3535.  
SUN S, YANG M, LIU XH, *et al.* Risk assessment of 24 kinds of veterinary drugs residue in the poultry eggs of Qiandongnan prefecture [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(9): 3529–3535.

- [17] 王俊增. 吉林省 5 城市市售蔬菜中 20 种农药残留现状调查分析及膳食暴露风险评估[D]. 长春: 吉林大学, 2018.  
WANG JZ. Investigation and analysis of 20 pesticide residues in vegetables marketed in 5 cities of Jilin Province and risk assessment of dietary exposure [D]. Changchun: Jilin University, 2018.
- [18] 卢忠魁. 吉林省 6 县市市售蔬菜农药残留现状调查分析[D]. 长春: 吉林大学, 2011.  
LU ZK. Survey on pesticide residues of marketed vegetables in six cities and towns of Jilin Province [D]. Changchun: Jilin University, 2011.
- [19] 金彬, 吴丹亚, 陈宇博, 等. 散户蔬菜农药残留风险评估和监管建议[J]. 农产品质量与安全, 2015, (5): 63–66.  
JIN B, WU DY, CHEN YB, *et al.* Risk assessment and supervision suggestions of pesticide residues in vegetables for retail investors [J]. Qual Saf Agro-prod, 2015, (5): 63–66.
- [20] 谢明勇, 陈绍军. 食品安全导论[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2016.  
XIE MY, CHEN SJ. Introduction to food safety [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2016.
- [21] 魏介琪, 王俊平. 对蔬菜中农药残留风险评估的模型探究及权重的确定[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(10): 191–195.  
WEI JQ, WANG JP. The model inquiry and weight determination of pesticide residue risk assessment in vegetables [J]. Food Res Dev, 2018, 39(10): 191–195.
- [22] 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.
- [23] 刘文. 食品安全指数的构建及应用研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.  
LIU W. Study on the construction and application of food safety index [D]. Wuhan: Huazhong Agriculture University, 2013.
- [24] 金征宇, 胥传来, 谢正军. 食品安全导论[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.  
JIN ZY, XUN CL, XIE ZJ. Introduction to food safety [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [25] 姜松强, 朱慧丽, 陈彦哲. 2016 年-2020 年郑州市市售蔬菜中农药残留监测结果分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32(4): 499–503.  
JIANG SJ, ZHU HL, CHEN YZ. Analysis of monitoring results of pesticide residues in vegetables sold in Zhengzhou City from 2016 to 2020 [J]. Chin J Food Hyg, 2022, 32(4): 499–503.
- [26] 罗赞, 向仲朝, 岳蕴瑶, 等. 绵阳市 2010-2012 年蔬菜、水果和粮食中农药残留量分析[J]. 现代预防医学, 2014, 41(8): 1386–1390.  
LUO Y, XIANG ZC, YUE YY, *et al.* Analysis of pesticide residues in vegetable, fruit and grains of Mianyang during 2010-2012 [J]. Mod Prev Med, 2014, 41(8): 1386–1390.
- [27] 蒲云霞, 贺敏, 要媛, 等. 内蒙古地区市售蔬菜中农药残留状况调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2022, 34(2): 281–286.  
PU YX, HE M, YAO Y, *et al.* Investigation on pesticide residues in vegetables sold in Inner Mongolia [J]. Chin J Food Hyg, 2022, 34(2): 281–286.
- [28] 黄智文, 方双勇, 钟晓, 等. 2012—2018 年曲靖市蔬菜中农药残留监测结果分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(22): 7701–7706.  
HUANG ZW, FANG SY, ZHONG X, *et al.* Analysis of monitoring data of pesticide residues in vegetables in Qujing City from 2012 to 2018 [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(22): 7701–7706.
- [29] 杨蕙, 刘怡娅, 向红, 等. 2014—2016 年贵州省 761 份市售蔬菜中农药残留监测结果分析[J]. 现代预防医学, 2017, 44(11): 1969–1973.  
YANG H, LIU YY, XIANG H, *et al.* Pesticide residue of 761 sold vegetable monitoring of Guizhou, 2014-2016 [J]. Mod Prev Med, 2017, 44(11): 1969–1973.
- [30] 孙江, 温雅君, 高景红, 等. 芹菜农药残留监测结果分析[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(2): 151–154.  
SUN J, WEN YJ, GAO JH, *et al.* Analysis for pesticide residue monitoring in celery [J]. J Agric Res Environ, 2014, 31(2): 151–154.

(责任编辑: 张晓寒 于梦娇)

## 作者简介



孟繁磊, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为农产品质量安全检测与风险评估。  
E-mail: mengfanlei622@163.com



宋志峰, 硕士, 研究员, 主要研究方向为农产品质量安全检测与风险评估。  
E-mail: mhsr@sina.com