

集美区生产基地蔬菜农药残留监测与风险评估

刘红¹, 李传勇², 曾志杰², 邵培根³, 郭顺财³,
陈琼², 曹敏杰¹, 刘光明¹

(1. 集美大学食品与生物工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 厦门市农产品质量安全检验检测中心, 福建 厦门 361009; 3. 集美区农林水利局, 福建 厦门 361021)

[摘要] 为全面了解和掌握厦门市集美区生产基地的蔬菜农药残留状况, 对2012—2014年厦门市集美区生产基地6大类蔬菜的52种农药残留进行检测分析, 并通过食品安全指数模型与风险系数模型对检出农药分别开展了暴露风险评估和预警风险评估。结果显示, 集美区生产基地蔬菜的农药残留污染状况易受时令季节的影响, 不同种类蔬菜农药残留检出率大小表现为: 茄果类 > 叶菜类 > 瓜类 > 豆类 > 根茎类 > 其他类; 所检测的52种农药中有22种农药被检出, 3种农药超标。风险评估结果表明, 3年中各种农药对消费者健康的整体危害程度都处于低风险, 总体上厦门市集美区生产基地蔬菜农药残留状况较好。

[关键词] 蔬菜; 农药残留; 风险评估; 食品安全指数; 风险系数

[中图分类号] S 481+.8

[文献标志码] A

Analysis and Risk Assessment of Pesticide Residues in Vegetables of the Production Bases of Jimei District

LIU Hong¹, LI Chuan-yong², ZENG Zhi-jie², SHAO Pei-gen³, GUO Shun-cai³,
CHEN Qiong², CAO Min-jie¹, LIU Guang-ming¹

(1. College of Food and Biological Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. Xiamen Agriculture Product Quality and Safety Testing Center, Xiamen 361021, China;

3. Jimei District Agriculture, Forestry and Water Conservancy Bureau, Xiamen 361021, China)

Abstract: Pesticide residues in different species of vegetable were analyzed in order to investigate the current status in the production bases of Jimei district, Xiamen from 2012 to 2014. Food safety index model and risk index model were both applied to estimate the detection of pesticide. The results showed that the status of pesticide residue in vegetables was affected by seasonal variation. The detectable rate of pesticide residue in different species of vegetable from higher to lower was as following: eggplant like vegetables, leafy vegetables, melon like vegetables, bean like vegetables, tuber like vegetables and other vegetables. Among 52 monitored pesticides, 22 were detected from vegetable samples, and 3 were excessive. The results indicated that in the past three years, each kind of pesticides to the overall damage on the health of consumers was at low risk level and the status of pesticide residue in vegetables of the production bases of Jimei district was generally at a good condition.

[收稿日期] 2014-12-22

[修回日期] 2015-03-30

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目 (31171660)

[作者简介] 刘红 (1989—), 女, 硕士生, 从事食品质量与安全研究。通信作者: 刘光明 (1972—), 男, 教授, 博士, 从事食品加工与安全研究, E-mail: gmliu@jmu.edu.cn.

Key words: vegetables; pesticide residues; risk assessment; index of food safety; risk coefficient

0 引言

农药残留是影响食品安全的重要因素之一,生鲜水果和蔬菜的农药残留问题比谷物和动物性食品等更为严重^[1]. 农药残留的危害不容忽视,短期症状表现为头痛、恶心,长期接触则会导致癌症、生殖毒性、内分泌失调等病症^[2]. 蔬菜为我国第一大农产品,由于其生产周期短,病虫害严重,在其生产过程中,蔬菜的病害达500种以上,虫害达200种以上,因此在蔬菜的生产中就会使用大量的农药,用于病虫害的防治,蔬菜中农药的使用量占农药使用总量的30%^[3]. 农药的大量使用,负面作用不可避免. 生产中若施药次数过多,或没有按照有关规定控制农药的使用浓度、使用量及安全间隔期,就容易出现农药残留超标现象^[4]. 近年来,各类蔬菜农药残留问题频繁发生,如2010年海南毒豇豆事件、2011年辽宁毒豆芽事件、2013年山东毒生姜事件等. 目前,我国多个省市针对蔬菜农药残留开展了监测工作,在超市、批发市场、生产基地等环节进行监督检查,按照农业部有关规定对抽查蔬菜进行有机磷、有机氯、氨基甲酸酯类和拟除虫菊酯类等共52种农药残留量的测定,以全面掌握蔬菜的质量安全状况,确保蔬菜消费安全.

