

菠菜中残留的两种农药在几种家庭处理方式中的去除

孙建鹏¹, 王运浩², 郑永权¹, 董丰收¹, 刘新刚¹, 姚建仁¹

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 农业部农药化学与应用技术重点开放实验室, 北京 100094; 2. 农业部农药检定所, 北京 100026)

摘要:通过测定经过家庭处理后菠菜中毒死蜱和三氟氯氰菊酯的残留水平, 比较了不同清洗方法、炒制加工过程对农药的去除效果。结果表明, 清水直接冲洗对两种农药的去除效果都较差, 去除率分别为: 毒死蜱 19.09%、三氟氯氰菊酯 9.66%; 用清水浸泡 10 min 对毒死蜱的去除作用高达 70%, 而三氟氯氰菊酯只有 20% 左右, 延长浸泡时间并不能提高去除效果; 多次水浸洗可以增加毒死蜱的去除效果, 而对于三氟氯氰菊酯浸洗的次数与去除效果无差异显著性; 沸水浸泡 1 min 对毒死蜱的去除率可达 50% 以上, 对三氟氯氰菊酯也能达到 20%; 3 种洗涤剂的去除效果均不理想。试验结果表明, 炒煮加工是最有效的去除途径, 对毒死蜱和三氟氯氰菊酯的去除率都在 50% 以上。根据正常施药条件下两种农药在蔬菜中的残留状况, 联系不同地区人群膳食结构中对蔬菜的摄入量, 计算每人每天对农药的可能摄入量, 依此评价通过食入被农药污染的蔬菜, 可能对人身健康构成的潜在危害。评价结果显示, 不同地区人群每人每天对农药的摄入量是东方国家高于西方国家, 中国高于其他国家; 就具体农药而言, 毒死蜱高于三氟氯氰菊酯。

关键词: 去除; 日允许摄入量 (ADI); 菠菜; 安全性

中图分类号: X592 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2043(2008)03-1208-06

Removal of Two Pesticide Residues on Spinach by Several Home Processing Procedures

SUN Jian-peng¹, WANG Yun-hao², ZHENG Yong-quan¹, DONG Feng-shou¹, LIU Xin-gang¹, YAO Jian-ren¹

(1. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Science, Key Open Laboratory of Chemistry and Application Technology of Agricultural Chemicals, Ministry of Agriculture, Beijing 100094, China; 2. Institute of Agricultural Chemicals Certification, Ministry of Agriculture, Beijing 100026, China)

Abstract: The chlorpyrifos and cyhalothrin residues on spinach were determined after home processing procedures. The different processing methods were compared. The results showed that rinsing with clear water could only remove 19.09% of chlorpyrifos and 9.66% of cyhalothrin, and waterlogging for 10 min could eliminate 70% of chlorpyrifos but 20% of cyhalothrin. Increasing waterlogging time couldn't increase the eliminating rate for both of the pesticides. Waterlogging with boiling water for 1 min could get rid of more than 50% of chlorpyrifos and 20% of cyhalothrin. Three detergents were tested and the removal effects were not satisfying. Cooking is the best way to remove the pesticide residues on the vegetable with eliminating rate of more than 50% for the two pesticides. The daily intake ($\text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) of the pesticides can be estimated according to the residue levels of pesticides on the vegetables together with the amount of vegetables consumed, and the potential risk consuming the polluted vegetables could be assessed. The assessment result showed that the acceptable daily intake (ADI) of the pesticides in eastern countries were higher than those in western countries. It's found that the ADI of chlorpyrifos was higher than that of cyhalothrin.

