

风险评估

青岛市市售蔬菜中农残特征及膳食暴露风险评估

李传秀¹,孙枫林²,于红卫²,吕晓静²,于维森²,石学香^{1,2}

(1. 山东第二医科大学公共卫生学院,山东潍坊 261053;

2. 青岛市疾病预防控制中心,青岛市预防医学研究院,山东青岛 266033)

摘要:目的 了解青岛市市售蔬菜中农药残留污染水平,为青岛市蔬菜食用安全提供科学依据。方法 2020—2022年,在青岛10个区市随机采集7大类680份蔬菜样品,检测并分析蔬菜样品中28种农药残留的特征,对被检出农药进行急性、慢性膳食暴露风险评估。结果 680份蔬菜样品中,农药检出率为9.71%(66/680);超标率为2.79%(19/680)。共检出10种农药,检出率最高的为联苯菊酯4.50%(27/600);共超标6种农药,超标率最高的为毒死蜱1.18%(8/680)。各类农药检出率与超标率间的差异均具有统计学意义($P<0.001$)。7类蔬菜间的检出率差异具有统计学意义($P<0.001$),茄果类农残检出率最高(27.68%,31/112),检出农残种类的数量最多(8种)。7类蔬菜中均有禁限用农药的分布。10个区市均有农残检出,除黄岛区、胶州市、平度市外均有超标现象。城阳区检出率为19.44%(7/36),李沧区超标率为7.02%(4/57),市北区检出农残种类的数量最多为7种。检出的各类农药的急性、慢性膳食暴露风险评估aHQ、cHQ均小于1。结论 青岛市市售蔬菜样品中仍有部分禁限用农药存在,但农药残留水平较低,居民通过膳食途径摄入蔬菜中农残的健康风险较小。要继续加强对禁限用农药的监督管理,最大限度降低食用蔬菜中农药残留对人体健康造成的风险。

关键词:蔬菜;农药残留;杀虫剂;膳食暴露风险评估

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2024)04-0407-07

DOI:10.13590/j.cjfh.2024.04.007

Characteristics of pesticide residues and dietary exposure risk assessment of vegetables sold in Qingdao City

LI Chuanxiu¹, SUN Fenglin², YU Hongwei², LYU Xiaojing², YU Weisen², SHI Xuexiang^{1,2}

(1. College of Public Health, Shandong Second Medical University, Shandong Weifang 261053, China;

2. Qingdao Center for Disease Control and Prevention, Qingdao Preventive Medicine Research Institute, Shandong Qingdao 266033, China)

Abstract: Objective To provide scientific basis for the safety of vegetables in Qingdao, the pollution level of pesticide residues in vegetables in Qingdao was understood. **Methods** Six hundred and eighty vegetable samples of 7 categories were randomly collected from 10 districts and cities in Qingdao from 2020 to 2022. The characteristics of 28 pesticide residues in vegetable samples were detected and analyzed, and the acute and chronic dietary exposure risks of detected pesticides were assessed. **Results** In 680 vegetable samples, the detection rate was 9.71% (66/680). The over-standard rate was 2.79% (19/680). A total of 10 pesticides were detected, and the highest detection rate was bifenthrin with (4.50%, 27/600). A total of 6 pesticides exceeded the standard, and the highest rate was chlorpyrifos (1.18%, 8/680). The difference between the detection rate and the over-standard rate of all kinds of pesticides was statistically significant ($P<0.001$). There was significant difference in the detection rate among the 7 types of vegetables ($P<0.001$), and the detection rate of pesticide residues was the highest (27.68%, 31/112), and the number of pesticide residues was the highest (8 kinds). The distribution of prohibited pesticides was found in all the 7 types of vegetables. Agricultural residues were detected in 10 districts and cities, except Huangdao district, Jiaozhou city and Pingdu city. The detection

收稿日期:2023-12-28

基金项目:青岛市民生科技计划项目(18-6-1-67-nsh);青岛市医疗卫生重点学科及优秀人才培养项目资助(青卫科教字[2019]9号)

作者简介:李传秀 女 硕士生 研究方向为营养与食品卫生 E-mail:2549828708@qq.com

通信作者:石学香 女 主任医师 研究方向为营养与食品卫生 E-mail:shixx2009@163.com

于维森 男 主任技师 研究方向为理化检验 E-mail:yuweisen@126.com

石学香和于维森为共同通信作者

rate was 19.44% (7/36) in Chengyang district and 7.02% (4/57) in Licang district. The number of pesticide residues detected in Shibei district was up to 7. After acute and chronic dietary exposure risk assessment, aHQ and cHQ were all less than 1. **Conclusion** Some prohibited pesticides were still detected in vegetable samples sold in Qingdao, but the pesticide residue level was low, and the health risk of agricultural residue in vegetables ingested by residents through dietary channels is small. It was necessary to continue to strengthen the supervision and management of prohibited pesticides to minimize the risk of pesticide residues in edible vegetables to human health.