厦门市位于闽南金三角东南部,属于我国南菜北运生产基地产区之一. 据厦门经济区年鉴,2013年其蔬菜种植面积达 1.63×10^4 hm²,总产量57.94万t,集美区灌口镇、后溪镇耕地面积分别为5325.6、1033.2 hm²,被誉为厦门经济特区“菜篮子”工程的重要基地. 目前,还没有文献报道厦门市集美区生产基地的蔬菜情况,因此,本文通过分析2012—2014厦门市集美区生产基地的蔬菜农药残留变化特征,利用食品安全指数和危害物风险系数对检出的农药进行风险评估,以期促进基地蔬菜生产的分类指导和生产过程中农药的使用监管、风险防控.

1 材料与方法

1.1 样品来源

抽样地点涉及厦门市集美区灌口、后溪2个镇共9个种植地的蔬菜生产基地,抽样工作严格依据农业部NY/T 789—2004标准执行. 蔬菜样品包括豆类、根茎类、瓜类、茄果类、叶菜类以及其他类共6大类,共计374份. 采样时间为2012—2014年,每季度1次,分别为1月份、5月份、9月份、11月份.

1.2 实验仪器

Aglient 6890N 气相色谱仪 (美国安捷伦科技公司); Aglient 6890N/5973I 气质联用仪 (美国安捷伦科技公司); Waters Alliance 2695 液相色谱仪 (美国沃特世科技有限公司); Waters ACQUITY UP-LC-Class 超高效液相色谱仪 (美国沃特世科技有限公司); AB Sciex API 5000 液质联用仪 (美国 AB Sciex 质谱系统公司).

1.3 农药残留测定方法

按 NY/T 761—2008、GB/T 19648—2006、GB/T 20769—2008、GB/T 19648—2006、GB/T 20769—2008、SN/T 2114—2008、GB/T 5009.147—2003 测定蔬菜中的52种农药,其可分为5大类. 1) 有机磷类:氧化乐果、敌敌畏、毒死蜱、甲胺磷、甲拌磷、对硫磷、甲基对硫磷、久效磷、甲基异柳磷、三唑磷、杀螟硫磷、水胺硫磷、二嗪磷、伏杀硫磷、辛硫磷、乐果、亚胺硫磷、丙溴磷、马拉硫磷、乙酰甲胺磷、磷铵; 2) 拟除虫菊酯类:氯氟氰菊酯、甲氰菊酯、氰戊菊酯、联苯菊酯、氯氰菊酯、氟氯氰菊酯、溴氰菊酯、氟胺氰菊酯、氟氰戊菊酯; 3) 氨基甲酸酯类:克百威 (3-羟基克百威)、灭多威、甲萘威、涕灭威 (涕灭威砒、涕灭威亚砒); 4) 有机氯类:六六六 (4种异构体)、百菌清、三唑酮、五氯硝基苯、三氯杀螨醇、异菌脲、腐霉利、吡虫啉、氟虫腈、灭幼脲、啉螨灵、除虫脲、苯醚甲环唑、乙烯菌核利、啉虫脒; 5) 其他类:阿维菌素、啉霉胺、多菌灵.

测定结果根据 CB 2763—2014 中蔬菜的最大残留限量值进行分析，所检样品只要其中一项超标，就判定为“不合格”。

1.4 风险评估

1.4.1 暴露风险评估

以食品安全指数 I (Index of Food Safty, IFS) 评价蔬菜中某种农药残留的安全性，评估模型见式 (1)；蔬菜中各种农药对人体健康危害的总程度，评估模型见式 (2)。

