

风险评估

2020—2022年宁波市市售蔬菜中农药残留状况分析及膳食暴露评估

郭延波,张琰,潘胜东

(宁波市疾病预防控制中心,浙江宁波 315010)

摘要:目的 了解宁波市市售蔬菜中农药残留状况及居民膳食暴露风险。方法 2020—2022年共采集宁波市市售叶菜类等7大类新鲜蔬菜共计264份,采用液相色谱—串联质谱法对其农药残留水平进行检测。本次检测涉及农药包括有机磷和杀菌剂等8大类77项,利用点评估法进行膳食暴露评估。结果 有175份蔬菜样品检出农药残留,检出率为66.29%(175/264),根据GB 2763—2021《食品安全国家标准食品中农药最大残留限量》,有21份蔬菜样品中农药残留超标,超标率为7.95%(21/264);其中检出2种及以上农药残留的蔬菜样品占比为51.52%(136/264);不同类别蔬菜中农药残留的检出率差异有统计学意义($\chi^2=32.474, P<0.05$);8类农药残留检出率($\chi^2=276.317, P<0.05$)和超标率($\chi^2=34.274, P<0.05$)差异也具有统计学意义。同时,所监测农药的急性膳食摄入风险值(%ARfD)均小于100.00%,最高为氯氟氰菊酯(%ARfD=95.833),单项食品安全指数值(IFS)均<1。结论 宁波市市售蔬菜中农药残留检出率相对较高,且存在超标现象,膳食暴露评估结果显示宁波市市售蔬菜部分农药残留的安全风险在一般人群中均在可接受范围内。

关键词:蔬菜;农药残留;膳食暴露评估

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2025)03-0269-09

DOI:10.13590/j.cjfh.2025.03.010

**Analysis on pesticide residues in vegetables and dietary exposure assessment, Ningbo City
from 2020 to 2022**

GUO Yanbo, ZHANG Yan, PAN Shengdong

(Ningbo City Center for Disease Control and Prevention, Zhejiang Ningbo 315010, China)

Abstract: Objective To investigate the status of pesticide residues in vegetables sold in Ningbo City and assess the risk of the dietary exposure. **Methods** From 2020 to 2022, 264 vegetable samples of 7 categories such as leaf vegetables were collected. And about 77 items of 8 major categories of pesticide projects were detected by LC-MS/MS. And the dietary exposure were evaluated by point evaluation method. **Results** There are 175 vegetable samples were detected containing pesticide residues, and the detection rate is 66.29%(175/264); According to the National Food Safety Standard for Maximum Residue Limits of Pesticides in Food (GB 2763—2021), there are 21 vegetable samples have pesticide residues exceeding the standard, and the over-standard rate is 7.95% (21/264), and there were 51.52% (136/264) vegetable samples with two or more pesticides; There is a statistically significant difference in the detection rates of pesticide residues in 7 types of vegetables ($\chi^2=32.474, P<0.05$); There is a statistically significant difference in the detection rates in 8 types of pesticide residues ($\chi^2=276.317, P<0.05$); There is a statistically significant difference in the exceeding rates in 8 types of pesticide residues ($\chi^2=34.274, P<0.05$). The acute dietary intake risk values (%ARfD) of all the detected pesticide are less than 100.00%, but the acute dietary intake risk values (%ARfD) of Cyhalothrin is 95.833, which is the highest among all the detected pesticides; And the detected pesticide single food safety index values (IFS) were less than 1.00. **Conclusion** The detection rate of pesticide residues in vegetables in Ningbo City is relatively high, and there is a phenomenon of over-standarding. However, the dietary exposure assessment show that the risks of pesticide residues in vegetables in Ningbo City are within an acceptable range for the general population.

Key words: Vegetables; pesticide residues; dietary exposure assessment

收稿日期:2024-10-22

基金项目:浙江省公益研究项目(LTGC23B050002)

作者简介:郭延波 男 主管医师 研究方向为食品安全风险监测 E-mail:61830970@qq.com

通信作者:潘胜东 男 副研究员 研究方向为食品安全检测 E-mail:313661741@qq.com

蔬菜是人们日常饮食中必不可少的食物种类,其安全性与人体健康息息相关。但是蔬菜在种植过程中极易遭受虫害和草害,因此需要通过喷洒、灌根等方式施用各种农药保护其生长^[1-3]。农药的广泛使用,必然会造成蔬菜中农药残留。因此,蔬菜中农药残留已成为最受关注的食品安全问题之一。长期食用农药残留超标的蔬菜,农药会在人体内富集^[4],对身体健康造成威胁^[5-7],如免疫功能损害、致畸、致癌等^[8]。目前国内多地均开展了农药残留风险评估研究^[9-14],但近年内针对宁波市售蔬菜农药残留状况的研究鲜有报道,最新的研究也仅于2017年报道的孙亚米等^[15]对2015年宁波地产蔬菜中杀菌剂类农药残留进行分析和评估,本研究以宁波市2020—2022年食品安全风险监测采集的市售蔬菜为样品,分析其农药残留状况,并进行膳食暴露风险评估,不仅可以全面了解宁波市售蔬菜中农药残留状况,还可以为有关监督与管理工作提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 样品来源

根据内部使用资料《国家食品污染物和有害因素风险监测工作手册》(以下简称“《工作手册》”)采样要求,在确定蔬菜品种、采样地点、采样时间、样品量分配等前提下,结合当地居民消费水平和消费习惯,按照随机化原则在全市区、县(市)的所有商店、便利店和农贸市场等场所采集拟监测新鲜蔬菜样品,上述样品具有在本地消费量较大、有代表性、典型性和适时性等特点。最终采集时令性新鲜蔬菜7大类共计264份,包括叶菜类161份、鳞茎类蔬菜24份、鲜豆类蔬菜20份、甘蓝类和芸薹类20份、非葫芦科茄果类蔬菜20份、瓜菜类(葫芦科)蔬菜11份和块根及块茎类蔬菜8份。