Key words: Vegetable; pesticide residues; insecticide; dietary exposure risk assessment

蔬菜富含微量元素、维生素、植物化学物质等,是人类健康饮食不可缺少的一部分^[1-3],但蔬菜中的农药残留是影响食用安全的主要因素^[4-6]。尤其是杀虫剂类农药,因其能够防止病虫害,实现蔬菜稳产增产甚至品质提升^[5],不可避免地成为人类食物链中的一部分。杀虫剂类农药通过触杀、熏蒸以及被蔬菜内吸等方式起作用时,不仅会毒杀害虫还会对人体健康产生急慢性危害,从而导致人体产生各种不良健康结局^[5-6],这类农药的检出与超标现象在蔬菜农残检测中较为多见,尤指以山东、上海为主的中国东部地区^[7],其中,有机磷类、拟除虫菊酯类和氨基甲酸酯类这三类杀虫剂农药,因杀虫效果显著从而被农民广泛使用^[8-10]。本文对2020—2022年青岛市市售蔬菜中有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类三大类28种常见杀虫剂类农药开展了检测分析,并结合当地居民蔬菜摄入量,对

被检出农药进行急性、慢性膳食暴露风险评估,为保障当地居民的蔬菜食用安全和监督管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品来源

参照每年的《食品安全风险监测方案》,按照随机采样原则,2020—2022年的5月、10月在青岛10个区市的农贸市场、商店、便利店、路边摊位等消费场所采集代表性时令蔬菜7大类680份,包括根茎类204份、叶菜类135份、茄果类112份、鲜豆类97份、甘蓝类52份、瓜菜类47份以及鳞茎类33份。

1.2 监测项目

本研究分别对蔬菜样品中杀虫剂类28种农药进行检测。具体见表1。

表1 青岛地区蔬菜中杀虫剂类28种农药残留监测项目

Table 1 Monitoring of 28 pesticide residues in vegetables in Qingdao City

按化学结构分类	监测数量	农药名称
有机磷类	16	甲胺磷 ^a 、毒死蜱 ^b 、乙酰甲胺磷 ^b 、灭线磷 ^b 、水胺硫磷、氧乐果 ^d 、三唑磷 ^b 、久效磷 ^a 、氯唑磷 ^b 、甲基异柳磷 ^b 、甲基对硫磷 ^a 、甲拌磷 ^b 、对硫磷 ^a 、敌敌畏、乐果 ^b 、杀扑磷 ^a
氨基甲酸酯类	5	克百威 ^b 、涕灭威 ^b 、涕灭威亚砷、涕灭威砷、灭多威 ^c
拟除虫菊酯类	7	氯氟氰菊酯、氯氰菊酯、联苯菊酯、氟氯氰菊酯、氰戊菊酯、甲氰菊酯、溴氰菊酯

注:截至2024年3月前,^a属于禁用(停用)农药;^b禁止在蔬菜上使用;^c禁止在十字花科类蔬菜上使用;^d禁止在甘蓝上使用

1.3 检测方法

有机磷类、拟除虫菊酯类农药采用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》^[11]中的方法测定;氨基甲酸酯类农药采用GB 23200.112—2018《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》^[12]完成检测。

1.4 统计学分析

对未检出的蔬菜样品,依据世贸组织提出的食品污染物未检出数据的处理指南^[13]中的规定,本研究采用1/2 LOD(Limit of detection, LOD)代替未检出值进行数据计算。采用Microsoft Excel 2019和SPSS 25.0对本次检测结果进行数据处理及统计分析。采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法对各指标的

检出率和超标率进行统计分析,显著检验水准为 $\alpha=0.05$,当 $P<0.05$ 时认为差异有统计学意义。

1.5 结果判定原则

本研究对数据结果的评价分为“检出”和“超标”两种。对超过方法检出限的结果评价为“检出”;以GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》^[14]中不同种类农药在不同种类食品中的最大残留限量与各类禁限用农药在《禁限用农药名录》^[15]中的禁限用范围为依据,评价是否“超标”。对于没有限量标准的本研究中不做评价。

1.6 风险评估

1.6.1 蔬菜摄入量来源

参照《中国居民营养与健康状况监测工作手册》的要求,采用多阶段分层随机抽样的方法,2018年10月至2018年11月,在青岛市随机抽取4个区市,

于4个区市中随机抽取6个居委会(村),最后在每个居委会(村)中随机抽取30户家庭,共计2007名(6岁及以上居民)开展24h膳食回顾调查,收集居民连续3d蔬菜摄入量,根据标准人日法计算各类蔬菜每日摄入量。