Keywords: removal; ADI; spinach; safety

随着人们食品安全意识的提高, 一批高毒、高残留的农药已经被全面禁止使用, 而在生产中, 三氟氯氰菊酯、毒死蜱等一些高效、低毒的化学农药越来越

被人们所青睐。三氟氯氰菊酯是由英国卜内门公司开发生产的拟除虫菊酯类杀虫剂^[1], 1988 年英国 ICI 公司在我国获得 2.5% 三氟氯氰菊酯乳油农药登记, 从此三氟氯氰菊酯在全国广泛应用。毒死蜱是由美国陶氏化学公司于 1965 年开发的高效、广谱的有机磷杀虫剂^[2], 在中国登记的商品名为乐斯本, 因其可用于防治多种有害生物, 颇受农民欢迎。

过去加工处理对去除蔬菜中农药残留的研究多

收稿日期: 2007-04-12

作者简介: 孙建鹏 (1982—), 男, 吉林通化人, 主要从事农药残留与环境污染研究。

通讯作者: 王运浩 E-mail: wangyh@agri.gov.cn
郑永权 E-mail: yqzheng@ippcaas.cn

集中于六六六、甲胺磷等长效、高毒、高残留的农药,而对于三氟氯氰菊酯及毒死蜱在蔬菜上的研究主要集中于田间的残留降解动态^[3-7]。近年来,由于对两种低毒农药的不科学使用造成了某些蔬菜上这两种农药残留量超标的现象时有发生,因而引起了人们对残留农药去除效果的研究,其中包括一些日常生活中经常使用的家庭处理方法^[8-12]。Holland 等^[13]研究认为用三氟氯氰菊酯对甘蓝每周处理一次,处理 8 次后,几乎 99% 的残留集中在外层的 7 片叶子上;韩国的 Mi-gyung 等^[14]研究了烹调等加工过程对其国内经常使用的 31 种有机磷农药在食物上的去除效果,结果表明,水洗、洗涤剂清洗的去除率分别为 45%、56%。而在国内,谭燕琼系统地研究了自来水流水冲洗、多次水浸洗和长时间水浸洗以及洗涤剂对蔬菜中甲胺磷的去除率。结果表明,甲胺磷从蔬菜渗出到水中的过程缓慢,在 60 min 内,甲胺磷的浓度减少 65%,随着时间的延长,甲胺磷的浓度并没有进一步降低。多次水浸洗共 1 h,甲胺磷减少至 62%,再多次浸洗并不能改善去除效果。市售斧头牌洗涤剂 1% 的水溶液的去除效果为 50%。梅建新等研究了自制洗涤剂与市售 3 种洗涤剂、清水和 1% 食用碱、1% 食用盐对甲胺磷和氧乐果在青菜上的除效果,结果发现,去除效果均较好。

本文探讨了中国人常用的家庭处理措施对菠菜中残留农药的去除效果,根据不同农药在蔬菜中的残留水平,结合不同地区人群膳食结构的组成,采用模拟方法评价了通过摄食蔬菜两种农药可能对人身健康构成的潜在危害。

1 材料与方法

1.1 供试菠菜

供试菠菜为超级全能菠菜,由县市绿丰香菜种苗研究所提供。

1.2 供试试剂

40% 毒死蜱 (大连凯飞农药)、2.5% 三氟氯氰菊酯 (山东京博农化)、毒死蜱 (chlorpyrifos) 标准品 (农业部农药检定所, 98%)、三氟氯氰菊酯 (cyhalothrin) 标准品 (农业部农药检定所, 97%)。乙腈、丙酮、氯化钠、正己烷等均为分析纯。

1.3 试验方法

1.3.1 沾污农药菠菜的制备

采集试验田中未经喷洒上述两种农药的菠菜若干,将市售 40% 毒死蜱及 2.5% 三氟氯氰菊酯按推荐

使用剂量兑水稀释,取一定量的菠菜在农药稀释液中浸泡 10 min,为力求农药沾污均匀,随时搅拌,取出自然晾干。

1.3.2 菠菜的处理方法

每一种处理方法都需要在已沾污农药的菠菜中随机取出 3 份作为实验样品,每份样品重 50 g。除沸水浸泡及炒煮外,所有试验都在室温条件下进行,处理水温约为 20 ℃。处理方法有如下几种:

a. 流水冲洗:将样品置于筛中在水龙头下用自来水冲洗 3 min,并转动筛子以确保冲洗均匀,室温下自然晾干表面水分,供分析用。

b. 水浸泡不同时间与冲洗:将样品分别放到 4 L 蒸馏水中,每组样品浸泡时间不同,分别为:5、10、15、30、45、60 min,并每隔 3 min 摇动容器一次,取出一部分样品自然晾干表面水分供浸泡处理分析;另一部分放到水龙头下自来水冲洗 3 min,用作浸泡后冲洗试验,自然晾干后供分析。

c. 多次水浸洗:将每个样品分别放到 4 L 蒸馏水中,每隔 3 min 用手摇动容器,重复 5 次后取出晾干;每次都取样测定,以比较不同浸洗次数的去除效果。

d. 洗涤剂浸洗:将每个样品分别放到已加入洗涤剂的 4 L 蒸馏水中,每隔 3 min 用手摇动容器,15 min 后取出;再浸入 4 L 蒸馏水中浸泡 15 min 以去除残余洗涤剂;取出自然晾干供分析用。所用的洗涤剂及其浓度为:金鱼牌洗涤灵 (含有大量阴离子表面活性剂) 0.2%;雕牌全效洗洁精 (含有消毒剂-TRICLOSAN) 0.2%;天马牌二氧化氯消毒粉 (有效成份二氧化氯 4.0%~5.5%) 200 mg·L⁻¹。

e. 沸水浸泡:将样品放在 4 L 的沸水中浸泡,每个样品浸泡时间不同,分别为:1、3、5、10 min,分析前自然晾干表面水分。

f. 炒煮蔬菜:将平底锅放在电炉上加热,用 10 mL 豆油将 20 g 蔬菜样品炒制 30 s,然后加入 10 mL 蒸馏水,再炒煮 3 min;再取出待分析用。

1.4 菠菜中供试农药残留量的分析与检测

1.4.1 菠菜样品的前处理

毒死蜱的提取方法:将样品在匀浆机中匀浆,随机取 20 g 放入三角瓶中,准确加入 50 mL 乙腈,振荡 30 min。将提取液过滤到盛有 5~7 g NaCl 的具塞量筒中,收集 40~50 mL 滤液,盖上塞子,剧烈振荡 2 min,在室温下静置约 10 min,让乙腈相和水相分层,准确移取上层乙腈相 10 mL 于旋转蒸发瓶中,40 ℃ 旋转蒸发至近干,丙酮定容到 1 mL。进样前过 0.46 μm 有

机相滤膜。

三氟氯氰菊酯的提取方法:将样品在匀浆机中匀浆,随机取 20 g 放入三角瓶中,准确加入 50 mL 乙腈,振荡 30 min。将提取液过滤到盛有 5~7 gNaCl 的具塞量筒中,收集 40~50 mL 滤液,盖上塞子,剧烈振荡 2 min,在室温下静置约 10 min,让乙腈相和水相分层,准确移取上层乙腈相 10 mL 于旋转蒸发瓶中,40 ℃旋转蒸发至近干,用正己烷定容至 5 mL,待净化;将 Florisil 固相萃取小柱用 5.0 mL 丙酮+正己烷 (1:9 V:V)预洗柱子,当溶剂液面到达柱吸附层表面时,立即倒入样品提取溶液,弃去废液。用 50 mL 鸡心瓶接收洗脱液,用 5 mL 丙酮+正己烷(1:9 V:V)刷洗旋转蒸发瓶后淋洗 FLO 固相萃取柱,收集洗脱液约 15 mL,置于旋转蒸发仪(40 ℃)上蒸发近至干,用正己烷准确定容至 1.0 mL,待测。

1.4.2 气相色谱检测条件:

毒死蜱检测条件: Varian 3400 气相色谱仪,装有火焰光度检测器 (FPD)。色谱柱为 30 m×0.53 μm×0.25 μm DB-17 毛细管柱。色谱检测条件: 氮气,30 mL·min⁻¹;氢气,140 mL·min⁻¹;空气 1,80 mL·min⁻¹;空气 2,170 mL·min⁻¹;温度:进样口 220 ℃;检测器 250 ℃;柱温程序升温:初始温度 150 ℃,保持 2 min,然后以 8 ℃·min⁻¹ 的速度升温至 250 ℃,在 250 ℃保持 2 min。进样 2 μL,不分流。

三氟氯氰菊酯检测条件: Varian 3400 气相色谱仪,装有电子捕获检测器 (ECD)。色谱柱为 31 m×0.25 mm SE-54 弹性石英毛细管柱。色谱检测条件:载气为氢气,1 mL·min⁻¹; 补偿气为高纯氮气,30 mL·min⁻¹;温度:进样口 270 ℃;检测器温度 300 ℃;分流进样;柱温程序升温:初始温度 180 ℃,保持 1 min,然后以 10 ℃·min⁻¹ 的速度升温至 240 ℃,在 240 ℃保持 16 min。

1.5 添加回收率试验

取 20 g 菠菜空白样品, 分别添加上述两种农药

的标准样品, 添加至毒死蜱浓度分别为 1、0.5、0.1 mg·kg⁻¹;三氟氯氰菊酯浓度分别为 2、0.2、0.01 mg·kg⁻¹。每处理重复 3 次, 按照上述操作程序处理后, 待 GC 检测。

2 结果与分析

2.1 添加回收率试验结果

向空白对照菠菜样中添加供试农药后,按照试验设计步骤处理, 所测得的添加回收率结果列于表 1。结果表明, 毒死蜱的添加回收率在 97%~101%之间, 变异系数在 1.93%~2.46%之间,方法的最小检出浓度为 0.008 mg·kg⁻¹;三氟氯氰菊酯的添加回收率在 99%~102%之间,变异系数在 2.81%~4.69%之间,方法的最小检出浓度为 0.001 mg·kg⁻¹。这说明本研究所采用的分析与检测方法是可靠的,符合农药残留试验准则的技术要求^[7]。

2.2 不同处理方法对供试 2 种农药残留的去除效果

2.2.1 水浸泡不同时间对 2 种供试农药的去除效果

由表 2 可知,在室温条件下毒死蜱在水中的渗出生速率比三氟氯氰菊酯渗出得快,浸泡 5 min 即有大于 50%的量渗出,10 min 后达到 70%, 而三氟氯氰菊酯只有 20%左右;毒死蜱在处理 15 min 内,随着浸泡时间的延长,去除效果增加;而 30 min 与 60 min 时的浸泡去除率无显著性差异, 浸泡 60 min 也只能去除 76%左右。三氟氯氰菊酯在 15 min 和 60 min 的浸泡去除率均在 22%左右,无显著差异。

2.2.2 浸泡后冲洗对两种供试农药的去除效果

由表 3 可以看出,浸泡后冲洗较流水冲洗对农药的去除效果有显著提高;就毒死蜱和三氟氯氰菊酯而言,浸泡后冲洗比流水冲洗的去除率分别高出 4 倍和 3 倍;两种农药浸泡后冲洗在 15 min 内随着浸泡时间的延长去除效果随之增加, 而在浸泡 15 min 后冲洗与只浸泡的去除效果没有明显的差异,随着时间的延长,浸泡后冲洗并不能提高去除两种农药的作用。

表 1 两种供试农药的添加回收率						
Table 1 Recoveries of samples fortified with different concentrations of the two pesticides						
标样	添加浓度/mg · kg ⁻¹	回收率/%			平均回收率/%	变异系数/CV%
毒死蜱	0.01	95.2	99.4	98.5	97.7	2.21
	0.5	98.6	103.2	102.4	101.4	2.46
	1.0	97.8	100.3	96.5	98.2	1.93
三氟氯氰菊酯	0.01	108.9	102.4	99.8	103.7	4.69
	0.2	98.7	96.8	102.7	99.4	3.01
	2.0	98.6	101.1	104.2	101.3	2.81