$$I_C = E_C \times f / (S_C \times b_w), \tag{1}$$

$$\bar{I} = \sum_{i=1}^n I_C / n, \tag{2}$$

式 (1)、式 (2) 中： C 为受检农药； E_C 为农药 C 的实际摄入量估算值，等于 $\sum (R_i \times F_i \times H_i \times P_i)$ (i 为蔬菜种类， R_i 为蔬菜 i 中农药 C 的残留水平 (mg/kg)， F_i 为蔬菜的估计摄入量 (g/(人·天))； H_i 和 P_i 分别为蔬菜 i 的可食用部分因子和加工处理因子)； S_C 为农药 C 的安全摄入量，采用可接受日摄入量 ADI， b_w 为人平均体重，kg； f 为农药安全摄入量的校正因子。 $I_C < 1$ ，农药 C 对蔬菜安全没有影响； $I_C \leq 1$ ，农药 C 对蔬菜安全影响的风险可以接受； $I_C > 1$ ，农药 C 对蔬菜安全的影响不可接受； $\bar{I} < 1$ ，所研究消费者人群的蔬菜安全状态很好； $\bar{I} \leq 1$ ，所研究消费者人群的蔬菜安全状态可以接受； $\bar{I} > 1$ ，所研究消费者人群的蔬菜安全状态不可接受。

本文设 $F = 380 \text{ g/(人·天)}$ [5]， $E = 1$ ， $P = 1$ ， $b_w = 60 \text{ kg}$ ， $f = 1$ 。该 22 种农药的 ADI 值 (mg/kg) 分别是：哒螨灵 0.01、腐霉利 0.1、乙烯菌核利 0.01、吡虫啉 0.06、啉虫脒 0.07、多菌灵 0.03、三唑酮 0.03、除虫脲 0.02、氯氰菊酯 0.02、五氯硝基苯 0.01、乐果 0.002、百菌清 0.02、毒死蜱 0.01、三唑磷 0.001、灭多威 0.02、啞霉胺 0.2、联苯菊酯 0.01、灭幼脲 1.25、氰戊菊酯 0.02、甲氰菊酯 0.03、异菌脲 0.06、克百威 0.001 [6]。

1.4.2 预警风险评估

采用风险系数 R (Risk Index, RI) 评价集美区生产基地蔬菜中农药残留风险，评估模型为

$$R = ap + b/f + S, \tag{3}$$

其中： p 为受检农药的超标率； f 为受检农药施检频率； a 和 b 分别为相应的权重系数； S 为受检农药的敏感因子。 p 、 f 和 S 随研究的时间区段而动态变化。可预期的结果为： $R < 1.5$ ，受检农药处于低度风险； $1.5 \leq R \leq 2.5$ ，受检农药处于中度风险； $R > 2.5$ ，受检农药处于高度风险。

本研究取 $a = 100$ ， $b = 0.1$ 。由于数据来源于正常施检，所以 $f = 1$ ， $S = 1$ 。

2 结果与讨论

2.1 集美区生产基地蔬菜的农药残留状况

2.1.1 不同年份、季度蔬菜农药残留的变化

从表 1 可以看出，2012—2014 年集美区蔬菜生产基地的农药超标率均低于相应年份全国蔬菜农药残留监测超标水平 (2.1% [7]，3.4% [8]，3.7% [9])。生产基地一般都会采取先进的科学技术和标准管理，使用农药较规范、科学 [10]。集美区 2012 年全年的检出率为 8.4%，未超标；2013 年全年的检出率最低，为 5.6%，未超标；2014 年全年农药残留的检出率高达 23.4%，超标率为 1.8%。2014 年检出率的突然大增，原因可能是将原来用液相色谱仪检测升级为用液质联用仪检测，大大提高了检出限。而农药残留超标现象的出现，则是生产者在农药的规范合理使用方面出现了问题，应引起重点关注。

由表 1 还可以看出，蔬菜的农药残留状况还随着季节的变化而波动，这与本地气候及病虫害发生以及当地在应对蔬菜生产方面所采取的措施有关。厦门市 1、2 月气温低，气候干燥，病虫害发生相对较少，农户很少用药，故第一季度蔬菜没有农药残留检出。第二季度天气回暖，有利于害虫和细菌的

表 1 2012—2014 年各季度集美区蔬菜农药残留状况

Tab.1 The status of pesticide residue in vegetables of Jimei district in different quarters from 2012 to 2014

