

市售茶叶中 30 种农药残留与风险评估

伊望, 杨明, 聂懿, 涂凤琴, 康翠欣, 周舟, 朱静璇, 何荣, 胡筱静

(武汉食品化妆品检验所, 湖北武汉 430014)

摘要: 本次研究主要为了解 30 种农药在茶叶中残留状况并对检测结果进行风险评估。随机采购茶叶 390 份, 参考 GB 2763-2016 对 30 种农药进行检测, 并采用 @risk v 7.6 风险评估软件对检测值进行拟合处理, 同时结合点评估和 @risk 概率评估法评价其膳食暴露风险。结果表明 390 份茶叶中, 农药中检出率最高的为联苯菊酯, 高达 39.2%。关于样本茶叶中多种农药联用的问题, 48% 的样品中未检出农药残留。其中 203 份茶叶中存在农药残留, 114 份样品中存在 2 种及以上农药残留情况。所有农药残留水平的 95% 拟合位点值均能满足 GB 2763-2016 要求, 但有 3 种不能满足欧盟标准要求。只有一个茶叶的草甘膦检测值超出了 GB 2763-2016 要求。所检茶叶样品风险评估水平均处在可接受的水平, 但甲氧菊酯的急性风险处于较高水平。

关键词: 茶叶; 农药; 风险评估; 联苯菊酯; 最大残留限量

文章编号: 1673-9078(2019)04-250-257

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.4.034

Monitoring and Risk Assessment of 30 Kinds of Pesticide Residues in Tea Samples

YI Jun, YANG Ming, NIE Yi, TU Feng-qin, KANG Cui-xin, ZHOU Zhou, ZHU Jing-xuan, HE Rong, HU Xiao-jing

(Wuhan Institute of Food and Cosmetic Control, Wuhan 430014, China)

Abstract: To monitor the pollution level of pesticide residues in commercial tea and evaluate the health risk of dietary exposure, 390 tea samples were collected randomly. According to GB 2763-2016, 30 kinds of pesticide residues were detected. The risk of dietary exposure was assessed by point evaluation and @Risk v7.6 software. Health risk existed in the process of tea planting, such as overuse of pesticides and combined use of multiple pesticides. Among 390 samples, bifenthrin was the highest frequency of detection, reached to 39.2%. There were no pesticide residues detected in 48% tea samples. More than 203 samples contaminated by pesticide residues which include 114 samples contained more than 2 kinds of pesticide simultaneously. Fitting value near 95% site of all pesticide residues was lower than maximum residue limits of GB 2763-2016, but three of them were higher than maximum residue limits of European Union. Only glyphosate maximum residue value of a sample was higher than the limit value of GB 2763-2016. The health risk was at an acceptable level of safety, but except the acute hazard quotient fenprothrin.

Key words: tea; pesticide residues; risk assessment; bifenthrin; maximum residue limits

茶叶作为一种老少皆宜的饮料类产品, 因其特有的香气和口感而一直很受消费者的欢迎。此外, 茶叶对人的身体健康也有很多好处, 比如有研究表明茶叶中的茶多酚具有延缓衰老等保健功能、茶叶中 EGCG 还具有抗病毒功能^[1,2]。然而, 在种植过程中, 被病害和虫害侵袭的茶叶品质会大大降低。长期以来, 茶农们为了提高产量并保证茶叶品质, 需要利用一种农药甚至多种农药防治病虫害。这样一来, 人们在喝茶时便有可能将茶叶中的农药摄入体内。随着人们对食

收稿日期: 2018-12-22

基金项目: 湖北省自然科学基金项目 (2018CFB340)

作者简介: 伊望 (1986-), 女, 工程师, 硕士, 研究方向: 食品质量与安全

通讯作者: 胡筱静 (1983-), 女, 工程师, 研究方向: 食品安全与检测

品安全问题关注度的提高, 一些环保机构和新闻媒体已经针对茶叶中农药残留问题展开了调查, 关于茶叶中的农药是否会对健康产生影响的问题已经直接影响了其销量^[3]。然而, 农药残留对健康的危害属于毒理学剂量-反应领域的问题。只有将膳食暴露量、残留量和毒性综合起来, 才能对风险做出理性的评价。陈宗懋院士就曾建议应通过风险评估的手段进行客观评价农产品 (包括茶叶) 中的农药残留问题^[4]。因此对茶叶中农残的控制、监测以及茶叶中农药残留在膳食暴露风险评估水平越来越受到学者们的关注^[5]。

茶叶不仅是国内的重要消费品, 也是主要的出口商品之一。而茶叶中农药残留是茶叶企业在国际市场的竞争压力下要解决的首要问题。2017 年 6 月 18 日,

我国 GB 2763-2016《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》开始实施^[6], 其中共涉及 48 种有关茶叶的农药残留限量要求, 虽然较 2014 版新增 20 种限量要求, 然而检测项目数量仍远低于发达国家要求。欧盟茶叶相关农残限量要求超过 400 项^[7], 其作为通报我国茶叶不合格的主要地区之一, 2016~2017 年平均每年通报我国 10 余批次茶叶不合格, 原因多为农残超标^[8]。因此分析欧盟对茶叶农残的限量要求与我国茶叶农残检出情况对茶农的生产具有重要的指导意义。

