

## 调查研究

## 内蒙古地区居民蔬菜中农药残留膳食暴露风险评估

梁靖凯<sup>1</sup>, 单美娜<sup>2</sup>, 侯坤<sup>2</sup>, 陈志民<sup>2</sup>, 蒲云霞<sup>2</sup>(1. 内蒙古科技大学包头医学院公共卫生学院, 内蒙古包头 014010;  
2. 内蒙古自治区综合疾病预防控制中心理化检验科, 内蒙古呼和浩特 010031)**摘要:**目的 了解内蒙古地区蔬菜中农药残留情况,对内蒙古地区蔬菜中农药残留膳食暴露风险进行评估。**方法** 利用2016—2019年内蒙古地区风险监测的蔬菜中农药残留数据,结合2012年全国总膳食研究中内蒙古地区居民的食品消费量数据,采用食品安全指数法与急性膳食暴露风险评估方法对我区居民通过蔬菜摄入的农药残留进行风险评估。**结果** 2016—2019年共检测蔬菜样本9类15106份。蔬菜中有机磷类、有机氯类、氨基甲酸酯类及拟除虫菊酯类农药均有检出,有机磷类农药总体检出率为0.98%(72/7315);有机氯类农药总体检出率为3.43%(109/3178);拟除虫菊酯类总体检出率为4.44%(56/1261);氨基甲酸酯类总体检出率为0.30%(10/3352)。其中有机磷类农药中超标的有氧化乐果(0.05%,4/7315)、甲拌磷(0.16%,12/7315)、毒死蜱(0.10%,7/7315)、甲基异柳磷(0.01%,1/7315)、水胺硫磷(0.01%,1/7315)、灭线磷(0.01%,1/7315);有机氯类农药超标的有腐霉利(0.09%,3/3178)、百菌清(0.03%,1/3178);拟除虫菊酯类农药超标的有氯氟氰菊酯(0.32%,4/1261);氨基甲酸酯类农药超标的有克百威(0.09%,3/3352)。通过对内蒙古地区居民蔬菜中农药残留膳食暴露风险进行评估,结果表明,采用食品安全指数法(IFS)以农药残留浓度Ri的平均值进行评估时,IFS均小于1,风险可接受;当以Ri的最大值评估时,我区人群对于蔬菜中甲拌磷、三唑磷、灭线磷、百菌清及氯氟氰菊酯农药残留存在暴露健康风险。急性暴露评估结果表明,当西红柿中甲拌磷浓度为1.42 mg/kg时,存在急性暴露风险。**结论** 蔬菜中四类农药均有检出,且存在超标现象。采用食品安全指数法(IFS)以农药残留浓度Ri的最大值评估时,我区人群对于蔬菜中甲拌磷、三唑磷、灭线磷、百菌清及氯氟氰菊酯农药残留存在摄入健康风险。急性暴露评估结果表明,通过西红柿摄入甲拌磷存在急性健康风险。建议相关部门加强对农药使用的监管,更好地保障我区居民身体健康。**关键词:** 内蒙古地区; 蔬菜; 农药残留; 风险评估**中图分类号:** R155 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-8456(2022)03-0444-07**DOI:** 10.13590/j.cjfh.2022.03.009**Risk assessment of dietary exposure to pesticide residues in vegetables of residents  
in Inner Mongolia**LIANG Jingkai<sup>1</sup>, SHAN Meina<sup>2</sup>, HOU Kun<sup>2</sup>, CHEN Zhimin<sup>2</sup>, PU Yunxia<sup>2</sup>

(1. School of Public Health, Baotou Medical College, Inner Mongolia University of Science and Technology, Inner Mongolia Baotou 014010, China; 2. Physical and Chemical Laboratory, Inner Mongolia Center for Comprehensive Disease Control and Prevention, Inner Mongolia Hohhot 010031, China)

**Abstract: Objective** To investigate the pesticide residues in vegetables in Inner Mongolia and assess the dietary exposure risk. **Methods** Using the data of pesticide residues in vegetables from the 2016—2019 risk monitoring in Inner Mongolia, combined with the food consumption data of the residents in Inner Mongolia in the 2012 National Total Diet Study, the food safety index method and the acute dietary intake risk assessment model were used to conduct risk assessments.**Results** From 2016 to 2019, a total of 9 types and 15 106 vegetable samples were tested. Organophosphorus, organochlorine, carbamate and pyrethroid pesticides were detected. The overall detection rates were 0.98% (72/7315), 3.43% (109/3178), 4.44% (56/1261) and 0.30% (10/3352), respectively. Among the four categories, there were some samples violating the standards, including omethoate (0.05%, 4/7315), phorate (0.16%, 12/7315), chlorpyrifos (0.10%, 7/7315), isofenphos-methyl (0.01%), hydrocarbophos (0.01%), methamphetamine (0.01%, 1/7315), procymidone (0.09%, 3/3178), chlorothalonil (0.03%, 1/3178), cyhalothrin (0.32%, 4/1261) and amino carbofuran

