

蔬菜中氯氰菊酯残留的风险评估研究

宋玉峰¹, 吕 潇^{1,2}, 任凤山^{1,2}, 岳 晖¹, 高 磊¹

(1.山东省农业科学院中心实验室/山东省食品质量安全检测技术重点实验室, 济南 250100; 2.山东省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 济南 250100)

摘 要: 目前使用的绝大多数农药为合成农药, 具有急性毒性特征, 已开展的慢性评估不能完全符合实际需要, 慢性评估结果容易出现过低估计风险。具有急性毒性特征的农药残留必须开展急性评估。为了推进急性评估研究, 为我国食品安全监管和残留限量的制定提供技术支持, 在 WHO 原则指导下、基于 JMPR 建议的方法, 开展了蔬菜中氯氰菊酯残留的急性和慢性点评估技术研究。结果显示, 济南、青岛和寿光三地市售的西红柿、菜椒、菜豆、茄子、豇豆和芹菜中氯氰菊酯残留摄入是安全的; 虽然白菜出现了超标的个例, 但 99.98% 的氯氰菊酯残留摄入不存在危害健康的摄入风险; 即使考虑 50% 的总体误差以及蔬菜占总食物摄入量的比例, 至少 99.96% 的残留摄入不存在危害健康的摄入风险。研究表明, 摄入频率高的 7 类蔬菜中氯氰菊酯残留污染较轻, 对消费者(包括孕妇、婴儿和儿童)身体健康危害很小。

关键词: 风险评估; 氯氰菊酯; 农药残留; 蔬菜

中图分类号: X820.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-2043(2010)12-2293-06

Risk Assessment of Cypermethrin Residues in Vegetables

SONG Yu-feng¹, LV Xiao^{1,2}, REN Feng-shan^{1,2}, YUE Hui¹, GAO Lei¹

(1. Central Laboratory of Shandong Academy of Agricultural Sciences/ Key Laboratory of Test Technology on Food quality and Safety of Shandong Province, Jinan 250100, China; 2. Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract: At present, much attention has paid to risk assessment of acute hazards for many synthetic pesticides with acute toxicity domestically and internationally because only risk assessment of chronic hazards could not meet the actual needs. In particular, it is useful that short term dietary exposure assessment carried out in our country. Short term and long term assessment of cypermethrin residue in vegetables were performed as described in this paper, respectively. Intake of the pesticide residues was calculated with the point estimation based on the methods recommended by JMPR which guided by the principles defined by WHO. Hazard Quotient was calculated by the methods presented by EFSA to estimate risk and identify potential hazards to human health quantitatively. Results of dietary intake estimation showed that intake risk of the residues in tomato, pepper, kidney bean, eggplant, cowpea and celery would be expected to have no unacceptable dietary intake risk. 99.98% intake of the residues would be safe in chinese cabbage, even though there was one result of *NESTI* exceeded the *ARfD*. At least there was no unacceptable risk to consumer's health of 99.96% of intake with taking 50% aggregate error and the ratio of vegetable to total food consumption into account. It has concluded that the pollution of the residues in seven kinds of vegetables with high frequency of consumption was light. The risk to consumer's health, including pregnant women, infants and children would be acceptable with the residues found. Moreover, short term dietary exposure assessment should be performed for pesticides with acute toxicity, as only long term dietary exposure assessment could under-estimate the dietary risks to consumer in this case. This work assumed providing technical support to national food safety monitoring programs and to setting maximum residue levels in China.

