

风险评估

河南省韭菜中农药残留情况分析及其膳食暴露评估

刘霞丽^{1,2}, 姚晓洁^{1,2}, 宁亚萍^{1,2}, 尹玉云^{1,2}, 夏嘉^{1,2}, 谷瑞丽^{1,2}

(1. 河南省食品检验研究院, 河南 郑州 450003; 2. 国家市场监督管理总局重点实验室 食品安全快速检测与智慧监管技术, 河南 郑州 450003)

摘要:目的 了解河南省市场上韭菜的农药残留状况, 评估韭菜中农药残留的暴露风险。方法 对2020年河南省市场销售的韭菜样品中16种农药残留水平进行检测分析, 根据世界卫生组织食物消费量数据及农药残留联席会议制定的急性参考剂量和《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》的每日允许摄入量等健康指导值, 采用点评估法对河南省居民韭菜中的农药残留的急性和慢性暴露风险进行评估, 并采用危害指数法进行累积暴露评估。结果 韭菜样品中农药残留种类较多, 共检出14种农药, 检出率为93.81%(424/452); 7种农药超标, 超标率为16.15%; 多农药联合检出现象较为严重, 56.42%样品中含有2种以上农药残留。在急性暴露评估中, 克百威、腐霉利、甲拌磷的急性风险超过可接受水平; 在慢性暴露评估中, 氧乐果的慢性风险超过可接受水平; 且杀虫剂类农药存在累积中毒风险。结论 河南省韭菜中农药残留情况较突出, 应加强农药例行监测和使用管理, 特别是氧乐果、克百威、腐霉利、甲拌磷等高风险性农药, 确保农产品质量安全。

关键词: 农药残留; 韭菜; 暴露风险; 最大残留限量

中图分类号: R155

文献标识码: A

文章编号: 1004-8456(2023)02-0230-07

DOI: 10.13590/j.cjfh.2023.02.013

Detection and exposure assessment of pesticide residues in leek in He'nan ProvinceLIU Xiali^{1,2}, YAO Xiaojie^{1,2}, NING Yaping^{1,2}, YIN Yuyun^{1,2}, XIA Jia^{1,2}, GU Ruili^{1,2}

(1. Henan Province Food Inspection Research Institute, He'nan Zhengzhou 450003, China

2. Key Laboratory of Food Safety Quick Testing and Smart Supervision Technology for State Market Regulation, He'nan Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Objective To evaluate the health risk of pesticide exposure from leek, the pesticide residue in leek from Henan market was investigated. **Methods** The residues of 16 pesticides in leek sold on Henan market in 2020 were detected and analyzed. According to health guidance values such as food consumption data of the World Health Organization, acute reference dose formulated by Joint Meeting on Pesticide Residues and adaptable daily intake in "National food safety standard-Maximum residue limits for pesticides in food", the acute and chronic exposure risks of pesticide residues in leek were evaluated by point assessment method, and the cumulative exposure was evaluated by hazard index method. **Results** There were many types of pesticide residues in leek samples and 93.81% (424/452) of the samples were positive. 7 of the 14 pesticides exceeded their MRLs, and the violation rate of all samples was 16.15%. The detection of multiple pesticides was relatively serious, and 56.42% of the samples contained more than two pesticide residues. In the acute exposure assessment, the acute risks of carbofuran, procymidone and phorate exceeded the acceptable level. In the chronic exposure assessment, the chronic risk of omethoate exceeded the acceptable level. And insecticide pesticides had cumulative poisoning risk. **Conclusion** The situation of pesticide residues in leek in Henan province was relatively prominent. To ensure the safety of agricultural products, it was recommended that the routine monitoring and use of pesticide, especially high-risk pesticides such as omethoate, carbofuran, procymidone and phorate should be strengthened.

Key words: Pesticide residue; leek; exposure risk; maximum residue limit

收稿日期: 2021-10-26

基金项目: 河南省市场监督管理局科技计划项目(2020sj31)