收稿日期:2021-06-28

作者简介:梁靖凯 女 在读研究生 研究方向为食品安全风险评估与监测 E-mail: 3038436618@qq.com

通信作者:蒲云霞 女 主任检验师 研究方向为食品安全风险评估与监测 E-mail: btliisa2008@163.com

(0.09%, 3/3 352). The assessment results showed that the food safety index (IFS) was less than 1 based on the average pesticide residue concentration  $R_i$ , and the risk was acceptable. But there were some risks of phorate, triazophos, methophos, chlorothalonil and cyhalothrin based on the maximum value of  $R_i$ . The results of acute exposure assessment showed that there was acute risk with 1.42 mg/kg of phorate in tomatoes. **Conclusion** All four types of pesticides in vegetables had been detected, and some had exceeded the standard. There were some health risks for phorate, triazophos, methophos, chlorothalonil and cyhalothrin when the food safety index method (IFS) was applied with the maximum value of the pesticide residue concentration  $R_i$ . The results of the acute exposure assessment indicate that there was an acute health risk of ingesting phorate through tomatoes. It was recommended that relevant departments strengthen the supervision of the use of prohibited and restricted pesticides to better protect the health of local residents.

**Key words:** Inner Mongolia; vegetables; pesticide residues; risk assessment

在农业上有机磷类农药、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类等杀虫剂可以高效地清除蔬菜的病虫危害<sup>[1-2]</sup>,有机氯类农药曾被广泛地应用于农业上,其理化性质稳定,极难通过生物代谢、光代谢等途径降解,残留时间长<sup>[3]</sup>,后被禁用。有研究发现<sup>[4-6]</sup>,有机磷类农药、氨基甲酸酯类及拟除虫菊酯类农药具有高效、易降解、低残留等特点被广泛使用。国内多地研究发现<sup>[7-10]</sup>蔬菜被检出有机磷类、氨基甲酸酯类、有机氯类及拟除虫菊酯类农药,部分存在超标现象。蔬菜中的农药残留问题关乎人群健康安全,国内外研究发现长期低剂量或者高剂量的农药暴露存在一定的风险,已有文献报道农药会带来神经毒性<sup>[11]</sup>、生殖毒性<sup>[12-13]</sup>、免疫毒性<sup>[14]</sup>及遗传毒性<sup>[15]</sup>等伤害。此次通过运用食品安全指数法及急性暴露风险评估模型对内蒙古地区 2016—2019 年所监测的蔬菜中农药残留引起的膳食暴露风险进行评估,评估蔬菜中农药残留对我区人群的健康危害,为指导我区居民合理膳食及监管部门的科学监管提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 资料来源

农药残留数据来自 2016—2019 年内蒙古地区蔬菜中农药残留风险监测,蔬菜样品均按照《内蒙古自治区食品安全风险监测方案》及《国家食品污染和有害因素风险监测工作手册》的要求采集,监测覆盖内蒙古地区 12 个盟市,103 个旗县区,共采集蔬菜样本 9 类 15 106 份。

样品采集环节覆盖居民主要消费的超市、农贸市场、食品商店、批发市场等,根据不同地区市场上主要销售的蔬菜品种,结合实际情况采集具有代表性样品,蔬菜种类包括叶菜类、水生类、鳞茎类、芸薹类、茎类、鲜豆类、块根和块茎类、瓜菜类以及非葫芦科茄果类。

内蒙古地区居民蔬菜消费量数据来源于“2012 年全国总膳食研究中内蒙古地区的食品消费量

数据”。

### 1.2 监测项目

监测农药种类包括有机磷类、有机氯类、氨基甲酸酯类以及拟除虫菊酯类。有机磷类农药 9 种:氧化乐果、甲拌磷、毒死蜱、甲基异柳磷、水胺硫磷、三唑磷、灭线磷、乐果及敌敌畏;有机氯类 4 种:腐霉利、百菌清、 $\alpha$ -硫丹及  $\beta$ -硫丹;拟除虫菊酯类 3 种:氯氟氰菊酯、联苯菊酯及甲氰菊酯;氨基甲酸酯类 2 种:克百威及涕灭威。

### 1.3 数据处理

农药残留量低于检出限 (Limit of detection, LOD) 的样品,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进行计算<sup>[16]</sup>,此次研究未检出数据采用 LOD 进行计算。

### 1.4 监测数据分析

对 2016—2019 年内蒙古地区蔬菜中农药残留监测结果根据《食品安全国家标准食品中农药最大残留限量 GB2763-2019》<sup>[17]</sup>的规定分析,数据采用 SPSS 22.0 及 Excel 进行统计分析。