2.2.3 多次水浸洗对两种供试农药的去除效果

由表 4 可知,水浸泡多次对于毒死蜱在菠菜上的去除效果较好,在经过 4 L 水浸泡 4 次(每次 15 min)后,去除率高达 85%左右;而水浸泡多次对氟氯氰菊酯在菠菜上的去除效果没有显著性差异,去除率只有 23%左右,这主要是因为三氟氯氰菊酯在水中的溶解度远低于毒死蜱在水中的溶解度所引起的。

2.2.4 洗涤剂对两种供试农药的去除效果

由表 5 可知,市售的 3 种洗涤剂对毒死蜱在菠菜上的去除效果并不是很好,各处理间也没有太大的差异,去除效果都在 30%左右;而上述 3 种洗涤剂对于

三氟氯氰菊酯在菠菜上的去除能力则差异显著,去除效果最好的是天马牌二氧化氯消毒粉,其由大到小的顺序为:4.0%~5.5%天马牌二氧化氯消毒粉>0.2%雕牌全效洗洁精>0.2%金鱼牌洗涤剂。

2.2.5 沸水及炒煮对两种供试农药的去除效果

由表 6 可以看出,沸水浸泡的效果较好,浸泡 1 min 即可去除毒死蜱 50%,三氟氯氰菊酯也能达到 20%左右;随着沸水浸泡时间的延长,去除效果更佳,但较长时间的沸水浸泡会破坏菠菜中的营养物质;通过炒煮加工,在较短时间内两种供试农药的去除效果均在 50%以上,而且毒死蜱较三氟氯氰菊酯更容易去

表 2 水浸泡不同时间对两种供试农药残留的去除效果

处理方法	农药浓度/mg · kg ⁻¹		浸泡去除率/%	
	毒死蜱	三氟氯氰菊酯	毒死蜱	三氟氯氰菊酯
对照	3.72	3.70	—	—
浸泡 5 min	1.66	3.30	55.38aA	10.81aA
浸泡 10 min	1.12	2.99	70.00bB	19.19aA
浸泡 15 min	0.93	2.88	75.00cC	22.16bB
浸泡 30 min	0.89	2.89	76.08dC	21.89bB
浸泡 45 min	0.91	2.88	75.53dC	22.16bB
浸泡 60 min	0.89	2.87	76.08dC	22.43bB

注:通过 LSD 分析,数字后的不同小写字母为 5%差异显著,不同大写字母为 1%差异显著。
Note: Values followed by different small letters are significantly different at 5%, capital letters are significantly different at 1% based on LSD method.

表 3 浸泡后冲洗对两种农药残留的去除效果

处理方法	农药浓度/mg · kg ⁻¹		浸泡去除率/%	
	毒死蜱	三氟氯氰菊酯	毒死蜱	三氟氯氰菊酯
对照	3.72	3.70	—	—
流水冲洗 3 min	3.01	3.34	19.09aA	9.66aA
浸泡 5 min 后冲洗 3 min	1.48	3.09	60.22bB	16.49bB
浸泡 10 min 后冲洗 3 min	0.89	2.82	76.08cC	23.78cC
浸泡 15 min 后冲洗 3 min	0.91	2.62	75.53cC	29.19dD
浸泡 30 min 后冲洗 3 min	0.89	2.65	76.08cC	28.38dD
浸泡 45 min 后冲洗 3 min	0.91	2.61	75.53cC	29.46dD
浸泡 60 min 后冲洗 3 min	0.88	2.59	76.34cC	30.00dD

注:通过 LSD 分析,数字后的不同小写字母为 5%差异显著,不同大写字母为 1%差异显著。
Note: Values followed by different small letters are significantly different at 5%, capital letters are significantly different at 1% based on LSD method.

