

· 研究论文 ·

三唑磷残留的膳食摄入与风险评估

张志恒, 袁玉伟, 郑蔚然, 孙彩霞, 杨桂玲, 王 强*

(省部共建国家重点实验室培育基地“浙江省植物有害生物防控重点实验室”农业部农药残留检测重点实验室,
浙江省农业科学院 农产品质量标准研究所 杭州 310021)

摘要:以 FAO/WHO 农药残留专家联席会议(JMPR)提出的农药残留膳食摄入和风险评估原理及方法为基础,引入食物摄入量调整系数、急性风险安全界限和消费者保护水平,建立了适用于我国现阶段技术及数据积累水平的膳食摄入风险和消费者保护水平评估方法。基于现有的三唑磷残留试验数据,计算得到国家估计每日摄入量(NEDI)、国家估计短期摄入量(NESTI)及风险商(RQ)。结果表明,我国各类人群的三唑磷慢性膳食摄入风险均属于不可接受水平,RQ 值达 2.1~6.2;其在苹果、甘蓝、稻米和小麦粉中的残留还具有不可接受的急性膳食摄入风险,RQ 值分别为 14.2~34.3、8.2~17.0、2.9~4.7 和 2.8~4.0。通过计算理论最大每日摄入量(TMDI)和理论最大短期摄入量(TMSTI)评估了现有最大残留限量(MRL)标准对消费者的保护水平。结果显示,我国现有的 7 项三唑磷 MRL 标准对 2~10 岁人群慢性膳食摄入风险的保护均未达到可接受水平,消费者保护水平(CPL)只有 0.6~0.8;甘蓝、节瓜、柑橘和苹果中的 MRL 标准对儿童(4~6 岁)和成人(30~44 岁)以及荔枝中的 MRL 标准对儿童的急性风险保护也未达到可接受水平,CPL 分别只有 0.2~0.4、0.3、0.1~0.2、0.1~0.2 和 0.6。建议:将柑橘(果肉)和荔枝(果肉)的 MRL 值分别修订为 0.02 和 0.05 mg/kg;调整三唑磷在水稻上使用的良好农业规范(GAP),延长其安全间隔期至 60 d;撤销三唑磷在十字花科蔬菜、节瓜及苹果上的使用登记,并将其在蔬菜、苹果及其他未登记使用的动植物产品中的 MRL 标准设定为 0.01 mg/kg 或其检出限附近;同时对三唑磷的违规使用应进行重点监管。

关键词:三唑磷;残留;膳食摄入;风险评估;消费者保护水平

DOI: 10.3969/j.issn.1008-7303.2011.05.09

中图分类号:S481.8;TQ450.26

文献标志码:A

文章编号:1008-7303(2011)05-0485-11

Dietary intake and its risk assessment of triazophos residue

ZHANG Zhi-heng, YUAN Yu-wei, ZHENG Wei-ran, SUN Cai-xia,
YANG Gui-ling, WANG Qiang*

(State Key Lab Breeding Base for Zhejiang Sustainable Plant Pest Control, MOA Key Lab for
Pesticide Residue Detection, Institute of Quality and Standard for Agro-products,
Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

Abstract: Based on the principle and method on pesticides residue dietary intake and risk assessment

收稿日期:2011-03-24;修回日期:2011-05-07.

作者简介:张志恒(1962-)男,浙江仙居人,硕士,研究员,主要研究方向为风险评估与农产品质量安全标准,电话:0571-86419053, E-mail: zhihengest@126.com; * 通讯作者(Author of correspondence):王强(1963-)男,研究员,主要从事农药应用评价与农产品质量安全研究, E-mail: qiangwang2003@vip.sina.com

基金项目:国家科技支撑计划课题(2009BADB7B03);国家高技术研究发展计划(863 计划)课题(2011AA100806);浙江省农业科学院重点实验室前瞻性项目(YS2009QZ10)。

proposed by Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR), adjust coefficient of food intake, safety margin of acute risk and consumer protection level were introduced, an assessment method of dietary intake risk and consumer protection level was established that is suitable for present available data in China. A risk assessment of triazophos dietary intake was carried out by calculation of national estimated daily intakes (NEDIs), national estimated short-term intakes (NESTIs) and risk quotient (RQ) using supervised residue trial data. The result showed that it may come up that unacceptable chronic dietary intake risk for all kinds of people, RQ is 2.1 – 6.2, and acute dietary intake risk of apple, cabbage, rice and wheat meal, RQ is respectively 14.2 – 34.3, 8.2 – 17.0, 2.9 – 4.7 and 2.8 – 4.0. An assessment of consumer protection level was carried out by calculation of theoretical maximum daily intakes (TMDIs) and theoretical maximum short-term intakes (TMSTIs) using existing maximum residue limits (MRLs) of triazophos in China. The result showed that consumer protection level (CPL) is unacceptable in existing all 7 MRLs to chronic dietary intake risk for the group of age 2 – 10, CPL is 0.6 – 0.8, and MRLs of cabbage, zucchini, citrus and apple to acute dietary intake risk for children of age 4 – 6 and adult of age 30 – 44 and MRL of litchi for children of age 4 – 6, CPL is respectively 0.2 – 0.4, 0.3, 0.1 – 0.2, 0.1 – 0.2 and 0.6. It proposed that revising triazophos MRLs of citrus, sarcocarp and litchi sarcocarp to 0.02 mg/kg and 0.05 mg/kg respectively; adjusting good agricultural practice (GAP) of triazophos application on rice, extending pre-harvest interval (PHI) to 60 d; withdrawing application registration of triazophos on cruciferous vegetables, zucchini and apple; setting MRLs of vegetables, apple and other animal and plant products without application registration to 0.01 mg/kg or nearby limit of determination; carrying out strict supervision and control to illegal use of triazophos.