为全面了解 2018 年湖北省售茶叶中农药残留状况, 我们随机采购茶叶共计 390 份样本进行农药残留检测, 在综合分析检测结果的基础上, 将检测数据分别与 GB 2763-2016 和欧盟相关要求进行比较, 并采用风险评估的方法评价农残对不同人群健康的影响, 并提出相应的茶叶质量安全监督的建议。

1 材料与方方法

1.1 样本来源及类型

为全面了解 2018 年湖北地区市售茶叶中农药残留状况, 本次调研采购恩施、黄冈、黄石、荆门、荆州、神农架、十堰、随州、武汉和襄阳地区覆盖 125 家生产加工企业, 总计对 390 份茶叶样本进行农药残留检测, 其中包括绿茶 339 份, 红茶 28 份, 青茶 17 份, 白茶 3 份和黑茶 3 份。

1.2 监测农药种类及方法

依据 GB 2763-2016《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》对茶叶中农残限量要求, 本次调研选择监测其中 30 种农药, 其中包括 2016 版新增加限量要求的 13 类农药指标, 共涉及 3 大类, 包含 27 种杀虫杀螨剂类农药, 2 种杀菌剂类农药, 1 种除草剂。

1.3 膳食暴露评估^[9,10]

膳食暴露评估是用来衡量由摄入被农药污染的食物所带来的风险的有效方法之一, 其评估的主要方式是以实际检测中污染物残留的情况和各国消费数据为基础对相关的风险进行具体描述。慢性膳食暴露评估中单个农药的每天膳食暴露量采用公式 (1) 计算, 慢性风险熵由公式 (2) 获得:

$$EDI = C_i \times \frac{IR}{BW} \quad (1)$$

$$cHQ = \frac{EDI}{ADI} \times 100 \quad (2)$$

其中: EDI: 某种 *i* 农药的每天膳食暴露量[mg/(kg·d)];
C_i: 茶叶中农药残留值, 从@Risk v7.6 软件拟合残留分布中随机取值, 迭代 50000 次, (mg/kg)。IR: 茶叶平均摄入量, kg/d;
BW: 消费人群平均体重 63 kg^[11]; cHQ: 慢性风险熵 (chronic hazard quotient) (%)。

急性膳食暴露评估采用公式 (3) (4) 计算:

$$ESTI = \frac{LP \times HR}{BW} \quad (3)$$

$$aHQ = \frac{ESTI}{ARfD} \times 100 \quad (4)$$

其中: ESTI: 估计短期摄入量, [mg/(kg·d)]; HR: 最高残留量检出值, 单位 mg/kg; LP: 大份餐数量 (kg/d); ARfD: 急性参考剂量[mg/(kg·d)]; aHQ: 急性风险熵 (acute hazard quotient), (%)。

风险熵值≤100 时, 表示风险可以接受; 反之, 值>100 时, 表示有不可接受的风险。

2 结果与讨论

茶叶中农药残留一直是研究学者们重点关注的问题之一。田丽等^[12]对陕西省 343 份茶叶样本中 17 种农药残留状况进行了调查, 林虬等^[13]对福建地区 55 份茶叶样本中 18 种农药进行检测, 宫春波等^[14]对烟台地区 176 份茶叶样本的 12 种农残进行了分析。本次调研以湖北省为中心, 共计收集市售 390 份茶叶样本, 在监测项目方面, 包括了 GB 2763-2016 中与茶叶限量有关的 30 种农药, 其中包括新增的 13 种指标。与之前学者的相关研究项目相比, 样本总量和监测的农残种类都有明显扩大。在样本种类方面, 为同时保证抽样覆盖范围能包括尽可能多的厂家, 并能包含企业生产的主要产品类型, 因此采购的以绿茶样本居多。30 种农药的分类、检验方法及检出限 (或定量限) 详见表 1。

经检测 390 份茶叶样品共计检出中 11 种农药, 具体 11 种农药在不同类型茶叶中残留分布范围以及检出率见表 2, 其余未列出的农药残留值均低于检出限。

如表 2 所示, 按检出率由高到低排序, 绿茶中的依次为: 联苯菊酯>啶虫脒>甲氰菊酯>氯氟氰菊酯>氯氟菊酯>噻嗪酮, 草甘膦>多菌灵>哒螨灵>除虫脲, 噻虫嗪并未在 339 份绿茶样本中检出; 红茶中农残检出率排序为: 联苯菊酯>啶虫脒, 甘膦>甲氰菊酯, 氯氟氰菊酯, 哒螨灵, 噻嗪酮, 其余 4 种检出值均低于检出限或定量限; 青茶中检出率较高的农药依次为: 联苯菊酯>甲氰菊酯>啶虫脒>氯氟菊酯, 哒螨灵>多菌灵>噻嗪酮>噻虫嗪, 未发现除虫脲和草甘膦残留; 白茶仅发现三种农药残留; 白茶中仅检出 1 种农药。从