表 4 水浸泡不同次数对两种供试农药残留的去除效果

处理方法	农药浓度/mg · kg ⁻¹		浸泡去除率/%	
	毒死蜱	三氟氯氰菊酯	毒死蜱	三氟氯氰菊酯
对照	3.72	3.70	—	—
浸泡 1 次(每次 15 min)	0.93	2.88	75.00aA	22.16aA
浸泡 2 次(每次 15 min)	0.91	2.87	75.53aA	22.43aA
浸泡 3 次(每次 15 min)	0.59	2.85	84.13bB	22.97aA
浸泡 4 次(每次 15 min)	0.54	2.84	85.48bcB	23.24aA
浸泡 5 次(每次 15 min)	0.53	2.85	85.75cB	22.97aA

注:通过 LSD 分析,数字后的不同小写字母为 5%差异显著,不同大写字母为 1%差异显著。
Note: Values followed by different small letters are significantly different at 5%, capital letters are significantly different at 1% based on LSD method.

表 5 3 种洗涤剂对两种供试农药残留的去除效果

处理方法	农药浓度/mg · kg ⁻¹		去除率/%	
	毒死蜱	三氟氯氰菊酯	毒死蜱	三氟氯氰菊酯
对照	3.72	3.70	—	—
0.2%金鱼牌洗涤灵	2.52	3.25	32.26aA	6.59aA
0.2%雕牌全效洗洁精	2.54	2.86	31.72aA	22.64bB
4.0%~5.5%天马牌二氧化氯消毒粉	2.42	2.69	34.95aA	38.68cC

注:通过 LSD 分析,数字后的不同小写字母为 5%差异显著,不同大写字母为 1%差异显著。
Note: Values followed by different small letters are significantly different at 5%, capital letters are significantly different at 1% based on LSD method.

表 6 沸水浸泡及炒煮的去除效果

处理方法	农药浓度/mg · kg ⁻¹		去除率/%	
	毒死蜱	三氟氯氰菊酯	毒死蜱	三氟氯氰菊酯
未处理	1.3	3.70	—	—
沸水浸泡 1 min	0.62	2.89	52.31aA	21.89aA
沸水浸泡 3 min	0.56	2.45	56.92aAB	33.78bB
沸水浸泡 5 min	0.47	2.38	63.85bBC	35.68cBC
沸水浸泡 10 min	0.37	2.32	71.54cD	37.30cC
炒煮	0.45	1.81	65.38bc	51.08dD

注:通过 LSD 分析,数字后的不同小写字母为 5%差异显著,不同大写字母为 1%差异显著。
Note: Values followed by different small letters are significantly different at 5%, capital letters are significantly different at 1% based on LSD method.

除一些,这主要是由于两种农药的热稳定性不同造成的。

3 安全性评价

作为农业部推荐的高毒农药替代品种——三氟氯氰菊酯和毒死蜱,近年来在中国得到了广泛应用。其中,三氟氯氰菊酯在 2005 年占到了国内杀虫剂市场的 11%的份额。在我国,三氟氯氰菊酯和毒死蜱在叶菜上的最大残留限量分别为 2.00 mg · kg⁻¹ 和 1.00 mg · kg⁻¹[15]。但近几年来在蔬菜污染状况调查中发现两种农药的检出率均呈上升趋势。目前控制农药污染的主要措施是制定安全间隔期,而农药的安全间隔期因作物不同而异。研究发现,在叶菜中,毒死蜱的半衰期为 7~8 d,三氟氯氰菊酯在 2~7 d 之间;在农业生产良好规范操作条件下,施药 7 d 后蔬菜上残留的毒死蜱浓度在 0.8 (夏季露地)~3.5 mg · kg⁻¹ (冬季大棚) [3-5]之间,三氟氯氰菊酯在 0.02~0.06 mg · kg⁻¹ [7]之间。根据本试验建立的参数,笔者将菠菜在水中浸泡 15 min 后,再冲洗 3 min 来去除其中的毒死蜱和三氟氯氰菊酯,其去除率分别为毒死蜱 75.53%、三氟氯氰菊酯 29.19%;考虑到炒煮造成的分解作用,再根据世界卫生组织所推荐的各膳食结构中每天人均摄入蔬菜量计算出每人每天通过食用蔬菜摄入人体的最大农药

