

食品中农药最大残留限量的现状及制定方法

杨艳红^{1*}, 姜兆兴², 赵敏²

(1. 辽宁省产品质量监督检验院, 沈阳 110032; 2. 赤峰出入境检验检疫局, 赤峰 024000)

摘要: 食品中农药的最大残留限量(MRLs)是保障食品质量安全的重要立法依据,也是指导食品和农产品等生产的关键技术指标。MRLs的制定方法不仅影响农产品行业的持续发展,而且还对提高我国农产品行业的国际竞争力起到积极作用。本文简要介绍目前国内外 MRLs 标准的现状、涉及农药的种类以及制定农药最大残留限量的依据,概述了基于田间实验数据制定最大残留限量的方法,并且比较了国际上欧盟(EU)、北美自由贸易协定(NAFTA)成员国、经济合作与发展组织(OECD)及农药残留联席会议(JMPR)的限量制定方案。

关键词: 食品; 最大残留限量; 现状; 制定方法

Research on current situation and establishing methods of pesticide maximum residue limits in food

YANG Yan-Hong^{1*}, JIANG Zhao-Xing², ZHAO Min²

(1. Institute of Product Quality Supervision and Inspection of Liaoning Province, Shenyang 110032, China;

2. Chifeng Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Chifeng 024000, China)

ABSTRACT: Pesticide maximum residue limit is a critical legislative basis for food safety and a key technical indicator to instruct food and agro-products. The establishing methods for MRLs not only influence the sustainable development of agricultural industry, but also play an actively role on the improvement of international competitiveness of Chinese agricultural industry. The current situation and principles employed to establish maximum residue limits were briefly introduced in this paper. The methods derived from field trials were summarized for setting MRLs. Meanwhile, the calculation methods proposed by European Union (EU), members of North American Free Trade Agreement (NAFTA), Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) and Joint Meeting of Pesticide Residues (JMPR) were compared.

KEY WORDS: food; maximum residue limits; current situation; establishing method

1 引言

农药是农业生产中保证农作物增产丰收的重要生产材料。据统计,病虫害造成全世界每年约有10亿吨庄稼减产,农药可以挽回其中1/3左右的损失(约合3000亿美元)^[1]。而我国以占世界7%的耕地养活占世界22%的人口,农药对提高单产、增产增效、防治病虫害、缓解粮食压力、满足国民需求起到了至关重要的左右。随着农药需求的增

加,我国的农药生产销售和使用量也不断上升。1986年我国农药总产量为10.2万吨^[2],2011年达到264.9万吨^[3],25年间产量扩大了26倍。然而农药的大量生产使用造成空气、水质等环境污染,而且还危及人畜健康。每年我国约有10万以上人次发生农药中毒。除此以外,农药的残留导致我国出口的农产品经常被检出超标,造成严重的经济损失,而且也严重影响我国在世界贸易中的国际竞争力。因此,了解目前国内外食品中最大残留限量(maximum

*通讯作者: 杨艳红, 工程师, 主要研究方向为食品、石油化工产品安全研究及检测。E-mail: yanyan0160@hotmail.com

*Corresponding author: YANG Yan-Hong, Engineer, Institute of Product Quality Supervision and Inspection of Liaoning Province, Shenyang 110032, China. E-mail: yanyan0160@hotmail.com

residue limit, MRL)的现状,合理制定农药最大残留限量不仅可以有效防止病虫害、确保农业的增产创收,而且还可以严格控制农药的违规使用,保证人们的食品安全,还有利于降低我国农产品在国际贸易中的检出率,极大提高我国的外贸声誉。

近年来,包括我国在内的各国政府和合作组织都非常重视食品中农药残留的问题,建立相关的法律法规和MRL制定的方法,而且还不断更新农药品种及食品基体,细化所涉及的食物种类,以及重新评估已有农药等工作。因此,十分有必要随时了解当前与MRL相关的工作。本文在此基础上简要介绍了目前国际上有关农药最大残留限量的现状和各国或组织制定MRLs的主要依据,还比较了EU (European Union)、NAFTA (North American Free Trade Agreement)、OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)和JMPR (Joint Meeting of Pesticide Residues)基于田间试验数据制定MRLs的计算方法。