1.2 方法

1.2.1 检测方法及项目

按照《工作手册》中《植物源性样品中农药多组分残留的液相色谱—串联质谱法测定的标准操作程序》和《植物性样品中农药多组分残留的气相色谱—质谱联用法测定标准操作程序》进行样品前处理和农药残留检测,项目涉及有机磷类(21项):丙溴磷、敌敌畏、毒死蜱、对硫磷、甲胺磷、甲拌磷、甲拌磷砒、甲拌磷亚砒、甲基对硫磷、甲基异柳磷、久效磷、乐果、氯唑磷、灭除威、灭线磷、三唑磷、杀扑磷、水胺硫磷、辛硫磷、氧乐果、乙酰甲胺磷;杀菌剂(18项):百菌清、苯醚甲环唑、苯霜灵、吡唑醚菌酯、丙环唑、多菌灵、恶霜灵、二硫代氨基甲酸酯、腐霉

利、甲基硫菌灵、甲霜灵、腈菌唑、咪鲜胺、啉霉胺、三唑酮、五氯硝基苯、戊唑醇、烯酰吗啉;新烟碱类(10项):吡虫啉、啉虫脒、呋虫胺、环氧虫啉、氯噻啉、啉虫啉、噻虫胺、噻虫啉、噻虫嗪、烯啶虫胺;氨基甲酸酯类(9项):3-羟基克百威、残杀威、甲萘威、克百威、涕灭威、涕灭威砒、涕灭威亚砒、异丙威、仲丁威;拟除虫菊酯类(8项):除虫菊素、氟氯氰菊酯、甲氰菊酯、联苯菊酯、氯氟氰菊酯、氯氰菊酯、氰戊菊酯、溴氰菊酯;其他类(6项):阿维菌素、埃卡瑞丁、避蚊胺、氯虫苯甲酰胺、灭蝇胺、烯虫酯;有机氯类(3项): α -硫丹、 β -硫丹、硫丹硫酸酯;除草剂类(2项):苯胺灵、环庚草醚。

1.2.2 判定依据

根据GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》^[16]及国家明令禁止使用和限制使用农药公告进行评定。对于大于检测限的,判定为“检出”;超出农药最大残留限量标准的判定为“超标”;对于没有限量标准的不作评价。

1.2.3 慢性膳食暴露评估

采用食品安全指数(Index of food safety, IFS)法对蔬菜中各种农药残留慢性暴露风险进行评估^[17]。计算公式为:

$$EDI_c = \frac{R_i \times F_i \times E_i \times P_i}{BW}$$

$$IFS = \frac{EDI_c \times f}{SI_c}$$

式中: EDI_c 为农药的实际摄入量估算值,mg/(kg·BW); R_i 为蔬菜*i*中某农药残留算术平均值,mg/kg,当样品未检出率>60%时,小于检出限(Limit of detection, LOD)的未检出数据用LOD替代,当样品未检出率≤60%时,未检出数据采用1/2LOD进行统计^[18]; F_i 为蔬菜*i*的估计摄入量,g/d,以2022年宁波市居民营养与健康监测结果宁波市人群蔬菜平均摄入量186.7 g/d计; E_i 为蔬菜*i*的可食部分因子(以1计); P_i 为蔬菜*i*的加工处理因子(以1计); SI_c 为农药的安全摄入量,mg/(kg·BW),本次选用GB 2763—2021^[16]中每日允许摄入量(Acceptable daily intake, ADI); BW 为一般人群平均体质量(以60 kg计)^[17]; f 为农药安全摄入量的校正因子(以1计)。IFS≤1时,表明该农药残留对人体安全风险可接受;若IFS>1,表明该农药残留对人体安全风险超过可接受限度。

1.2.4 急性膳食暴露评估

采用急性膳食摄入风险(%ARfD)对蔬菜中各种农药残留急性暴露风险进行评估^[19],计算公式为:

$$NESTI = (LP \times HR) / BW \times 100\%$$

$$\%ARfD = \frac{NESTI}{ARfD} \times 100\%$$

式中: $NESTI$ 为农药估计短期摄入量, $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$; LP 为食用最大份餐蔬菜质量 500 g/d 计^[17]; HR 为最高残留量, mg/kg ; BW 为一般人群平均体质量(以 60 kg 计)^[17]; $ARfD$ 为急性参考剂量, $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{BW})$ 。

根据 WHO 数据库及农残联合专家会议的评估报告^[20-21], 当 $\%ARfD\leq 100\%$ 时, 表示风险可以接受, 值越小风险越小, 反之风险越大。

1.3 统计学分析

采用 Excel 进行数据录入, SPSS 26.0 软件进行统计分析。农药残留检出率和超标率采用 χ^2 检验, 以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 总体情况

2020—2022 年共监测蔬菜样品 264 份, 77 个农药检测项目, 获得监测数据 8 618 条, 在 175 份样品中检测出农药残留 548 项次(项次=检出农药检测项目数 $\times$ 检出农药检测项目样品数, 下同), 样品检出率为 66.29%(175/264), 项目检出率为 6.36%(548/8 618); 其中 21 份样品存在农药残留量超标 24 项次, 样品超标率为 7.95%(21/264), 项目超标率为 0.28%(24/8 618)。3 年间的样品检出率差异有统计学意义($\chi^2=22.209, P<0.05$), 其余率间差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。

表1 2020—2022年宁波市市售蔬菜中农药残留总体情况
Table 1 Overall of pesticide residues in vegetables in Ningbo City from 2020 to 2022

年份	检测样品 份数	检测项目 个数	检出样品 份数	样品检出率/%	检出项目 个数	项目检出率/%	超标样品 份数	样品超标率/%	超标项 目个数	项目超标率/%
2020	84	1 994	54	64.29	140	7.02	3	3.57	3	0.15
2021	80	2 104	39	48.75	120	5.70	8	10.00	8	0.38
2022	100	4 520	82	82.00	288	6.37	10	10.00	13	0.29
合计	264	8 618	175	66.29	548	6.36	21	7.95	24	0.28

2.2 不同类别蔬菜中农药残留情况

按照 GB 2763—2021^[16]将监测蔬菜品种分为 7 类。监测结果显示, 除块根和块茎类蔬菜外, 其他 6 大类

蔬菜样品均检出农药残留。不同种类蔬菜样品检出率均差异有统计学意义($\chi^2=32.474, P<0.05$), 超标率均差异无统计学意义($\chi^2=7.302, P>0.05$)。见表 2。

表2 2020—2022年宁波市市售蔬菜中农药残留检测结果
Table 2 Detection results of pesticide residues in different vegetables in Ningbo City from 2020 to 2022