量[16]。计算公式如下:每人每天对农药的摄入量=摄入量蔬菜量×蔬菜中农药残留量×[1-清洗去除率]×[1-炒煮消解率];通过计算得到的结果见表 7。

从表 7 可见,虽然三氟氯氰菊酯比毒死蜱更难清除,但最终进入人体的农药量却低于毒死蜱 10 倍以上。这是由于三氟氯氰菊酯在蔬菜上的使用剂量和残留水平远远小于毒死蜱,且在蔬菜上的半衰期也较毒死蜱短,因此经过家庭炒煮后,所进入人体的最大农药残留量较小。从表中还可以看出,我国的居民对蔬菜的摄入量高于其他地区人群,因此对农药的摄入量也相对较高。根据上述数据结合人体体重 (60 kg)与 ADI 值比较就可以得出:在我国的膳食结构中,通过家庭处理,人体摄入毒死蜱的水平占其 ADI 值的 5%,三氟氯氰菊酯占其 ADI 值的 0.25%,相比之下,三氟氯氰菊酯较毒死蜱更为安全。因此,可以认为按农药安全使用准则操作这两种农药对食用者健康不会造成较严重的危害。

4 结论

在家庭处理中,农药毒死蜱较三氟氯氰菊酯在蔬菜上更容易去除;按农药安全使用准则操作,在蔬菜上三氟氯氰菊酯较毒死蜱更为安全;通过与 ADI 值的比较,残留在蔬菜上的两种农药经过家庭处理

表 7 不同地区人群摄入的残留农药量

Table 7 The intake of pesticide residue by human from the diet in different regions

推荐膳食模式	蔬菜摄入量/g · d ⁻¹	摄入人体最大农药量/mg · d ⁻¹	
		毒死蜱	三氟氯氰菊酯
地中海	191	0.01~0.06	0.001~0.004
东方	310	0.02~0.09	0.002~0.006
西方	171	0.01~0.05	0.001~0.004
中国	400	0.03~0.12	0.003~0.008

后食用对人体的危害性较小;通过实验证实,蔬菜的加工过程是最有效消除毒死蜱残留的方法之一。根据农药在田间的降解规律,结合农药本身的物理化学性质,确定参数因子,用来计算最终进入人体的农药残留量是一种更符合实际情况的评价方法。

参考文献:

[1] 刘乾开.新编农药使用手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社,1993. 84-86.
LIU Qian-kai. New pesticide use manual[M] Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing House, 1993. 84-86.

[2] 刘长令.世界农药信息手册[M]. 北京: 化学工业出版社,2000. 12-14.
LIU Chang-ling. The world pesticide information manual [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2000.12-14.

[3] 陈振德,陈雪辉,冯明祥,等.毒死蜱在菠菜中的残留动态研究[J]. 农业环境科学学报,2005,24 (4):728-731.
CHEN Zhen-de, CHEN Xue-hui, FENG Ming-xiang, et al. Residue dynamics of chlorpyrifos in spinach[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 24 (4): 728-731.

[4] 施海萍,陈 睿,叶建人,等.毒死蜱农药在蔬菜中的残留研究与控制[J]. 农业环境与发展,2005,22 (3):47-48.
SHI Hai-ping, CHEN Jian, YE Jian-ren, et al. Residue dynamic of chlorpyrifos on vegetables[J]. *Agro-Environment and Development*, 2005, 22 (3): 47-48.