检出率结论方面分析,检出率相对较高的为联苯菊酯。这与以往田丽^[12],林虬^[13]调查的联苯菊酯的检出率偏高的结论相似,从调查结果来看,本次监测的茶叶中

农残污染总体较轻,并未检出禁用农药或高毒农药,但拟除虫酯类药物在茶树防虫方面应用较为普遍,仍应为今后监控的重点农药种类。

表 1 30 种农药性质及检验方法

Table 1 The testing methods for 30 kinds of pesticides

用途	种类	名称	检验方法	检出限/定量限/(mg/kg)
杀虫杀螨剂	有机磷类	敌百虫	NY/T 761-2008	检出限: 0.06
		甲胺磷	GB/T 20770-2008	检出限: 0.00247
		甲拌磷	GB/T 23204-2008	检出限: 0.005
		氯唑磷	GB/T 23204-2008	检出限: 0.01
		灭线磷	GB/T 23204-2008	检出限: 0.015
		氧乐果	GB 23200.13-2016	定量限: 0.00966
		特丁硫磷	SN/T 3768-2014	定量限: 0.005
	氨基甲酸酯类	灭多威	NY/T 761-2008	检出限: 0.01
		克百威	GB 23200.13-2016	定量限: 0.01306
	拟除虫菊酯类	溴氰菊酯	GB/T 5009.110-2003	检出限: 0.00088
		联苯菊酯	SN/T 1969-2007	定量限: 0.025
		甲氰菊酯	GB/T 23376-2009	检出限: 0.01
		氯氰菊酯	GB/T 23204-2008	检出限: 0.0150
		氰戊菊酯	GB/T 23204-2008	检出限: 0.02
氯氟氰菊酯		GB/T 23376-2009	检出限: 0.01	
烟碱类	吡虫啉	GB/T 23379-2009	检出限: 0.05	
	噻虫嗪	GB/T 20770-2008	检出限: 0.0165	
有机氯	滴滴涕	GB/T 5009.19-2008	检出限: 0.000345	
	硫丹	GB/T 5009.19-2008	检出限: 0.000246	
	三氯杀螨醇	GB/T 5009.176-2003	定量限: 0.096	
哒嗪酮类	哒螨灵	GB/T 23204-2008	检出限: 0.0050	
沙蚕毒素类	杀螟丹	GB/T 20769-2008	检出限: 0.520	
苯甲酰胺	除虫脲	NY/T 1720-2009	检出限: 0.05	
三嗪酮类	吡蚜酮	GB 23200.13-2016	定量限: 0.03428	
氯化烟碱类	啶虫脒	GB/T 20769-2008	检出限: 0.00036	
硫代磷酸酰胺类	水胺硫磷	GB/T 23204-2008	检出限: 0.01	
杂环类	噻嗪酮	GB/T 23376-2009	检出限: 0.01	
除草剂	有机磷	草甘膦	SN/T 1923-2007	定量限: 0.10
杀菌剂	三唑类	苯醚甲环唑	GB 23200.8-2016	定量限: 0.075
	氨基甲酸酯类	多菌灵	GB/T 20769-2008	检出限: 0.00012

表 2 11 种农药在茶叶样品中残留情况

Table 2 The contamination levels of 30 kinds of pesticide residues in tea samples

农药名称	绿茶		红茶		青茶	
	检出范围 /(mg/kg)	检出率/%	检出范围 /(mg/kg)	检出率/%	检出范围 /(mg/kg)	检出率/%
联苯菊酯	0.0254~1.19	39.5 (134/339)	0.029~0.617	21.4 (6/28)	0.0325~1.48	70.6 (12/17)
甲氰菊酯	0.0194~0.45	12.4 (42/339)	0.027	3.6 (1/28)	0.0534~1.18	52.9 (9/17)
氯氰菊酯	0.036~1.53	8.6 (29/339)	<0.0150	0.0 (0/28)	0.0508~0.652	23.5 (4/17)

转下页

接上页						
氯氟氰菊酯	0.0126~1.18	12.1(41/339)	0.111	3.6 (1/28)	0.173~0.182	11.8 (2/17)
噻虫嗪	<0.0165	0.0 (0/339)	<0.0165	0.0 (0/28)	0.0204	5.9 (1/17)
吡蚜灵	0.0313~0.0947	1.2 (4/339)	0.0326	3.6 (1/28)	0.0369~1.48	23.5 (4/17)
除虫脲	0.356~0.51	0.6 (2/339)	<0.05	0.0 (0/28)	<0.05	0.0 (0/17)
啶虫脒	0.0043~0.167	18.6 (63/339)	0.00432~0.0186	14.3 (4/28)	0.00742~0.208	47.1 (8/17)
噻嗪酮	0.0338~0.407	8.3 (28/339)	0.0439	3.6 (1/28)	0.15	5.9 (1/17)
草甘膦	0.112~3.24	8.3 (28/339)	0.116~0.316	14.3 (4/28)	<0.10	0.0 (0/17)
多菌灵	0.00291~0.13	2.4 (8/339)	<0.00012	0.0 (0/28)	0.0123~0.203	17.6 (3/17)
		白茶	黑茶		总茶叶样本	
农药名称	检出范围 (mg/kg)	检出率/%	检出范围 (mg/kg)	检出率/%	检出范围 (mg/kg)	检出率/%
联苯菊酯	<0.025	0.0 (0/3)	0.0697~0.0799	66.7 (2/3)	0.025~1.48	39.2 (153/390)
甲氰菊酯	<0.01	0.0 (0/3)	<0.01	0.0 (0/3)	0.01~1.18	13.3 (52/390)
氯氟氰菊酯	<0.0150	0.0 (0/3)	0.0562~0.0755	66.7 (2/3)	0.015~1.53	9.0 (35/390)
氯氟氰菊酯	<0.01	0.0 (0/3)	<0.01	0.0 (0/3)	0.01~1.18	11.3 (44/390)
噻虫嗪	<0.0165	0.0 (0/3)	<0.0165	0.0 (0/3)	0.0165~0.0204	0.3 (1/390)
吡蚜灵	<0.005	0.0 (0/3)	<0.005	0.0 (0/3)	0.005~1.48	2.3 (9/390)
除虫脲	<0.05	0.0 (0/3)	<0.05	0.0 (0/3)	0.05~0.51	0.5 (2/390)
啶虫脒	<0.00036	0.0 (0/3)	0.0074~0.0105	66.7 (2/3)	0.00036~0.208	19.2 (75/390)
噻嗪酮	<0.01	0.0 (0/3)	<0.01	0.0 (0/3)	0.01~0.407	7.7 (30/390)
草甘膦	0.136	33.3 (1/3)	<0.10	0.0 (0/3)	0.1~3.24	8.5 (33/390)
多菌灵	<0.00012	0.0 (0/3)	<0.00012	0.0 (0/3)	0.00012~0.203	2.8 (11/390)