Key words: triazophos; residue; dietary intake; risk assessment; consumer protection level

三唑磷是一种广谱性的有机磷杀虫、杀螨剂,兼有一定的杀线虫作用。20世纪70年代以来,在很多国家曾被广泛用于防治果树及棉花、粮食等作物上的鳞翅目害虫、害螨、蝇类幼虫及地下害虫等。20世纪80年代后,三唑磷在农产品和环境中的残留及其对人类健康和生态环境的影响日益受到关注^[1]。FAO/WHO农药残留专家联席会议(JMPR)于1982年评估给出的临时每日允许摄入量(TADI)为0.0002 mg/(kg bw · d);1993年评估给出的每日允许摄入量(ADI)为0.001 mg/(kg bw · d);2002年评估给出的急性参考剂量(ARfD)为0.001 mg/(kg bw · d)^[2]。自20世纪90年代后期开始,部分国家陆续撤销了三唑磷的使用登记;2002年,欧盟EC/2076/2002号法规要求在整个欧盟范围内撤销三唑磷等农药的使用授权^[3]。2007年,JMPR对农产品中的三唑磷残留进行了再评估,由于存在膳食风险或评估数据不足,该评估报告建议撤销国际食品法典中草莓、仁果类、洋葱、结球甘蓝、芽甘蓝、花椰菜、豌豆、蚕豆、菜豆、胡萝卜、马铃薯、大豆、谷物、糖用甜菜、咖啡豆、牛乳和牛肉中的三唑磷最大残留限量(MRL)标准^[4]。除了应

中国代表团要求暂时保留其在谷物中的MRL外,撤销其他16种(类)产品中三唑磷MRL的建议均于2008年被国际食品法典委员会(CAC)采纳^[5]。2010年,JMPR对稻谷中三唑磷残留的膳食风险再次进行了评估,结果认为其存在急性风险^[6]。

20世纪90年代以来,三唑磷在我国的应用范围迅速扩大,成为粮食、棉花和果蔬等作物上害虫防治的当家品种^[7]。然而,目前国内对三唑磷的广泛使用可能对人畜健康和环境带来的风险一直未进行系统、科学的评估。风险评估的缺失导致其风险管理难以到位,三唑磷对人畜健康和生态环境造成危害的事件时有发生^[8-10]。

本文以JMPR提出的农药残留膳食摄入评估方法为基础,引入了食物摄入量调整系数、急性风险安全界限和消费者保护水平,建立了适用于我国现阶段技术及数据积累水平的膳食摄入风险和消费者保护水平评估方法。利用JMPR评估给出的三唑磷毒理学终点值,结合我国现有的三唑磷残留试验数据和居民膳食数据资料,对三唑磷的膳食摄入及风险进行了评估,并验证了我国现有三唑磷MRL标准对消费者健康的保护水平。

1 评估方法

1.1 膳食数据的调整

由于系统性的人群食物摄入量调查不会每年进行,我国以往一般每隔10年才进行1次。为弥补居民膳食结构变化给评估带来的误差,采用近年该类食物的生产量、进出口量、流通和消费过程中的损耗率(含非膳食利用造成的食物减少)、可食率、人口数量、标准人调整系数来计算食物摄入量调整系数,用以对较早调查得到的食物摄入量数据进行调整。调整系数的计算方法见(1)式。

$$R = \frac{(Q_p + Q_i - Q_e) \times (1 - R_w) \times R_e \times 10^6}{P \times R_s \times I_s} \quad (1)$$

式中: R —某一食物摄入量的调整系数(adjust coefficient of food intake); Q_p —近年该食物的生产量(production quantity),单位 t; Q_i —近年该食物的进口量(import quantity),单位 t; Q_e —近年该食物的出口量(export quantity),单位 t; R_w —该食物在流通和消费过程中的损耗率(wastage rate,含非膳食利用造成的食物减少); R_e —该食物的可食率(edible rate); P —近年我国人口数量(population); R_s —标准人调整系数(adjust coefficient of standard man),取值0.9; I_s —最近一次系统性调查获得的该食物的标准人摄入量(standard man intake),单位 g。

1.2 基于规范残留试验数据的膳食摄入风险评估

1.2.1 长期膳食摄入及慢性风险评估 采用(2)式^[11]计算国家估计每日摄入量。

$$NEDI = \frac{\sum [STMR_i \text{ (或 } STMR-P_i) \times F_i]}{bw} \quad (2)$$

式中: $NEDI$ —国家估计每日摄入量(national estimated daily intake),单位 $\mu\text{g}/(\text{kg bw} \cdot \text{d})$; $STMR_i$ —第 i 类初级食用农产品的规范试验残留中值(supervised trials median residue),单位 mg/kg ; $STMR-P_i$ —第 i 类加工食用农产品的规范试验残留中值(supervised trials median residue, processed commodity),单位 mg/kg ; F_i —第 i 类食用农产品的消费量(consumption of food agro-product i),单位 g/d ; bw —体重(body weight),单位 kg 。

三唑磷的慢性摄入风险用 $NEDI$ 与 ADI 的商值表示^[12] 按(3)式计算。

$$RQ_c = \frac{NEDI}{ADI} \quad (3)$$

式中: RQ_c —慢性风险商(chronic risk quotient); ADI —每日允许摄入量(acceptable daily intake),单位为 $\mu\text{g}/(\text{kg bw} \cdot \text{d})$ 。

当 $RQ_c \leq 1$ 时,表示其慢性风险可以接受, RQ_c 越小,风险越小;当 $RQ_c > 1$ 时,表示有不可接受的慢性风险, RQ_c 越大,风险越大^[12]。

1.2.2 短期膳食摄入及急性风险评估 按照产品的性质,分4种不同情景分别进行评估。

① 产品的单个重量小于25 g,混合样本中的残留量能反映该产品一餐量的残留水平。此时,按(4)式计算国家估计短期摄入量^[11]。

$$NESTI = \frac{LP \times HR \text{ (或 } HR-P)}{bw} \quad (4)$$

式中: $NESTI$ —国家估计短期摄入量(national estimated short-term intake),单位 $\mu\text{g}/(\text{kg bw} \cdot \text{d})$; LP —大份餐(large portion consumed),即某类食品的最大消费量,一般以97.5百分位点值为准,单位 g/d ; HR —最高残留值(highest residue),单位 mg/kg ; $HR-P$ —加工农产品的最高残留值(highest residue in a processed commodity),单位 mg/kg 。

再分别用(5)式和(6)式计算急性风险商^[12]及安全界限。

$$RQ_a = \frac{NESTI}{ARfD} \quad (5)$$

$$SM = \frac{ARfD \times bw}{LP} \quad (6)$$

式中: RQ_a —急性风险商(acute risk quotient); $ARfD$ —急性参考剂量(acute reference dose),单位 $\mu\text{g}/(\text{kg bw} \cdot \text{d})$; SM —安全界限(safety margin),单位 mg/kg 。

当 $RQ_a \leq 1$ 时,表示其急性风险为可接受, RQ_a 越小,风险越小;当 $RQ_a > 1$ 时,表示有不可接受的急性风险, RQ_a 越大,风险越大。当产品中三唑磷的残留量在安全界限以内时,急性风险为可以接受;反之,则为不可接受^[12]。