作者简介: 刘霞丽 女 工程师 研究方向为食品质量与安全 E-mail: 569690972@qq.com

通信作者: 谷瑞丽 女 主管技师 研究方向为营养与食品卫生 E-mail: 329971377@qq.com

蔬菜中农药残留问题作为食品安全的主要问题之一,在我国乃至世界各地都备受关注。韭菜是百合科葱属多年生宿根植物,是我国广泛种植的蔬菜品种,尤其是河南百姓最喜爱的蔬菜之一,具独特辛香强烈气味^[1],营养丰富且具有一定的药用价值^[2]。由于韭菜特殊的种植特点,韭菜中的农药残留超标问题较为普遍^[3]。一些菜农为了追求产量,经常采用灌根的方法将一些高毒农药用于韭蛆的防治,造成韭菜中农药残留超标,中毒事件频频发生^[4]。农药残留是影响韭菜质量与安全的一个重要因素,其中以有机磷主代表的农药对人体健康的慢性毒性研究主要集中在其致癌性、神经毒性和生殖毒性^[5-7]。因此,调查分析韭菜中农药残留情况,并对其进行风险评估具有非常重要的意义,风险评估是农产品质量安全评价、标准制定与风险管理的理论依据^[8]。

开展蔬菜中农药残留检测及风险评估不仅可以确定危害因素的分布范围和具体来源,而且能够掌握潜在风险隐患的基本状况及其演变趋势,从而可有效控制农产品质量安全风险^[9]。国内外针对农产品农药残留风险评估的研究已有很多,有研究者^[10-16]分别开展了猕猴桃、阿尔及利亚水果和蔬菜、加纳蔬菜、广东省部分市售龙眼、济南市市售蔬菜、北京市蔬菜、浙江嘉兴水蜜桃等食品中农药残留现状调查,并对人群慢性膳食暴露评估进行了探讨。但目前对于韭菜农药残留风险评估主要集中在单一农药或单类农药,关于韭菜中较为全面的多农药残留风险评估报道较少。

本文主要对河南市场上流通的452份韭菜进行农药残留检测和分析,并进行风险评估。采用急性风险商(Acute hazard quotient, aHQ)、风险商(Hazard quotient, HQ)和累积危害指数(Cumulative hazard index, cHI)等评估当地消费者健康风险,旨在明确韭菜的农药残留污染情况与人群膳食暴露风险情况,确定影响韭菜质量安全的主要风险因子,确保韭菜质量安全稳定受控,并为其安全生产和农药的规范合理使用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品来源

2020年4~11月随机抽取河南省18个地市的批发市场、超市、农贸市场的韭菜进行了抽样检测,原则上抽取每份样品数量(可食部分)不少于2 kg^[17],最终检测韭菜样本452份。

1.1.2 主要仪器与试剂

电子天平(瑞士Mettler公司);多管涡旋振荡器(莱普特科学仪器有限公司);离心机(德国Sigma公司);氮吹仪(美国Organomation公司);7890B-7010B气相色谱-三重四级杆质谱联用仪(美国Agilent公司);液相色谱-三重四级杆质谱联用仪(美国Waters公司);液相色谱仪(美国Waters公司);7890B气相色谱仪(美国Agilent公司)。

乙腈、正己烷、丙酮、甲醇和乙酸乙酯(均为色谱纯,德国Merck公司);QuEChERS萃取盐包(无水硫酸镁4 g,氯化钠1 g,1 g柠檬酸钠,0.5 g柠檬酸氢二钠,美国Agilent公司);QuEChERS净化管(885 mg硫酸镁、150 mg PSA及15 mg GCB,Agilent公司);氯化钠(分析纯,天津市大茂化学试剂厂)。本研究中所用的农药标准品均购自农业部环境保护科研监测所(天津)。

1.2 方法

1.2.1 农药残留检测与分析方法

根据国家食品安全监督抽检实施细则^[17](2020年版),检测杀虫剂、杀菌剂、除草剂等16种常见农药敌敌畏(Dichlorvos)、毒死蜱(Chlorpyrifos)、多菌灵(Carbendazim)、二甲戊灵(Pendimethalin)、氟虫腈(Fipronil)、腐霉利(Procymidone)、甲胺磷(Methamidophos)、甲拌磷(Phorate)、克百威(Carbofuran)、乐果(Dimethoate)、氯氟氰菊酯(Cyhalothrin)、氯氰菊酯(Cypermethrin)、辛硫磷(Phoxim)、氧乐果(Omethoate)、阿维菌素(Abamectin)、灭线磷(Ethoprophos)。按化学结构分为有机磷、有机氯、菊酯类、氨基甲酸酯类和其他类农药。根据国家食品安全监督抽检实施细则(2020年版)规定的检验方法,有机氯、菊酯类农药采用《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》GB 23200.113—2018中的方法测定;有机磷农药采用《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残多残留的测定》NY/T 761—2008中的方法测定;氨基甲酸酯类农药采用《食品安全国家标准植物源性食品中9种氨基甲酸酯类农药及其代谢物残留量的测定液相色谱-柱后衍生法》GB 23200.112—2018中的方法测定;苯并咪唑类农药采用《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》GB/T 20769—2008中的方法测定。对于样品中检验的所有农药,某个农药低于检出限或定量限时,按照世界卫生组织(World Health Organization, WHO)关于食品污染物未检出数据处理指南^[18]进行计算(表1)。