如表 2 所示,剔除检出率低于 5%的农药, @Risk v 7.6 风险分析软件分布拟合其余 7 种农药残留数据。具体茶叶中农药残留拟合分布如图 1。

从拟合数据来看,得到联苯菊酯、甲氰菊酯、氯氟氰菊酯、啶虫脒、氯氟氰菊酯、噻嗪酮、草甘膦残留的 95%位点值分别为 0.750 mg/kg、0.450 mg/kg、0.652 mg/kg、0.0616 mg/kg、0.503 mg/kg、0.298 mg/kg 和 0.930 mg/kg。从世界范围来看,各地区的农药残留标准各不相同,欧盟作为最大的茶叶消费群体之一,从最大限度保证当地群体健康的角度以及贸易保护的角度,其制定的农残标准相对较高^[15]。本次研究将 7 种农药 95%拟合位点值分别用 GB 2763-2016 与欧盟标准^[16]衡量,比较结果如图 2。结果表明,联苯菊酯、甲氰菊酯、草甘膦 95%位点拟合值均能满足国标和欧盟标准,氯氟氰菊酯、噻嗪酮、啶虫脒远低于国标要求,但存在不同程度超出欧盟标准的问题。与 GB 2763-2016 中 MRL 相比,除了样本中草甘膦最大残留值比 GB 2763-2016 中参考值 1.0 mg/kg,高出 3 倍以上,其余农药残留均能满足 GB 2763-2016 限量要求,这表明在茶叶种植环节,总体来讲,茶农能够认真落实国家对于茶树上农药的使用规范,但也反映了个别茶农对于科学用药,农药的使用剂量和频次方面的知

识还需要进一步加强;与欧盟要求的残留限量比较,有 5 种农药残留的最大值均超过欧盟限量要求,分别为氯氟氰菊酯、氯氟氰菊酯、草甘膦、啶虫脒和噻嗪酮。该数据表明为打破国际贸易中的技术性“壁垒”,还需要加强茶农科学用药意识,从源头上规范茶叶中的农药使用。

为了达到最好的防治效果,在农业种植过程中普遍存在混用多种农药的现象。有研究表明人体长期暴露于多种农药残留可能会引起增强的联合毒性,因此,由多农药残留现象不容忽视^[17]。国外学者 Yolanda Pico^[18]的调查研究中发现柑橘类水果中存在多农药残留现象,在抽取的样本中同时存在 10 种农药残留的样本占总数的 22%; YANG Gui-ling^[19]的研究也表明杨梅中也存在同时检测出 8 种农药的样本;国内学者谭阳^[20]在其对蜂蜜的农残调查中也发现存在多农药残留情况。本次研究对样本中检出农残种类进行统计,390 份样品农药多残留具体情况如图 3。187 份样品未检出目标农药,占样本总数 48%;203 份样品检出农药残留,其中,只含有 1 种农药残留的样本为 89 份,占样本总数的 23%;14%样本,即 56 份茶叶同时检出 2 种农药;同时被 3 种农药污染的样品有 21 份,占样本总数 5%;12 份茶叶存在同时检出 4 种农药的情况,

占样本总数 3%; 18 份茶叶存在同时检出 5 种农药的情况, 占样本总数 5%; 3 份茶叶存在同时检出 6 种及以上农药的情况, 约占总数 1%; 另有 1.0% 的样本检出 7 种农药残留。由于黑茶和白茶样品总数较少故为参与统计, 其中同时检出 7 种农药残留的为青茶, 红茶中无农药残留样本比例最高达 68%。调查结果表明, 茶叶也存在多农药残留问题, 监测的 30 中农药样品中最多也含有 7 中农药残留, 因此, 茶叶中农药混用情况也需要加强监控。