时间 Time	2012			2013			2014			合计 Total		
	抽样数 Sampling numbers	检出率 Detectable rate/%	超标率 Excessive rate/%	抽样数 Sampling numbers	检出率 Detectable rate/%	超标率 Excessive rate/%	抽样数 Sampling numbers	检出率 Detectable rate/%	超标率 Excessive rate/%	抽样数 Sampling numbers	检出率 Detectable rate/%	超标率 Excessive rate/%
第一季度 First quarter	18	0	0	16	0	0	30	0	0	64	0	0
第二季度 Second quarter	25	8.0	0	35	14.3	0	40	35.0	0	100	21.0	0
第三季度 Third quarter	20	15.0	0	26	0	0	43	23.3	2.3	89	14.6	1.1
第四季度 Fouth quarter	20	10.0	0	47	4.3	0	54	27.8	3.7	121	15.7	1.7
全年 Annual	83	8.4	0	124	5.6	0	167	23.4	1.8	374	14.2	0.8

生长繁殖，农户就会施于各类农药，但由于这期间属雨季，农药残留量会较少，因为雨水冲洗了大量残留在蔬菜上面的农药^[4]，故出现了第二季度都有一定的农药残留检出现象，但未超标。三、四季度高温高湿，病虫害严重，农药施用量及次数增加，8—10 月份属于台风频发季节，在台风来临前农户一般会进行蔬菜抢收，很容易出现未过安全间隔期现象；10—12 月土壤湿润，利于植物病菌和害虫的繁殖，农户会增加用药频率^[11]，故第三、四季度蔬菜样品农药残留检出率较高，甚至有超标现象。可以看出，厦门市集美区蔬菜生产基地各季度的农药残留的超标率呈现了一种“齿条线”的变化。推测蔬菜的农药残留季节变化规律与本地的气候、病虫害的发生及各种蔬菜的种植特征等有关，如：赵小中等^[12]报道的郑州的蔬菜农药残留第 2、4 季度的超标率明显高于第 1、3 季度，呈现一种“正弦线”式的变化；吴丹亚等^[13]报道的宁波的蔬菜农药残留第一、四季度的超标率要高于第二、三季度，呈“中间低、两头高”的趋势。

2.1.2 不同种类蔬菜农药残留的变化

3 年中各类蔬菜在抽检样品中的比例为：叶菜类（62.3%）> 瓜类（15.2%）> 茄果类（11.5%）> 豆类（5.9%）> 根茎类（4.5%）> 其他类（0.5%）。6 大类蔬菜残留农药 3 年平均的检出率为（见图 1）：茄果类（20.9%）> 叶菜类（14.2%）> 豆类（13.6%）> 根茎类（11.8%）> 瓜类（10.5%）> 其他类（0%），只有茄果类、叶菜类出现超标，分别为 2.3%、0.9%。显然，不同种类蔬菜由于其种植特征导致受农药污染的程度不同：茄果类蔬菜营养丰富，虫害发生的情况相对会多，导致高检出率以及超标现象^[14]；叶菜类蔬菜容易长虫，使用农药的频率较高，叶表面大，对农药的吸附性也很强，难以降解，出现了较高检出率以及超标现象^[15]；豆类蔬菜极易发生虫害，使用农药的频率也相对较高，且豆类蔬菜大多属于连续结荚，同一片菜地成熟与未成熟豆荚同时存在，很容易出现药物防治后没过安全间隔期就误采，故出现了检出现象^[12,16]。根茎类生长在土壤内，病虫害不容易防治，种植者可能加大药量、频次，且防治地下病虫害的农药残效期较长且不易分解^[17]，故也出现了检出现象；瓜类蔬菜一般果实无芳香，果肉水分较多，里面的种子很小，

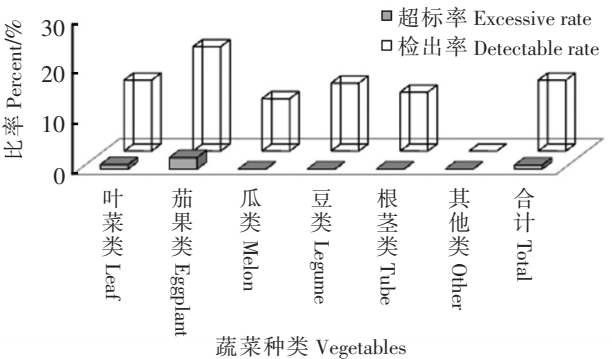


图 1 3 年中不同种类蔬菜的农药检出率和超标率

Fig.1 The detectable rate and excessive rate of pesticide residue in different kinds of vegetable within the three years