② 当产品的单个重量大于25 g但小于大份餐时,该产品的一餐量可能含有高于混合样本的残留水平。这种情况下,应采用(7)式来计算 $NESTI$ ^[11]。

$$NESTI = \frac{U_e \times HR \text{ (或 } HR-P) \times v + (LP - U_e) \times HR \text{ (或 } HR-P)}{bw} \quad (7)$$

式中: U_e —以可食部分计的产品单个重量(unit weight of the edible portion), 一般采用中值, 单位 g; v —变异因子(variability factor), 表示同一批产品中不同个体或同一个体中不同部位的残留差异, 定义为 97.5 百分位点残留量与平均残留量的商, 一般取 3^[13]。

然后, 分别用(5)式和(8)式计算 RQ_a 和 SM 。

$$SM = \frac{ARfD \times bw}{U_e \times v + LP - U_e} \quad (8)$$

③ 当产品的单个重量大于大份餐时, 该产品的一餐量可能含有高于混合样本的残留水平。此时, 应根据(9)式计算 $NESTI$ ^[11]。

$$NESTI = \frac{LP \times HR(\text{或 } HR-P) \times v}{bw} \quad (9)$$

再分别按(5)式和(10)式计算 RQ_a 和 SM 。

$$SM = \frac{ARfD \times bw}{LP \times v} \quad (10)$$

④ 加工产品由于灌装或混合等因素, 其 $STMR-P$ 值代表了可能存在的最高残留水平。该情况下应按照公式(11)计算 $NESTI$ ^[11]。

$$NESTI = \frac{LP \times STMR-P}{bw} \quad (11)$$

然后, 再分别按照(5)式和(6)式计算 RQ_a 和 SM 。

1.3 现有 MRL 标准对消费者的保护水平评估

1.3.1 长期摄入慢性风险的消费者保护水平评估

按照公式(12)计算理论最大每日摄入量^[11]。

$$TMDI = \frac{\sum (MRL_i \times F_i)}{bw} \quad (12)$$

式中: $TMDI$ —理论最大每日摄入量(theoretical maximum daily intake), 单位 $\mu\text{g}/(\text{kg bw} \cdot \text{d})$; MRL_i —第 i 类食品的 MRL, 单位 mg/kg ; F_i —第 i 类食品的摄入量(intake of the food), 单位 g/d 。

现有 MRL 标准对消费者慢性摄入风险的保护水平用三唑磷的 ADI 与 TMDI 的商值来表示, 计算公式见式(13)。

$$CPL_c = \frac{ADI}{TMDI} \quad (13)$$

式中: CPL_c —慢性风险的消费者保护水平(consumer protection level)。

当 $CPL_c \geq 1$ 时, 表示现有 MRL 标准对消费者在慢性摄入风险方面的保护达到了可接受的水平, CPL_c 值越大, 保护水平越高; 当 $CPL_c < 1$ 时, 表示

现有 MRL 标准对消费者在慢性摄入风险方面的保护未达到可接受的水平, CPL_c 值越小, 保护水平越低。

1.3.2 短期摄入急性风险的消费者保护水平评估

按照产品的性质, 分为 3 种不同情景分别进行评估。

① 产品的单个重量小于 25 g 或加工产品由于灌装或混合等因素, 其混合样本中的残留量能反映该产品一餐量的残留水平。这种情况下, 分别按照公式(14)、(15)和(6)计算理论最大短期摄入量^[11]、对消费者的急性风险保护水平和 SM 。

$$TMSTI = \frac{LP \times MRL}{bw} \quad (14)$$

$$CPL_a = \frac{ARfD}{TMSTI} \quad (15)$$

式中: $TMSTI$ —理论最大短期摄入量(theoretical maximum short-term intake), 单位 $\mu\text{g}/(\text{kg bw} \cdot \text{d})$, CPL_a —急性风险的消费者保护水平(consumer protection level)。

当 $CPL_a \geq 1$ 时, 表示现有 MRL 标准对消费者在急性摄入风险方面的保护达到了可接受的水平, CPL_a 越大, 保护水平越高; 当 $CPL_a < 1$ 时, 表示现有 MRL 标准对消费者在急性摄入风险方面的保护未达到可接受的水平, CPL_a 越小, 保护水平越低。

② 产品的单个重量大于 25 g 但小于大份餐, 该产品的一餐量可能含有高于混合样本的残留水平。此时, 应分别用公式(16)、(15)和(8)来计算 $TMSTI$ ^[11]、 CPL_a 和 SM 。

$$TMSTI = \frac{U_e \times MRL \times v + (LP - U_e) \times MRL}{bw} \quad (16)$$

③ 产品的单个重量大于大份餐, 该产品的一餐量可能含有高于混合样本的残留水平。此情况下应分别按式(17)、(15)和(10)计算 $TMSTI$ ^[11]、 CPL_a 和 SM 。

$$TMSTI = \frac{LP \times MRL \times v}{bw} \quad (17)$$

2 结果与分析

2.1 我国三唑磷的登记使用现状

目前, 我国共有处于登记有效期内的三唑磷产品 480 个, 其中原药 22 个, 三唑磷单剂 168 个、混剂 290 个。登记使用的作物包括水稻、十字花科蔬菜、节瓜、棉花以及苹果、柑橘、荔枝、龙眼等(表 1), 已超过有效期的登记使用作物还有小麦、黄瓜、豇豆、韭菜、甘蔗、玉米等^[14]。

表 1 三唑磷在我国的登记使用现状及推荐使用规范^[14]
Table 1 Application registration and recommended GAP of triazophos in China^[14]