食品类别	检测样品 份数	检测项目 个数	检出样品 份数	样品 检出率/%	检出项目 个数	项目 检出率/%	超标样品 份数	样品 超标率/%	超标项目 个数	项目 超标率/%
非葫芦科茄果类蔬菜	20	790	13	65.00	36	4.56	1	5.00	1	0.13
甘蓝类、芸薹类	20	527	7	35.00	9	1.71	0	0.00	0	0.00
瓜菜类(葫芦科)	11	368	6	54.55	19	5.16	1	9.09	1	0.27
块根和块茎类蔬菜	8	120	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
鳞茎蔬菜	24	979	21	87.50	59	6.03	4	16.67	6	0.61
鲜豆类蔬菜	20	793	16	80.00	49	6.18	0	0.00	0	0.00
叶菜类蔬菜	161	5 041	112	69.57	376	7.46	15	9.32	16	0.32
合计	264	8 618	175	66.29	548	6.36	21	7.95	24	0.28

2.3 蔬菜中不同种类农药的残留情况

2020—2022 年共检测氨基甲酸酯类等 8 大类农药残留, 除除草剂类农药未检出外, 其他种类农药残留均有检出, 检出率从高到低排序为杀菌剂(66.85%, 123/184)>拟除虫菊酯类(43.00%, 86/200)>新烟碱类(40.00%, 56/140)>有机磷类(16.89%, 37/219)>其他类(16.20%, 29/179)>氨基甲酸酯类(2.79%, 5/179)有机氯类(2.53%, 2/79)>除草剂(0.00%, 0/5), 差异有统计学意义($\chi^2=276.317, P<0.05$); 其中排名前 5 位的农药分别为二硫代氨基甲酸酯类(87.18%, 34/39)、氯氟氰菊酯(28.50%, 57/200)、吡唑醚菌酯(27.04%, 43/159)、苯醚甲环唑(25.14%, 45/179)、氯氰菊酯(21.43%, 30/140)。此外, 51.52%(136/264)的蔬菜样品检出 2 种或以

上农药, 共涉及 47 种农药, 其中排名前 5 位的是氯氟氰菊酯、苯醚甲环唑、吡唑醚菌酯、腐霉利、烯酰吗啉等; 检出多种农药残留的蔬菜主要包括 1 份油菜(9 种)、1 份豇豆(9 种)、1 份小白菜(8 种)、1 份香菜(8 种)、1 份黄瓜(7 种)、1 份韭菜(7 种)和 1 份芹菜(7 种)。

根据现行国家标准, 2020—2022 年共发现 21 份蔬菜样品中检出农药残留超标 24 项次, 超标率排序为有机磷类(6.85%, 15/219)>新烟碱类(2.14%, 3/140)>杀菌剂类(1.63%, 3/184)>拟除虫菊酯类(1.00%, 2/200)>氨基甲酸酯类(0.56%, 1/179), 差异有统计学意义($\chi^2=34.274, P<0.05$)。超标率排名前 3 位的具体农药名称分别为氧乐果(5.02%, 11/219)、吡虫啉(1.43%, 2/140)和腐霉利(1.09%, 2/184)。此

外,检测还发现农业农村部禁限用农药名录中明令禁止在蔬菜中使用的农药品种,如克百威、涕灭威砒、毒死蜱、甲胺磷、甲拌磷(甲拌磷砒)、甲基异柳磷、乐果、三唑磷、杀扑磷、氧乐果和硫丹硫酸酯。见表 3。

表 3 2020—2022 年宁波市市售蔬菜中不同种类农药残留检测结果
Table 3 Detection results of different pesticide residues in vegetables in Ningbo from 2020 to 2022

农药种类	农药名称	检测样品份数	检出样品份数	样品检出率/%	超标份数	样品超标率/%
氨基甲酸酯类	3-羟基克百威	179	0	0.00	0	0.00
	残杀威	65	0	0.00	0	0.00
	甲萘威	100	0	0.00	0	0.00
	克百威*	179	1	0.56	0	0.00
	涕灭威*	179	0	0.00	0	0.00
	涕灭威砒*	179	1	0.56	1	0.56
	涕灭威亚砒*	179	0	0.00	0	0.00
	异丙威	100	2	2.00	0	0.00
	仲丁威	100	1	1.00	0	0.00
除草剂	小计	179	5	2.79	1	0.56
	苯胺灵	5	0	0.00	0	0.00
	环庚草醚	5	0	0.00	0	0.00
	小计	5	0	0.00	0	0.00
拟除虫菊酯类	除虫菊素	5	0	0.00	0	0.00
	氟氯氰菊酯	40	2	5.00	0	0.00
	甲氰菊酯	140	4	2.86	0	0.00
	联苯菊酯	140	13	9.29	0	0.00
	氯氟氰菊酯	200	57	28.50	1	0.50
	氯氰菊酯	140	30	21.43	1	0.71
	氰戊菊酯	140	7	5.00	0	0.00
	溴氰菊酯	40	3	7.50	0	0.00
	小计	200	86	43.00	2	1.00
其他	阿维菌素	159	4	2.52	0	0.00
	埃卡瑞丁	5	0	0.00	0	0.00
	避蚊胺	5	0	0.00	0	0.00
	氯虫苯甲酰胺	100	2	2.00	0	0.00
	灭蝇胺	179	24	13.41	0	0.00
	烯虫酯	5	0	0.00	0	0.00
	小计	179	29	16.20	0	0.00
杀菌剂	百菌清	179	21	11.73	0	0.00
	苯醚甲环唑	179	45	25.14	0	0.00
	苯霜灵	5	0	0.00	0	0.00
	吡唑醚菌酯	159	43	27.04	0	0.00
	丙环唑	79	7	8.86	0	0.00
	多菌灵	179	19	10.61	0	0.00
	恶霜灵	79	2	2.53	0	0.00
	二硫代氨基甲酸酯	39	34	87.18	0	0.00
	腐霉利	184	36	19.57	2	1.09
	甲基硫菌灵	100	6	6.00	0	0.00
	甲霜灵	179	4	2.23	0	0.00
	腈菌唑	79	10	12.66	0	0.00
	咪鲜胺	100	5	5.00	0	0.00
	啉霉胺	179	7	3.91	0	0.00
	三唑酮	179	0	0.00	0	0.00
	五氯硝基苯	79	1	1.27	0	0.00
	戊唑醇	179	14	7.82	1	0.56
	烯酰吗啉	179	35	19.55	0	0.00
	小计	184	123	66.85	3	1.63
新烟碱类	吡虫啉	140	23	16.43	2	1.43
	啉虫脒	140	30	21.43	1	0.71
	呋虫胺	40	6	15.00	0	0.00
	环氧虫啉	40	0	0.00	0	0.00
	氯噻啉	40	0	0.00	0	0.00
	啉虫啉	40	0	0.00	0	0.00
	噻虫胺	40	1	2.50	0	0.00
	噻虫啉	40	0	0.00	0	0.00
	噻虫嗪	40	3	7.50	0	0.00
	烯啉虫胺	40	0	0.00	0	0.00
	小计	140	56	40.00	3	2.14