Fig.1 The detectable rate and excessive rate of pesticide residue in different kinds of vegetable within the three years

较少生虫，并且其生长期较长，用药后到上市的相隔时间较长，农药降解较多^[17]，所以瓜类蔬菜检出率较低。综上所述，今后应加大对茄果类蔬菜农药残留的抽检力度。

表 2 是各类蔬菜在各个季节的农药残留情况，其中根茎类的检出率在 4 个季度内波动较大，第一、三季度都没有检出，第二季度检出率 100%，第四季度检出率 12.5%。豆类在第二、四季度有检出（18.2%，12.5%），未超标。瓜类在第二、三季度有检出（16.7%，14.3%），未超标。叶菜类在第二、三、四季度都有检出（23.3%，11.1%，17.1%），第四季度有超标（2.4%），茄果类在第二、三、四季度都有检出（12.5%，33.3%，33.3%），第三季度有超标（8.3%）。3 年中，第一季度无一类蔬菜检出农药残留，第二季度有 5 类蔬菜检出，第三季度有 3 类检出，第四季度则有 4 类蔬菜检出。鉴于以上结果，可知各个时段不同种类的蔬菜均有不同程度的检出，因此人们平常应扩大蔬菜消费品种范围，均衡营养，不应只追求单一类别的蔬菜的摄入。

表 2 不同种类的蔬菜在 4 个季度中的农药残留情况
Tab. 2 The status of pesticide residue in different species of vegetables in the four quarters

蔬菜种类 Vegetables	第一季度 First quarter			第二季度 Second quarter			第三季度 Third quarter			第四季度 Fouth quarter		
	抽样数 Sampling numbers	检出率 Detectable rate/%	超标率 Excessive rate/%	抽样数 Sampling numbers	检出率 Detectable rate/%	超标率 Excessive rate/%	抽样数 Sampling numbers	检出率 Detectable rate/%	超标率 Excessive rate/%	抽样数 Sampling numbers	检出率 Detectable rate/%	超标率 Excessive rate/%
叶菜类 Leaf vegetables	46	0	0	60	23.3	0	45	11.1	0	82	17.1	2.4
茄果类 Eggplant vegetables	6	0	0	16	12.5	0	12	33.3	8.3	9	33.3	0
瓜类 Melon vegetables	3	0	0	12	16.7	0	28	14.3	0	14	0	0
豆类 Legume vegetables	0	0	0	11	18.2	0	3	0	0	8	12.5	0
根茎类 Tuber vegetables	7	0	0	1	100*	0	1	0	0	8	12.5	0
其他类 Other vegetables	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

说明：* 表示因样本小而不具有代表性。
Note: * means the number of sample is too few to represent the whole situation.

2.1.3 不同种类农药的残留状况

图 2 显示，在 52 种被检农药中有 22 种农药存在不同程度的检出，共计 66 次，检出残留次数大于 5 次的农药由高到低为：哒螨灵（11 次）>啶虫脒（9 次）>腐霉利（7 次）=吡虫啉（7 次）>乙烯菌核利（6 次），检出按农药类别合计：有机氯类 11 种（52 次）>拟除虫菊酯类 4 种（5 次）>其他类 2 种（4 次）>有机磷类 3 种（3 次）>氨基甲酸酯类 2 种（2 次）。

3 年中引起集美区蔬菜农药残留的主要是有机氯类农药，这与郑金武^[11]介绍厦门市蔬菜农药残留状况中提到的有机磷类农药是引起蔬菜农药残留的主要农药有所区别。BAKIRCI^[17]曾介绍土耳其爱琴海地区蔬菜中常检出农药前 4 种为啶虫脒、多菌灵、吡虫啉、哒螨灵，其中的 3 种为本文监测的基地常检出的农药，说明在蔬菜的种植上这几种农药被广泛运用。本研究检出次数最多的哒螨灵属于低毒性杀螨剂，检出次数大于 5 次的啶虫脒、腐霉利、吡虫啉和乙烯菌核利，均属于低毒性杀虫剂或杀菌剂，很明显低毒农药的不合理使用是造成蔬菜农药残留检出的重要因素，这说明厦门市集美区生产基地的大部分农户积极响应国家禁止在蔬菜中使用高毒农药的政策。而多次的检出，说明在低毒农药的使用上，部分农户没有按照有关规定控制农药的使用浓度、使用量及安全间隔期，有关部门今后对这些农药的使用管理应给予重视。而且，克百威的检出甚至超标说明禁用农药的违法使用仍然没有杜绝，应引起高度重视。