1.6.2 风险评估方法

本研究采用危害商(Hazard quotient, HQ)对杀虫剂类农药残留膳食暴露风险进行急性(短期)暴露评估(acute HQ)与慢性(长期)暴露评估(chronic HQ)^[16-18]。当HQ≤1时,表示农药的暴露量未超过人体不良反应阈值,风险较低;HQ>1时,表示暴露量超过阈值,风险较高,宜引起关注。

$$aHQ = \frac{ESTI}{ARfD} \times 100\% \quad \text{式(1)}$$

$$ESTI = \frac{c_{max} \times m}{BW} \quad \text{式(2)}$$

$$cHQ = \frac{EDI}{ADI} \times 100\% \quad \text{式(3)}$$

$$EDI = \frac{c_m \times m}{BW} \quad \text{式(4)}$$

式中,ESTI为农药估计短期摄入量(mg/kg);ARfD表示急性参考剂量(mg/kg); c_{max} 为农药c的最大残留量(mg/kg); c_m 为农药平均残留量(mg/kg);m为蔬菜日均消费量(kg);BW为体质量(kg);本研究中,m=0.2694kg,BW=60kg。EDI为农药实际摄入量估算值(mg/kg);ADI为每日允许摄入量(mg/kg);ARfD和ADI的值分别来自于粮农组织/世卫组织农药残留联合会议(the WHO/FAO Joint Meeting on Pesticide

Residues, JMPR)^[19]和GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》^[14]。

2 结果

2.1 不同种类杀虫剂类农药残留检测结果分析

2020—2022年,青岛市蔬菜中杀虫剂类农药的检出率为9.71%(66/680);基于“超标”的判定标准,本研究中超标率为2.79%(19/680)。检出的农药有三唑磷、甲胺磷、毒死蜱、克百威、灭多威、氯氰菊酯、氯氟氰菊酯、联苯菊酯、甲氰菊酯、溴氰菊酯10种,三唑磷、甲胺磷、毒死蜱、克百威、灭多威、氯氰菊酯6种农药存在超标现象。检出率最高的农药为联苯菊酯4.50%(27/680),超标率最高的为毒死蜱1.18%(8/680);检出均值最高的为三唑磷0.0113mg/kg,残留量最大的为甲胺磷0.9900mg/kg。将本研究中农药按化学结构分类,则有机磷类农药的检出率为0.15%~1.18%,氨基甲酸酯类为0.67%~0.88%,拟除虫菊酯类为0.17%~4.50%,拟除虫菊酯类农药在蔬菜样本中的检出数量最多,占总检出数量的68.18%(45/66);有机磷类农药的超标率最高,为57.89%(11/19)。检出的10类农药之间($\chi^2=37.298, P<0.001$)和超标的6种农药之间(Fisher确切概率法检验, $P<0.001$),差异均具有统计学意义。

三唑磷、甲胺磷、毒死蜱、克百威、灭多威、氯氟氰菊酯等6种农药已在国家发布的禁用和限用名录中,但此次研究中却仍有发现,具体见表2。

表2 10种杀虫剂类农药残留检出及超标情况

Table 2 Detection and exceedance of 10 pesticides and pesticide residues

农药种类	农药名称	样本数量/份	检出数量/份	检出率/%	超标数量/份	超标率/%	平均残留量/(mg/kg)	最大残留量/(mg/kg)
有机磷类	三唑磷	680	1	0.15	1	0.15	0.0113	0.0291
	甲胺磷	680	2	0.29	2	0.29	0.0051	0.9900
	毒死蜱	680	8	1.18	8	1.18	0.0038	0.3180
氨基甲酸酯类	克百威	680	6	0.88	6	0.88	0.0037	0.0961
	灭多威	601	4	0.67	1	0.17	0.0051	0.6000
拟除虫菊酯类	氯氟氰菊酯	600	4	0.67	1	0.17	0.0042	0.4150
	氯氟氰菊酯	680	11	1.62	0	0.00	0.0057	0.4320
	联苯菊酯	600	27	4.50	0	0.00	0.0046	0.2560
	甲氰菊酯	600	2	0.33	0	0.00	0.0035	0.1380
	溴氰菊酯	581	1	0.17	0	0.00	0.0038	0.0887
合计		680	66	9.71	19	2.79		

2.2 不同种类蔬菜中杀虫剂类农药残留特征分析

以国家食品安全风险监测食品分类原则为依据,结合表3可知,本次检测的7类蔬菜样本中均有不同程度的杀虫剂类农残检出,检出率为2.94%~27.68%。检出率在10%以上的为茄果类27.68%(31/112)、鳞茎类21.21%(7/33)、瓜菜类17.02%(8/47),根茎类检出率最低,为2.94%(6/204)。经统计分析,7类蔬菜样本检出率间的差异具有统计