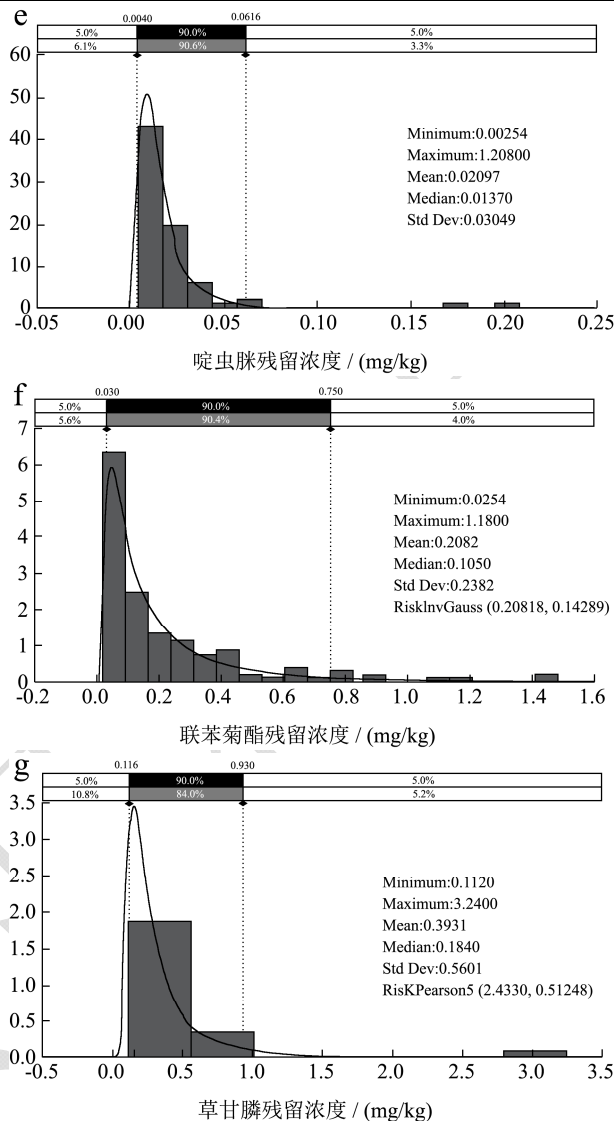
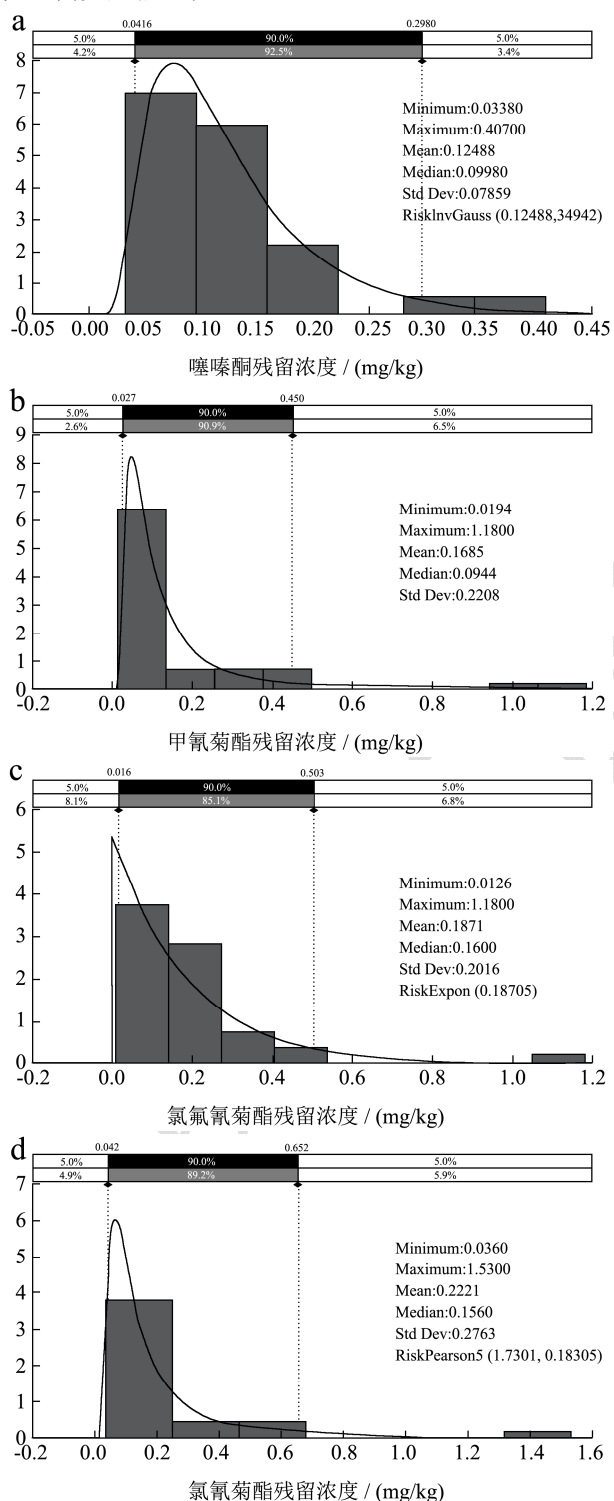


图 1 不同农药在茶叶中残留量拟合分布

Fig.1 Simulated distribution of pesticide residues in teas

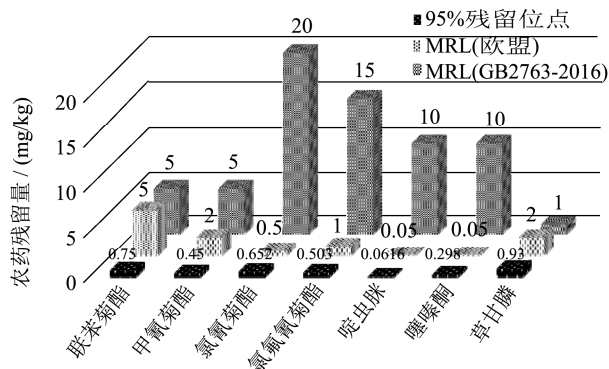


图 2 95%拟合位点值与 GB 2763-2016、欧盟最大残留限量比较

Fig.2 The comparison of fitting value near 95% site and MRL in European Union and MRL in GB 2763-2016