### 1.5 膳食暴露风险评估

根据“2012 年全国总膳食研究中内蒙古地区的食品消费量数据”计算,内蒙古地区居民每天每人摄入蔬菜为 270.74 g,人均体质量为 61.98 kg。

#### 1.5.1 急性膳食暴露风险<sup>[18]</sup>

我国未制订急性参考剂量值 (Acute reference dose, ARfD) (急性参考剂量:mg/kg),本次采用农药残留联席会议 (Joint Meeting Pesticide Residues, JMPR) 对部分农药制订的 ARfD 值<sup>[19]</sup>。当急性膳食暴露风险  $\%ARfD \leq 100\%$  时,表示风险是可以接受的; $\%ARfD > 100\%$  时,表示风险不可接受。

$$\%ARfD = (ESTI/ARfD) \times 100\%$$

$$ESTI = (R_i \times F_i)/bw$$

在公式中,ESTI:农药估计短期摄入量 (Estimated short-term pesticide intake esti) (mg/kg bw/d);  $R_i$ :蔬菜样品中某种农药的残留浓度 (Residual concentration

of a pesticide in vegetable samples)(mg/kg);Fi:人群每日蔬菜食用量(Daily vegetable consumption of the population)(g/人/d);bw:人群平均体质量(Body weight)(kg)。

### 1.5.2 食品安全指数法

食品安全指数法(Food Safety Index Method)可以用来评价单一污染物的安全状态,当IFS值 $\leq 1$ ,表明所研究的物质安全风险低,是处于可接受范围内;若IFS值 $> 1$ ,表明所研究物质的安全状态是处于高风险,为不可接受范围。

$$IFS_c = \frac{EDI_c \times f}{SI_c \times bw}$$

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

式中:EDI<sub>c</sub>:农药实际摄入量估算值(Estimated actual pesticide intake)(mg/kg bw/d);SI<sub>c</sub>:单一农药c残留的安全摄入量(Safe intake of single pesticide C residue),即每日允许摄入量(Acceptable daily intake,ADI)(mg/kg bw);bw:人群平均体质量(kg);R<sub>i</sub>为蔬菜样品中某种农药的残留浓度(mg/kg);F<sub>i</sub>表示人群每日蔬菜食用量(g/人/d);E<sub>i</sub>为蔬菜的可食部分因子(Edible factors of vegetables);P<sub>i</sub>是蔬菜

加工处理因子(Vegetable processing factors);f为农药安全摄入量的矫正因子(Correction factors for safe pesticide intake)。根据文献[20-21],本次研究里设E<sub>i</sub>=1,P<sub>i</sub>=1,f=1。

## 2 结果

### 2.1 内蒙古地区蔬菜中农药残留情况、超标情况及风险评估

#### 2.1.1 蔬菜中农药残留情况及超标情况

##### 2.1.1.1 蔬菜中有机磷类农药残留及超标情况

2016—2019年内蒙古地区蔬菜中有机磷类农药残留监测共7315份,有机磷类农药共检出72份(0.98%,72/7315),超标26份(0.36%,26/7315),检出的农药有氧化乐果、甲拌磷、毒死蜱、甲基异柳磷、水胺硫磷、三唑磷、灭线磷、乐果以及敌敌畏,其中氧化乐果、甲拌磷、毒死蜱、甲基异柳磷、水胺硫磷及灭线磷存在超标现象。其中菠菜中氧化乐果的残留量是限量值的11.9倍(0.238/0.02);甲拌磷中检出14份蔬菜,12份存在超标现象,其中芹菜检出5份,4份有超标情况。西红柿中甲拌磷的残留值是限量值的142倍(1.42/0.01)。

表1 内蒙古地区蔬菜中有机磷类农药残留情况

Table 1 Organophosphorus pesticide residues in vegetables in Inner Mongolia

名称	检出数量	检出率/%	超标数量	超标率/%	蔬菜名称
氧化乐果	8	0.11	4	0.05	白菜、菠菜 <sup>b</sup> 、黄瓜、卷心菜 <sup>b</sup> 、香菜、小白菜 <sup>b</sup> 、洋葱 <sup>b</sup>
甲拌磷	14	0.19	12	0.16	豆角 <sup>b</sup> 、番茄 <sup>b</sup> 、豇豆 <sup>b</sup> 、韭菜 <sup>b</sup> 、辣椒 <sup>b</sup> 、芹菜 <sup>b</sup> 、西红柿 <sup>b</sup> 、油麦菜、叶用莴苣 <sup>b</sup> 、
毒死蜱	34	0.46	7	0.10	白菜、菠菜 <sup>b</sup> 、黄瓜、豇豆、韭菜、卷心菜、苦苣、辣椒、马铃薯、茄子、芹菜 <sup>b</sup> 、山药、蒜薹、西红柿、小白菜 <sup>b</sup> 、洋葱、叶用莴苣 <sup>b</sup> 、油菜、油麦菜、
甲基异柳磷	5	0.07	1	0.01	卷心菜 <sup>b</sup> 、芹菜、萝卜
水胺硫磷	2	0.03	1	0.01	韭菜、芹菜 <sup>b</sup>
三唑磷	3	0.04	0	0.00	—
灭线磷	1	0.01	1	0.01	洋葱 <sup>b</sup>
乐果	1	0.01	0	0.00	白菜
敌敌畏	4	0.05	0	0.00	芹菜、韭菜、茄子