2 当前农药MRLs的现状

农药指的是用来控制、管理、破坏、吸引及驱赶有害物的任何化学品。使用农药后,在食品、农产品和动物饲料中出现的特定物质都被称为残留物(residue)。它包括被认为具有毒理学意义的农药衍生物,像农药转化物、代谢物、反应产物及杂质等。法定允许存在的农药残留在食品或农产品内部或表面的最大浓度就是最大残留限量(MRL)^[4]。目前国际上现有的食品及农产品中农药MRLs的标准主要是由国际食品法典委员会(CAC)下属分委员会,农药残留委员会(CCPR)负责制定,然后经过大会审议后通过。CCPR以科学依据为基础,采用风险分析的原理,对已登记使用的农药进行风险评估后若发现其对人体具有潜在危险且有可能导致国际贸易争端时才制定MRLs标准。而且各个国家为确保食品安全、维护消费者和贸易利益,都颁布了相关食品安全管理法规,且根据各自使用农药的种类及不同的饮食习惯制定自己国家的MRLs。表1列举了不同国家MRLs的制定情况^[5-17]。欧盟、美国和日本制定了复杂且详细的农残限量体系,且力求尽可能涵盖各种农

产品及食品。随着我国对农药残留认识的提高,不仅制定和出台了越来越多的MRLs标准、扩大了标准的覆盖面,而且还在基于本国国情的基础上,尽可能地靠近甚至严于CAC标准。在现有的标准中,167种农药的1999项最大残留限量等同采用了CAC标准或者与其一致。但是和发达国家相比,我国MRLs标准的制定还处在起始阶段,需要出台覆盖面更广的农药最大残留限量^[18,19]。

3 MRLs制定的依据

国际食品法典委员会(CAC)下设的分属委员会国际食品法典农药残留委员会(CCPR)负责制定食品和农产品中农药的MRLs,同时也为其他各成员国提供重要的技术参考,使各成员国在此国际协调一致的原则下制定自己的MRLs标准,这样不仅可以避免重复性工作,节省人力物力,而且还可以有效地减少国际食品贸易摩擦,促进贸易的公平和公正。由于各国饮食习惯和膳食结构不同,残留试验的数据存在差异以及检测方法的区别,都有可能导致不同国家制定的MRL存在着差异。我国与CAC标准相比较,有90.6%的标准等同或者严于CAC限值,有9.4%的指标松于CAC标准^[19-21]。

农药残留最大限量的设定不能盲目过严或过宽,而是要以充分的科学数据为依托,合理地制定发布^[22]。科学数据包括农药的毒理学数据、居民的膳食结构以及规范的农药残留试验数据等。

人类终生每日摄入某物质而不产生可检测到的对健康产生危害的估计量称为每日允许摄入量(acceptable daily intake, ADI)。一般以每千克体重可摄入量表示(mg/kg bw)。它是通过药物在动物体内的毒理学实验获得的最大无副作用剂量(non observable adverse effect level, NOAEL)与一定的安全系数的比值来估计的。这个安全系数一般设为100,其中的10倍来源于人和动物间的差异,另外10倍表示的是人之间的个体差异^[23]。农药残留联席会议(JMPR)是根据风险管理机构CAC及CCPR的建议对已登记使用的农药开展残留风险评估工作。JMPR中世界卫生组织(WHO)专家组负责评价农药毒理学数据,计算农药的ADI和急性参

表1 世界主要国家农药最大残留限量的制定情况

Table 1 The current situation of pesticide maximum residue limits in primary developed countries

	CAC	中国	欧盟	美国	日本	加拿大	澳大利亚
制定单位	CCPR	卫生部/农业部	欧盟食品安全局(EFSA)	环境保护局(EPA)	厚生劳动省	卫生部	农药和兽药管理局(APVMA)
依据法规	—	《食品安全法》	396/2005法规; 91/414/EEC指令	联邦法规法典(CFR)	《食品卫生法》	食品药品条例(FDR)	—
涉及农药种类	195	350	553	392	809	301	485
制定MRLs标准	4344	3650	~210000	~11000	~70000	~16000	~4000