农药残留的膳食暴露评估是通过调查人群对所摄入食物的摄入量, 及各类食品中检测到的总农药残留情况进行综合风险评估。本次研究中慢性暴露风险评估和急性暴露风险评估分别参照公式(1~4)计算, 其中

IR 消费人群对茶叶的平均消费量以 0.005 kg 计算, LP 大份餐数量按每人每天饮茶 0.015 kg^[21]计算, 急性暴露风险评估 BW 按平均体重为男性 67.3 kg, 女性 57.2 kg 计算^[22], 结果如表 3。

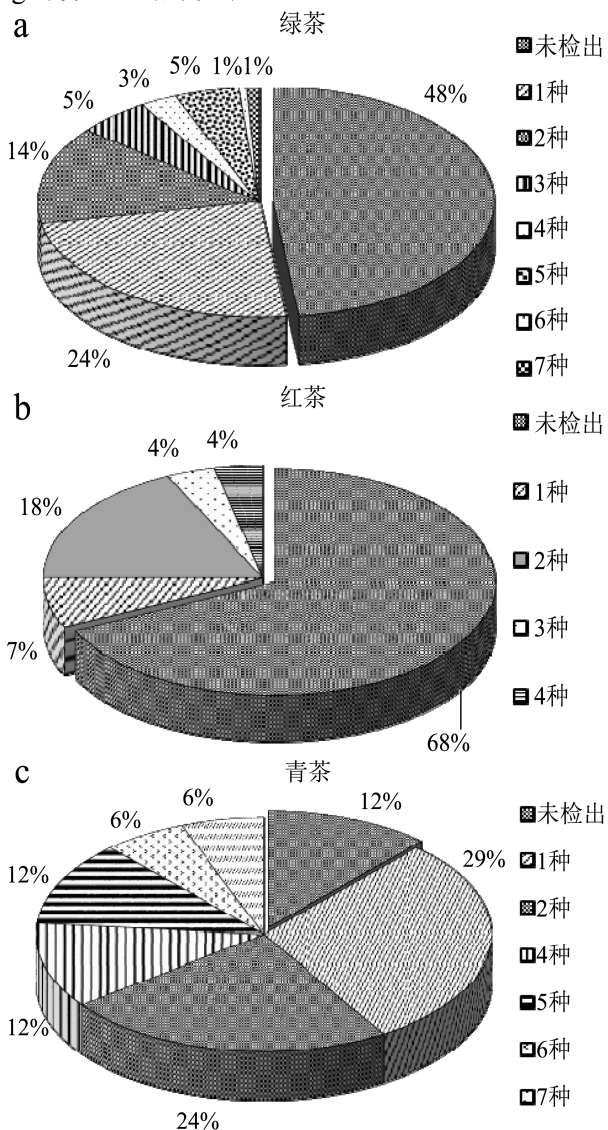


表 3 茶叶中不同农药的急性风险熵

Table 3 Acute hazard quotient of pesticides residues in teas

农药名称	最大残留值/(mg/kg)	ARfD/[mg/(kg·d)]	ESTI/[mg/(kg·d)]	aHQ/%	
				男性	女性
联苯菊酯	1.48	0.03	3.5×10^{-4}	1.10	1.29
甲氰菊酯	1.18	0.0007	2.8×10^{-4}	37.57	44.2
氯氰菊酯	1.53	0.04	3.6×10^{-4}	0.85	1.00
氯氟氰菊酯	1.18	0.02	2.8×10^{-4}	1.31	1.54
啉虫脒	0.208	0.1	4.9×10^{-5}	0.05	0.05
噻嗪酮	0.407	0.5	9.7×10^{-5}	0.02	0.02
草甘膦	3.24	0.5	7.7×10^{-4}	0.14	0.17