Keywords: risk assessment; cypermethrin; pesticide residues; vegetables

收稿日期 2010-06-04

基金项目 国家“十一五”科技支撑项目(2009BADB7B01); 山东省农业科学院科技创新基金项目(2007YCX029)

作者简介 宋玉峰, 博士后, 研究方向为食品安全及风险评估。E-mail yusong2007@gmail.com

通信作者 吕 潇 E-mail luxiao5@163.com

中国要用仅占世界 7% 的耕地养活占世界 22% 的人口, 必须确保农产品的稳产、高产。如果减少使用 30% 农药, 将会导致至少 3.5 亿中国人饥饿^[1], 因此今后一段时间农药的使用必不可少。农药是把双刃剑, 在保证农产品稳产、高产及持续发展方面做出了不可磨灭的贡献^[2], 农药的使用给人们带来极大益处。但如果不能合理和正确的施用农药, 将导致农产品污染, 最终危害广大消费者身体健康。人们迫切希望知道通过膳食摄入的农药残留是否会对身体健康产生危害及危害程度, 迫切需要建立在科学评估基础上的农药残留限量(MRL)标准, 迫切需要对食品质量采取严格的、建立在科学评估基础上的安全监管措施, 解决上述问题的科学依据是开展膳食摄入风险评估^[3]。

完整的膳食摄入风险评估包括慢性评估和急性评估^[3], 二者主要区别在于评估涉及的时间期限不同, 因此输入参数不同。一般而言, 如果慢性评估表明不存在食物摄入风险, 但急性评估有可能存在风险, 如果急性评估显示不存在风险, 则慢性评估极少出现风险。因此, 慢性评估结果过于保守, 急性评估是目前国际上关注的重点和热点^[4-6]。上述两类评估既可以采取点评估、也可以概率评估的方式实现^[7]。点评估所需参数较少, 目前国际上此类评估开展的较多, 但评估结果比较保守, 容易过高估计摄入风险, 概率评估结果比较符合实际情况, 但如果参数不合理、数据库不完备等等因素存在, 概率评估可能得出错误的结论^[8], 从而误导管理者采取错误的措施, 因此概率评估应慎重进行。目前只有美国、欧盟发达国家和国际组织开展了概率评估。基于有效数据的容量大小, 国际上通常采用由低级(比如最严重情况下、残留都达到限量时点评估)到稍高级(采用实际残留浓度或膳食摄入输入的点评估)、高级(概率评估)、分级评估的方式评估食品中农药残留的危害, 由此可见级别越低所需参数越少, 评估结果也越保守。低级评估也叫严重评估, 评估的结果高于实际风险情况, 因此低级评估如果表明食品中风险小或者可以忽略, 就可以认为摄入此类食品是安全的、无需更高级的评估^[9-12]。

为了更有效、合理地利用已有资源, 结合评估方式的特点, 目前大多数国家采用点评估方式评估食品中农药残留的市场监测结果^[12-15]; 只有点评估结果显示食品中农药残留存在健康危害、并且数据库比较完备(包括农药残留数据、膳食摄入数据及加工因子等)时, 才需要开展更高级(概率)评估; 如果多种情况下评估有风险(农药残留摄入量高于参考剂量), 则需要

开展毒理学评估^[4]。

除虫菊酯类农药以其低毒、广谱、生物活性高、环境相容性好等特性, 在农作物病虫害防治中占有重要地位^[16-19]。尤其近年来作为高毒禁用农药的替代品为我国作物病虫害防治做出了重要贡献。氯氰菊酯是菊酯类农药的重要一类, 以其高效、广谱、易降解、低残留等特性应用于农作物病虫害防治中^[20], 虽然通过皮肤接触和呼吸进入人体的氯氰菊酯毒性较低, 但如果通过膳食摄入则对人体产生较大的危害^[21], 因此在广泛应用的同时其残留的危害性也越来越引起人们的重视^[16, 22-27]。宋玉峰等的研究表明^[28], 山东部分地区蔬菜中氯氰菊酯残留是所有菊酯农药中检出率最高的一类, 目前急需开展蔬菜中氯氰菊酯残留风险评估, 确定通过蔬菜摄入的这类农药残留是否对消费者的健康存在风险以及危害的程度, 为农药合理使用和风险管理提供科学依据和技术支撑。