考剂量(acute reference dose, ARFD)。JMPR 已经评价并制定了 300 余种农药的 ADI 和/或 ARFD^[24]。值得一提的是, ADI 和 ARFD 值是动态的, 在应用的过程中, 需要及时注意数据的更新及修改。

ADI 计算的是毒理学意义上的不危害人类健康的农药摄入量。但实际生活中, 已登记允许使用农药的食品种类可能不止一种, 因此需要计算农药在人们日常生活中的每日摄入量 (national estimated daily intake, NEDI), 一般以 kg 来表示^[23,25,26]。其中的 $NEDI = \sum F_i \times K_i \times R_i$ (1)

K 是农药在食品中可食部位(如香蕉、桔子等)及食品在加工、烹饪、运输及储藏等过程中引起农药含量变化的校正因子。 F 是食品的日消耗量。自建国以来, 我国一共进行了 4 次全国营养结构及居民每日食物摄入量的调查。其中 1959 年的第一次调查由于当时情况特殊, 调查结果未能公开发表。其他 3 次的调查结果分别发布于 1982, 1992 和 2002 年^[27,28]。在这 20 年间, 我国的居民膳食结构发生了非常大的变化, 因此当计算 NEDI 时需要采用最新的 2002 的膳食数据, 并且随时关注更新的调查结果。

R 指的是食品中农药的残留量(mg/kg), 它一般和农药规范田间残留试验中值有关。农药的使用方法、浓度, 试验地点的土壤、天气以及前茬作物等都会影响其在农产品及食品上的残留情况。为了能够真实、科学、合理地监测农药残留, 农业部颁布实施的 NY/T 788《农药残留试验准则》详细规范了农药的使用范围和方式、用药剂量和次数、安全间隔期等条件下的田间试验(GAP)^[4]。当应用农药的 NEDI 与每人每日摄入总量($ADI \times 63$, 63 kg 表示的是我国人均体重)相比进行风险评估时, 若比值高于 100%, 则需要结合膳食结构和农药的规范田间试验条件等确定风险是否在可接受范围内。如若不然, 则应适当改变田间试验条件, 以确保农药残留可在可接受范围内。如果两者比值小于 100%, 则表明农药的最大残留量通常不会对一般人群健康产生不可接受的风险, 在此基础上可推荐 MRLs^[29]。

4 MRLs 的制定方法

田间农药残留试验条件不可控因素很多, 得到的残留数据分布较广, 有些符合正态或对数分布, 有些可能不符合任何已知的分布。不同的国家或组织根据田间试验残留数据制定了不同计算 MRLs 的方法。表 2 列举了目前国际上较常用的欧盟、NAFTA、OECD 和 JMPR 计算 MRLs 的方法^[30-38]。除此以外, 徐军等还总结了比例推算法在 CAC 标准中农药 MRL 评估中的应用^[39]。比例推算指的是农药在农产品的使用剂量与收获后的残留量之间有一定的比例关系。对该方法的应用背景、制定过程以及 10 项指导原则进行了总结。

基于田间残留数据基础上应用不同方法计算的 MRLs 可能会给出有所差异的数值。在全球“协调性”(harmonization)思想的指导下, 制定的 MRLs 都要取整^[37]。若数值在 1~10 之间, 则取一位整数。若数值落在 10~100 间, 则是 10 的倍数。如果是 100 到 1000 之间, 则取 100 的倍数等。而且数值之间的间隔一般设为 0.015, 0.15, 1.5, 15 以避免将 MRLs 翻倍。另外, 在制定 MRLs 时, 不要在最后一位有效数字后添加 0, 以免混淆试验结果的精密度。

5 结 语

目前, 随着食品安全事件的频繁发生及疾速加剧的技术性贸易壁垒的国际贸易形势^[40], 我国在农产品及食品中农药残留标准体系的建设方面取得了有效的进展。但是, 和国际上发达国家相比, 我们无论是在农药种类、涵盖的食品种类及 MRLs 标准的制定上都存在很大差距。这就要求我们要加强农药的登记工作, 加大规范的田间残留试验的力度, 同时也要增加和国际组织间的交流合作, 吸取先进的经验和方法, 结合我国的膳食结构, 尽快尽好地制定出既符合国内需求又满足国际“协调性”思想的最大残留限量标准体系。