表1 WHO关于食品污染物未检出数据处理指南
Table 1 Guideline for the treatment of food contaminants without data from WHO

<LOD的比例	检测值(如均值)处理
无,全部定量	真正均值
≤60%	所有<LOD结果用1/2LOD计
≥60%但≤80%,至少25个结果数量表示	所有<LOD结果得出两个估计值:0和LOD
>80%	所有<LOD结果得出两个估计值:0和LOD,统计学均值、标准差估计需谨慎

1.2.2 风险评估方法

目前常用的风险评估方法有危害物风险系数法、食品安全指数法和膳食暴露评估法^[19-22]。对农药残留累积风险评估方法也较多,有毒性分离点法和联合暴露边界法、危害指数法和cHI法等^[23],其中后两种算法因其算法较为简单,其应用更为普遍^[24],也是本研究韭菜中农药风险评估所选用的重要方法。该方法不仅可用于单一农药残留的膳食暴露健康风险评估,还可以用于多种农药残留联合污染的健康风险评估。

1.2.2.1 膳食急性暴露风险评估

根据WHO急性暴露评估指导原则^[25],本研究适用第1类情形:单个食品可食部分质量小于25g,用公式(1)计算估计短期(一般为24h)摄入量(Estimated short-term intake, ESTI),再结合急性参考剂量(Acute reference dose, ARfD),计算aHQ,进行膳食急性暴露风险评估,即急性中毒风险评估。相关公式如下:

$$ESTI = \frac{LP \times HR}{BW} \quad \text{式(1)}$$

$$aHQ = \frac{ESTI}{ARfD \times 1000} \times 100\% \quad \text{式(2)}$$

式中:按照最大风险原则,HR为某种农药的最高残留水平,单位为mg/kg;LP为大份餐,即某类食品一餐的最大消费量,一般以日消费量的97.5百分位数为准,单位为g/d, BW为人群平均体质量,单位为kg; ESTI单位为 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$, ARfD单位为 $\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{BW}$ 。当 $aHQ \leq 100\%$ 时,表示风险可以接受;当 $aHQ > 100\%$ 时,表示存在急性中毒风险^[26-27], aHQ越大,风险越大。

1.2.2.2 膳食慢性暴露风险评估

根据估计每日摄入量(Estimated daily intake, EDI)和每日允许摄入量(Allowable daily intake, ADI)计算HQ,即长期摄入健康风险,进行膳食慢性暴露风险评估。相关公式如下:

$$EDI = \frac{C_i \times F}{BW} \quad \text{式(3)}$$

$$HQ = \frac{EDI}{ADI \times 1000} \times 100\% \quad \text{式(4)}$$

式中: C_i 为某种农药残留的中位值,单位为 mg/kg ;F为某种食品消费量,单位为g/d, BW为人群平均体

质量,单位为kg; EDI单位为 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$, ADI单位为 $\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{BW}$ 。当 $HQ \leq 100\%$ 时,表示风险可以接受;当 $HQ > 100\%$ 时,表示存在长期累积中毒风险, HQ数值越大,表明慢性风险超过可接受水平,风险越大^[28]。

在膳食急性暴露风险评估公式(1)中,参考WHO统计数据^[29],中国居民一般人群(大于1岁)和儿童(小于6岁)的LP/BW分别为6.061g/kg·BW和9.259g/kg·BW。在膳食慢性暴露风险评估公式(3)中, C_i 采用检出农药的残留中位值^[30], F(某种食品消费量)参考相关文献^[31],韭菜的平均每日消费量为46g/d, BW采用标准人体质量按60kg计算,公式(2)中ARfD数值获取自联合国粮食及农业组织/世界卫生组织农药残留专家联席会议(Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, JMPR)^[32],公式(4)中ADI数值参考GB 2763—2019《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》^[33]。