登记作物 Registration crop	防治对象 Control object	剂量或质量浓度 Application rate	最多使用次数 Application number	安全间隔期 PHI/d
水稻 Rice	螟虫 Pyralidae	300 ~ 450 g/hm ²	2	30
	飞虱 Delphacidae			
	稻水象甲 <i>Lissorhoptrus oryzophilus</i>			
	稻瘿蚊 <i>Orscolia oryzae</i>			
十字花科蔬菜 Cruciferous vegetable	菜青虫 <i>Pieris rapae</i>	120 ~ 210 g/hm ²	2	14 ~ 21
	小菜蛾 <i>Plutella xylostella</i>			
节瓜 Zucchini*	蓟马 Thripidae	112.5 ~ 225 g/hm ²	3	7 ~ 28
苹果 Apple	桃小食心虫 <i>Carposina nipponensis</i>	200 ~ 400 mg/kg	2	30
柑橘 Citrus*	红蜘蛛 <i>Panonychus citri</i>	72.5 ~ 200 mg/kg	2	20
	潜叶蛾 <i>Phyllocnistis citrella</i>			
荔枝 Litchi*	蒂蛀虫 <i>Conopomorpha sinensis</i>	120 ~ 200 mg/kg	2	14
龙眼 Longan*	蒂蛀虫 <i>Conopomorpha sinensis</i>	120 ~ 200 mg/kg	2	14
棉花 Cotton	棉铃虫 <i>Heliothis armigera</i>	375 ~ 900 g/hm ²	3	40
	棉红铃虫 <i>Pectinophora gossypiella</i>			
	蚜虫 Aphidoidea			
草地 Grassland	草地螟 <i>Loxostege sticticalis</i>	300 ~ 375 g/hm ²		
	东亚蝗虫 <i>Locusta migratoria manilensis</i>			

* 登记使用的均为混剂,剂量或浓度仅指混剂中的三唑磷有效成分。

* Only mixtures are registered application rate means just triazophos in mixtures.

2.2 我国不同人群的三唑磷残留相关产品膳食数据
我国最近一次系统性的各类人群食物摄入量调查是在 2002 年完成的^[15]。此后,我国居民的膳食结构发生了明显变化,特别是水果、蔬菜的消费量有较大增加。为了更好地贴近当前实际,特采用我国 2008 年各类食物的生产量^[16-17]、进出口量^[17-18]、人口数量^[17]结合标准人调整系数、各类食物的可食率与流通和消费过程中的损耗率,以及 2002 年标准人摄入量数据^[15],计算出 2008 年的食物摄入量调

整系数,用以对 2002 年的各类人群食物摄入量数据^[15]进行调整。其中,稻谷、甘蓝、节瓜、柑橘、苹果、荔枝和棉籽油的可食率分别按 70%^[19]、90%、80%、70%^[20]、80%、70%^[21]和 100% 计算。对流通和消费过程中的损耗率很难获得真实的统计数据,本研究主要根据产品的耐储运特性进行估计,稻谷(米)和棉籽油按 10% 计,甘蓝、节瓜、柑橘、苹果和荔枝按 30% 计。调整后得到的 2008 年我国不同人群(年龄和性别)各类食物的平均摄入量(F_i)见表 2。

表 2 我国不同人群的平均体重和各类食物的平均摄入量
Table 2 Average body weight and intake of foods for different group in China

年龄 Age	性别 Sex	体重 ^[15] Body weight/kg	各类食物平均摄入量 Average intake of foods/(g/d)						
			稻米 Rice	甘蓝 Cabbage	节瓜 Zucchini	柑橘 Citrus	苹果 Apple	荔枝 Litchi	棉籽油 Cottonseed oil
2 ~ 3	M*	13.2	135.5	20.8	1.3	24.5	35.8	2.2	1.4
2 ~ 3	F**	12.3	133.7	20.1	1.3	24.9	36.4	2.2	1.3
4 ~ 6	M	16.8	179.7	26.9	1.7	26.4	38.7	2.4	1.7
4 ~ 6	F	16.2	159.5	26.3	1.6	28.8	42.1	2.6	1.6
7 ~ 10	M	22.9	230.8	34.3	2.1	26.4	38.6	2.4	2.2
7 ~ 10	F	21.7	212.0	33.1	2.1	26.3	38.5	2.3	1.9
11 ~ 13	M	34.1	266.2	38.9	2.4	26.3	38.5	2.4	2.4
11 ~ 13	F	34	238.4	38.1	2.4	25.5	37.4	2.3	2.3
14 ~ 17	M	46.7	308.7	44.0	2.7	27.2	39.8	2.4	2.8

续表(Continued)

年龄 Age	性别 Sex	体重 ^[15] Body weight/kg	各类食物平均摄入量 Average intake of foods/(g/d)						
			稻米 Rice	甘蓝 Cabbage	节瓜 Zucchini	柑橘 Citrus	苹果 Apple	荔枝 Litchi	棉籽油 Cottonseed oil
14 ~ 17	F	45.2	240.7	39.4	2.5	32.5	47.6	2.9	2.5
18 ~ 29	M	58.4	309.6	48.6	3.0	23.4	34.3	2.1	3.4
18 ~ 29	F	52.1	260.9	44.8	2.8	29.6	43.4	2.6	2.9
30 ~ 44	M	64.9	316.2	49.8	3.1	20.1	29.4	1.8	3.4
30 ~ 44	F	55.7	278.6	47.2	3.0	25.4	37.2	2.3	2.9
45 ~ 59	M	63.1	314.9	51.5	3.2	18.0	26.3	1.6	3.3
45 ~ 59	F	57	272.8	48.0	3.0	20.9	30.6	1.9	2.9
60 ~ 69	M	61.5	274.0	47.2	3.0	18.9	27.7	1.7	3.2
60 ~ 69	F	54.3	242.9	43.8	2.7	19.5	28.5	1.7	2.7
> 70	M	58.5	258.3	43.3	2.7	15.1	22.1	1.4	2.7
> 70	F	51	223.5	38.0	2.4	12.2	17.8	1.1	2.2

* M: 男性 Male; ** F: 女性 Female。

2.3 基于规范残留试验数据的三唑磷膳食摄入量
和风险评估结果

2.3.1 三唑磷的规范残留试验数据 近年文献报
道的在国内进行的三唑磷残留试验结果(涉及水
稻、小麦、甘蓝、荔枝、柑橘和苹果) 见表 3。按照
JMPR 和世界经济合作与发展组织(OECD) 规定的
“同一个良好农药使用规范(GAP) 允许有 25% 的残

留偏差”的原则^[11] 判定其 GAP 的符合性 根据符合
同一个 GAP 的残留试验得到的数据确定其规范试
验残留中值(*STMR*) 和最高残留值(*HR*) 。表 3 中
加粗的数据表示符合同一 GAP 条件 ,例如其中水稻
符合 450 g/hm² 剂量、使用 3 次、间隔 30 d 这一
GAP 条件的残留数据共有 16 个 ,糙米的 *STMR* 和
HR 分别为 0.384 和 1.19 mg/kg。

表 3 三唑磷在各类作物上的规范残留试验数据
Table 3 The supervised residue trial data of triazophos on different crops