表 2 EU, NAFTA, OECD 及 JMPR 计算食品中农药 MRLs 的方法
Table 2 The calculation method of MRLs pesticide in food from EU, NAFTA, OECD and JMPR

方法名称	EU ^[31]		NAFTA ^[32-36]		OECD ^[37]	JMPR ^[38]
	方法 I	方法 II				
分布规律	正态分布	自由分布	对数分布		自由分布	自由分布
统计方法	95 百分位数	75 百分位数	95/99 规则	UCLmedian 95	95/99 规则	95 百分位数
离群值	Q 检验法	未移除	未移除	未移除	未移除	未移除
计算公式	平均值加上标准差的 k 倍 (k 根据数据点的不同, 范围在 5~2)	两倍的 75 百分位数	95 百分位数的置信度为 95% 的上置信限	3.9 倍的中位数的置信度为 95% 上置信限	最高残留限量、平均值加 4 倍的标准差、经校正因子的 3 倍平均值中的最大者	外推的 95 百分位数

参考文献

- [1] Oerke E. Crop losses to pests [J]. *J Agric Sci*, 2006, 144(1): 31-43.
- [2] 罗哲. 农药行业三废综合治理焚烧技术及应用[J]. *中国农药*, 2010, 42(9): 15-20.
Luo Z. Technology and application of the pesticide industry comprehensive management of waste incineration [J]. *China Agrochem*, 2010, 42(9): 15-20.
- [3] 2011年中国农药产量统计分析[J]. *今日农药*, 2012, 2: 46.
Statistical analysis of Chinese pesticides output in 2011[J]. *Agrochem Today*, 2012, 2: 46.
- [4] NY/T 788-2004 农药残留试验准则[S].
NY/T 788-2004 Guideline on pesticide residual trials [S].
- [5] 宋稳成, 单炜力, 叶纪明, 等. 国内外农药最大残留限量标准现状与发展趋势[J]. *农药学学报*, 2009, 11(4): 414-420.
Song WC, Shan WL, Ye JM, *et al.* Present situation and development trends of MRLs for pesticides in and outside China [J]. *Chin J Pestic Sci*, 2009, 11(4): 414-420.
- [6] 牛伟平, 乔日红, 阎会平. 国内外农药最大残留限量标准比较研究[J]. *农业技术与装备*, 2011, 2: 29-31.
Niu WP, Qiao RH, Yan HP. Comparative study on pesticide MRLs in and outside China [J]. *Agric Technol Equip*, 2011, 2: 29-31.
- [7] 张卫锋, 连瑾. 食品中农药残留限量标准存在问题及制修订建议[J]. *农产品质量与安全*, 2010, (6): 28-31.
Zhang WF, Lian J. Problems and suggestion of establishment and revision on the standard of pesticide residue limits [J]. *Qual Saf Agro Proc*, 2010, (6): 28-31.
- [8] 马爱进. 中外食品中农药残留限量标准差异的研究[J]. *中国食物与营养*, 2008, (1): 12-14.
Ma AJ. Research on the difference of standards of pesticide residue limits in food [J]. *Food Nutr China*, 2008, (1): 12-14.
- [9] 叶纪明, 单炜力, 宋稳成. 浅析国际食品法典与农药残留限量标准[J]. *农药科学与管理*, 2010, 31: 17-21.
Ye JM, Shan WL, Song WC. Analysis of CAC and pesticide residue limit standards [J]. *Pestic Sci Adm*, 2010, 31: 17-21.
- [10] 张志恒, 陈丽萍. 欧盟农药MRL标准及中国的主要差距[J]. *世界农业*, 2004, 306(10): 47-48.
Zhang ZH, Chen LP. Brief difference of pesticide MRL standards of EU and China [J]. *World Agric*, 2004, 306(10): 47-48.
- [11] CAC. Codex maximum residue limits [DB/OL]. <http://www.codexalimentarius.net/pestres/data/>.
- [12] GB 2763-2014 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量[S].
GB 2763-2014 National food safety standard-maximum residue limits for pesticides in food [S].
- [13] EU. Pesticide EU-MRLs [DB/OL]. http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/?event=homepage&language=EN.
- [14] EPA U S. Code of Federal Regulations (CFR). Tolerances and exemptions for pesticide chemical residues in food [DB/OL]. <http://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=ae19b853a480b2df0bef8a55d8c981b4&mc=true&n=pt40.24.180&r=PART&ty=HTML>.