注: ARfD 数据中啉虫脒、联苯菊酯采用欧盟标准^[23], 甲氰菊酯采用 FAO/WHO 标准^[24], 其余采用 JMPR^[25]。

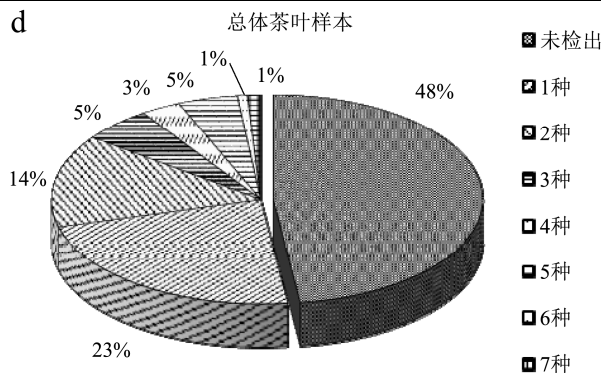


图 3 农药多残留情况在茶叶样品中分布

Fig.3 The numbers of pesticide residues detected in tea sample

由表 3 可以看出, 在急性膳食摄入风险方面, 以男性 67.3 kg, 女性 57.2 kg 体重计算, 男性甲氰菊酯 aHQ 已经达急性参考剂量的 37.57%, 体重较轻的女性急性风险熵已经超过 40%, 因此提示, 随着体重的降低, 甲氰菊酯的急性风险熵将会随之升高, 此外, 急性膳食暴露风险评估中茶叶最高消费量按每人每天饮茶 13 g 计算, 但安徽农业大学吴雪原博士在调查报告中指出, 特定饮茶人群日饮茶量可达 45 g/d^[26], 以此计算急性膳食暴露风险, 男性和女性甲氰菊酯的 aHQ 值将分别达到 112.71%和 132.62%, 因此本次评估存在低估暴露风险的可能; 就慢性膳食摄入风险而言, 如表 4 所示, 7 种农药残留慢性 RQ 分布 95%位点值在 $0.05\% \pm 0.000257\% \sim 0.9\% \pm 0.00357\%$ ADI 之间, 这表明对于 95%人群, 7 种农药 EDI 占 $0.05\% \pm 0.000257 \sim 0.9\% \pm 0.00357\%$ 的 ADI 值, 健康风险可以接受。氯氟氰菊酯慢性 RQ 分布最大值达到每日允许摄入量的 78%, 需要加强关注。总体来讲, HQ 计算值均远小于 100, 表明由茶叶中引入的农残风险对人体健康影响不大。

表4 茶叶中不同农药慢性风险熵

Table 4 Chronic hazard quotient of pesticides residues in teas

农药名称	ADI /[mg/(kg·d)]	EDI /[mg/(kg·d)]	cHQ 最小值	cHQ 最大值	cHQ 平均值	cHQ 95%分布位点值	cHQ 标准偏差
联苯菊酯	0.01	2.5×10^{-5}	0.00694	4.2823	0.2074	0.675 ± 0.00185	0.2499
甲氰菊酯	0.03	2.2×10^{-5}	0.0102	27.754	0.181	0.53 ± 0.00324	0.497
氯氰菊酯	0.02	2.6×10^{-5}	0.0137	78.071	0.249	0.7 ± 0.00690	0.828
氯氟氰菊酯	0.02	2.2×10^{-5}	1.98×10^{-8}	1.9953	0.1878	0.562 ± 0.00139	0.1878
啉虫脒	0.07	2.5×10^{-6}	3.763×10^{-5}	4.2746	0.0193	0.050 ± 0.000257	0.0384
噻嗪酮	0.009	1.5×10^{-5}	0.01242	0.92445	0.1248	0.270 ± 0.000551	0.07436
草甘膦	1	4.7×10^{-5}	0.0364	37.527	0.358	0.9 ± 0.00357	0.504

3 结论

本次对茶叶中农残的监测数据显示,监测的各类农药残留水平较低,膳食暴露评估结果表明保持健康的饮茶习惯,由茶叶带来的健康风险可以忽略不计,但更全面评估茶叶中农药残留的暴露风险,还需要对不同地区消费群体进行调查,并对样品中农药残留进行全方位高通量监测,这样才能实现对于生产和消费科学指导的意义。我国对于多农药联合暴露评估的研究尚处于起步阶段,虽然尚不能排除多农药残留会导致累积毒性,但还没有充足的实验证据表明食品中低残留的农药会产生相互作用^[27]。在农药种类层出不穷的今天,要最大限度避免茶叶中农药残留带来的危害,还需要大力推广高效低毒的农药产品,发展生态农业,才能让我国茶叶产业在国际市场真正具有竞争力。

参考文献

- [1] Bruno M. Carneiro, Mariana N. Batista, Ana Cláudia S. Braga, et al. The green tea molecule EGCG inhibits Zika virus entry [J]. *Virology*, 2016, 496: 215-218
- [2] Anna Gramza-Michałowska, Joanna Kobus-Cisowska, Dominik Kmiecik, et al. Antioxidative potential, nutritional value and sensory profiles of confectionery fortified with green and yellow tea leaves [J]. *Food Chemistry*, 2016, 211: 448-454
- [3] 李颖. 26款知名茶叶农残检测 12款含禁用农药[J]. *中国质量万里行*, 2016, 11: 60-61
- [4] LI Ying. Total 12 kinds of pesticide residues were tested in 26 famous brand tea [J]. *China Quality Miles*, 2016, 11: 60-62
- [4] 陈宗懋. 茶叶的安全质量和清洁化生产[J]. *广东茶叶*, 2005, 21: 3-5
- [4] CHEN Zong-mao. Safety quality requirements and clean production of teas [J]. *Guangdong Tea Industry*, 2005, 21: 3-5
- [5] Cao Pei, Yang Dajin, Zhu Jianghui, et al. Estimated

- assessment of cumulative dietary exposure to organophosphorus residues from tea infusion in China [J]. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 2018, 23, 7
- [6] GB 2763-2016, 食品中农药最大残留限量[S]
- [6] GB 2763-2016, National Food Safety Standard Maximum Residue Limits for Pesticides in Food [S]
- [7] 胡付照, 陈正行, 李鹤, 等. 茶叶中农药残留标准及检测方法研究进展[J]. *食品与生物技术学报*, 2018, 37(10): 1009-1014
- [7] HU Fu-zhao, CHEN Zheng-xing, LI He, et al. Research advance of pesticide residues standards and new detection methods in tea [J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2018, 37(10): 1009-1014
- [8] 朱凤玲. 2013-2017年欧美日韩通报我国不合格茶叶信息汇总与评析[J]. *中国茶叶*, 2018, 6: 24-27
- [8] ZHU Feng-ling. Summary and evaluation of circular on the information about unqualified tea in China from Europe, America, Japan and South Korea [J]. *China Tea*, 2018, 6: 24-27
- [9] 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所. 农产品质量安全风险评估: 原理、方法和应用[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007
- [9] Institute of Quality Standards and Testing Technology for Agro-Products, Chinese Academy of Agricultural Science. *Risk Assessment for Quality and Safety of Agro-foods: Principles, Methodologies and Applications* [M]. Beijing: Standards Press of China, 2007
- [10] 杨桂玲. 农产品中农药多残留联合暴露风险评估方法研究[D]. 杭州: 农业质量标准与检测技术研究所, 2017
- [10] YANG Gui-ling. *Risk assessment of combined exposure to multiple pesticide residues in agricultural products* [D]. Hangzhou: Chinese Academy of Agricultural Sciences Dissertation, 2017
- [11] 兰珊珊, 林昕, 邹艳红, 等. 蔬菜中多效唑残留的膳食暴露与风险评估[J]. *现代食品科技*, 2016, 32(2): 336-342