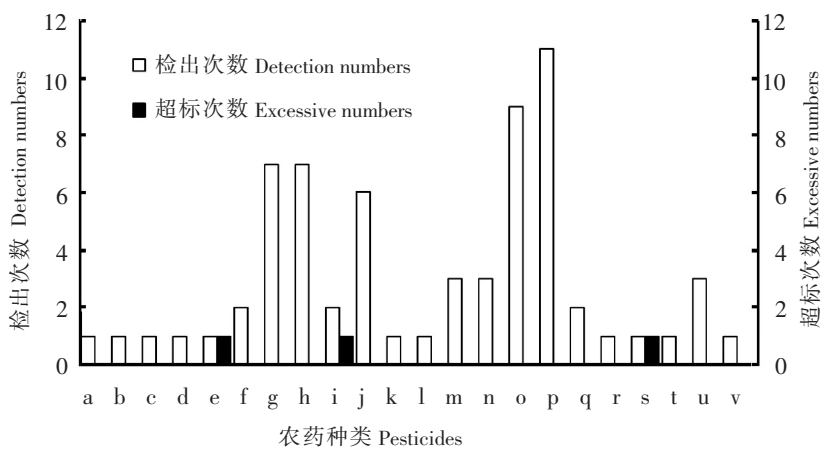


图 2 不同农药的检出与超标情况

Fig.2 The detection results of different kinds of pesticide

同一种农药在不同种类蔬菜中的检出率也存在差异,表 3 是各种蔬菜的农药检出情况,检出合计:叶菜类 16 种 (45 次) > 茄果类 8 种 (9 次) > 瓜类 7 种 (8 次) > 豆类 2 种 (2 次) = 根茎类 2 种 (2 次) > 其他类 0 种 (0 次). 可以发现,农药残留检出的次数越多的蔬菜,检出的农药种类也越多^[15]. 其中,叶菜类蔬菜检出腐霉利中的样品都是生菜,与 RASFF (速预警通报) 系统在 2003—2007 年提到的生菜中腐霉利是该蔬菜危险的因素相符^[18]. 大多数的农药只有在叶菜类蔬菜中有检出,而乐果、联苯菊酯只在瓜类蔬菜中检出,灭幼脲、氰戊菊酯、甲氰菊酯、啞霉胺只在茄果类蔬菜检出. 乙烯菌核利在叶菜类、茄果类、瓜类、豆类都有不同程度的检出,吡虫啉在叶菜类、茄果类、豆类有检出,多菌灵、三唑酮在叶菜类、根茎类蔬菜有检出. 且各种样品都不是残留一种农药. 本文中有 13.1% 的样品检出的农药大于 2 种,南美蔬菜水果的农药残留中,超过 13% 的样品检出的农药大于 5 种^[19],这表明在施用农药时各国的农户都会选择不同类型药剂交替使用或混用,这样可以防止蔬菜产生抗药性.

2.2 集美区生产基地蔬菜农药残留的风险评价

本研究利用 IFS 结合残留监测和膳食暴露评估,以评价某种农药对人体健康危害程度^[20-21],从而评价蔬菜中整体农药残留的安全性,利用 RI 综合考虑了农药的超标率、施检频率及其本身敏感性的影响,全面地反映出农药在一段时间内的风险程度^[22]. 表 3 主要是针对检出农药利用 IFS 和 RI 在 6 大类蔬菜中进行风险评估,从单种农药的 IFS 看出,除了啞霉灵,其余农药的 IFS 均小于 1,这说明,在所研究的年份啞霉灵是影响蔬菜安全的主要因素,其余农药的残留量对蔬菜安全影响的风险可接受. 从 52 种农药的综合安全指数 (\overline{IFS}) 看出,各种农药对消费者健康的整体危害程度都是低风险. 从各种农药的 RI 看出,各类蔬菜的风险药物清单存在差异,克百威、五氯硝基苯在叶菜类、氰戊菊酯在茄果类蔬菜中的风险系数为 1.53,为中度风险;乐果等其他 19 种检出农药在各类蔬菜中的 RI 均小于 1.5,为低度风险. \overline{IFS} 和 RI 结果显示,厦门市集美区生产基地的蔬菜状况对消费者都是有保障的,可放心食用. 但是即使暴露在很低的农药残留下,长期累积也会造成风险^[23]. 所以,人们在吃水果、蔬菜的时候,一定要对样品进行较充分的清洗,这样可以一定程度缓解农药残留.