注:<sup>b</sup>超标;“—”无超标

##### 2.1.1.2 蔬菜中有机氯类农药残留及超标情况

内蒙古地区蔬菜中有机氯类农药共监测3178份,检出农药有腐霉利、百菌清、 $\alpha$ -硫丹、 $\beta$ -硫丹及五氯硝基苯,共检出蔬菜109份(3.43%,109/3178),超标4份(0.13%,4/3178),腐霉利与百菌清存在超标情况。农药腐霉利检出55份,3份蔬菜中腐霉利残留量超标,蒜薹中检出腐霉利9份,辣椒8份,芹菜7份,其中韭菜检出9份,3份存在超标现象,其中一份韭菜中腐霉利残留量高达4.76 mg/kg,是限量值的23.8倍;农药百菌清检出24份,超标1份,涉及超标蔬菜为菠菜,芹菜检出5份。此外油麦菜中百菌清残留量高达29.0 mg/kg。五氯硝基苯检出23份。具体见表2。

##### 2.1.1.3 蔬菜中拟除虫菊酯类农药残留及超标情况

内蒙古地区蔬菜中拟除虫菊酯类农药共监测1261份蔬菜,检出蔬菜56份(4.44%,56/1261),超标4份(0.32%,4/1261)。其中氯氟氰菊酯、联苯菊酯及甲氰菊酯均有检出,超标的农药有氯氟氰菊酯。氯氟氰菊酯检出38份,超标4份,芹菜检出一份数最多,6份。其中韭菜残留量高达5.68,是限量值的11.36倍。具体见表3。

##### 2.1.1.4 蔬菜中氨基甲酸酯类农药残留及超标情况

内蒙古地区蔬菜中氨基甲酸酯类农药共监测3352份,检出蔬菜中农药残留10份(0.30%,

表2 内蒙古地区蔬菜中有机氯类农药残留情况

Table 2 Organochlorine pesticide residues in vegetables in Inner Mongolia

名称	检出数	检出率/%	超标数	超标率/%	蔬菜名称
腐霉利	55	1.73	3	0.09	香菜、西兰花、西葫芦、西红柿、蒜薹、芹菜、茄子、辣椒、韭菜 <sup>b</sup> 、韭黄、豇豆、黄瓜、番茄、豆角、菠菜
百菌清	24	0.76	1	0.03	油麦菜、小白菜、香菜、西红柿、蒜薹、芹菜、藕、萝卜、韭菜、番茄、豆角、菠菜 <sup>b</sup> 、
α-硫丹	1	0.03	0	0.00	萝卜
β-硫丹	6	0.19	0	0.00	卷心菜、香菜、胡萝卜、香菜、芹菜、香菜
五氯硝基苯	23	0.72	0	0.00	叶用莴苣、小白菜、香菜、西红柿、山药、芹菜、藕、萝卜、辣椒、苦苣、卷心菜、甘蓝、韭菜、豇豆、茭白、豆角

注:<sup>b</sup>超标

表3 内蒙古地区蔬菜中拟除虫菊酯类农药残留情况

Table 3 Residues of pyrethroid pesticides in vegetables in Inner Mongolia

名称	检出数	检出率/%	超标数	超标率/%	蔬菜名称
氯氟氰菊酯	38	1.38	4	0.32	白菜、菠菜、豆角、胡萝卜 <sup>b</sup> 、黄瓜、豇豆、韭菜 <sup>b</sup> 、辣椒 <sup>b</sup> 、茄子、芹菜、青椒、四季豆、蒜薹、西红柿、西葫芦 <sup>b</sup> 、小白菜、洋葱、叶用莴苣、油菜
联苯菊酯	9	0.33	0	0.00	甘蓝、胡萝卜、辣椒、茄子、芹菜、洋葱
甲氰菊酯	9	0.33	0	0.00	菜花、胡萝卜、茄子、青椒、香菜、洋葱

注:<sup>b</sup>超标

10/3 352), 超标 3 份(0.09%, 3/3 352)。氨基甲酸酯类农药中检出克百威, 并且有超标现象。其中大葱、豆角、辣椒、茄子、芹菜、小白菜及生菜有检出, 韭菜、芹菜存在超标情况。