变异因子是急性评估的重要参数, 从市场抽样检测获得的残留数据其变异性不同于田间试验, 对市售蔬菜残留危害的评估应采用符合其实际污染状况的变异因子^[29], 作者已在此方面开展了较为系统的研究^[28], 为此次评估提供了技术支持。我国食品安全风险评估工作起步较晚, 数据库不完备、符合本国国情的评估技术研究的极少, 评估工作基础非常薄弱^[30-31]。为了调查出口日本的菠菜中毒死蜱残留的健康危害, 罗祎等采用 EPA 的评估模式, 开展其膳食摄入点评估, 但其研究只针对低于残留限量(MRL)的毒死蜱残留的健康风险情况, 并且未考虑残留的变异性^[32]。迄今为止, 国内未见完整的蔬菜中农药残留风险评估过程的研究报道。

本研究在世界卫生组织(WHO)农药残留专家委员会联席会议(JMPP)风险评估原则指导下^[7], 结合已有数据的特性, 开展山东济南、青岛和寿光市售蔬菜中氯氰菊酯残留的摄入评估研究。参照国际研究经验, 对于急性评估表明存在风险的评估结果开展统计分析及慢性评估, 最终确定其健康危害程度, 为国内蔬菜乃至食品安全风险评估研究开展积极有益的尝试, 为农药残留限量制定及风险管理提供技术支持。

1 材料和方法

1.1 主要仪器与试剂

气相色谱仪, 美国安捷伦(6890N), 配电子俘获检测器(ECD)。毛细管色谱柱 BPX-608(30 m×0.25 mm×2.5 μ m)。旋转蒸发器、高速匀浆机、氮吹仪等。农

药残留标准溶液:氯氰菊酯,浓度 $1\ 000\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,由农业部环境质量监督检验测试中心(天津)提供。

1.2 样品的采集与测定

1.2.1 样品的采集

按照 NY/T 762—2004《蔬菜农药残留检测抽样规范》,采集山东济南、青岛和寿光市场销售的白菜、菜椒(含彩椒、柿子椒及长椒)、芹菜、菜豆、西红柿、茄子及豇豆7种蔬菜。

1.2.2 测定方法

蔬菜中氯氰菊酯残留测定采用气相色谱法,详见 NY/T 761—2008《蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留检测方法》。以保留时间定性,外标法定量。方法定量限(LOQ)为 $0.01\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。方法回收率 70%~110%,相对偏差 $\leq 15\%$ 。

1.2.3 结果判定

按照 GB 2763—2005《食品中农药最大残留限量》判定结果。

1.2.4 数值修约

按照 GB/T 8170—2008《数值修约规则与极限数值的表示和判定》进行数值修约。

1.3 数据处理与分析

采用 SPSS 完成统计分析,Excel 完成计算及图形绘制。

2 结果和分析

2.1 不同蔬菜中农药残留基本情况

蔬菜品种比较多,逐一评估存在较大困难。前期研究表明,白菜、菜椒、芹菜、菜豆、西红柿、茄子及豇豆是残留检出率比较高^[28]且消费者食用频率比较高的蔬菜品种,因此本文重点研究氯氰菊酯残留在上述蔬菜中的摄入风险。蔬菜的抽样比例、检出率及超标率(超过 MRL 的比例)情况见图 1。白菜摄入频率比较高,采样率 $>10\%$,农药残留的检出率为 15.7% ,超标率最高(1.6%);菜椒的采样率 14% ,检出率 11% ,没有超标现象;芹菜和豇豆采样比例约 6% 左右,但检出率最高($>20\%$),豇豆的超标率(1.4%)高于芹菜(0.4%),但低于文献报道结果^[16];西红柿采样比例最大(15%),检出率 15.2% ,无超标现象,总体情况比较好^[33];菜豆和茄子的采样比例、检出率和超标率都较低。