表 3 蔬菜农药残留状况与风险评价

Tab. 3 The pesticide residue level and the risk assessment in vegetables

农药 Pesticide	叶菜类 Leaf vegetables				茄果类 Eggplant vegetables				瓜类 Melon vegetables				豆类 Legume vegetables				根茎类 Tuber vegetables				其他类 Other vegetables			
	检出次数 Detectable numbers		超标次数 Excessive numbers		检出次数 Detectable numbers		超标次数 Excessive numbers		检出次数 Detectable numbers		超标次数 Excessive numbers		检出次数 Detectable numbers		超标次数 Excessive numbers		检出次数 Detectable numbers		超标次数 Excessive numbers		检出次数 Detectable numbers		超标次数 Excessive numbers	
	IFS	R	IFS	R	IFS	R	IFS	R	IFS	R	IFS	R	IFS	R	IFS	R	IFS	R	IFS	R	IFS	R	IFS	R
乐果 Dimethoate	0	0	-	-	0	0	-	-	1	0	0.13	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
毒死蜱 Chlorpyrifos	1	0	0.03	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
三唑磷 Triazophos	1	0	0.17	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
灭多威 Methomyl	1	0	0.02	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
克百威 Carbofuran	1	1	0.15	1.53	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
百菌清 Chlorothalonil	1	0	0.48	1.10	0	0	-	-	1	0	0.02	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
腐霉利 Procymidone	5	0	0.03	1.10	1	0	0.01	1.10	1	0	0.01	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
吡虫啉 Imidacloprid	5	0	0.02	1.10	1	0	0.01	1.10	0	0	-	-	1	0	0.08	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-
五氯硝基苯 Quintozene	2	1	0.52	1.53	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
乙烯菌核利 Vinclozolin	3	0	0.19	1.10	1	0	0.15	1.10	1	0	0.14	1.10	1	0	0.19	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-
异菌脲 Iprodione	1	0	0.09	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
灭幼脲 Chlorbenzuron	0	0	-	-	1	0	0.01	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
除虫脲 Diflubenzuron	1	0	0.24	1.10	0	0	-	-	2	0	0.32	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
三唑酮 Triadimefon	2	0	0.01	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	1	0	0.01	1.10	0	0	-	-
啶虫脒 Acetamiprid	6	0	0.06	1.10	2	0	0.01	1.10	1	0	-	-	0	0	0.01	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-
吡蚜灵 Pyridaben	11	0	1.10	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
氯氰菊酯 Cypemethrin	2	0	0.46	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
联苯菊酯 Bifenthrin	0	0	-	-	0	0	-	-	1	0	0.09	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
氰戊菊酯 Fenvalerate	0	0	-	-	1	1	0.11	1.53	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
甲氰菊酯 Fenpropathrin	0	0	-	-	1	0	0.02	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
多菌灵 Carbendazim	2	0	0.35	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	1	0	-	-	0	0	-	-
啉霉胺 Pyrimethanil	0	0	-	-	1	0	0.01	1.10	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
IFS	0.068				0.006				0.012				0.005				0.002				0			

说明：“-”表示无风险。

Note:“-”represent no risk.

3 结论

- 1) 2012—2014 年厦门市集美区生产基地蔬菜农药残留总体合格率 99.2%，高于全国平均水平。
- 2) 基地蔬菜的农药残留污染状况易受时令季节、蔬菜种植特征的影响。所检测的 52 种农药中有 22 种农药被检出，其中 3 种农药超标。
- 3) 各种农药对消费者健康的整体危害程度都是低风险。总体上，厦门市集美区生产基地蔬菜农

药残留状况较好,生产基地的规模及组织方式对蔬菜安全生产的管理有积极的作用。

[参考文献]