2.1.2 蔬菜中农药残留暴露风险评估结果

2.1.2.1 膳食暴露风险评估: 食品安全指数法

对内蒙古地区蔬菜中农药残留进行风险评估, 这四类农药所计算的 IFS 值均未超过 1(当 Ri 为平均值), 并且远远小于 1, 这表明在此阶段蔬菜中农药残留膳食暴露风险是处于安全状态, 即对于内蒙古地区居民来说, 所涉及的蔬菜食用状态是安全的, 可能对健康不会产生影响。当 Ri 为最大值时, 甲拌磷、三唑磷、灭线磷、百菌清及氯氟氰菊酯的 IFS 值超过 1, 表明这五种农药残留膳食暴露风险是处于不安全状态。

2.1.2.2 急性暴露风险评估结果

农药存在急性中毒与慢性中毒现象, 并且农药经呼吸道、皮肤及口进入人体内, 农药急性中毒的案例较多<sup>[22-24]</sup>, 存在意外接触农药中毒、职业性农药中毒、非职业性农药中毒或通过农药自杀所造成的急性农药中毒。有机磷类农药急性接触或短期暴露会产生过度分泌、心肺抑制和癫痫发作等影响, 此外也会造成后期精神损伤等后果<sup>[25]</sup>, 还可以通过抑制乙酰胆碱酯酶进而磷酸化发挥急性全身毒性作用<sup>[26]</sup>。

对内蒙古地区居民蔬菜中农药残留急性膳食摄入风险评估, 结果发现西红柿中的甲拌磷农药 % ARfD > 100%, 表明这种农药残留急性膳食摄入是存在风险的。其他蔬菜中农药残留的 % ARfD 均 < 100%, 表明这些农药残留急性膳食暴露风险处于可接受水平。结果见表 5。

表4 内蒙古地区居民蔬菜中各类农药残留膳食暴露风险

Table 4 Dietary exposure risks of various pesticide residues in vegetables of residents in Inner Mongolia

农药名称	ADI/ (mg/kg bw)	Ri/(mg/kg)		IFS	
		最大值	平均值	最大值	平均值
氧化乐果	0.003	0.238	0.006 0	0.346 5	0.008 7
甲拌磷	0.000 7	1.42	0.004 9	8.861 2	0.030 6
毒死蜱	0.01	1.05	0.010 6	0.458 6	0.004 6
甲基异柳磷	0.003	0.017	0.004 1	0.024 8	0.006 0
水胺硫磷	0.003	0.058	0.003 8	0.084 4	0.005 5
三唑磷	0.001	1.2	0.012 6	5.241 8	0.055 0
灭线磷	0.000 4	0.11	0.005 1	1.201 2	0.055 7
乐果	0.002	0.048	0.015 1	0.104 8	0.033 0
敌敌畏	0.004	0.19	0.003 4	0.207 5	0.003 7
腐霉利	0.1	4.89	0.037 2	0.213 6	0.001 6
百菌清	0.02	29.0	0.059 1	6.333 9	0.012 9
α-硫丹	0.006	0.022 0	0.003 2	0.016 0	0.002 3
β-硫丹	0.006	0.35	0.004 0	0.254 8	0.002 9
氯氟氰菊酯	0.02	5.68	0.018 1	1.240 6	0.004 0
联苯菊酯	0.01	0.12	0.001 2	0.052 4	0.000 5
甲氰菊酯	0.03	0.048	0.000 9	0.007 0	0.000 1
克百威	0.001	0.14	0.003 4	0.611 5	0.014 8
涕灭威	0.003	—	0.005 3	—	0.007 7

注: “—”不计入分析

表5 内蒙古地区蔬菜中农药残留急性膳食暴露风险

Table 5 Acute dietary exposure risk of pesticide residues in vegetables in Inner Mongolia

蔬菜名称	农药名称	ARfD/ (mg/kg bw)	Ri <sub>max</sub> / (mg/kg)	FiP97.5/ (g/人/d)	%ARfD/ %
西红柿	甲拌磷	0.003	1.42	160.41	122.5
芹菜	毒死蜱	0.1	1.05	64.29	1.09
香菜	三唑磷	0.001	1.2	—	—
洋葱	灭线磷	0.05	0.11	—	—
白菜	乐果	0.02	0.048	150.00	0.58
萝卜	α-硫丹	0.02	0.022 0	40.84	0.07
胡萝卜	β-硫丹	0.02	0.35	18.95	0.53
韭菜	氯氟氰菊酯	0.02	5.68	41.91	19.20
芹菜	克百威	0.001	0.14	64.29	14.52