2.2 蔬菜中摄入残留的风险评估

2.2.1 急性评估

在 WHO 原则指导下,计算短期残留摄入量

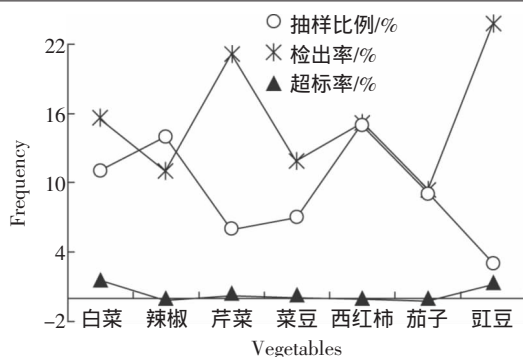


图1 不同蔬菜的采样比例、农药残留检出率及超标率的分布
Figure 1 Sampling ratio distributions of different vegetables and frequency of detection and unqualified rate of pesticide residues in vegetables for market samples in Jinan, Qingdao and Shouguang

(NESTI)^[7]开展急性评估,其计算公式(式1)如下:

个体重量在 $0.025\ \text{kg}$ 以下的蔬菜:

$$NESTI = \frac{LP \times HR}{bw} \quad (1a)$$

个体重量在 $0.025\ \text{kg}$ 以上的蔬菜,并且单个重量小于大部分膳食者消耗量:

$$NESTI = \frac{U \times HR \times v + (LP - U) \times HR}{bw} \quad (1b)$$

个体重量在 $0.025\ \text{kg}$ 以上的蔬菜,并且单个重量大于或等于大部分膳食者消耗量:

$$NESTI = \frac{LP \times HR \times v}{bw} \quad (1c)$$

式中: U 为蔬菜的个体重量 kg , HR 为抽查蔬菜中农药最高残留量 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, v 为变异因子, LP 为涵盖 97.5% 食用者的蔬菜摄入量 $\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$, bw 为食用者平均体重 kg 。变异因子 v 计算参见已有研究结果^[27], LP 取所有蔬菜总摄入量^[34],即假定最大量摄入、最严重评估, bw 取 55 , U 取值参见 WHO 统计^[35]。

计算过程中如果检出率低于 10% ,且最大检出值低于 2 倍 LOQ 的数据组,摄入值估计为 0 ,残留摄入量很小、可以忽略,本文不再探讨这部分检测结果的污染状况;检出率低于 10% 但最大检出值高于 2 倍 LOQ,则 v 取值 2.5 ;上述两类情况之外的数据处理参见文献^[36],改进之处是对于低于 LOQ 的结果直接以 LOQ 代替。不同蔬菜残留摄入量的计算结果见图 2。

采用 EFSA 建议的方法^[11],用危害系数(HQ)表示摄入氯氰菊酯残留的危害程度。 $HQ = NESTI/ARfD$,其中 $ARfD$ 表示急性参考剂量,氯氰菊酯的 $ARfD = 0.04\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{bw}\cdot\text{d}^{-1}$ ^[37]。如果 $HQ < 1$,则表示无风险或风险很小,小至可以忽略风险,摄入的蔬菜是安全的; $HQ > 1$,存在摄入风险。 HQ 越大,风险越大。不同蔬菜残留

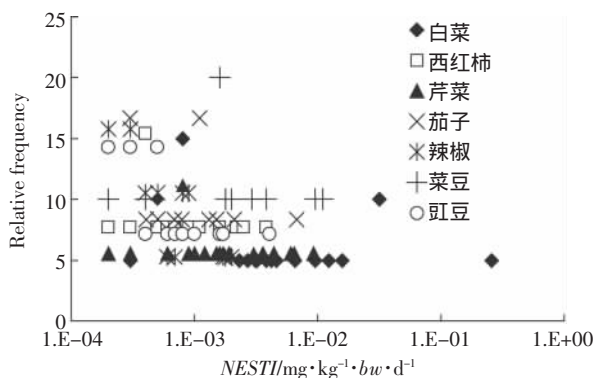


图2 不同蔬菜中氯氰菊酯残留摄入量的分布

Figure 2 NESTI distribution of cypermethrin residues in different vegetables

摄入的危害系数计算结果(图3)显示,绝大多数蔬菜中残留摄入是安全的(图3中给出了相应的误差棒)。但对于白菜,存在两个需要注意的危险值,其中之一虽然低于1,但非常接近1;另外一个值已高于1,表明存在摄入风险,需要进一步评估和分析。即使估计测量及数据处理带来50%的误差^[12],上述风险情况仍然存在($HQ>1$)。