学意义($\chi^2=67.265, P<0.001$)。检出农药残留最多的蔬菜样本主要有为辣椒(15份)、青椒(9份)、黄瓜(7份)、韭菜(7份)等。检出率最高的茄果类包含的蔬菜样本(辣椒、青椒、茄子、柿子椒、番茄)和农残种类数量(8种)最多;鳞茎类检出的农残种类数量最少,仅在7份韭菜中检出毒死蜱和氯氟氰菊酯两种农残。

7类蔬菜样本均存在超标现象,超标率主要为

表3 不同种类蔬菜中杀虫剂类农药残留检出及超标情况

Table 3 Detection and exceedance of pesticide residues in different types of vegetables

蔬菜分类	样本数量/份	检出数量/份	检出率/%	超标数量/份	超标率/%	检出蔬菜名称与数量/份	检出农药名称与数量/份
茄果类	112	31	27.68	5	4.46	辣椒*15、青椒9、茄子3、柿子椒2、番茄2	联苯菊酯16、氯氟氰菊酯4、克百威*3、氯氰菊酯3、甲氰菊酯2、毒死蜱*、三唑磷*、溴氰菊酯
甘蓝类	52	3	5.78	3	5.78	紫甘蓝*2、圆白菜*	灭多威*、毒死蜱*、甲胺磷*
瓜菜类	47	8	17.02	1	2.13	黄瓜*7、佛手	联苯菊酯4、灭多威3、甲胺磷*
根茎类	204	6	2.94	2	0.98	生姜3、萝卜*2、胡萝卜	联苯菊酯4、克百威*、氯氰菊酯*
鳞茎类	33	7	21.21	1	3.03	韭菜*7	氯氟氰菊酯6、毒死蜱*
鲜豆类	97	5	5.15	2	2.06	四季豆3、豇豆*2	毒死蜱*2、联苯菊酯2、氯氟氰菊酯
叶菜类	135	6	4.44	5	3.70	白菜*2、芹菜*2、茼蒿*、香菜*	毒死蜱*3、克百威*2、联苯菊酯
合计	680	66	9.71	19	2.79		

注:蔬菜名称、农药名称后的数字表示检出的份数,没有数字表示份数为1份; *表示蔬菜与农残存在超标现象

甘蓝类 5.78%(3/52)、茄果类 4.46%(5/112)、叶菜类 3.70%(5/135)。7类蔬菜样本超标率间的差异没有统计学意义($P>0.05$)。超标的蔬菜样本主要有辣椒、紫甘蓝、豇豆、萝卜、圆白菜等。其中,5份辣椒上克百威、毒死蜱、三唑磷超标;2份紫甘蓝、1份圆白菜上为灭多威、毒死蜱、甲胺磷超标;2份豇豆上毒死蜱超标;2份萝卜上克百威、氯氰菊酯超标。