- [15] The Japan Food Chemical Research Foundation. Maximum residue limits (MRLs) list of agricultural chemicals in foods [EB/OL]. <http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/search.html>.
- [16] Canada. Maximum residue limits for pesticides [EB/OL]. <http://pr-rp.hc-sc.gc.ca/mrl-lrm/index-eng.php>.
- [17] Australia Pesticides and Veterinary Medicines Authority. Codes & Codes of Practice as amended, taking into account amendments up to Agricultural and Veterinary Chemicals Code Instrument No. 4 (MRL Standard) Amendment Instrument 2015 (No. 3) [EB/OL]. <http://www.comlaw.gov.au/Details/F2015C00352>.
- [18] 宋稳成, 何艺兵, 叶纪明. 国际食品法典农药残留限量标准最新进展[J]. *农药科学与管理*, 2008, 29(2): 41-51.
Song WC, He YB, Ye JM. Introduction of codex MRLs of pesticide [J]. *Pestic Sci Adm*, 2008, 29(2): 41-51.
- [19] 虞轶俊, 吴声敢, 于国光, 等. 新版食品中农药最大残留限量国家标准研究[J]. *农产品质量与安全*, 2014, 4: 37-39.
Yu YJ, Wu SG, Yu GG, *et al.* Research on the latest national standard of maximum residue limits for pesticides in food [J]. *Qual Saf Agro-prod*, 2014, 4: 37-39.
- [20] 李太平, 聂文静, 蔡怡静. 《食品中农药最大残留限量》新国标的风险分析[J]. *管理现代化*, 2014, 5: 91-93.
Li TP, Nie WJ, Cai YJ. Safety risk analysis of the latest national standard of maximum residue limits for pesticides in food [J]. *Mod Manage*, 2014, 5: 91-93.
- [21] 简秋. 解读《食品中农药最大残留限量》[J]. *大众标准化*, 2014, 10: 12-15.
Jian Q. Interpretation on maximum residue limits for pesticides in food [J]. *Popular Stand*, 2014, 10: 12-15.
- [22] 李太平. 我国农药最大残留限量标准过严的实证分析[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(9): 358-361.
Li TP. A positive analysis of excessively rigorous proof of the standards about maximum residual limits for pesticide in agric-food [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2012, 33(9): 358-361.
- [23] 袁玉伟, 王静, 叶志华. 食品中农药残留的膳食暴露与累积性暴露评估研究[J]. *食品科学*, 2008, 29(1): 374-378.
Yuan YW, Wang J, Ye ZH. Exposure estimation and cumulative exposure estimation on pesticide residues from dietary [J]. *Food Sci*, 2008, 29(1): 374-378.
- [24] Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting of Pesticide Residues (JMPR) [EB/OL]. <http://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database>.
- [25] Renwick AG. Pesticide residue analysis and its relationship to hazard characterisation (ADI/ARfD) and intake estimations (NEDI/NESTI) [J]. *Pest Manage Sci*, 2002, 58: 1073-1082.
- [26] Kroes R, Muller D, LAMBE J, *et al.* Assessment of intake from the diet [J]. *Food Chem Toxicol*, 2002, 40: 327-338.
- [27] 翟凤英, 何宇纳, 马冠生, 等. 中国城乡居民食物消费现状及变化趋势[J]. *中华流行病学杂志*, 2005, 26(7): 485-488.
Zhai FY, He YN, Ma GS, *et al.* Study on the current status and trend of food consumption among Chinese population [J]. *Chin J Epidemiol*, 2005, 26(7): 485-488.
- [28] 翟凤英, 王惠君, 杜树发, 等. 中国居民膳食结构与营养状况变迁追踪[J]. *医学研究杂志*, 2006, 35(4): 3-6.
Zhai FY, Wang HJ, Du SF, *et al.* Track on nutritional status and dietary structure of Chinese population [J]. *J Med Res*, 2006, 35(4): 3-6.
- [29] 简秋, 单炜力, 段丽芳, 等. 我国农产品及食品中农药最大残留限量制