续表

农药种类	农药名称	检测样品份数	检出样品份数	样品检出率/%	超标份数	样品超标率/%
有机磷类	丙溴磷	100	0	0.00	0	0.00
	敌敌畏	140	0	0.00	0	0.00
	毒死蜱*	219	17	7.76	2	0.91
	对硫磷*	140	0	0.00	0	0.00
	甲胺磷*	219	1	0.46	0	0.00
	甲拌磷*	209	1	0.48	0	0.00
	甲拌磷砒*	186	2	1.08	2	1.08
	甲拌磷亚砒*	186	0	0.00	0	0.00
	甲基对硫磷*	40	0	0.00	0	0.00
	甲基异柳磷*	40	2	5.00	0	0.00
	久效磷*	40	0	0.00	0	0.00
	乐果*	219	1	0.46	0	0.00
	氯唑磷*	40	0	0.00	0	0.00
	灭除威	5	0	0.00	0	0.00
	灭线磷*	119	0	0.00	0	0.00
	三唑磷*	219	3	1.37	0	0.00
	杀扑磷*	40	3	7.50	0	0.00
	水胺硫磷*	199	0	0.00	0	0.00
	辛硫磷	80	1	1.25	0	0.00
	氧乐果*	219	11	5.02	11	5.02
有机氯类	乙酰甲胺磷*	219	1	0.46	0	0.00
	小计	219	37	16.89	15	6.85
	α-硫丹*	79	0	0.00	0	0.00
	β-硫丹*	79	0	0.00	0	0.00
	硫丹硫酸酯*	79	2	2.53	0	0.00
	小计	79	2	2.53	0	0.00

注: *为禁用生产销售和使用的农药或限制使用的农药

2.4 蔬菜中部分农药残留急性 and 慢性膳食暴露评估

根据公式(1)和(2),本研究急性和慢性膳食暴露评估结果适用于一般人群,慢性膳食暴露评估也只对标准 GB 2763—2021 中存在 ADI 值的 47 种农药残留进行;而急性膳食暴露评估也仅涉及农药残留存在 ARfD 值的 31 种。结果如表 4 所示,宁波市一般人群食用市售蔬菜中 47 种农药残留 IFS 值均<1,均值为 0.004 7,其中氧乐果的 IFS 值最大,为 0.108;31 种农药残留的急性膳食摄入风险%ARfD 均值为 12.919%,其中氯氟氰菊酯%ARfD 值最大,为 95.833%,所有检出农药残留的%ARfD 均小于 100%。以上评估结果表明 2020—2022 年宁波市市售蔬菜中 47 种农药残留慢性暴露风险和 31 种农药残留急性膳食暴露风险对一般人群而言可接受。

3 讨论

本研究发现 2020—2022 年宁波市市售蔬菜中存在农药残留检出和超标现象,与国内众多研究结果类似^[19,22-24],表明市售蔬菜中存在农药残留在众多城市均有发现。有学者研究后认为蔬菜中农药残留检出和蔬菜种植过程中施加农药用于病虫害防治有直接关系^[25-26],因此,规范、合理、科学施用农药应该是减少蔬菜中农药残留的有效方式之一。

同样和其他研究结果类似^[17]是宁波市市售蔬

菜也存在农药混用现象,约 51.52% 样品检出 2 种及以上农药残留,有学者认为^[25],混用农药可能由于菜农对各种农药性质了解不够,误认为用药种类越多,药效越好,有的甚至混用禁用高毒农药,致使农药残留种类增多。同时也有研究表明^[26]多种农药混用之后,对人体的毒害作用可能会增强。因此,本研究发现蔬菜中存在多种农药残留检出现象需值得关注。

姜松强等^[27]认为农药残留检出差异可能与采集时节、种类、数量和检测农药的种类和项目设置不同有关,本研究检出农药残留的蔬菜样品以叶菜类、鳞茎类和鲜豆类蔬菜为主,检出残留农药以杀菌剂、拟除虫菊酯类和新烟碱类等新型低毒农药为主,样品检出率差异有统计学意义。一方面可能和上述 3 类蔬菜的生物特性和(或)菜农施药习惯有关:如叶菜类比表面积较大利于农药沉积,叶菜类生长速度快、周期短、虫害频发导致菜农短期内频繁、大量施药;豆类蔬菜营养丰富虫患相对高发,施药防虫需求高^[28],与其他农作物套种也会导致豆类蔬菜被农药污染及残留检出^[29];韭菜等鳞茎类蔬菜虫患主要在菜体内,往往需灌根施药导致农残检出^[30]。另一方面,拟除虫菊酯类农药作为有机磷和有机氯农药的替代品,具有广谱、高效、低毒、低残留、易分解、对人畜较安全等特点,在菜农中随意滥用也不无关系。因此,了解各类蔬菜的农药残留规