作物 Crop	剂量或质量浓度 Application rate	使用次数 No.	间隔期 <i>PHI</i> /d	残留量	残留中值	最高残留值
				Residue/(mg/kg)	<i>STMR</i> /(mg/kg)	<i>HR</i> /(mg/kg)
稻米 Rice	450 g/hm ²	3	28	0. 059 ,0. 059 ,0. 06 ,0. 087 ,0. 128 , 0. 343 ,0. 347 ,0. 421 ,0. 513 ,0. 683 , 0. 764 ,0. 807 ,0. 894 ,1. 01 ,1. 19 ^[6]	0.384	1.19
	450 g/hm ²	3	30	0. 158 ^[22]		
	450 g/hm ²	2	28	0. 38 ^[23]		
	450 g/hm ²	2	30	0. 121 ^[22]		
	450 g/hm ²	1	28	0. 24 ^[23]		
	450 g/hm ²	1	35	0. 17 ^[23]		
	600 g/hm ²	1	50	0. 10 ^[24]		
	600 g/hm ²	2	50	0. 15 ^[24]		
	450 g/hm ²	1	60	0. 029 ,0. 051 ^[25]		
	450 g/hm ²	2	60	0. 033 ^[22]		
	450 g/hm ²	3	60	0. 020 ^[22]		
	480 g/hm ²	1	79	0. 0217 ,0. 0169 ^[26]		
小麦 Wheat	600 g/hm ²	3	14	0. 187 ,0. 280 ,0. 329 ,0. 442 ^[27]	0.305	0.442
甘蓝 Cabbage	360 mg/kg	1	14	0. 30 ^[28]	0.30	0.30
	360 mg/kg	1	21	0. 13 ^[28]		
荔枝 Litchi	200 mg/kg	2	14	0. 003 4 ,0. 004 5 ,0. 003 7 ,0. 003 8 ^[29]	0.003 8	0.004 5
	200 mg/kg	3	14	0. 006 8 ,0. 007 2 ,0. 005 9 ,0. 004 2 ^[29]		
	400 mg/kg	2	14	0. 010 5 ,0. 012 5 ,0. 008 0 ,0. 013 9 ^[29]		
	400 mg/kg	3	14	0. 019 8 ,0. 028 7 ,0. 049 1 ,0. 035 6 ^[29]		

续表(Continued)

作物 Crop	剂量或质量浓度 Application rate	使用次数 No.	间隔期 PHI/d	残留量 Residue/(mg/kg)	残留中值 STMR/(mg/kg)	最高残留值 HR/(mg/kg)
柑橘 Citrus	400 mg/kg	2	20	<0.001^[30]	0.001	0.001
	400 mg/kg	2	10	0.008 ^[30]		
	400 mg/kg	3	20	<0.001 ^[30]		
	400 mg/kg	3	10	0.010 ^[30]		
苹果 Apple	200 mg/kg	3	30	0.573 0.481^[31]	0.527	0.573
	200 mg/kg	1	28	0.336 ^[31]		
	200 mg/kg	1	30	0.167 ^[31]		
	100 mg/kg	3	30	0.316 0.200 ^[31]		
	100 mg/kg	2	30	0.114 0.139 ^[31]		

注: 表中加粗的数据被判定为符合该作物的同一个 GAP 条件。
Note: Bold data in the table is judged as same GAP for the crop.

2.3.2 三唑磷的长期膳食摄入和慢性风险 基于 GAP 条件下的残留试验数据,对来源于水稻、甘蓝、苹果、柑橘和荔枝等 5 种登记使用农产品的三唑磷长期膳食摄入和风险进行的评估结果显示,各类人群的三唑磷国家估计每日摄入量(*NEDI*) 为 2.09 ~ 6.23 $\mu\text{g}/(\text{kg bw} \cdot \text{d})$,慢性风险商(*RQ_c*) 为 2.1 ~ 6.2。其中对 2 ~ 10 岁人群的风险特别大(*RQ_c* 高达

5.1 ~ 6.2),随着年龄的增加,风险相对降低,但对所有评估人群的风险均为不可接受水平(表 4)。
从不同农产品对三唑磷 *NEDI* 的贡献率来看,稻米的贡献率最大,为 67.05% ~ 80.50%;其次是苹果和甘蓝,分别为 8.79% ~ 25.05% 和 7.86% ~ 10.81%;柑橘和荔枝的贡献率很低,分别在 0.03% 和 0.01% 以下。

表 4 基于规范残留试验数据的各类人群三唑磷国家估计每日摄入量和风险商
Table 4 National estimated daily intake and risk quotient of triazophos for different groups based supervised residue trial data

年龄 Age	国家估计每日摄入量 <i>NEDI</i> / [$\mu\text{g}/(\text{kg bw} \cdot \text{d})$]						慢性风险商 <i>RQ_c</i>
	稻米 Rice	甘蓝 Cabbage	苹果 Apple	柑橘 Citrus	荔枝 Litchi	合计 Sum	
2 ~ 10	3.75 ~ 4.18	0.45 ~ 0.49	0.89 ~ 1.56	0.001 2 ~ 0.002 0	0.000 4 ~ 0.000 7	5.15 ~ 6.23	5.1 ~ 6.2
11 ~ 17	2.04 ~ 3.00	0.26 ~ 0.34	0.45 ~ 0.60	0.000 6 ~ 0.000 8	0.000 2 ~ 0.000 3	2.86 ~ 3.94	2.9 ~ 3.9
18 ~ 59	1.84 ~ 2.04	0.23 ~ 0.26	0.22 ~ 0.44	0.000 3 ~ 0.000 6	0.000 1 ~ 0.000 2	2.34 ~ 2.62	2.3 ~ 2.6
> 60	1.68 ~ 1.72	0.22 ~ 0.24	0.18 ~ 0.28	0.000 2 ~ 0.000 4	0.000 1	2.09 ~ 2.24	2.1 ~ 2.2

2.3.3 三唑磷的短期膳食摄入和急性风险 基于规范残留试验数据的三唑磷短期膳食摄入和急性风险评估结果显示,来自稻米、甘蓝和苹果的三唑磷短期膳食摄入可能导致较大的急性风险,在现有农药登记推荐的 GAP 条件下,急性风险商(*RQ_a*) 值分别达到 2.9 ~ 4.7、8.2 ~ 17.0 和 14.2 ~ 34.3;小麦在以往农药登记推荐的 GAP 条件下,其 *RQ_a* 也达到了 2.8 ~ 4.0。通过调整三唑磷在水稻上使用的 GAP,将安全间隔期(*PHI*) 延长到 60 d,糙米中三唑磷的残留量可控制在安全界限(*SM*) 之内;但将甘蓝的 *PHI* 从 14 d 延长到 21 d,苹果上的用药次数从 3 次降为 1 次,三唑磷的残留水平仍超出了 *SM* 范围(表 3)。而荔枝和柑橘在现有农药登记推荐的 GAP 条件下,果实中三唑磷残留水平的急性风险均