2.2.2 急性评估超标值再评估

采用M估计分析(SPSS 95%的置信区间)表明,此超标数据结果异常,评估计算中按极值处理,可以不予以考虑。如果参见UK白菜农药残留膳食摄入急性的变异因子^[38],结合我国具体膳食摄入情况及评估人群特征,最大摄入量评估,则白菜中氯氰菊酯残留最大浓度为 $1.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,结果仍低于上述异常值。可见这只是不规范使用农药而偶然出现的情况所致。国际已有的研究结果显示,急性评估结果无风险,则慢性评估结果一定无风险,只需对急性评估存在问题的结果开展慢性评估。依据国际通用处理方法进一步开展慢

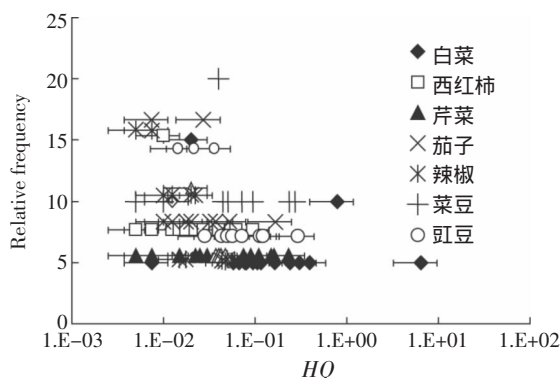


图3 不同蔬菜残留摄入量危害指数(HQ)的分布

Figure 3 HQ distribution of different vegetables

性评估^[11-12],长期摄入量(NEDI)的计算见式(2)^[7]:

$$NEDI = \left(\frac{C_{\text{median}} \times LP}{bw} \right) \quad (2)$$

式中 C_{median} 代表中位浓度,以最大摄入量 LP 取代平均摄入量; LP 和 bw 意义同式(1)。

慢性评估值 $NEDI = 0.004 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw} \cdot \text{d}^{-1}$,氯氰菊酯的日允许摄入量(ADI) = $0.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw} \cdot \text{d}^{-1}$,评估值低于慢性参考剂量-日允许摄入量,即慢性评估表明不存在摄入风险。

3 讨论

氯氰菊酯广泛用于黄曲条跳甲幼虫及成虫、菜青虫、小菜蛾、斜纹夜蛾等病虫害防治中,在保证蔬菜稳产、高产方面起到积极作用^[19]。由于目前国内禁用的高毒农药均为杀虫剂,低毒菊酯类杀虫剂作为重要的替代品在蔬菜上广泛使用。前期研究结果证实,蔬菜中氯氰菊酯残留的检出率较高^[28],本研究发现它在白菜、芹菜和菜豆中有超标情况(图2),表明在菊酯类农药使用过程中存在不规范现象。此外,尽管菊酯类农药毒性低,但是动物试验结果显示,这类农药具有甲状腺和雄性激素干扰作用,可对DNA造成无法修复的损伤^[23-26],属于环境内分泌干扰素。因此,急需研究这类农药残留的摄入风险。