[5] 原永兰,窦坦德,包海英.速冻菠菜加工过程中毒死蜱残留动态研究[J]. 莱阳农学院学报,2005,22 (3):186-188.
YUAN Yong-lan, DOU Tan-de, BAO Hai-ying. Residue dynamic of chlorpyrifos in spinach in deep-freeze processes[J]. *Journal of Laiyang Agricultural College*, 2005, 22 (3): 186-188.

[6] 施海萍,陈 睿,叶建人,等.毒死蜱、乐果在大棚和露地青菜上的降解动态[J].浙江农业科学,2002,4:191-192.
SHI Hai-ping, CHEN Jian, YE Jian-ren, et al. Chlorpyrifos, Rogor in greenhouse vegetables on the open field and the degradation dynamic[J]. *Zhejiang agricultural science*, 2002, (4): 191-192.

[7] Zhi-Yong Zhang, Xian-Jin Liu, Xiang-Yang Yu, et al. Pesticide residues in the spring cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) grow in open field[J]. *Food Control*,2007 (18):723-730.

[8] 谭燕琼,李伟安.清除蔬菜甲胺磷污染的方法[J].卫生研究,1998,27 (1):62-65
TAN Yan-qiong, LI Wei-an. The method of removing methamidophos

from contaminated vegetables[J]. *Journal of hygiene research*, 1998, 27 (1):62-65.

[9] 吴 能,胡银安,谭 毅.残留杀虫剂在蔬菜上的衰减与去除的研究[J]. 卫生研究,2003,1 (32):32-36.
WU Neng, HU Yin-an, TAN Yi. Study on the degradation of residual insecticides on and in the vegetables and washing off method[J]. *Journal of hygiene research*, 2003, 1 (32):32-36.

[10] 宗荣芬,刘文卫,梅建新.蔬果洗涤剂对农药残留去除率的研究[J]. 中国卫生检验杂志,2003,4 (13):441-442.
ZONG Rong-fen, LIU Wen-wei, MEI Jian-xin. Removing effects of vegetable and fruit detergents on pesticide residues[J]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2003, 4 (13):441-442.

[11] 常 改,江国虹,王萌国,等.消除蔬菜表面有机磷农药残留方法的研究[J].中国公共卫生,2002,18 (1):96.
CHANG Gai, JIANG Guo-hong, WANG Meng-guo, et al. Study on the methods of removing pesticide residues on vegetables[J]. *Chinese Journal of Public Health Management*, 2002, 18 (1):96.

[12] Schattenberg H J, Geno P W, Hsu J P, et al. Effect of household preparation on levels of pesticide residues in produce[J]. *J AOAC Intern*, 1996,79(6):1447-1453.

[13] Holland P T, Hamilton D, Ohlin B, et al. Effects of storage and processing on pesticide residues on plant products[J]. *Pure Appl Chem*,1994, 66(2):335-356.

[14] Lee M G, Lee S R. Reduction factors and risk assessment of organophosphorus pesticides in Korean foods[J]. *Kor J Food Sci Technol*, 1997, 29 (2):240-248.

[15] 林维宣.日本农药最高残留限量规定 各国食品中农药兽药残留限量规定”[M]. 大连:大连海事大学出版社,2002.
LIN Wei-xuan. Japan maximum pesticide residue limits provision “national veterinary drug residues in food pesticide limits provision” [M]. Dalian:Dalian Maritime University Press, 2002.

[16] 王运浩,万海滨,薛玉柱,等.拟除虫菊酯类农药对茶树害虫的生物活性与残留降解[J].昆虫学报,1991,34 (1):20-25
WANG Yun-hao, WAN Hai-bin, XUE Yu-zhu, et al. The bioactivity and residues of pyrethroids in tea garden[J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1991, 34 (1):20-25.

[17] 樊德方.农药残留量分析与检测[M].上海:上海科学技术出版社,1982.
FAN De-fang. Pesticide residue analysis and detection [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing House ,1982.