结合表1、3可知,7类蔬菜中均有禁限用农药的分布,茄果类蔬菜中禁限用农药种类(克百威、毒死蜱、三唑磷3种)与数量(5份)最多。

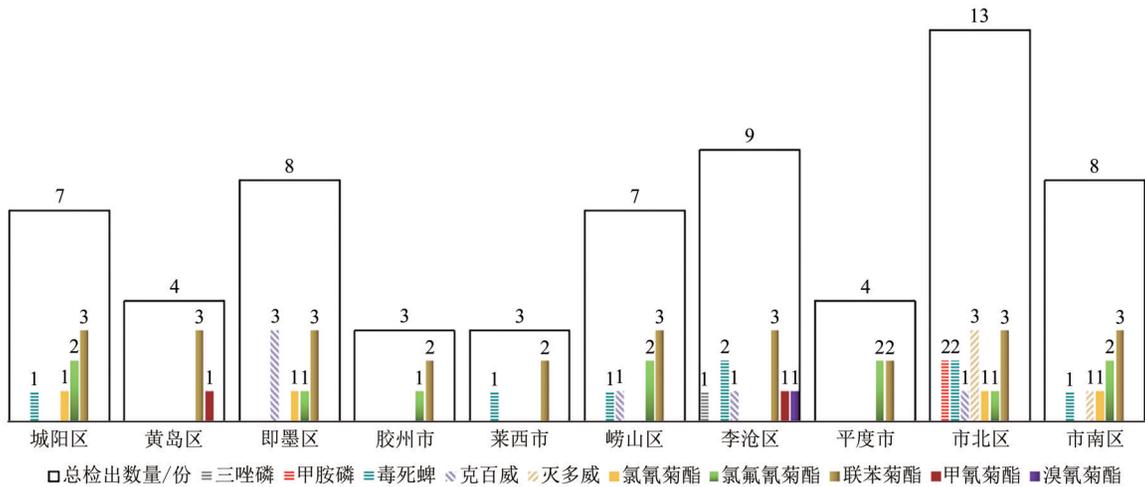
2.3 不同地区蔬菜中杀虫剂类农药残留检出及超标结果分析

据表4结果可知,青岛10个区市的蔬菜样本中均有不同程度的农残检出,检出率在10%以上的为城阳区(19.44%)、李沧区(15.79%)、崂山区(14.29%)、即墨区(12.12%)。10个区市中除黄岛区、胶州市、平度市外,其余7个区市均存在超标现象,超标率为1.09%~7.02%,其中市南区1.09%

(1/92),李沧区7.02%(4/57)。不同地区间的检出率($P>0.05$)和超标率差异均没有统计学意义($P>0.05$)。由图1可知,10个区市检出农药种类的数量均为2个及以上,黄岛区、胶州市检出农药种类的数量最少;市北区检出农药种类最多,为7种(克百威、毒死蜱、甲胺磷、联苯菊酯、氯氟氰菊酯、氯氰菊酯、灭多威)。联苯菊酯在10个区市均有检出,其次为氯氟氰菊酯(7个区市)、毒死蜱(6个区市)。10个区市中存在禁限用农药的检出,市北区(4种)和李沧区(3种)禁限用农药的数量最多。

2.4 膳食暴露风险评估

本次检出的10种农药,aHQ针对24h内蔬菜中农药暴露情况,因此采用最大残留量 c_{max} 计算^[16],联苯菊酯、甲氰菊酯因缺乏ARfD的数据不予评价,其余8种农药aHQ的计算结果均小于1,在0.00796526~0.44451之间。本研究中ARfD值最高的溴氰菊酯aHQ值最小;克百威、三唑磷ARfD较低,aHQ的值较高,但仍小于1,在可接受范围内;值得注意的是,



注:数字为各地区各类农药的检出数量;有横杠或斜杠填充的农药类型为禁限用农药类

图1 不同地区杀虫剂类农药残留检出情况

Figure 1 Detection of pesticide residues in different regions

表4 青岛市不同地区市售蔬菜中杀虫剂类农药残留检出及超标情况

Table 4 Detection and exceedance of pesticide residues in vegetables sold in different areas of Qingdao

区域分类	样本数 量/份	检出数 量/份	检出率/%	超标数 量/份	超标率/%
城阳区	36	7	19.44	2	5.56
黄岛区	52	4	7.69	0	0.00
即墨区	66	8	12.12	3	4.55
胶州市	57	3	5.26	0	0.00
莱西市	68	3	4.41	1	1.47
崂山区	49	7	14.29	2	4.08
李沧区	57	9	15.79	4	7.02
平度市	72	4	5.56	0	0.00
市北区	131	13	9.92	6	4.58
市南区	92	8	8.70	1	1.09
合计	680	66	9.71	19	2.79

甲胺磷 ARfD 较高,此次计算中其 aHQ 最高,但也小于 1;其余 4 种农药的 aHQ 均远小于 1,各类农药残留的急性膳食摄入风险可以接受,见表 5。

慢性膳食摄入风险,以蔬菜中每种农药残留的平均值 c_m 计算^[16],值的范围在 0.000 523 83~0.050 737 之间,均远小于 1,表明本次研究中各类农药在蔬菜中残留的慢性膳食暴露风险较低,是可以接受的,见表 6。

3 讨论

本次研究中,市售蔬菜农药残留的检出率为 9.71%,超标率为 2.79%,检出的农药种类也以低毒性农药为主,与卢珍萍与田英^[7]提及的近 10 年中国东

部经济区域中农残检测结果基本一致,低于 2010—2011 年青岛市^[20]、2016—2020 年天津市^[21]、2021 年中山市^[22]、2015—2022 年内蒙古^[23]地区的农药残留检测结果,与 2022 年湖北省^[24]农残检测结果大致相同。可见随着我国农药管理制度的完善与食品安全法的逐年更新,农药残留现象逐年改善。

近几年来,随着“食安山东”工作的推进与落实,青岛市的农药监管工作呈稳中向好之势。与 2010—2011 年青岛市^[20]检测结果相比,此次研究中青岛市的检出率、超标率均较低。但此次农药残留检测中,超标的农药种类仍以有机磷类、氨基甲酸酯类为主,且超标农药主要为毒死蜱、克百威、甲胺磷等禁限用农药,说明青岛地区仍需加强对这两大类杀虫剂类农药的监管和对禁限用农药的严厉打击。