1.2.2.3 累积危害指数

由于韭菜中往往检出不止一种农药残留,这就需要对多种农药残留的累积风险进行评估。cHI表示消费者食用的含多种农药残留食品의HQs之和,其计算公式为:

$$cHI = \sum HQ \quad \text{式(5)}$$

当 $cHI \leq 100\%$ 时,表示风险可以接受;当 $cHI > 100\%$ 时,表示存在农药多残留长期累积中毒风险。

2 结果

2.1 农药残留状况分析

2.1.1 农药残留的总体检测情况分析

在检测的16种农药中,只有阿维菌素、灭线磷未检出,检出的14种农药中有4种是韭菜上的禁用农药,即甲拌磷、克百威、氧乐果、毒死蜱。由表2可见,韭菜的农药检出率为93.81%(424/452),检出率较高的4种农药分别为多菌灵(84.07%)、腐霉利(32.74%)、氯氟氰菊酯(24.78%)和氯氰菊酯(23.67%)。检出的农药以低毒性农药为主,占比63.75%,中等毒性农药检出率占比33.37%,高毒性农药占比2.88%。韭菜中大部分农药残留量处于较低水平,但腐霉利和氧乐果的残留水平较高。

452份样品中有73份样品检出农药残留超标

现象,超标率为 16.15%。检出的超标农药如表 3 所示,其中超标率居前 3 位的农药依次是腐霉利(12.83%)、多菌灵(2.21%)、甲拌磷(1.55%)。腐霉利的超标率和超标倍数最为严重,最大超标倍数

达 136.0 倍,且 9~11 月份间抽检的不合格样品占比最多。韭菜中农药最大残留限量值参照国家标准 GB 2763—2019,其中检出 2 种及以上农药不合格的样品为 8 批,占总不合格样品的 10.96%。

表 2 韭菜中农药检出情况

Table 2 The detection results of pesticides in leeks

农药用途	农药名称	毒性	检出数量	检出率/%	检出范围/(mg/kg)	平均值/(mg/kg)	标准差/(mg/kg)
杀虫剂	辛硫磷	低毒	3	0.66	0.026~0.047	0.036	0.011
	敌敌畏	中毒	23	5.09	0.017~0.060	0.037	0.013
	毒死蜱	中毒	8	1.77	0.023~0.94	0.15	0.32
	氟虫腈	中毒	4	0.88	0.003 1~0.007 9	0.006 3	0.002 5
	乐果	中毒	12	2.65	0.022~0.17	0.069	0.047
	氯氟氰菊酯	中毒	112	24.78	0.004 0~1.8	0.12	0.20
	氯氰菊酯	中毒	107	23.67	0.010~0.97	0.25	0.28
	甲胺磷	高毒	10	2.21	0.020~0.044	0.031	0.009 6
	甲拌磷	高毒	7	1.55	0.058~0.56	0.20	0.19
	克百威	高毒	5	1.11	0.015~0.56	0.13	0.23
	氧乐果	高毒	2	0.44	1.3~1.9	1.6	0.40
	阿维菌素	高毒	0	0	0.010~0.010	0.010	0.00
	灭线磷	高毒	0	0	0.020~0.020	0.020	0.00
杀菌剂	多菌灵	低毒	380	84.07	0.000 60~9.9	0.21	0.96
	腐霉利	低毒	148	32.74	0.013~27	2.0	4.2
除草剂	二甲戊灵	中毒	12	2.65	0.012~0.010	0.030	0.024

表 3 检出超标农药相关信息

Table 3 Relative information of detected superscale pesticides

农药名称	不合格批次	超标率/%	检出最大值/(mg/kg)	限量值/(mg/kg)	检出限/(mg/kg)	最大超标倍数
毒死蜱	1	0.22	0.94	0.1	0.02	9.4
多菌灵	10	2.21	9.93	2	0.000 12	5.0
腐霉利	58	12.83	27.20	0.2	0.005	136.0
甲拌磷	7	1.55	0.56	0.01	0.01	56.0
克百威	2	0.44	0.56	0.02	0.01	28.0
氯氟氰菊酯	1	0.22	1.82	0.5	0.000 5	3.6
氧乐果	2	0.44	1.87	0.02	0.01	93.5

2.1.2 多农药联合检出情况分析

韭菜样品中的多农药联合检出现象比较严重,且多农药联合应用情况较为复杂多样,如 2 种不同农药联合检出的组合情况高达 19 种。由图 1 可知,一份韭菜样品同时检出多达 6 种农药残留,本次检测出含 2~6 种农药残留的样品 255 份,检出率高达 56.42%(255/452),其中同时检出 2 种农药残留的样品最多,为 145 份,检出率 32.08%,以腐霉利、多菌灵的联合检出占比最多。3 种以上多农药