很低, *RQ_a* 分别仅为 0.02 ~ 0.04 和 0.02 ~ 0.05(表 5);即使将柑橘上的用药次数从 2 次增加到 3 次,且 *PHI* 从 20 d 缩短至 10 d,将荔枝上的药剂浓度加倍,且使用次数从 2 次增加到 3 次,三唑磷残留水平仍在 *SM* 范围之内(表 3)。
2.4 现有三唑磷 *MRL* 标准对消费者的保护水平评估结果
2.4.1 急性风险保护水平 我国目前已制定三唑磷 *MRL* 标准的农产品包括稻谷、甘蓝、节瓜、苹果、柑橘、荔枝、棉籽等(表 6)^[34-35],涵盖了登记使用的绝大部分作物(表 1)。现有三唑磷 *MRL* 标准对消费者的急性风险保护水平(*CPL_a*) 评估结果显示,稻谷 0.05 mg/kg 和棉籽 0.1 mg/kg 的 *MRL* 均处在急性风险的 *SM* 范围之内, *CPL_a* 分别为 1.6 ~ 2.6 和

4.8 ~ 14.3 达到了可接受水平 其中棉籽的 *MRL* 无论对成人(30 ~ 44 岁) 还是儿童(4 ~ 6 岁) 均有比较高的保护水平; 而甘蓝和节瓜的 *MRL* (0.1 mg/kg) 及柑橘和苹果的 *MRL*(0.2 mg/kg) 均远超出了其急性风险的 *SM* 范围 ,*CPL_a* 分别只有0.2 ~ 0.4、0.3、0.1 ~ 0.2 和 0.1 ~ 0.2 ,未达到可接受水平; 荔枝的 *MRL*(0.2 mg/kg) 正好在成人急性风险的 *SM* 范围之内 但超出了儿童的 *SM* 范围 ,对成人和儿童的 *CPL_a* 分别为 1.0 和 0.6 ,总体也未达到可接受水平 (表 6) 。

表 5 三唑磷的短期膳食摄入和急性风险评估
Table 5 Short-term diet intake and acute risk assessment of triazophos

农产品 Commodity	年龄 Age	体重 bw /kg	大份餐 ^[32] LP/(g/d)	单个重量 ^[33] <i>U_e</i> /g	基于残留试验数据的评估 Residue data based assessment			安全界限 <i>SM</i> /(mg/kg)
					情景	国家估计短期摄入量	急性风险商	
					Case*	<i>NESTI</i> / [μg/(kg bw ·d)]	<i>RQ_a</i>	
稻米 Rice	30 ~ 44	60.3	464	<25	④	2.93	2.9	0.13
	4 ~ 6	16.5	206	<25	④	4.75	4.7	0.080
小麦粉 Wheatmeal	30 ~ 44	60.3	553	—	④	2.84	2.8	0.11
	4 ~ 6	16.5	214	—	④	4.01	4.0	0.077
甘蓝 Cabbage	30 ~ 44	60.3	620	515	②	8.21	8.2	0.037
	4 ~ 6	16.5	312	515	③	17.01	17.0	0.018
荔枝 Litchi	30 ~ 44	60.3	297	<25	①	0.02	0.02	0.20
	4 ~ 6	16.5	144	<25	①	0.04	0.04	0.11
柑橘 Citrus	30 ~ 44	60.3	1206	134	②	0.02	0.02	0.041
	4 ~ 6	16.5	563	134	②	0.05	0.05	0.020
苹果 Apple	30 ~ 44	60.3	1251	123	②	14.15	14.2	0.040
	4 ~ 6	16.5	747	123	②	34.29	34.3	0.017

* 以 1.2.2 节中的情景编号表示。Expressed by case number in part 1.2.2.

表 6 现有三唑磷 *MRL* 标准对消费者的急性风险保护水平
Table 6 Protection level assessment of existing triazophos *MRL* to consumer acute risk

农产品 Commodity	<i>MRL</i> / (mg/kg)	年龄 Age	体重 bw /kg	大份餐 ^[32] LP/ (g/d)	单个重量 ^[33] <i>U_e</i> /g	<i>MRL</i> 的保护水平评估 Protection level assessment of <i>MRL</i>			安全界限 <i>SM</i> /(mg/kg)
						情景	理论最大短期摄入量	急性风险 保护水平	
						Case	<i>TMSTI</i> / [μg/(kg bw · d)	<i>CPL_a</i>	
稻米 rice	0.05	30 ~ 44	60.3	464	<25	①	0.39	2.6	0.13
		4 ~ 6	16.5	206	<25	①	0.62	1.6	0.080
甘蓝 cabbage	0.1	30 ~ 44	60.3	620	515	②	2.74	0.4	0.037
		4 ~ 6	16.5	312	515	③	5.67	0.2	0.018
节瓜 zucchini	0.1	30 ~ 44	60.3	677	680	③	3.37	0.3	0.030
		4 ~ 6	16.5	185	680	③	3.37	0.3	0.030
荔枝 litchi	0.2	30 ~ 44	60.3	297	<25	①	0.99	1.0	0.20
		4 ~ 6	16.5	144	<25	①	1.74	0.6	0.11
柑橘 citrus	0.2	30 ~ 44	60.3	1 206	134	②	4.89	0.2	0.041
		4 ~ 6	16.5	563	134	②	10.08	0.1	0.020
苹果 apple	0.2	30 ~ 44	60.3	1 251	123	②	4.96	0.2	0.040
		4 ~ 6	16.5	747	123	②	12.03	0.1	0.017
棉籽油 cottonseed oil	0.5**	30 ~ 44	60.3	8	—	①	0.07	14.3	7.1
		4 ~ 6	16.5	7	—	①	0.21	4.8	2.4

* 以 1.3.2 节中的情景编号表示。Expressed by case number in part 1.3.2.

** 棉籽油的 *MRL* 采用棉籽的 *MRL* 值(0.1 mg/kg) 与棉籽油加工系数(5) 的乘积。The product of cottonseed *MRL* “0.1mg/kg” and cottonseed oil processing factor “5” is used for *MRL* of cottonseed oil.