青岛地区市售蔬菜农残检测中,拟除虫菊酯类农药的检出率最高,其次为有机磷类、氨基甲酸酯类。这与枣庄市^[17]、海南省^[18]的结果不一致,可能因各地区监测的农药种类、蔬菜种类数量各有不同,因此所得结果及排序也不尽相同。但与天津市^[21]、中山市^[22]、湖北省^[24]以及田丽等^[25]、聂丹丹等^[26]的报道一致,究其原因可能为拟除虫菊酯类农药限量标准较高的同时毒性较小,引起超标的概率小且对病虫害的防治范围大,在杀虫剂类农药中销量占比较大,检出率因此更高^[17-18,21-28]。

7 大类蔬菜中,茄果类、鳞茎类、瓜菜类蔬菜样

表5 青岛地区居民蔬菜中杀虫剂类农药残留膳食急性暴露风险

Table 5 Dietary acute exposure risk of insecticide pesticide residues in vegetables of residents in Qingdao

农药名称	最大残留量 c_{max} /(mg/kg)	ESTI/(mg/kg)	ARfD/(mg/kg)	aHQ
三唑磷	0.029 1	0.000 130 659	0.001	0.130 659
甲胺磷	0.990 0	0.004 445 1	0.01	0.444 51
毒死蜱	0.318 0	0.001 427 82	0.1	0.014 278 2
克百威	0.096 1	0.000 431 489	0.001	0.431 489
灭多威	0.600 0	0.002 694	0.02	0.134 7
氯氟菊酯	0.415 0	0.001 863 35	0.04	0.046 583 75
氯氟氰菊酯	0.432 0	0.001 939 68	0.02	0.096 984
联苯菊酯	0.256 0	0.001 149 44	—	—
甲氰菊酯	0.138 0	0.000 619 62	—	—
溴氰菊酯	0.088 7	0.000 398 263	0.05	0.007 965 26

表6 青岛地区居民蔬菜中杀虫剂类农药残留膳食慢性暴露风险

Table 6 Dietary chronic exposure risk of insecticide pesticide residues in vegetables of residents in Qingdao

农药名称	平均残留量 c_m /(mg/kg)	EDI/(mg/kg)	ADI/(mg/kg)	cHQ
三唑磷	0.011 3	0.000 050 737	0.001	0.050 737
甲胺磷	0.005 1	0.000 022 899	0.004	0.005 724 75
毒死蜱	0.003 8	0.000 017 062	0.01	0.001 706 2
克百威	0.003 7	0.000 016 613	0.001	0.016 613
灭多威	0.005 1	0.000 022 899	0.02	0.001 144 95
氯氟菊酯	0.004 2	0.000 018 858	0.02	0.000 942 9
氯氟氰菊酯	0.005 7	0.000 025 593	0.02	0.001 279 65
联苯菊酯	0.004 6	0.000 020 654	0.01	0.002 065 4
甲氰菊酯	0.003 5	0.000 015 715	0.03	0.000 523 833
溴氰菊酯	0.003 8	0.000 017 062	0.01	0.001 706 2

本的农残检出率较高,检出的蔬菜主要为辣椒、青椒、韭菜、黄瓜;超标的蔬菜主要为辣椒、紫甘蓝、萝卜、黄瓜、茼蒿等,与农残相关文献中的研究结果一致^[4-10,17-18,20-26]。可能因为这几类蔬菜在生长过程中,可食用部分均暴露于地上直至被采摘,生产过程中为了保持产量和驱虫,被大量多次喷洒农药,造成农残累积过多,以及各类蔬菜的特性有关^[20-28],建议相关部门今后加大对这些蔬菜的监管力度。地区分布中检出率在10%以上的为城阳区(19.44%)、李沧区(15.79%)和崂山区(14.29%)、即墨区(12.12%);除黄岛区、胶州市、平度市外,其余7个区市均存在超标现象。建议相关部门在全区市范围内继续加强农药安全使用培训和蔬菜中的农药残留监测。

因联苯菊酯、甲氰菊酯缺乏ARfD数据,对本次检出的其余8种农药进行急性和慢性暴露评估后发现,若以最大值计算aHQ均<1,表明青岛地区蔬菜中检出的8种农残在急性膳食暴露评估中,对人体健康造成的危害是可以接受的,其中甲胺磷、克百威和三唑磷值较大,需要监管部门加强对这几类农药的持续性、针对性检测。若以平均值计算,cHQ均远小于1,表明此次蔬菜中10种农药残留引起的慢性膳食摄入风险均可以接受。本次风险评估结果与国内外报道基本一致^[17-18,20-28],但对于残留量较大的几种农药以及不同蔬菜种类中的农药残留膳食暴露风险仍需进一步探讨。