3.1 急性评估结果

氯氰菊酯具有急性毒性特征,2006年JMPR设定了氯氰菊酯 $ARfD$ ^[37],因此本文依据国际经验首先开展急性评估。本研究中抽样量最大的蔬菜是西红柿,其总体污染比较轻,理论上摄入量都在 $0.004 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw} \cdot \text{d}^{-1}$ 之内;虽然菜椒的抽样比例仅次于西红柿,抽样量比较大(图2),但计算得到的摄入量比较低($\leq 0.002 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw} \cdot \text{d}^{-1}$);菜豆、茄子、豇豆和芹菜,农药残留摄入量都在 $0.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw} \cdot \text{d}^{-1}$ 之内(图3)。此外,本文中采用最大蔬菜摄入量计算^[34],高于同期调查中97.5%人群摄入量^[32],因而本次评估结果高于实际风险情况,是比较极端的评估。相应地上述6种蔬菜总体摄入量低于氯氰菊酯 $ARfD$,不存在摄入风险,消费者可以放心食用。

白菜中出现一例超标现象,即使考虑到50%的误差仍然超标(见图3中误差棒)。M估计分析表明,此值与其他数据偏离极大,可作为异常值处理,不参与急性评估计算,而且此例超标数据仅占总调查数据的0.02%,这种现象很可能是不规范使用农药而导致的偶然现象。值得注意的是,本次急性评估采用的是极

坏值评估,评估表明99.98%的残留摄入是安全的,因为极坏值评估结果高于实际风险^[8],所以实际有超过99.98%的残留摄入不存在摄入风险。依据文献调查结果^[34],在总的食物摄入中蔬菜约占1/3,即使从总的食物摄入安全考虑,99.96%的氯氰菊酯残留摄入是无风险的,高于国际认可的99.9%的保护水平^[8]。

3.2 慢性评估结果

虽然急性评估这一例出现超标现象、存在摄入风险,但因为此组数据中80%检测值低于 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,故中位浓度比较低,慢性评估表明,此超标情况不存在摄入风险($NEDIADI < 1$)。相比较可知,慢性评估结果出现过低评估风险,开展急性评估是十分必要的。

3.3 对特殊人群的评估结果

上述已有的评估对象为成人。目前,我国在孕妇、婴儿和儿童等特殊人群的评估中缺少相关数据,无法直接评估。为了解决特殊人群的评估,美国质量保护法(FQPA)设定安全系数进行调整获得特殊人群校正评估。FQPA设定氯氰菊酯的校正系数为1^[21],即如果成人评估是安全的,则特殊人群的摄入也是安全的。因此,上述研究中,99.96%通过蔬菜摄入的氯氰菊酯残留不会对当地孕妇、婴儿和儿童身体健康产生危害。

4 结论

在世界卫生组织(WHO)农药残留专家委员会联席会议(JMPP)风险评估原则指导下,借鉴欧洲食品安全局评估模式,针对7种市售蔬菜,开展氯氰菊酯残留膳食摄入风险评估。评估结果显示,99.98%的残留摄入是安全的,不存在危害健康的摄入风险;即使考虑50%的误差,以及蔬菜占总食物摄入量的比例,至少99.96%的摄入不存在健康危害,高于国际认可的99.9%的保护水平。因此,评估中涉及到山东蔬菜中氯氰菊酯污染程度比较轻,其在蔬菜中残留不会对消费者身体健康产生危害。同时研究表明慢性评估结果很可能出现过低评估风险,开展急性评估十分必要。

本研究仅就部分蔬菜中氯氰菊酯残留进行风险评估,其他地区、其他蔬菜和其他农药残留是否存在健康危害,还需更大范围的采样调查和评估才能确定。本文以蔬菜中的氯氰菊酯农药残留急性评估为切入点,开展评估方式、方法的探索和尝试,为我国食品安全风险评估、农药残留限量制定以及风险管理提供技术支持和科学依据。

参考文献:

- [1] 胡笑彤. 中国农药走向世界[J]. 新农药, 2003, 5: 25-28.
HU Xiao-xing. Chinese pesticide on the way to the world[J]. *New Pesticides*, 2003, 5: 25-28.
- [2] Copper J, Dobson H. Pesticides and humanity: The benefits of using pesticides[M/OL]. Washington: Crop Life International, 2007: 1-81. http://www.croplifeasia.org/ref_library/cropLifeInternational/Pesticides%20and%20humanity,%20benefits.pdf
- [3] WHO. Guidelines for predicting dietary intake of pesticide residues. Global Environment Monitoring System - Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food) & Codex Committee on Pesticide Residues[M]. Switzerland, WHO, 1997: 1-33.
- [4] FAO/WHO. Acceptable daily intakes, acute reference doses, short-term and long-term dietary intakes, recommended maximum residue limits and supervised trials median residue values recorded by the 2008 meeting[M]. Rome: JMPR, 2008: 1-35.
- [5] Hamilton D J, Ámbrus Á, Dieterle R M, et al. Pesticide residues in food-acute dietary exposure[J]. *Pest Management Science*, 2004, 60: 311-319.
- [6] FAO/WHO. Pesticide residues in food-2002, Manual on the Submission and Evaluation of Pesticide Residues Data [M]. Rome: FAO/WHO, 2002: 1-407.
- [7] WHO. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food-Chapter 6: Dietary exposure assessment of chemicals in food[M]. Geneva: WHO, 2008: 1-61.
- [8] EFSA. Opinion of the scientific panel on plant protection products and their residues on a request from the commission on acute dietary intake assessment of pesticide residues in fruit and vegetables[R]. Parma: EFSA, 2007, 538: 1-88.
- [9] EPA. EPA's Risk Assessment Process for Tolerance Reassessment[M]. Arlington: EPA, 1999: 1-14.
- [10] Adrian J T. Pesticide residues in food: Quantifying risk and protecting the consumer[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2008, 19: S49-S50.
- [11] EFSA. Scientific opinion on risk assessment for a selected group of pesticides from the triazole group to test possible methodologies to assess cumulative effects from exposure through food from these pesticides on human health[R]. Parma: EFSA, 2009, 7(9): 1-187.
- [12] PRC. Pesticide Residues Committee. Pesticide Residues Monitoring Report, School Fruit & Vegetables Scheme, Summer Team-2009[R]. York: PRC, 2009: 1-62.
- [13] Battu R S, Singh B, Kang B K, et al. Risk assessment through dietary intake of total diet contaminated with pesticide residues in Punjab, India, 1999-2002[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2005, 62: 132-139.
- [14] Dalvie M A, London L. Risk assessment of pesticide residues in South African raw wheat[J]. *Crop Protection*, 2009, 28: 864-869.
- [15] PRC. Pesticide Residues Committee. Pesticide Residues Monitoring Report. Fourth Quarter Report 2008. Quarter Ended December 2008 [R]. York: PRC, 2008: 1-228.