联合检出样品中以杀菌剂和菊酯类杀虫剂的联合检出占比最多。

2.2 农药残留膳食暴露风险评估

2.2.1 农药残留膳食急性暴露风险评估

在膳食急性暴露风险评估中(表 4),在 1~6 岁儿童中,克百威的 aHQ 最高,高达 518.50%,其次为腐霉利、甲拌磷,三者的 aHQ 均大于 100%。在一般人群中,克百威、腐霉利、甲拌磷的 aHQ 均大于 100%,且儿童的 aHQ 比在一般人群大,说明韭菜中克百威、腐霉利、甲拌磷的急性中毒风险在所有人群中均处于不可接受水平。其余农药的 aHQ 在儿童和一般人群中均小于 100%,但多菌灵和氯氟氰菊酯的 aHQ 值较高,存在潜在的急性中毒风险。而辛硫磷、氧乐果 ARfD 数值在 JMPR 无相关数据。

2.2.2 农药残留膳食慢性暴露风险评估

在膳食慢性暴露风险评估中(表 5),氧乐果的 HQ 高达 405.06%,大于 100%,在所有农药中居于首位,说明氧乐果残留的慢性风险超过可接受水平。其余农药的 HQ 均小于 100%,慢性风险均处于可接受水平。

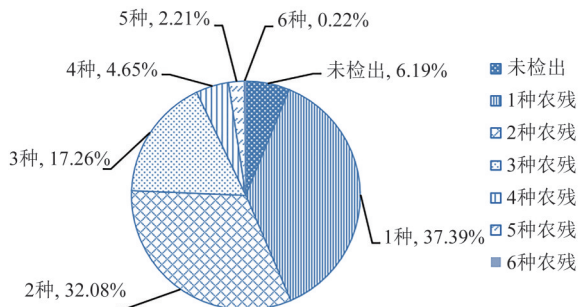


图 1 韭菜样品中农药多残留分布图

Figure 1 Distribution map of multiple pesticide residues in leek samples

表4 膳食急性暴露风险评估

Table 4 Acute dietary exposure risk assessment

农药名称	主要用途	HR/(mg/kg)	ARfD/(mg/kg·BW)	一般人群		1~6岁儿童	
				ESTI/($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$)	aHQ/%	ESTI/($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$)	aHQ/%
敌敌畏	杀虫剂	0.06	0.1	0.36	0.36	0.56	0.56
毒死蜱	杀虫剂	0.94	0.1	5.70	5.70	8.70	8.70
多菌灵	杀菌剂	9.93	0.1	60.19	60.19	91.94	91.94
二甲戊灵	除草剂	0.10	1	0.61	0.06	0.93	0.09
氟虫腈	杀虫剂	0.01	0.003	0.06	2.02	0.09	3.09
腐霉利	杀菌剂	27.20	0.1	164.86	164.86	251.84	251.84
甲胺磷	杀虫剂	0.04	0.01	0.24	2.42	0.37	3.70
甲拌磷	杀虫剂	0.56	0.003	3.39	113.14	5.19	172.83
克百威	杀虫剂	0.56	0.001	3.39	339.42	5.19	518.50
乐果	杀虫剂	0.17	0.02	1.03	5.15	1.57	7.87
氯氟氰菊酯	杀虫剂	1.82	0.02	11.03	55.16	16.85	84.26
氯氰菊酯	杀虫剂	0.97	0.04	5.88	14.70	8.98	22.45
辛硫磷	杀虫剂	0.05	—	0.30	—	0.46	—
氧乐果	杀虫剂	1.87	—	11.33	—	17.31	—
阿维菌素	杀虫剂	0.01	0.003	0.036	2.02	0.09	3.09
灭线磷	杀虫剂	0.02	0.05	0.12	0.24	0.19	0.37