有关部门仍需加大对禁用农药生产、销售和使用的监督力度,坚持在农民蔬菜种植的过程中进行科学的指导和监督,在安全规范生产中将农残水平降至最低;在进行农业生产活动时,也要提高安全用药科学意识,科学喷洒农药;消费者在食用蔬菜前,应做到充分地浸泡与冲洗,并有意识地丰富日常食用蔬菜的种类,做到膳食多样化,从而有效减少农药残留暴露引发的危害,保护自身健康。

参考文献

- [1] 孙奕良,李海燕,洪汉君,等.十字花科植物萝卜硫素生理功能及其产品应用的研究进展[J].食品工业科技,2024,45(2):364-372.
SUN Y L, LI H Y, HONG H J, et al. Research progress on the physiological function of sulforaphane in cruciferous plants and its product application [J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(2): 364-372.
- [2] 李晴,石雨荷,朱珏,等.药食同源百合的资源分布与现代研究进展[J].中国野生植物资源,2023,42(3):87-95.
LI Q, SHI Y H, ZHU J, et al. Resource distribution and modern research progress of medicinal and edible homologous lily [J]. Chinese Wild Plant Resources, 2023, 42(3): 87-95.
- [3] HERPICH C, MÜLLER-WERDAN U, NORMAN K. Role of plant-based diets in promoting health and longevity [J]. Maturitas, 2022, 165: 47-51.
- [4] 谢真.蔬菜种植中农药残留问题的探讨[J].农业开发与装备,2023(7):229-231.
XIE Z. Discussion on pesticide residues in vegetable planting [J]. Agricultural Development & Equipments, 2023(7): 229-231.
- [5] 李宏秋.蔬菜农药残留对健康的危害[J].食品安全导刊,2021,313(20):16-18.
LI H Q. Health hazards of pesticide residues in vegetables [J]. China Food Safety Magazine, 2021, 313(20): 16-18.
- [6] 仕影,陈景三,于稳欠,等.农药对人体健康及生态环境的影响[J].安徽农业科学,2022,50(6):53-59.
SHI Y, CHEN J S, YU W Q, et al. The impact of pesticides on human health and the ecological environment [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2022, 50(6): 53-59.
- [7] 卢珍萍,田英.中国蔬果中农药残留的现状及其去除方法[J].中国农学通报,2022,38(24):131-137.
LU Z P, TIAN Y. Current status of pesticide residues in vegetables and fruits in China and their removal methods [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2022, 38(24): 131-137.
- [8] 吕冰峰,刘敏,邢书霞.2018年蔬菜国家食品安全监督抽检结果分析[J].食品安全质量检测学报,2019,10(17):5715-5721.
LYU B F, LIU M, XING S X. Analysis of the results of national food safety supervision and sampling of vegetables in 2018 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(17): 5715-5721.
- [9] 梁靖凯,单美娜,侯坤,等.内蒙古地区居民蔬菜中农药残留膳食暴露风险评估[J].中国食品卫生杂志,2022,34(3):444-450.
LIANG J K, SHAN M N, HOU K, et al. Dietary exposure risk assessment of pesticide residues in vegetables of residents in Inner Mongolia [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(3): 444-450.
- [10] 李明远.试谈蔬菜主要虫传病毒病及其防治[J].蔬菜,2023(12):80-83,85-86.
LI M Y. Let's talk about the main insect-borne virus diseases of vegetables and their control [J]. Vegetables, 2023(12): 80-83, 85-86.
- [11] 中华人民共和国农业部.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:NY/T 761—2008 [S].北京:中国农业出版社,2008.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Determination of multiple residues of organophosphorus, organochlorine, pyrethroids and carbamate pesticides in vegetables and fruits: NY/T 761—2008 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [12] 中华人民共和国国家卫生健康委员会.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 [S].北京:中国标准出版社,2018.
National Health Commission of the People's Republic of China. National food safety standard Determination of residues of 9 carbamate pesticides and their metabolites in foods of plant origin