- [1] CHEN C, QIAN Y Z, CHEN Q, et al. Evaluation of pesticide residues in fruits and vegetables from Xiamen, China [J]. Food Control, 2011, 22(7): 1114-1120.
- [2] BERRADA H, FERNANDEZ M, RUIZ M J, et al. Surveillance of pesticide residues in fruits from Valencia during twenty months (2004/05) [J]. Food Control, 2010, 21(1): 36-44.
- [3] 张俊. 重庆市菜地农药污染现状及其控制对策 [D]. 重庆: 西南农业大学资源环境学院, 2005.
- [4] BHANTI M, TANEJA A. Contamination of vegetables of different seasons with organophosphorous pesticides and related health risk assessment in northern India [J]. Chemosphere, 2007, 69(1): 63-68.
- [5] 汪晓银, 谭劲英, 谭砚文. 城乡居民年人均蔬菜消费量长期趋势分析 [J]. 湖北农业科学, 2006, 45(2): 135-137, 193.
- [6] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 2763—2014 食品安全国家标准食品中农药最大残留限量 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [7] 中华人民共和国农业部. 2012 年蔬菜农药残留监测合格率达到 97.9% [EB/OL]. (2013-04-02) [2015-06-05]. <http://www.vegnet.com.cn/News/837229.html>.
- [8] 中华人民共和国农业部. 2013 年中国蔬菜、畜禽和水产品监测合格率均超 90% [EB/OL]. (2014-01-15) [2015-06-05]. <http://www.chinanews.com/gn/2014/01-15/5740499.shtml>.
- [9] 中华人民共和国农业部. 2014 年全年蔬菜合格率为 96.3% [EB/OL]. (2014-12-18) [2015-06-05]. <http://www.zgny.com.cn/ifm/consultation/2014-12-18/275880.shtml>.
- [10] 俞丹宏. 浙江省蔬菜农药残留和重金属污染的监测与控制研究 [D]. 杭州: 浙江大学农业与生物技术学院, 2009.
- [11] 郑金武. 厦门市蔬菜农药残留现状及解决对策 [J]. 福建农业科技, 2011(2): 99-101.
- [12] 赵小中, 魏小春, 朱香玲, 等. 7 类重要蔬菜中农药残留风险分析 [J]. 河南农业科学, 2013(12): 98-101.
- [13] 吴丹亚, 金彬, 高进, 等. 宁波市城郊散户蔬菜农药残留风险分析 [J]. 浙江农业科学, 2013(4): 438-441.
- [14] MEKONEN S, AMBELU A, SPANOGHE P. Pesticide residue evaluation in major staple food items of Ethiopia using the QuEChERS method: a case study from the Jimma Zone [J]. Environ Toxicol Chem, 2014, 33(6): 1294-1302.
- [15] 武丕武, 孔蒙河, 张静. 山西省 2012 年蔬菜农药残留监测结果分析 [J]. 农药科学与管理, 2013(9): 35-37.
- [16] 吴艳艳. 广东省佛山市禅城区蔬菜农药残留监测情况分析 [J]. 北京农业, 2012(12): 282-283.
- [17] BAKIRCI G T, YAMAN ACAY D B, BAKIRCI F, et al. Pesticide residues in fruits and vegetables from the Aegean region, Turkey [J]. Food Chemistry, 2014, 160: 379-392.
- [18] LUDWICHI J K, KOSTKA G. Przekroczenia najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów w żywności zgłaszane do oceny ryzyka zgodnie z procedurami RASFF w Polsce [J]. Roczniki P Z H, 2008(59): 389-396.
- [19] HJORTH K, JOHANSEN K, HOLEN B, et al. Pesticide residues in fruits and vegetables from South America-A Nordic project [J]. Food Control, 2010, 22(11): 1701-1706.
- [20] 李聪, 张艺兵, 李朝伟, 等. 暴露评估在食品安全状态评价中的应用 [J]. 检验检疫科学, 2002(1): 11-12.
- [21] 金征宇. 食品安全导论 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [22] 赵丹宇, 张志强, 邓峰, 等. 危险性分析原则及其在食品标准中的应用 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [23] BEMPAH C K, ASOMANING J, BOATENG J. Market basket survey for some pesticide residues in fruits and vegetables from Ghana [J]. Microbiol Biotechnol Food Sci, 2012, 2(3): 850-871.

(责任编辑 马建华 英文审校 曹敏杰)