注: “—”无消费量数据不作分析

### 3 讨论

2016—2019年内蒙古地区居民蔬菜中有机磷类、有机氯类、氨基甲酸酯类及拟除虫菊酯类农药均有检出且存在超标现象,这与国内多地报道的相似<sup>[27-29]</sup>。此次分析发现多种蔬菜中存在多种农药残留现象,可能存在的原因有:一是为了保证蔬菜的质量,存在分批多次使用农药;二是由于茎类蔬菜、叶菜类蔬菜等蔬菜较容易产生多种病虫害,存在多组分农药同时使用现象;三是可能部分使用农药人员缺乏农药使用知识或相关部门宣传、管理不到位。

2011年6月15日,我国农业部、环境保护部等多个部门联合发布公告,停止受理甲拌磷、甲基异柳磷、克百威、灭线磷、涕灭威、氧化乐果、水胺硫磷及硫丹等22种农药登记申请、生产许可申请等<sup>[30]</sup>;2015年10月1日起,禁止杀扑磷、甲拌磷、甲基异柳磷及克百威等使用于蔬菜、瓜果等作物<sup>[31]</sup>;2016年我国农业部发布第2032号公告,禁止毒死蜱及三唑磷在蔬菜中的使用<sup>[32]</sup>。尽管多部门已经发布禁止使用上述农药,但本研究发蔬菜中存在禁用农药残留现象,这与滨州市、潍坊市及海东市<sup>[33-35]</sup>所调查的蔬菜中农药残留结果类似。

此次评估采用的蔬菜中农药残留量数据仅包含了2012年全国膳食消费量调查之内蒙古地区蔬菜消费种类,未包括其他可能含有农药残留的蔬菜种类(比如非常规消费的蔬菜种类),可能会低估内蒙地区蔬菜中农药残留水平。同时评估的消费量数据来源于“2012年全国膳食消费量调查”,与此次分析内蒙古地区居民的膳食结构和消费水平可能存在一定的差异,可能会影响最终的评估结果。目前针对农药残留风险评估方法有食品安全指数法、食品安全指数法、危害物风险系数法、简单分布评估方法、农药安全限值、目标危险系数法、风险指数、风险指数等评估方法,其中HI用于评价复合污染物的健康风险。此次选取的评估方法是针对蔬菜中单一农药残留风险评估,采用IFS来评价蔬菜中某种农药残留对消费者是否存在危害以及危害程度,采用急性膳食暴露评估来评价单一蔬菜中农药残留急性膳食暴露风险。

### 4 结论

蔬菜中四类农药均有检出,且存在超标现象。采用食品安全指数法对内蒙古地区居民蔬菜中农药残留膳食摄入风险评估,当以R<sub>i</sub>的平均值评估时,风险可接受;当以R<sub>i</sub>的最大值评估时,我区人群对于蔬菜中甲拌磷、三唑磷、灭线磷、百菌清及氟氯

氰菊酯农药残留存在健康风险。急性暴露评估结果表明,当西红柿中甲拌磷浓度为1.42 mg/kg时,存在急性暴露风险,建议相关部门加强蔬菜中农药使用及使用范围的监管。

### 参考文献

- [1] 伍一军. 近二十年我国杀虫剂毒理学研究进展(II)——昆虫对杀虫剂的抗性研究[J]. 应用昆虫学报, 2020, 57(5): 995-1008.  
WU Y J. Research progress of insecticide toxicology in my country in the past two decades (II): Research on insect resistance to insecticides [J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2020, 57(5): 995-1008.
- [2] 孙燕霞. 蔬菜中农药残留及危害分析[J]. 现代农业, 2020(9): 64-66.  
SUN Y X. Analysis of pesticide residues and hazards in vegetables [J]. Modern Agriculture, 2020(9): 64-66.
- [3] 杨代凤, 刘腾飞, 谢修庆, 等. 我国农业土壤中持久性有机氯类农药污染现状分析[J]. 环境与可持续发展, 2017, 42(4): 40-43.  
YANG D F, LIU T F, XIE X Q, et al. Analysis on the pollution status of persistent organochlorine pesticides in agricultural soils in my country [J]. Environment and Sustainable Development, 2017, 42(4): 40-43.
- [4] 郝青, 孙秀梅, 金衍建, 等. 我国环境中有机磷农药研究进展[J]. 广州化工, 2016, 44(6): 1-3, 17.  
HAO Q, SUN X M, JIN Y J, et al. Research progress of organophosphorus pesticides in the environment in my country [J]. Guangzhou Chemical Industry, 2016, 44(6): 1-3, 17.
- [5] 张巧雯, 张晓露. 果蔬中氨基甲酸酯类农药残留检测研究进展[J]. 南方农业, 2020, 14(24): 220-221.  
ZHANG Q W, ZHANG X L. Research progress on the detection of carbamate pesticide residues in fruits and vegetables [J]. Southern Agriculture, 2020, 14(24): 220-221.
- [6] 路庆鹏, 金雪霞, 杨永祥. 拟除虫菊酯类杀虫剂的水环境残留及毒性解除[J]. 科学养鱼, 2020(2): 87.  
LU Q P, JIN X X, YANG Y X. Residues and toxicity release of pyrethroid pesticides in water environment [J]. Science Fish Farming, 2020(2): 87.
- [7] 尹全, 李忆, 刘炜, 等. 成都市生产基地蔬菜农药残留现状及原因分析[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(1): 131-134.  
YIN Q, LI Y, LIU W, et al. Analysis on the status and causes of pesticide residues in vegetables in Chengdu production bases [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2021, 60(1): 131-134.
- [8] 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. Detection of pesticide residues in cucumber and risk assessment of dietary intake in Shanxi Province [J]. Acta Ecotoxicology, 2020, 15(5): 333-344.
- [9] 徐丹先, 朱晓, 杨萍. 2012—2019年云南省蔬菜中毒死蜱膳食摄入风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(15): 5209-5214.  
XU D X, ZHU X, YANG P. Risk assessment of dietary intake of