表 4 2020—2022 年宁波市市售蔬菜中不同种类农药残留膳食暴露评估

Table 4 Exposure assessment of dietary of different pesticide residues in vegetables in Ningbo from 2020 to 2022										
农药种类	农药名称	样品	最大值/	平均值/	ADI/	ED1c/	IFS	NEST1/	ARM/	%ARM/%
		份数	(mg/kg)	(mg/kg)	[mg/(kg·BW)]	[mg/(kg·BW)]		[mg/(kg·BW)]	[mg/(kg·BW)]	[mg/(kg·BW)]
氨基甲酸酯类	克百威	179	1.53×10 ⁻²	2.60×10 ⁻³	1.00×10 ⁻³	0.00×10 ⁰	1.20×10 ⁻²	1.28×10 ⁻⁴	1.00×10 ⁻³	1.28×10 ¹
	涕灭威砒	179	5.66×10 ⁻²	2.90×10 ⁻³	3.00×10 ⁻³	0.00×10 ⁰	4.46×10 ⁻³	4.72×10 ⁻⁴	3.00×10 ⁻³	1.57×10 ¹
	异丙威	100	5.65×10 ⁻¹	8.10×10 ⁻³	2.00×10 ⁻³	0.00×10 ⁰	1.87×10 ⁻²	4.71×10 ⁻³	—	—
	仲丁威	100	3.82×10 ⁻²	2.60×10 ⁻³	6.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	2.00×10 ⁻⁴	3.18×10 ⁻⁴	—	—
拟除虫菊酯类	氟氯氰菊酯	40	1.00×10 ⁻²	1.30×10 ⁻³	4.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	1.50×10 ⁻⁴	8.30×10 ⁻⁵	4.00×10 ⁻²	2.10×10 ⁻¹
	甲氰菊酯	140	6.90×10 ⁻²	2.20×10 ⁻³	3.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	3.38×10 ⁻⁴	5.75×10 ⁻⁴	1.00×10 ⁻³	5.75×10 ¹
	联苯菊酯	140	4.57×10 ⁻¹	1.10×10 ⁻²	1.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	5.07×10 ⁻³	3.81×10 ⁻³	3.00×10 ⁻²	1.27×10 ¹
	氯氟氰菊酯	200	2.30×10 ⁰	7.75×10 ⁻²	2.00×10 ⁻²	2.00×10 ⁻⁴	1.79×10 ⁻²	1.92×10 ⁻²	2.00×10 ⁻²	9.58×10 ¹
	氯氰菊酯	140	2.40×10 ⁰	5.13×10 ⁻²	2.00×10 ⁻²	2.00×10 ⁻⁴	1.18×10 ⁻²	2.00×10 ⁻²	4.00×10 ⁻²	5.00×10 ¹
	氰戊菊酯	140	1.13×10 ⁰	1.16×10 ⁻²	2.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	2.68×10 ⁻³	9.42×10 ⁻³	—	—
	溴氰菊酯	40	4.00×10 ⁻²	2.90×10 ⁻³	1.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	1.34×10 ⁻³	3.33×10 ⁻⁴	5.00×10 ⁻²	6.70×10 ⁻¹
其他	阿维菌素	159	1.49×10 ⁻²	2.90×10 ⁻³	1.00×10 ⁻³	0.00×10 ⁰	1.34×10 ⁻²	1.24×10 ⁻⁴	—	—
	氯虫苯甲酰胺	100	1.58×10 ⁻²	2.40×10 ⁻³	2.00×10 ⁰	0.00×10 ⁰	6.00×10 ⁻⁰⁶	1.32×10 ⁻⁴	不需要	—
	灭蝇胺	179	6.56×10 ⁻¹	2.43×10 ⁻²	6.00×10 ⁻²	1.00×10 ⁻⁴	1.87×10 ⁻³	5.47×10 ⁻³	1.00×10 ⁻¹	5.47×10 ⁰
	烯虫酯	5	2.50×10 ⁻³	2.50×10 ⁻³	9.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	1.28×10 ⁻⁴	2.10×10 ⁻⁰⁵	不需要	—
杀菌剂	百菌清	179	4.83×10 ⁻¹	7.60×10 ⁻³	2.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	1.75×10 ⁻³	4.03×10 ⁻³	6.00×10 ⁻¹	6.70×10 ⁻¹
	苯醚甲环唑	179	8.97×10 ⁻¹	4.22×10 ⁻²	1.00×10 ⁻²	1.00×10 ⁻⁴	1.95×10 ⁻²	7.48×10 ⁻³	3.00×10 ⁻¹	2.49×10 ⁰
	吡唑醚菌酯	159	3.04×10 ⁰	8.82×10 ⁻²	3.00×10 ⁻²	3.00×10 ⁻⁴	1.36×10 ⁻²	2.53×10 ⁻²	5.00×10 ⁻²	5.07×10 ¹
	丙环唑	79	3.02×10 ⁻¹	1.44×10 ⁻²	7.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	9.49×10 ⁻⁴	2.52×10 ⁻³	3.00×10 ⁻¹	8.40×10 ⁻¹
	多菌灵	179	3.75×10 ⁰	3.62×10 ⁻²	3.00×10 ⁻²	1.00×10 ⁻⁴	5.57×10 ⁻³	3.13×10 ⁻²	5.00×10 ⁻¹	6.25×10 ⁰
	恶霜灵	79	7.70×10 ⁻³	3.10×10 ⁻³	—	0.00×10 ⁰	—	6.40×10 ⁻⁰⁵	—	—
	二硫代氨基甲酸酯	39	1.14×10 ⁰	1.09×10 ⁻¹	—	3.00×10 ⁻⁴	—	9.50×10 ⁻³	—	—
	腐霉利	184	9.32×10 ⁰	1.50×10 ⁻¹	1.00×10 ⁻¹	5.00×10 ⁻⁴	6.90×10 ⁻³	7.77×10 ⁻²	—	—