- 定指导原则[J]. 农药科学与管理, 2012, 33(6): 24-27.
- Jian Q, Shan WL, Duan LF, *et al.* Instructive principle of the establishing maximum residual limits of Chinese Agrol-productions and food [J]. Pestic Sci Adm, 2012, 33(6): 24-27.
- [30] 龚勇, 农药最大残留限量值的制定[J]. 农药科学与管理, 2010, 31(4): 26-28.
- Gong Y. Methods for setting MRL of pesticide [J]. Pestic Sci Adm, 2010, 31(4): 26-28.
- [31] Commission Regulation (EU). Guidelines for residue data under Directive 91/414/EEC and Regulation (EC) 396/2005 [S].
- [32] NAFTA, Guidance for setting pesticide maximum residue limits based on field trial data [S].
- [33] NAFTA, Statistical basis of the NAFTA method for calculating pesticide maximum residue limits from field trial data [S].
- [34] 陈振山, 钱传范, 李文志, 等. 北美自由贸易协定指导文件—基于大田试验数据制定农药最大残留限量的指导意见(一)[J]. 农药科学与管理, 2008, 29(4): 38-44.
- Chen ZS, Qian CF, Li WZ, *et al.* Instructive documents of NAFTA-Instructive suggestion on setting MRLs of pesticides based on field trial data A [J]. Pestic Sci Adm, 2008, 29(4): 38-44.
- [35] 陈振山, 钱传范, 李文志, 等. 北美自由贸易协定指导文件—基于大田试验数据制定农药最大残留限量的指导意见(二)[J]. 农药科学与管理, 2008, 29(5): 33-38.
- Chen ZS, Qian CF, Li WZ, *et al.* Instructive documents of NAFTA-INstructive suggestion on setting MRLs of pesticides based on field trial data B [J]. Pestic Sci Adm, 2008, 29(5): 33-38.
- [36] 陈振山, 钱传范, 李文志, 等. 北美自由贸易协定指导文件—基于大田试验数据制定农药最大残留限量的指导意见(三)[J]. 农药科学与管理, 2008, 29(7): 46-50.
- Chen ZS, Qian CF, Li WZ, *et al.* Instructive documents of NAFTA-INstructive suggestion on setting MRLs of pesticides based on field trial data C [J]. Pestic Sci Adm, 2008, 29(5): 46-50.
- [37] OECD. MRL calculator [EB/OL]. <http://www.oecd.org/env/ehs/pesticides-biocides/oecdmaximumresiduelimitcalculator.htm>
- [38] Report of the joint meeting of the FAO panel of experts on pesticide residues in food and the environment and the WHO core assessment group on pesticide residues [C]. Pesticide Residues in Food 2006. Joint FAO/WHO meeting on pesticide residues, 2006.
- [39] 徐军, 简秋, 董丰收, 等. 比例推算法在国际食品法典农药最大残留限量评估中的应用[J]. 农药学报, 2014, 16(2):115-118.
- Xu J, Jian Q, Dong FS, *et al.* Development on the use of proportionality concept to estimate Codex maximum residue limits for pesticide [J]. Chin J Pestic Sci, 2014, 16(2): 115-118.
- [40] 周锦秀. 技术性贸易壁垒对我国农产品出口影响的实证研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2005.
- Zhou JX. Research on the proof of the influence of technical trade barrier to export of Chinese agrol-productions [D]. Beijing: The Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2005.

(责任编辑: 李振飞)

作者简介



杨艳红, 博士, 工程师, 主要研究方向为食品、石油化工产品安全研究及检测。
E-mail: yanyan0160@hotmail.com