- chlorpyrifos in vegetables in Yunnan Province from 2012 to 2019 [J]. *Journal of Food Safety and Quality Inspection*, 2020, 11(15):5209-5214.
- [10] 乔雯, 蒯胜田, 段军艳, 等. 2019年泰安市蔬菜农药残留状况调查[J]. *预防医学论坛*, 2020, 26(8): 632-634.
- QIAO W, LIN S T, DUAN J Y, et al. Investigation on pesticide residues in vegetables in Tai'an City in 2019 [J]. *Preventive Medicine Forum*, 2020, 26(8): 632-634.
- [11] RICHARDSON J R, FITSANAKIS V, WESTERINK R H S, et al. Neurotoxicity of pesticides[J]. *Acta Neuropathologica*, 2019, 138(3): 343-362.
- [12] 苟练, 庞定国, 徐培渝. 有机磷农药联合毒性研究进展[J]. *环境卫生学杂志*, 2017, 7(6): 475-480.
- GOU L, PANG D G, XU P Y. Research progress on combined toxicity of organophosphorus pesticides [J]. *Journal of Environmental Hygiene*, 2017, 7(6): 475-480.
- [13] 王大延, 王晶晶, 聂亚光, 等. 有机氯农药硫丹的生殖毒性及其机制研究进展[J]. *生态毒理学报*, 2017, 12(4): 34-44.
- WANG D Y, WANG J J, NIE Y G, et al. Research progress on reproductive toxicity and mechanism of organochlorine pesticide endosulfan[J]. *Acta Ecotoxicology*, 2017, 12(4):34-44.
- [14] 汪霞, 郜兴利, 何炳楠, 等. 拟除虫菊酯类农药的免疫毒性研究进展[J]. *农药学学报*, 2017, 19(1):1-8.
- WANG X, GAO X L, HE B N, et al. Research progress on the immunotoxicity of pyrethroid pesticides [J]. *Journal of Pesticides*, 2017, 19(1): 1-8.
- [15] 张力, 张静姝, 姜淑卿, 等. 我国农产品农药残留现状及农药联合毒性研究进展[J]. *职业与健康*, 2016, 32(4): 569-572.
- ZHANG L, ZHANG J S, JIANG S Q, et al. Research progress on pesticide residues in agricultural products and combined toxicity of pesticides in my country [J]. *Occupation and Health*, 2016, 32(4): 569-572.
- [16] World Health Organization. Second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food[R]. Rome: WHO, 1995.
- [17] 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 of Pesticides in Foods: GB 2763—2019[S]. Beijing: China Standards Press, 2020.
- [18] 王艳莉, 谢国祥, 郭宝福, 等. 2011—2015年南京市售蔬菜中农药残留污染状况和膳食暴露分析[J]. *现代预防医学*, 2017, 44(9): 1583-1588.
- WANG Y L, XIE G X, GUO B F, et al. Analysis of pesticide residue pollution and dietary exposure in vegetables sold in Nanjing from 2011 to 2015 [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2017, 44(9): 1583-1588.
- [19] 宋稳成. JMPR 评估农药 ADI 和 ARfD 清单[J]. *农药科学与管理*, 2009, 30(8): 12-17.
- SONG W C. JMPR evaluates pesticide ADI and ARfD list [J]. *Pesticide Science and Management*, 2009, 30(8): 12-17.
- [20] 卢素格, 张榕杰, 张伟, 等. 2017年河南省蔬菜和水果中杀菌剂类农药残留风险评估[J]. *中国预防医学杂志*, 2018, 19(10): 747-751.
- LU S G, ZHANG R J, ZHANG W, et al. Risk assessment of fungicide pesticide residues in vegetables and fruits in Henan Province in 2017 [J]. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 2018, 19(10): 747-751.
- [21] 覃芳葵, 吴婷, 兰真, 等. 四川省蔬菜中农药残留的暴露风险评估和预警风险评估[J]. *预防医学情报杂志*, 2012, 28(11): 848-851.
- QIN F K, WU T, LAN ZHEN, et al. Exposure risk assessment and early warning risk assessment of pesticide residues in vegetables in Sichuan Province [J]. *Journal of Preventive Medicine Information*, 2012, 28(11): 848-851.
- [22] BOEDEKER W, WATTS M, CLAUSING P, et al. The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: Estimations based on a systematic review[J]. *BMC Public Health*, 2020, 20(1): 1-19.
- [23] CEVIK C, OZDEMIR R, ARI S. Occupational acute pesticide poisoning: A cross-sectional study of Turkish vegetable and fruit farmers based on self-reported symptoms and job characteristics [J]. *La Medicina Del Lavoro*, 2020, 111(4): 296-305.
- [24] YIMAER A, CHEN G D, ZHANG M B, et al. Childhood pesticide poisoning in Zhejiang, China: A retrospective analysis from 2006 to 2015[J]. *BMC Public Health*, 2017, 17(1): 1-8.
- [25] NAUGHTON S X, TERRY A V Jr. Neurotoxicity in acute and repeated organophosphate exposure[J]. *Toxicology*, 2018, 408: 101-112.
- [26] YUAN H J, YUAN M, TANG Y H, et al. MicroRNA expression profiling in human acute organophosphorus poisoning and functional analysis of dysregulated miRNAs[J]. *African Health Sciences*, 2018, 18(2): 333-342.
- [27] 岳晖, 郇元娟, 范文静, 等. 市售蔬菜中多种农药残留污染状况分析[J]. *山东农业科学*, 2019, 51(11):132-135.
- YUE H, WU Y J, FAN W J, et al. Analysis on the pollution status of various pesticide residues in commercially available vegetables [J]. *Shandong Agricultural Science*, 2019, 51(11): 132-135.
- [28] 鹿文婷, 宁霞, 万洁. 2019年济南市章丘区市售蔬菜中29种农药残留量分析[J]. *食品安全导刊*, 2020(15): 92-94.
- LU W T, NING X, WAN J. Analysis of 29 pesticide residues in vegetables sold in Zhangqiu District, Jinan City in 2019 [J]. *Food Safety Guide*, 2020(15): 92-94.
- [29] 管鹏, 陈文龙. 2016—2018年贵州省镇宁县蔬菜水果20种农药残留状况分析[J]. *植物医生*, 2020, 33(5): 55-59.
- GUAN P, CHEN W L. Analysis of 20 pesticide residues in vegetables and fruits in Zhenning County, Guizhou Province from 2016 to 2018 [J]. *Plant Doctor*, 2020, 33(5): 55-59.
- [30] 农业部, 工业和信息化部, 环境保护部, 等. 农业部等五部委联合发布关于禁限用高毒农药的第1586号公告[J]. *中国棉花*, 2011, 38(7): 45.
- The Ministry of Agriculture, the Ministry of Industry and Information Technology, the Ministry of Environmental Protection, et al. The Ministry of Agriculture and other five ministries and commissions jointly issued the No. 1586