	甲基硫菌灵	100	1.63×10 ⁻¹	5.30×10 ⁻³	9.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	2.72×10 ⁻⁴	1.36×10 ⁻³	—	—
	甲霜灵	179	1.59×10 ⁻¹	3.90×10 ⁻³	8.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	2.25×10 ⁻⁴	1.33×10 ⁻³	1.00×10 ⁻¹	1.33×10 ⁰
	腈菌唑	79	1.12×10 ⁻²	2.50×10 ⁻³	3.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	3.84×10 ⁻⁴	9.30×10 ⁻⁰⁵	2.00×10 ⁻¹	5.00×10 ⁻²
	咪鲜胺	100	7.29×10 ⁻¹	1.03×10 ⁻²	1.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	4.75×10 ⁻³	6.08×10 ⁻³	1.00×10 ⁻¹	6.08×10 ⁰
	啞霉胺	179	6.82×10 ⁻¹	7.90×10 ⁻³	2.00×10 ⁻¹	0.00×10 ⁰	1.82×10 ⁻⁴	5.68×10 ⁻³	不需要	—
	五氯硝基苯	79	8.20×10 ⁻³	1.70×10 ⁻³	1.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	7.84×10 ⁻⁴	6.80×10 ⁻⁰⁵	—	—
	戊唑醇	179	8.66×10 ⁻¹	1.87×10 ⁻²	3.00×10 ⁻²	1.00×10 ⁻⁴	2.88×10 ⁻³	7.22×10 ⁻³	3.00×10 ⁻¹	2.41×10 ⁰
	烯酰吗啉	179	8.02×10 ⁻¹	3.25×10 ⁻²	2.00×10 ⁻¹	1.00×10 ⁻⁴	7.49×10 ⁻⁴	6.68×10 ⁻³	6.00×10 ⁻¹	1.11×10 ⁰
新烟碱类	吡虫啉	140	2.94×10 ⁰	6.14×10 ⁻²	6.00×10 ⁻²	2.00×10 ⁻⁴	4.72×10 ⁻³	2.45×10 ⁻²	4.00×10 ⁻¹	6.13×10 ⁰
	啶虫脒	140	2.31×10 ⁰	8.14×10 ⁻²	7.00×10 ⁻²	3.00×10 ⁻⁴	5.36×10 ⁻³	1.93×10 ⁻²	1.00×10 ⁻¹	1.93×10 ¹
	呋虫胺	40	6.81×10 ⁻¹	2.23×10 ⁻²	2.00×10 ⁻¹	1.00×10 ⁻⁴	5.14×10 ⁻⁴	5.68×10 ⁻³	—	—
	噻虫胺	40	2.09×10 ⁻²	3.40×10 ⁻³	1.00×10 ⁻¹	0.00×10 ⁰	1.57×10 ⁻⁴	1.74×10 ⁻⁴	—	—
	噻虫嗪	40	5.16×10 ⁻²	4.90×10 ⁻³	8.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	2.82×10 ⁻⁴	4.30×10 ⁻⁴	—	—
	烯啶虫胺	40	3.00×10 ⁻³	3.00×10 ⁻³	5.30×10 ⁻¹	0.00×10 ⁰	2.60×10 ⁻⁰⁵	2.50×10 ⁻⁰⁵	—	—
	毒死蜱	219	8.21×10 ⁻¹	9.30×10 ⁻³	1.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	4.29×10 ⁻³	6.84×10 ⁻³	1.00×10 ⁻¹	6.84×10 ⁰
有机磷类	甲胺磷	219	2.20×10 ⁻²	1.80×10 ⁻³	4.00×10 ⁻³	0.00×10 ⁰	2.08×10 ⁻³	1.83×10 ⁻⁴	1.00×10 ⁻²	1.83×10 ⁰
	甲拌磷	209	6.70×10 ⁻³	1.80×10 ⁻³	7.00×10 ⁻⁴	0.00×10 ⁰	1.19×10 ⁻²	5.60×10 ⁻⁰⁵	3.00×10 ⁻³	1.86×10 ⁰
	甲拌磷砒	186	1.65×10 ⁻²	2.00×10 ⁻³	7.00×10 ⁻⁴	0.00×10 ⁰	1.32×10 ⁻²	1.38×10 ⁻⁴	3.00×10 ⁻³	4.58×10 ⁰
	甲基异柳磷	40	8.50×10 ⁻³	1.30×10 ⁻³	3.00×10 ⁻³	0.00×10 ⁰	2.00×10 ⁻³	7.10×10 ⁻⁰⁵	—	—
	乐果	219	1.72×10 ⁻²	1.80×10 ⁻³	2.00×10 ⁻³	0.00×10 ⁰	4.15×10 ⁻³	1.43×10 ⁻⁴	2.00×10 ⁻²	7.20×10 ⁻¹
	三唑磷	219	2.21×10 ⁻²	1.60×10 ⁻³	1.00×10 ⁻³	0.00×10 ⁰	7.38×10 ⁻³	1.84×10 ⁻⁴	1.00×10 ⁻³	1.84×10 ¹
	杀扑磷	40	2.14×10 ⁻²	2.40×10 ⁻³	1.00×10 ⁻³	0.00×10 ⁰	1.11×10 ⁻²	1.78×10 ⁻⁴	1.00×10 ⁻²	1.78×10 ⁰
	辛硫磷	80	1.47×10 ⁻²	2.60×10 ⁻³	4.00×10 ⁻³	0.00×10 ⁰	3.00×10 ⁻³	1.23×10 ⁻⁴	—	—
	氧乐果	219	3.74×10 ⁻¹	7.00×10 ⁻³	3.00×10 ⁻⁴	0.00×10 ⁰	1.08×10 ⁻¹	3.12×10 ⁻³	2.00×10 ⁻²	1.56×10 ¹
	乙酰甲胺磷	219	2.80×10 ⁻²	1.90×10 ⁻³	3.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	2.92×10 ⁻⁴	2.33×10 ⁻⁴	1.00×10 ⁻¹	2.30×10 ⁻¹
有机氯类	硫丹硫酸酯	79	1.31×10 ⁻²	1.80×10 ⁻³	1.00×10 ⁻²	0.00×10 ⁰	1.38×10 ⁻³	1.09×10 ⁻⁴	2.00×10 ⁻²	5.50×10 ⁻¹