2.4.2 慢性风险保护水平 以现有全部 7 类农产品(稻米、甘蓝、节瓜、苹果、柑橘、荔枝、棉籽油) 的三唑磷 MRL 标准为基础, 计算各类人群的三唑磷长期理论最大每日摄入量($TMDI$), 评估现有三唑磷 MRL 标准对消费者的慢性风险保护水平(CPL_c)。结果显示 2~10 岁人群的 $TMDI$ 超过了三唑磷的 ADI , CPL_c 只有 0.6~0.8, 未达到可接受水平; 而

10 岁以上人群的 $TMDI$ 未超过 ADI , CPL_c 为 1.1~2.4, 达到了可接受水平(表 7)。在各类人群的三唑磷 $TMDI$ 中, 稻米的贡献率最大, 占 30.9%~51.7%; 其次是苹果、柑橘和甘蓝, 分别占 16.4%~33.6%、11.2%~23.0% 和 9.3%~17.6%; 而荔枝、节瓜和棉籽油的贡献率很小, 仅分别占 1.0%~2.1%、0.6%~1.1% 和 0.6%~1.1%。

表 7 现有三唑磷 MRL 标准对消费者的慢性风险保护水平

Table 7 Protection level assessment of existing triazophos MRL to consumer chronic risk

年龄 Age	理论最大每日摄入量 $TMDI$ / [$\mu\text{g}/(\text{kg bw} \cdot \text{d})$]								慢性风险 保护水平 CPL_c
	稻米 Rice	甘蓝 Cabbage	节瓜 Zucchini	柑橘 Citrus	苹果 Apple	荔枝 Litchi	棉籽油 Cottonseed oil	合计 Total	
2~10	0.49~0.54	0.15~0.16	0.009~0.010	0.23~0.40	0.34~0.59	0.021~0.036	0.009~0.011	1.26~1.76	0.6~0.8
11~17	0.27~0.39	0.09~0.11	0.005~0.007	0.12~0.15	0.17~0.23	0.010~0.014	0.006~0.007	0.73~0.91	1.1~1.4
18~59	0.24~0.27	0.08~0.09	0.005	0.06~0.11	0.08~0.17	0.005~0.010	0.005~0.006	0.49~0.64	1.6~2.0
>60	0.22	0.07~0.08	0.005	0.05~0.07	0.07~0.11	0.004~0.006	0.004~0.005	0.42~0.50	2.0~2.4

3 结论与讨论

3.1 适用评估方法的建立和膳食数据的调整

以 JMPR 提出的农药残留膳食摄入和风险评估原理及方法为基础, 引入了食物摄入量调整系数、急性风险安全界限和消费者保护水平, 建立了基于规范残留试验数据的农药残留膳食健康风险评估方法及现有 MRL 标准对消费者保护水平的评估方法, 该方法对我国现阶段的技术数据积累水平具有良好的适用性。其中采用食物摄入量调整系数对较早系统调查得到的食物摄入量数据进行调整, 是弥补我国居民膳食结构变化可能给评估结果带来偏差的可行方法; 在急性风险评估中引入安全界限的计算, 有助于更好地描述风险; 计算现有 MRL 标准对消费者的保护水平则从膳食健康角度反证了 MRL 标准的合理性。

3.2 三唑磷残留的膳食摄入风险及现有 MRL 标准对消费者的保护水平

基于水稻、甘蓝、苹果、柑橘和荔枝 5 种三唑磷登记使用作物规范残留试验数据的评估结果表明, 各类人群都有不可接受的三唑磷慢性膳食摄入风险, 同时, 苹果、甘蓝、稻米和小麦粉还具有不可接受的急性膳食摄入风险。但通过调整三唑磷在水稻上使用的 GAP 条件, 如延长安全间隔期至 60 d, 可使稻米中三唑磷的残留水平控制在安全界限之内。我国现有的稻米、甘蓝、节瓜、苹果、柑橘、荔枝和棉籽共 7 类农产品的三唑磷 MRL 标准, 对 2~10 岁人群

的慢性膳食摄入风险的保护未达到可接受水平, 苹果、柑橘、甘蓝、节瓜和荔枝的 MRL 标准对儿童和成人的急性膳食摄入风险的保护也未达到可接受水平。

3.3 三唑磷膳食摄入风险评估中的不确定性

对膳食摄入风险的评估往往会存在一些不确定因素, 本结果也不例外。主要的不确定因素有: 1) 部分三唑磷登记使用范围之内的农产品尚无残留试验数据和 MRL 标准(如甘蓝之外的十字花科蔬菜和龙眼等), 评估中无法加以考虑; 2) 由于我国农药使用不够规范, 三唑磷超范围使用以及未按规定使用的情况时有发生, 部分地区甚至大量用于水产养殖业清塘^[36-37], 对这部分因素的影响很难进行评估; 3) 本评估结果所依据的是未经烹调的生鲜产品的残留数据, 而除水果之外, 大多数农产品通常是经烹调加工后食用的, 对烹调加工过程中的残留损失^[38] 未能加以考虑; 4) 甘蓝、柑橘和苹果等的残留试验数据量太少, 其结果的代表性差。这些不确定性中既有可能导致低估的因素, 也有可能导致高估的因素, 互相之间将会形成部分的偏差抵消, 但更为精确的评估仍需依赖更多残留和膳食等方面数据的积累以及三唑磷使用和相关风险管理的规范化。

3.4 关于加强三唑磷膳食摄入风险管理的建议

3.4.1 限制三唑磷的登记使用范围并调整其使用规范 从评估结果看, 三唑磷在苹果及甘蓝、水稻等作物上的使用可能导致不可接受的膳食安全风险, 因此建议严格限制其登记使用范围, 撤销三唑磷在

十字花科蔬菜、节瓜等作物及苹果上的登记使用;鉴于三唑磷对水稻害虫防治的重要性,建议撤销其防治稻瘿蚊的使用登记,而暂时保留其防治水稻螟虫、飞虱、水象甲等害虫的使用登记,但应将原先的推荐使用规范调整为 $300 \sim 450 \text{ g/hm}^2$ 剂量、最多使用 1 次、安全间隔期 60 d;应将三唑磷的登记使用作物范围严格限制于棉花、水稻和柑橘、荔枝等皮不可食的水果。