- LAN Shan-shan, LIN Xin, ZOU Yan-hong, et al. Dietary Exposure and risk assessment of paclobutrazol residue in vegetables [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2016, 32(2): 336-342
- [12] 田丽,王玮,王敏娟,等.陕西省市售茶叶中农药残留状况调查[J].*现代预防医学*,2018,45(8):1395-1397
- TIAN Li, WANG Wei, WANG Min-juan, et al. Analysis of pesticide residues status in commercially available tea of Shaanxi province [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2018, 45(8): 1395-1397
- [13] 林虬,张居德,苏德森,等.福建省乌龙茶、红茶中部分农药残留及日摄入量评估[J].*福建农业学报*,2013,28(7):718-721
- LIN Qiu, ZHANG Ju-de, SU De-sen, et al. Pesticide residue and safety of teas from Fujian [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2013, 28(7): 718-721
- [14] 宫春波,王朝霞,董峰光.烟台市售茶叶中 12 种农药残留的监测及其健康风险评价[J].*食品安全质量检测学报*,2017, 8(11):4491-4495
- GONG Chun-bo, WANG Zhao-xia, DONG Feng-guang. Monitoring and risk assessment of 12 kinds of pesticide residues in tea samples sold in Yantai [J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2017, 8(11): 4491-4495
- [15] 李越,陈喻伟.基于农残标准立法的茶叶质量安全问题分析[J].*中国茶叶加工*,2015,5:69-72
- LI Yue, CHEN Yu-wei. Analysis of tea quality and safety based on pesticide residues standards legislation [J]. *China Tea Processing*, 2015, 5: 69-72
- [16] European Union. Pesticide Residues and Maximum Residue Levels [DB/OL]. [2016-05-05]. http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm
- [17] Wang P, Wang HP, Xu MY, et al. Combined subchronic toxicity of dichlorvos with malathion or pirimicarb in mice liver and serum: a metabonomic study [J]. *Food Chem. Toxicol.*, 2014, 70: 222-230
- [18] Yolanda Picó, Mohamed A. El-Sheikh, Ahmed H. Alfarhan, et al. Target vs non-target analysis to determine pesticide residues in fruits from Saudi Arabia and influence in potential risk associated with exposure [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2018, 111: 53-63
- [19] YANG Guiling, WANG Wen, LIANG Senmiao, et al. Pesticide residues in bayberry (*Myrica rubra*) and probabilistic risk assessment for consumers in Zhejiang, China [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2017, 16(9): 2101-2109
- [20] 谭阳,孙小凤,韩燕,等.西北地区四种蜜源蜂蜜的农药残留风险暴露评估[J].*现代食品科技*,2018,34(11):275-280
- TAN Yang, SUN Xiao-feng, HAN Yan, et al. Risk assessment of pesticide residues to four nectar honey in northwest China [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2018, 34(11): 275-280
- [21] 李艳霞,李含芬,赵磊,等.消费者日常茶叶饮用习惯对健康的影响[J].*农学学报*,2017,7(2): 91-95
- LI Yan-xia, LI Han-fen, ZHAO Lei, et al. Effects of consumers' daily tea drinking habits on health [J]. *Journal of Agriculture*, 2017, 7(2): 91-95
- [22] 宋雁,刘爱东,刘飒娜,等.我国西藏等地区成年人边销茶消费量调查分析[J].*中国茶叶加工*,2016,1:42-45
- SONG Yan, LIU Ai-dong, LIU Sa-na, et al. Adults border-selling tea consumption survey of tibet and other regions in China [J]. *China Tea Processing*, 2016, 1: 42-45
- [23] European Commission. EU Pesticides database [EB/OL]. <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>. 2018-11-25
- [24] Food and Agriculture Organization / World Health Organization Joint FAO/WHO food standards programme codex alimentarius commission twenty sixth session [R]. 2004: 68-71
- [25] Joint Meeting on Pesticide Residues. Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues [EB/OL]. <http://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database>. [2016-07-22]
- [26] 吴雪原.茶叶中农药的最大残留限量及风险评估研究[D].合肥:安徽农业大学,2007
- WU Xue-yuan. Studies on maximum residue limits for pesticides in tea and relative risk assessment [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2007
- [27] 杨桂玲,陈晨,王强,等.农药多残留联合暴露风险评估研究进展[J].*农药学报*,2015,17(2):119-127
- YANG Gui-ling, CHEN Chen, WANG Qiang, et al. Risk assessment for combined exposure of multi-residue of pesticides [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2015, 17(2): 119-127