注：“—”表示值不存在

律分布,加强重点蔬菜的监督力度;同时加大宣传力度,建议消费者在食用蔬菜时应注意彻底清洗,减少农药残留,降低食用蔬菜造成的健康风险危害。

本研究监测还发现宁波市市售蔬菜中存在禁(限)用农药检出和超标现象,与刘楠^[31]和乔雯等^[32]监测结果类似,本研究中检出禁(限)用农药包括有机磷类(毒死蜱、甲胺磷、甲拌磷及其代谢产物、甲

基异柳磷、乐果、三唑磷、杀扑磷、辛硫磷、氧乐果和乙酰甲胺磷)、氨基甲酸酯类(克百威、涕灭威砒)和有机氯类(硫丹硫酸酯),其中涕灭威(砒)、甲拌磷(砒)、氧乐果和毒死蜱残留量超过现行国内标准限值。有学者分析认为一是禁(限)用农药广谱高效价格低廉,菜农盲目追求效果违规使用;二是不排除生产厂家为追求利益在常规农药中违规添加禁

用农药的可能;三是早年使用禁用农药,造成了土壤污染^[33]。综上,坚决贯彻执行禁用高毒农药政策,严厉打击禁用农药的生产、销售和使用显得尤为重要。

有研究表明膳食暴露风险评估能够更加科学地描述蔬菜中农药残留与人体健康之间的关系^[34]。本研究通过 IFS 法和急性膳食摄入风险(%ARfD)法全面对宁波市近3年市售蔬菜中农药残留风险状况进行慢性和急性膳食暴露评估,结果显示所有检出农药的 IFS 均小于1(当 R_i 为平均值),%ARfD 小于100%,提示宁波市近3年市售蔬菜中农药残留膳食暴露风险在可接受范围内,即日常饮食中通过蔬菜摄入农药残留风险较小,不会对人体健康造成不良影响。虽然本研究中1份香菜样品氯氟氰菊酯检出值为2.3 mg/kg,急性膳食暴露风险评估%ARfD 值为95.833%,逼近界限值100.00%,但结合香菜的摄入量达到本研究引用的最大份蔬菜量(500g)不胜常见,因此香菜中氯氟氰菊酯的急性膳食暴露风险被高估的可能性较大。

本研究也存在不足之处,一是采用对单一农药评估的 IFS 法和未考虑不同农药间联合毒性效应,均可能导致对风险程度的低估;二是未深入分析诸如年龄、性别、消费频率和采样季节等因素之间的差异,因而提高了农药残留暴露风险结论的不确定性;三是本研究进行急性膳食暴露评估引用的蔬菜摄入量与居民实际的摄入量不一定相同,具有一定的局限性;四是蔬菜可食部分因子和加工因子均取1,在一定程度上存在高估暴露风险的可能。

综上所述,宁波市近3年市售蔬菜中存在农药残留检出和超标,且存在禁用高毒农药检出现象,膳食暴露风险评估结果提示对一般人群而言,蔬菜中31种农药残留的急性膳食暴露风险较小,47种农药残留的慢性膳食暴露风险亦较小,正常食用不会对人体健康造成不良影响。建议:一是对菜农进行农药知识宣传,提供优质的种植技术,指导其合理使用农药;二是对禁售农药的生产、流通、使用加大监管力度,严格控制禁用农药的违规使用;三是对蔬菜农药残留加强监测,掌握蔬菜农药残留变化,及时运用更科学合理的方法对农药残留状况进行风险评估,发现安全隐患,保障蔬菜食用安全;四是加强宣传教育,强化家庭清洗是消灭农药残留最后一道防线意识。

参考文献

[1] 李海洲,黄志超,唐衍军.区块链赋能视角下的蔬菜供应链质量安全管理[J].北方园艺,2021(11):160-165.

- LI H Z, HUANG Z C, TANG Y J. Quality and safety management of vegetable supply chain from the perspective of blockchain empowerment[J]. Northern Horticulture, 2021 (11): 160-165.
- [2] 孟繁磊,谭莉,范宏,等.吉林省种植基地蔬菜中农药污染特征及风险评价[J].食品安全质量检测学报,2022,13(14):4612-4619.
- MENG F L, TAN L, FAN H, et al. Characteristics and risk assessment of pesticide pollution in vegetables from planting bases in Jilin Province[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2022, 13(14): 4612-4619.
- [3] 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 commercial vegetables in Inner Mongolia from 2015 to 2021 [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2023, 35(6): 849-853.
- [4] 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 assessment of pesticide residues in vegetables in Chongqing based on food safety index method [J]. Southwest Agricultural Journal, 2010, 23 (1): 98-102.
- [5] 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 X L, LIU P, QI K, et al. 2018 Evaluation of pesticide residues and chronic dietary exposure in vegetables in Shijiazhuang City [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2020, 11(18): 6562-6567.
- [6] 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 Y W. Study on the Dynamics and Limits of Common Pesticide Residues in Spinach [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008.
- [7] 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 B N. Pesticide residue detection and human health risk assessment of four commonly used vegetables in Sichuan Province [D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2019.
- [8] 王宜凤,郝慧蕾,孟南希.2017年—2020年哈尔滨市蔬菜中农药残留监测结果分析[J].微量元素与健康研究,2023,40(4):47-48.
- WANG Y F, HAO H L, MENG N X. Analysis of pesticide residue monitoring results in vegetables in Harbin City from 2017 to 2020 [J]. Trace Elements and Health Research, 2023, 40(4): 47-48.
- [9] 王曼.2017—2019年吉林省市售蔬菜农药残留监测状况调查分析与风险评估[D].长春:吉林大学,2022.
- WANG M. Analysis and risk assessment of pesticide residue monitoring in vegetables sold in Jilin Province from 2017 to 2019 [D]. Changchun: Jilin University, 2022.