- Liquid chromatography-post-column derivatization: GB 23200.112—2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [13] World Health Organization. Second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food[R]. Rome: WHO, 1995.
- [14] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 中华人民共和国农业农村部, 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—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- National Health Commission of the People's Republic of China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. National food safety standard-Maximum residue limits for pesticides in food: GB 2763—2021[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [15] 中华人民共和国农业农村部. 禁用农药名录[EB/OL]. (2019-11-29)[2024-04-07]. http://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/201911/t20191129_6332604.htm.
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. List of banned and restricted pesticides[EB/OL]. (2019-11-29)[2024-04-07]. http://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/201911/t20191129_6332604.htm.
- [16] 刘沛, 吴永宁. 构建中国膳食暴露评估模型 提升我国食品安全风险评估水平[J]. 中华预防医学杂志, 2010(3): 181-183.
- LIU P, WU Y N. Constructing a dietary exposure assessment model in China to improve the level of food safety risk assessment in China[J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2010(3): 181-183.
- [17] 李读兴, 阚延荣. 2016年-2020年枣庄市市售蔬菜中农药残留污染状况和膳食暴露评估[J]. 中国卫生检验杂志, 2021, 31(20): 2545-2550.
- LI D X, KAN X R. Pesticide residue contamination status and dietary exposure assessment of commercially available vegetables in Zaozhuang city from 2016 to 2020[J]. Chinese Journal of Health Laboratory, 2021, 31(20): 2545-2550.
- [18] 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/OL]. 环境与健康杂志: (2022-11-08)[2023-12-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1095.R.20221107.1658.002.html>.
- NIE H Q, LAI X C, HUANG S N, et al. Pesticide residue and dietary exposure assessment of vegetables in Hainan province from 2019 to 2020[J/OL]. Journal of Environment and Health: (2022-11-08)[2023-12-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1095.R.20221107.1658.002.html>.
- [19] Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR). List of Pesticides evaluated by JMPR and JMPS (2022-01-21). <http://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/guidelines-standards/faowho-joint-meeting-on-pesticide-residues-jmpr/pesticides-evaluated-by-jmpr-jmps/en/>.
- [20] 王建新, 姜军桥, 李晓静, 等. 2010—2011年青岛市市售蔬菜农药残留状况分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(S1): 47-50.
- WANG J X, JIANG J Q, LI X J, et al. Analysis of pesticide residues in vegetables sold in Qingdao from 2010 to 2011[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2015, 27(S1): 47-50.
- [21] 罗莎, 赵帅, 高春海, 等. 2016—2020年天津市市售蔬菜中农药残留状况及膳食暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2022, 34(6): 1238-1243.
- LUO S, ZHAO S, GAO C H, et al. Pesticide residue status and dietary exposure assessment in commercially available vegetables in Tianjin from 2016 to 2020[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(6): 1238-1243.
- [22] 温馨, 黎小鹏, 谭淑铎, 等. 2021年中山市种植蔬菜农药残留及膳食风险评估[J]. 浙江农业科学, 2023, 64(2): 455-462.
- WEN X, LI X P, TAN S H, et al. Pesticide residues and dietary risk assessment of vegetables planted in Zhongshan city in 2021[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2023, 64(2): 455-462.
- [23] 商慧敏, 赵惠清, 单美娜, 等. 2015—2021年内蒙古地区市售蔬菜中禁用农药残留调查分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2023, 35(6): 849-853.
- SHANG H M, ZHAO H Q, SHAN M N, et al. Investigation and analysis of banned and restricted pesticide residues in commercially sold vegetables in Inner Mongolia from 2015 to 2021[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2023, 35(6): 849-853.
- [24] 王兰兰, 黄茜, 王会霞, 等. 2022年湖北省市售蔬菜农药残留分析及风险评估[J]. 现代预防医学, 2023, 50(18): 3420-3424.
- WANG L L, HUANG Q, WANG H X, et al. Analysis and risk assessment of pesticide residues in vegetables sold in Hubei province in 2022[J]. Modern Preventive Medicine, 2023, 50(18): 3420-3424.
- [25] 田丽, 王玮, 胡佳薇, 等. 2012—2018年陕西关中地区市售蔬菜中农药残留调查[J]. 卫生研究, 2019, 48(6): 953-956.
- TIAN L, WANG W, HU J W, et al. Investigation of pesticide residues in commercially available vegetables in Guanzhong area, Shaanxi province from 2012 to 2018[J]. Journal of Hygiene Research, 2019, 48(6): 953-956.
- [26] 聂丹丹, 李勤, 李琳, 等. 山东省潍坊市市售蔬菜中农药残留现状及慢性膳食暴露风险评估[J]. 食品安全导刊, 2021(16): 26-27.
- NIE D D, LI Q, LI L, et al. Current status of pesticide residues in commercial vegetables in Weifang city, Shandong province and risk assessment of chronic dietary exposure[J]. China Food Safety Magazine, 2021(16): 26-27.
- [27] 曾静, 乔雄梧. 我国近年蔬菜水果中农药残留超标状况浅析[J]. 农药学报, 2023, 25(6): 1206-1221.
- ZENG J, QIAO X W. Analysis of excessive pesticide residues in vegetables and fruits in China in recent years[J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2023, 25(6): 1206-1221.
- [28] KHATUN P, ISLAM A, SACHI S, et al. Pesticides in vegetable production in Bangladesh: A systemic review of contamination levels and associated health risks in the last decade[J]. Toxicology Reports, 2023, 11: 199-211.