注:—表示无相关信息或无法计算

表5 膳食慢性暴露风险评估

Table 5 Chronic dietary exposure risk assessment

农药名称	主要用途	检出中位值/(mg/kg)	EDI/ $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$	ADI/(mg/kg·BW)	HQ/%
敌敌畏	杀虫剂	0.037	0.03	0.004	0.71
毒死蜱	杀虫剂	0.055	0.04	0.01	0.42
多菌灵	杀菌剂	0.003	0	0.03	0.01
二甲戊灵	除草剂	0.017	0.01	0.1	0.01
氟虫腈	杀虫剂	0.008	0.01	0.000 2	3.17
腐霉利	杀菌剂	0.180	0.14	0.1	0.14
甲胺磷	杀虫剂	0.031	0.02	0.004	0.59
甲拌磷	杀虫剂	0.110	0.08	0.000 7	12.05
克百威	杀虫剂	0.018	0.01	0.001	1.38
乐果	杀虫剂	0.055	0.04	0.002	2.11
氯氟氰菊酯	杀虫剂	0.058	0.04	0.02	0.22
氯氰菊酯	杀虫剂	0.110	0.08	0.02	0.42
辛硫磷	杀虫剂	0.047	0.04	0.004	0.91
氧乐果	杀虫剂	1.585	1.22	0.000 3	405.06
阿维菌素	杀虫剂	0.010	0	0.001	0
灭线磷	杀虫剂	0.020	0	0.000 4	0

注:0是经数字修约后的结果

2.2.3 累积危害指数

韭菜中杀虫剂类农药、杀菌剂类农药、除草剂类农药的cHI分别为427.04%、0.15%、0.01%，因此，杀虫剂类农药的cHI最高，且大于100%，存在累积暴露风险，杀菌剂类农药和除草剂类农药的cHI远小于100%，几乎不存在累积暴露风险。但根据检测结果，韭菜中存在杀虫剂、杀菌剂和除草剂类农药联合使用情况，韭菜中杀虫剂、杀菌剂和除草剂类农药的cHI为427.20%，存在累积暴露风险。

3 讨论

本研究以河南省市场上的韭菜为调查分析对象，采集河南省18个地市的452份韭菜样品进行

了农药残留检测，主要从检出率、超标率、膳食急性暴露风险、膳食慢性暴露风险、累积暴露风险等方面对河南省韭菜质量安全进行综合评估。河南省韭菜的整体农药检出率处于较高水平，达到93.81%，检出率高的农药主要是杀菌类农药和菊酯类杀虫性农药。多种农药残留检出率为56.42%，农药联合应用情况复杂多样，提示菜农为了达到防病治虫的目的，存在随意混用农药和盲目用药的现象。452份韭菜中共检出73份农残不合格样品，超标率为16.15%，其中腐霉利超标率最高，其次是多菌灵，它们均为杀菌类农药，且检出的不合格样品大多集中在秋冬季节，这可能与河南地处北方地区，秋冬季节的韭菜多为棚栽种植有关，棚栽情况下农药的降解能力差，残留周期长，易造成超标现象。

本研究分别采用aHI、HQ进行韭菜的膳食急性及慢性暴露风险评估。在膳食急性暴露风险评估中，克百威、腐霉利、甲拌磷对我国1~6岁儿童和一般人群均存在不可接受的急性风险，表明河南省韭菜中农药残留膳食急性暴露风险超过可接受水平。在膳食慢性暴露风险评估中，氧乐果HQ最高，高达405.06%，其慢性风险超过可接受水平，且氧乐果属于韭菜中高毒性禁用农药，因此韭菜中的氧乐果对人体健康存在长期摄入风险的危害。

综上，河南省韭菜农药残留膳食暴露风险未达到可接受水平，且存在农药检出率高、农药多残留污染、使用禁限用农药等风险。因此需强化农药销售和使用的监管和查处力度，加强农产品质量安全科普教育和科学用药技术培训，特别是毒性较大的禁限用农药的使用，减少多农药的叠加混用，降低农药多残留风险，保证农产品质量安全稳定受控。

本次风险评估存在一定的不确定性因素,主要表现在以下几个方面:(1)本研究对清洗、烹饪等过程中农药残留的损失未加以考虑,可能造成风险偏高。(2)本研究按照最大风险原则,使用最高检出浓度和大份餐进行急性风险评估,而实际上最高的检出浓度水平尚为少数,短期大量摄入这类样品的概率不大,所以可能高估急性中毒的风险。(3)本次评估仅考虑韭菜来源的农药,若要评估膳食总体农药暴露风险,还需计算通过其他蔬果的农药暴露量。