- Announcement on Banning and Restricting the Use of Highly Toxic Pesticides [J]. *China Cotton*, 2011, 38(7): 45.
- [31] 农业部. 农业部拟禁用、限用6种高毒农药[J]. *农村百事通*, 2015(17):10.
- The Ministry of Agriculture. The Ministry of Agriculture plans to ban and limit the use of 6 kinds of highly toxic pesticides [J]. *Rural Know-How*, 2015(17):10.
- [32] 农业部. 中华人民共和国农业部公告 第2032号[J]. *中华人民共和国农业农村部公报*, 2014(1):53.
- The Ministry of Agriculture. Announcement of the Ministry of Agriculture of the People's Republic of China No. 2032 [J]. *Bulletin of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China*, 2014(1):53.
- [33] 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 J Z, LIU J L. Investigation on pesticide residues in vegetables sold in Binzhou City from 2016 to 2018 [J]. *Preventive Medicine Forum*, 2019, 25(4): 306-308, 311.
- [34] 巢玉彬, 颜世敢. 2018年潍坊市售蔬菜农药残留状况分析[J]. *食品安全导刊*, 2019(27): 72-73.
- CHAO Y B, YAN S G. Analysis of pesticide residues in vegetables sold in Weifang in 2018[J]. *Food Safety Guide*, 2019 (27): 72-73.
- [35] 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 Y H, ZHANG S Y, XING Y H, et al. Detection and analysis of banned/restricted pesticide residues in greenhouse vegetables in a town of Ledu District, Haidong City [J]. *Henan Journal of Preventive Medicine*, 2018, 29(10): 795-798.