- [16] EPA. Assessing Approaches for the Development of PBPK Models of Pyrethroid Pesticides[M]. Arlington :EPA, 2007 :1-57.
- [17] Casoda J E. Pyrethrum flowers and pyrethroid insecticides[J]. *Environmental Health Perspectives*, 1980, 34 :189-202.
- [18] Silvério F O, Alvarenga E S, Moreno S C, et al. Synthesis and insecticidal activity of new pyrethroids[J]. *Pest Management Science*, 2009, 65 :900-905.
- [19] WHO. Safety of pyrethroids for public health use, WHO/CDS/WHOPES/GCD/2005. 10&WHO/PCS/RA/2005. 1, 2005[M]. Geneva :WHO, 2005 :1-69.
- [20] Cox C. Cypermethrin[J]. *Journal of Pesticide Reform*, 1996, 16(2) :15-20.
- [21] EPA. Reregistration Eligibility Decision for Cypermethrin[M]. Arlington :EPA, 2006 :2-117.
- [22] 谈立峰, 王守林. 农药杀虫剂的男(雄)性生殖毒性研究进展[J]. *中华男科学杂志*, 2004, 10(7) :533-537.
- TAN Li-feng, WANG Shou-lin. Advances in studies of male reproductive toxicity of pesticides[J]. *National Journal of Andrology*, 2004, 10(7) :533-537.
- [23] Abdel-Aziz M, Badr Y, Kamal N, et al. In-vivo combined effect of cypermethrin and diode laser irradiation :comet assay measurements of DNA damage in rat liver cells[J]. *Arab Journal of Biotechnology*, 2005, 8(2) :293-306.
- [24] USDA. Toxicological profile for pyrethrins and pyrethroids [M]. Atlanta :U. S. Department of health and human services, Public health service, Agency for toxic substances and disease registry, 2003 :1-287.
- [25] ECVCP. 22nd Meeting of the European society of veterinary pathology & 6th Meeting of the European society of veterinary clinical pathology[C]. Olsztyn :European College of Veterinary Clinical Pathology, 2004 :15-18.
- [26] SOT. 48th Annual Meeting and ToxExpoTM [J]. *The Toxicologist, Supplement to Toxicological Sciences*, 2009, 108(1).
- [27] Aydin R, Köprüci K, Dörtüci M, et al. Acute toxicity of synthetic pyrethroid cypermethrin on the common carp (*Cyprinus carpio* L.) embryos and larvae[J]. *Aquaculture International*, 2005, 13 :451-458.
- [28] 宋玉峰, 吕 潇, 任凤山. 济南市售蔬菜中农药残留的变异性研究[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(7) :1458-1463.
- SONG Yu-feng, LV Xiao, REN Feng-shan. Variability of pesticide residues in vegetables from the marketplace in Jinan[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(7) :1458-1463.
- [29] EFSA. Opinion of the scientific panel on plant health, plant protection products and their residues on a request from the commission related to the appropriate variability factor(s) to be used for acute dietary exposure assessment of pesticide residues in fruit and vegetables[R]. Parma :EFSA, 2005, 177 :1-61.
- [30] 宋卫国, 赵志辉. 农产品安全风险评估方法及应用探讨[J]. *中国农学通报*, 2008, 24(2) :101-105.
- SONG Wei-guo, ZHAO Zhi-hui. Discussion on methods of agricultural product risk assessment and its application[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(2) :101-105.
- [31] 高仁君, 陈隆智, 张文吉. 农药残留急性膳食风险评估研究进展[J]. *食品科学*, 2007, 28(2) :363-368.
- GAO Ren-jun, CHEN Long-zhi, ZHANG Wen-ji. Review on pesticide residues acute dietary risk assessment[J]. *Food Sciences*, 2007, 28(2) :363-368.
- [32] 罗 伟, 吴永宁, 袁宗辉, 等. 菠菜中毒死蜱残留的暴露评估[J]. *食品科学*, 2008, 29(11) :572-574.
- LUO Yi, WU Yong-ning, YUAN Zong-hui, et al. Exposure assessment of chlorpyrifos residue in spinach[J]. *Food Sciences*, 2008, 29(11) :572-574.
- [33] AMAS. Monitoring insecticide residues in vegetables and fruits at the market level[R]. Mauritius :AMAS, 1998 :1-102.
- [34] Zhai F Y, Wang H J, Du S F, et al. Lifespan nutrition and changing socio-economic conditions in China [J]. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 2007, 16 (Suppl 1) :374-382.
- [35] WHO. GEMS/Food data used to assess dietary exposure of chemicals in food[EB]. Geneva :WHO, 2010. http://www.who.int/foodsafety/chem/acute_data/en/.
- [36] Hill A R C, Reynolds S L. Unit-to-unit variability of pesticide residues in fruit and vegetables[J]. *Food Additives and Contaminants*, 2002, 19(8) :733-747.
- [37] FAO/WHO. Summary Report of acceptable daily intakes, acute reference doses, short-term and long-term dietary intakes, recommended maximum residue limits and supervised trials median residue values recorded by the 2006 meeting[R]. Rome :JMPR, 2006 :1-27.
- [38] HSE. UK Consumer Intake Models[EB/OL]. York, Chemicals Regulation Directorate, 2006 :1-14. <http://www.pesticides.gov.uk/ap-provals.asp?id=1687>.