参考文献

- [1] 徐佳宁, 郭守鹏, 董贝, 等. 不同韭菜品种营养品质和产量的比较分析[J]. 山东农业科学, 2020, 52(9): 58-61.
XU J N, GUO S P, DONG B, et al. Comparison analysis of nutritional quality and yield between different Chinese chive varieties [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2020, 52(9): 58-61.
- [2] 林慧, 梅全喜. 韭菜药用价值的研究进展[J]. 今日药学, 2013, 23(10): 702-704.
LIN H, MEI Q X. Research progress on medicinal value of leek [J]. Pharmacy Today, 2013, 23(10): 702-704.
- [3] 温雅君, 肖志勇, 马啸, 等. 韭菜中农药残留状况调查与分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(13): 4231-4235.
WEN Y J, XIAO Z Y, MA X, et al. Investigation and analysis of pesticide residues in leek [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(13): 4231-4235.
- [4] 郭丽丽, 花锦. QuEChERS法动态监测及评价山西省韭菜中12种农药残留[J]. 中国蔬菜, 2018(4): 64-70.
GUO L L, HUA J. Dynamic monitoring and evaluation of 12 pesticide residues in leek from Shanxi Province by QuEChERS method [J]. China Vegetables, 2018(4): 64-70.
- [5] KOUTROS S, BEANE FREEMAN L E, LUBIN J H, et al. Risk of total and aggressive prostate cancer and pesticide use in the agricultural health study [J]. American Journal of Epidemiology, 2012, 177(1): 59-74.
- [6] TIAN H, LI Y, WANG W, et al. Exposure to monocrotophos pesticide during sexual development causes the feminization/demasculinization of the reproductive traits and a reduction in the reproductive success of male guppies (*Poecilia reticulata*) [J]. Toxicology and Applied Pharmacology, 2012, 263(2): 163-170.
- [7] KING A M, AARON C K. Organophosphate and carbamate poisoning [J]. Emergency Medicine Clinics of North America, 2015, 33(1): 133-151.
- [8] 何洁, 刘文锋, 胡承成, 等. 黔东南州黄瓜农药残留膳食摄入风险评估[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(7): 1246-1250.
HE J, LIU W F, HU C C, et al. Dietary intake risk assessment of pesticide residues in cucumbers in Qiandongnan [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2018, 59(7): 1246-1250.
- [9] 马新耀, 王静, 朱九生. 山西省黄瓜农药残留检测及膳食摄入风险评估[J]. 生态毒理学报, 2020, 15(5): 333-344.
MA X Y, WANG J, ZHU J S. Detecting cucumber pesticide residues and assessing its dietary intake risk in Shanxi province [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2020, 15(5): 333-344.
- [10] 平华, 杜远芳, 颜世伟, 等. 猕猴桃农药残留状况及风险评估[J]. 食品工业, 2019, 40(12): 201-206.
PING H, DU Y F, YAN S W, et al. Pesticide residues status and risk assessment of kiwifruit [J]. The Food Industry, 2019, 40(12): 201-206.
- [11] MEBDOUA S, LAZALI M, OUNANE S M, et al. Evaluation of pesticide residues in fruits and vegetables from Algeria [J]. Food Additives & Contaminants: Part B, 2017, 10(2): 91-98.
- [12] BOLOR V K, BOADI N O, BORQUAYE L S, et al. Human risk assessment of organochlorine pesticide residues in vegetables from Kumasi, Ghana [J]. Journal of Chemistry, 2018, 2018: 3269065.
- [13] 黄敏兴, 高裕锋, 甄振鹏, 等. 广东省部分地区市售龙眼中农药残留现状与膳食暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2021, 33(1): 86-92.
HUANG M X, GAO Y F, ZHEN Z P, et al. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in longan samples in several areas of Guangdong province [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2021, 33(1): 86-92.
- [14] 刘守钦, 杨柳, 孙延斌, 等. 济南市市售蔬菜中农药残留及慢性膳食暴露风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2016, 28(4): 532-535.
LIU S Q, YANG L, SUN Y B, et al. Surveillance on pesticide residues in vegetables in Jinan and the risk assessment of dietary exposure [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2016, 28(4): 532-535.
- [15] 李安, 王北洪, 潘立刚, 等. 北京市蔬菜中农药残留现状及慢性膳食暴露评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(3): 1164-1169.
LI A, WANG B H, PAN L G, et al. Present situation and chronic dietary exposure assessment of pesticide residues in vegetables in Beijing [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2016, 7(3): 1164-1169.
- [16] 陶昆, 张俐勤, 俞茵荔, 等. 浙江嘉兴水蜜桃主产区果实农药残留水平及评价[J]. 食品工业, 2016, 37(1): 199-201.
TAO K, ZHANG L Q, YU Y L, et al. Monitoring and evaluation of honeypeaches pesticide residues in Zhejiang Jiaying [J]. The Food Industry, 2016, 37(1): 199-201.
- [17] 国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于印发2020年全国食品安全抽检监测计划的通知(国市监食监[2020]16号). 附件3 国家食品安全监督抽检实施细则(2020年版)[Z]. 2020.
State Administration for Market Regulation. The Notice of the General Administration for Market Regulation on Printing and Issuing the 2020 National Food Safety Sampling and Monitoring Plan (National and Municipal Food Supervision [2020] No.16). Annex 3 Implementation Rules for National Food Safety Supervision and Sampling Inspection (2020 Edition)[Z]. 2020.
- [18] 罗伟. 食品安全风险分析化学危害评估(创新及应用版)[M]. 北京: 中国质检出版社, 2012.
LUO W. Food safety risk analysis chemical hazard risk assessment[M]. Beijing: China Quality Press, 2012.