- [10] 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 C M, et al. Analysis of pesticide residue levels and chronic dietary risk assessment in fruits and vegetables sold in Chengdu [J]. Food Industry Science and Technology, 2022, 43(6): 258-268.
- [11] 马新耀, 刘娇, 李伟, 等. 基于食品安全指数法和危害物风险系数法评估山西省韭菜中农药残留的风险[J]. 中国蔬菜, 2022(7): 92-97.
MA X Y, LIU J, LI W, et al. Risk assessment of pesticide residues in chives in Shanxi Province based on food safety index method and hazard risk coefficient method [J]. Chinese Vegetable Journal, 2022(7): 92-97.
- [12] 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 for residents in Inner Mongolia [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(3): 444-450.
- [13] 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 Y M. Risk assessment of pesticide residues in celery [J]. Journal of Food Safety and Quality Testing, 2021, 12(13): 5215-5221.
- [14] 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 X F, ZENG Y, LI Y X, et al. Risk assessment of organophosphate pesticide residues in fruits in Haizhu District, Guangzhou City using food safety index method [J]. Chinese Journal of Health Inspection, 2020, 30(1): 87-90.
- [15] 孙亚米, 江潇潇, 朱勇. 宁波市地产蔬菜杀菌剂类农药残留风险评估[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(7): 1249-1253.
SUN Y M, JIANG X X, ZHU Y. Risk assessment of fungicide pesticide residues in real estate vegetables in Ningbo City [J]. Zhejiang Agricultural Science, 2017, 58(7): 1249-1253.
- [16] 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: China National Standards Press, 2021.
- [17] 罗莎, 赵帅, 高春海, 等. 2016年—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. Evaluation of pesticide residues and dietary exposure in vegetables sold in Tianjin from 2016 to 2020 [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(6): 1238-1243.
- [18] 王绪卿, 吴永宁, 陈君石. 食品污染监测低水平数据处理问题[J]. 中华预防医学杂志, 2002, 36(4): 278-279.
WANG X Q, WU Y N, CHEN J S. Low level data processing issues in food contamination monitoring [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2002, 36(4): 278-279.
- [19] 张静, 史青松, 褚遵华. 2018—2020年德州市市售蔬菜中农药残留污染状况及膳食暴露风险评估[J]. 预防医学论坛, 2021, 27(4): 251-253.
ZHANG J, SHI Q S, CHU Z H. Assessment of pesticide residue pollution and dietary exposure risk in vegetables sold in Dezhou City from 2018 to 2020 [J]. Preventive Medicine Forum, 2021, 27(4): 251-253.
- [20] World Health Organization. World Health Organization spread sheet for the evaluation of chronic exposure (IEDI) [EB/OL]. (2014-01-16) [2022-03-29]. https://www.who.int/foodsafety/chem/IEDIcalculation14_FA01.xlt.
- [21] Food and Agriculture Organization of the United Nations. The JMPR report and evaluations of pesticide residue in 2009 [DB/OL]. (2018-11-12) [2022-03-29]. https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_pesticides/JMPR/JMPPreport09.pdf.
- [22] 赵莹, 王玮, 乔海鸥, 等. 2019—2021年陕西省市售蔬菜中农药残留状况调查及膳食摄入风险评估[J]. 现代预防医学, 2022, 49(21): 3913-3950.
ZHAO Y, WANG W, QIAO H O, et al. Investigation of pesticide residues in vegetables sold in Shaanxi Province from 2019 to 2021 and risk assessment of dietary intake [J]. Modern Preventive Medicine, 2022, 49(21): 3913-3950.
- [23] 聂勇光, 刘凤仙. 2019—2020年滨州市果蔬农药残留监测结果分析[J]. 职业与健康, 2022, 38(12): 1642-1649.
NIE Y G, LIU F X. Analysis of pesticide residue monitoring results in fruits and vegetables in Binzhou City from 2019 to 2020 [J]. Occupational and Health, 2022, 38(12): 1642-1649.
- [24] 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, 283(24): 135-137, 140.
LIU S M, QIN S G, WU K, et al. Pesticide residues and exposure risks in commercially available chives and celery in Suzhou City [J]. Food Safety Guide, 2020, 283(24): 135-137, 140.
- [25] 赵占周. 农药混配与复配制剂使用[J]. 西北园艺: 果树, 2017(1): 9-10.
ZHAO Z Z. Pesticide mixing and compound formulation use [J]. Northwest Horticulture: Fruit Trees, 2017(1): 9-10.
- [26] 左经龙. 如何合理混用农药[J]. 现代农业, 2017(3): 38-39.
ZUO J L. How to mix pesticides reasonably [J]. Modern Agriculture, 2017(3): 38-39.
- [27] 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 S Q, ZHU H L, CHEN Y Z. Analysis of pesticide residue monitoring results in vegetables sold in Zhengzhou City from 2016 to 2020 [J]. Chinese Journal of Health Inspection, 2022, 32(4): 499-503.

- [28] 金旭忠, 徐庭巧, 何良兴. 杭州市市供豇豆有机磷类和氨基甲酸酯类农药残留监测结果分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2012, 22(6): 1372-1374.
- JIN X Z, XU T Q, HE L X. Analysis of monitoring results of organophosphorus and carbamate pesticide residues in cowpea supply in Hangzhou City[J]. Chinese Journal of Health Inspection, 2012, 22(6): 1372-1374.
- [29] 武丕武, 侯润兰, 王丽英, 等. 2008年山西蔬菜中农药残留问题分析[J]. 中国植保导刊, 2009, 29(6): 38-40.
- WU P W, HOU R L, WANG L Y, et al. Analysis of pesticide residues in vegetables from Shanxi Province in 2008[J]. China Plant Protection Guide, 2009, 29(6): 38-40.
- [30] 王淑梅, 王江. 陕西省2003—2006年蔬菜水果有机磷农药残留污染状况[J]. 职业与健康, 2008, 24(13): 1262-1263.
- WANG S M, WANG J. Pollution Status of organophosphorus pesticide residues in vegetables and fruits in Shaanxi Province from 2003 to 2006[J]. Occupational and Health, 2008, 24(13): 1262-1263.
- [31] 刘楠. 2017年临沂市蔬菜农药残留监测结果分析[J]. 现代预防医学, 2018, 45(21): 4021-4024.
- LIU N. Analysis of pesticide residue monitoring results in vegetables of Linyi City in 2017[J]. Modern Preventive Medicine, 2018, 45(21): 4021-4024.
- [32] 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. 2019 survey on pesticide residues in vegetables in Tai'an City[J]. Preventive Medicine Forum, 2020, 26(8): 632-634.
- [33] 张春荣, 赵月, 李倩, 等. 山东省聊城市市售韭菜、芹菜、洋葱中农药残留分析及暴露分析评估[J]. 预防医学论坛, 2023, 29(1): 28-33.
- ZHANG C R, ZHAO Y, LI Q, et al. Analysis and exposure assessment of pesticide residues in chives, celery, and onions sold in Liaocheng City, Shandong Province[J]. Preventive Medicine Forum, 2023, 29(1): 28-33.
- [34] 张国红, 徐雅欣, 李云云, 等. 2015—2019年太原市蔬菜水果农药残留监测结果分析[J]. 中国公共卫生管理, 2021, 37(4): 510-512.
- ZHANG G H, XU Y X, LI Y Y, et al. Analysis of pesticide residue monitoring results in vegetables and fruits in Taiyuan City from 2015 to 2019[J]. China Public Health Management, 2021, 37(4): 510-512.