- [19] 张磊, 李凤琴, 刘兆平. 食品中化学物累积风险评估方法及应用[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(4): 378-382.
ZHANG L, LI F Q, LIU Z P. Cumulative risk assessment of chemicals in food[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2011, 23(4): 378-382.
- [20] 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 L P, WANG S M, JIANG S, et al. Evaluation of safety risk of local vegetables by food safety index method [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2014, 24 (2) : 247-249.
- [21] 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 J Y, LI Y, et al. Risk estimate of vegetables based on food safety indexes methods in Chongqing[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2010, 23(1): 98-102.
- [22] 孙明娜, 董旭, 王梅, 等. 呋虫胺在水稻中的残留消解及膳食风险评估[J]. 农药学学报, 2016, 18(1): 86-92.
SUN M N, DONG X, WANG M, et al. Dissipation, residues and dietary risk assessment of dinotefuran in rice [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2016, 18(1): 86-92.
- [23] SARIGIANNIS D A, HANSEN U. Considering the cumulative risk of mixtures of chemicals - A challenge for policy makers[J]. Environmental Health: a Global Access Science Source, 2012, 11(S1): S18.
- [24] 张兴政, 李欣宇, 程云清, 等. 榛子中的杀虫剂残留 GC-MS 检测与膳食风险评估[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2021, 45(2): 213-219.
ZHANG X Z, LI X Y, CHENG Y Q, et al. GC-MS detection of pesticide residues in the hazelnut and dietary risk assessment [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2021, 45(2): 213-219.
- [25] WHO, FAO. Guidance for international estimated short-term intake (IESTI) [EB/OL]. (2014-10-29) [2021-08-31]. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/food-safety/gems-food/guidance-iesti-2014.pdf?sfvrsn=9b24629a_2
- [26] ŁOZOWICKA B, JANKOWSKA M, KACZYŃSKI P. Pesticide residues in Brassica vegetables and exposure assessment of consumers[J]. Food Control, 2012, 25(2): 561-575.
- [27] 兰丰, 刘传德, 周先学, 等. 山东省主产区苹果农药残留水平及累积急性膳食摄入风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2595-2602.
LAN F, LIU C D, ZHOU X X, et al. Residue levels and cumulative acute risk assessment of pesticides in apples of main fruits area in Shandong province [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2015, 6(7): 2595-2602.
- [28] LIU Y H, SHEN D Y, LI S L, et al. Residue levels and risk assessment of pesticides in nuts of China [J]. Chemosphere, 2016, 144: 645-651.
- [29] World Health Organization (WHO). IESTI calculation data overview [EB/OL]. (2020-10-30) [2021-08-31]. <https://www.who.int/teams/nutrition-and-food-safety/databases/global-environment-monitoring-system-food-contamination>
- [30] 赵慧宇, 刘银兰, 孙妍婕, 等. 杨梅中4种农药残留的膳食风险评估及家庭清洗去除效果[J]. 农药学学报, 2021, 23(1): 146-153.
ZHAO H Y, LIU Y L, SUN Y J, et al. Dietary risk assessment of 4 pesticides residue in bayberries and effect of household washing method on residue removal [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2021, 23(1): 146-153.
- [31] 刘淑梅, 秦淑国, 武可, 等. 宿州市市售韭菜和芹菜中农药残留及暴露风险[J]. 食品安全导刊, 2020(24): 129-131, 134.
LIU S M, QIN S G, WU K, et al. Pesticide residues and exposure risk in leek and celery sold in Suzhou market [J]. China Food Safety Magazine, 2020(24): 129-131, 134.
- [32] World Health Organization. Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR) [DB/OL]. [2021-02-22]. <http://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database>.
- [33] 国家卫生健康委员会, 农业农村部, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量: GB 2763—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
National Health Commission, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, State Administration for Market Regulation. National food safety standard—Maximum residue limits for pesticides in food: GB 2763—2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.