3.4.2 系统地制(修)订三唑磷的 MRL 标准 建议按照国际规范对三唑磷的膳食摄入风险进行再评估,并系统地制(修)订其 MRL 标准,以确保三唑磷的膳食摄入风险得到有效控制。根据上述评估结果,建议将柑橘(果肉)和荔枝(果肉)的 MRL 标准分别修订为 0.02 和 0.05 mg/kg;结合撤销使用登记建议,将蔬菜和苹果等皮可食水果及其他未登记使用的动植物产品的 MRL 标准设定为 0.01 mg/kg 或其检出限附近。

3.4.3 加强对三唑磷违规使用现象的监管 目前三唑磷在我国农业生产中的实际应用比其登记范围要广,部分地区甚至将其用于水产养殖清塘,这种违规使用可能造成更严重的膳食安全问题和生态环境风险,因此建议将三唑磷的违规使用列为监管重点。

3.4.4 完善相关残留试验数据 应基于调整后的 GAP(如安全间隔期延长至 60 d 等)重新系统进行水稻中三唑磷的残留试验,并将残留试验数据提交给 JMPR,争取保留或重新设立国际食品法典的稻谷中三唑磷的 MRL 标准。

参考文献:

- [1] Pesticides Safety Directorate. Evaluation on: Triazophos [M]. York: Advisory Committee on Pesticides, 1993: 56–90.
- [2] WHO/FAO. Pesticide residues in food 2002: report [C]. Rome: The Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2003: 272–277.
- [3] The Commission of the European Communities. Commission Regulation (EC) No 2076/2002 – extending the time period referred to in Article 8(2) of Council Directive 91/414/EEC and concerning the non-inclusion of certain active substances in annex I to that directive and the withdrawal of authorisations for plant protection products containing these substances [J]. *OJEC* 2002, (L319): 3–11.
- [4] WHO/FAO. Pesticide residues in food 2007: evaluations part I – residues [C]. Rome: The Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues 2007: 1349–1373.
- [5] Codex Committee on Pesticide Residues. Report of the Fortieth Session of the Codex Committee on Pesticide Residues [M]. Geneva: Codex Alimentarius Commission 2008: 10.
- [6] WHO/FAO. Pesticide residues in food 2010: report [C]. Rome: The Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2010: 365–366.
- [7] GUO Xu-ji (过戌吉). 三唑磷杀虫剂市场步入旺期 [J]. *Pesticides Market News* (农药市场信息) 2002(14): 15–16.
- [8] WEN Luo-hua (文罗华), XIAO Xue-cheng (肖学成), LI Xin-hua (李新华), *et al.* 一起三唑磷引起的食物中毒调查报告 [J]. *Practical Preventive Medicine* (实用预防医学) 2005, 12(2): 382.
- [9] TONG Wen-long (童文龙), TANG Ping-ping (唐平平). 耕牛三唑磷农药中毒的诊治 [J]. *Zhejiang J Anim Sci Vet Med* (浙江畜牧兽医) 2003(5): 35.
- [10] ZHONG Zhi (钟志), LIU Qin (刘琴), LIU Shi-zhong (刘士忠) *et al.* 三唑磷对浙江沿岸海域水生生物的影响 [J]. *Guangzhou J Chem Ind* (广州化工) 2010, 38(5): 215–216.
- [11] FAO. Submission and Evaluation of Pesticide Residues Data for the Estimation of Maximum Residue Levels in Food and Feed [M]. Rome: FAO 2009: 123–133.
- [12] Institute of Quality Standards and Testing Technology for Agro-Products, Chinese Academy of Agricultural Science (中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所). Risk Assessment for Quality and Safety of Agro-foods: Principles, Methodologies and Applications (农产品质量安全风险评估: 原理、方法和应用) [M]. Beijing (北京): Standards Press of China (中国标准出版社) 2007: 20–61.
- [13] HAMILTON D, AMBRUS A, DIETERLE R, *et al.* Pesticide residues in food—acute dietary exposure [J]. *Pest Manag Sci*, 2004, 60: 311–339.
- [14] Institute for the Control of Agrochemicals of MOA (中华人民共和国农业部农药检定所). Service system for pesticides electronic inquiries (农药电子查询服务系统) [CB/OL]. [2011-02-25]. <http://www.ny100.cn/>
- [15] JIN Shui-gao (金水高). The Tenth Report of Nutrition and Health Status for China Residents: Nutrition and Health Status of Annual 2002 (中国居民营养与健康状况调查报告之十: 2002 年营养与健康状况数据集) [M]. Beijing (北京): People's Medical Publishing House (人民卫生出版社) 2008: 40–165.
- [16] Ministry of Agriculture of the People's Republic of China (中华人民共和国农业部). Statistical data (统计数据) [DB/OL]. [2011-02-25]. http://www.moa.gov.cn/fwllm/sjfw/tjsj_1/
- [17] National Bureau of Statistics of China (中华人民共和国国家统计局). Statistical data (统计数据) [DB/OL]. [2011-02-25]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/index.htm>.
- [18] The General Administration of Customs of the People's Republic of China (中华人民共和国海关总署). China's Customs Statistics Yearbook: Volume 1 in 2008 (中国海关统计年鉴: 2008 年上卷) [M]. Beijing (北京): China's Customs Press (中国海关出版社) 2009: 31–75.
- [19] GB 1350–2009, Paddy (稻谷) [S]. Beijing (北京): Standards Press of China (中国标准出版社) 2009.
- [20] GB/T 12947–2008, Fresh citrus (鲜柑橘) [S]. Beijing (北京):

- Standards Press of China(中国标准出版社) 2008.
- [21] NY/T 515 - 2008 ,Litchi(荔枝) [S]. Beijing(北京): China Agriculture Press (中国农业出版社) 2008.
- [22] SHANG Jing(尚静). The study of comprehensive risk for pesticides in rice and triazophos dietary exposure assessment(水稻中农药综合风险与三唑磷膳食暴露评估研究) [D]. Haikou(海口): Hainan University(海南大学) 2010.
- [23] SHANG Jing(尚静),WU Li-yu(吴莉宇),WANG Qiang(王强) *et al.* 三唑磷在稻米中的膳食暴露及其风险评估[J]. *J Zhejiang Agric Sci* (浙江农业科学) 2010(3): 607 - 610.
- [24] QIAN Yun-hui(钱允辉),WANG Zhi-qiang(王志强),ZHANG Xi-lin(张夕林) *et al.* 水稻中后期相关农药使用次数与农药残留量动态关系的研究[J]. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学) 2008 41(9): 2678 - 2685.
- [25] YING Xing-hua(应兴华),XU Xia(徐霞),OUYANG You-nan(欧阳由男) *et al.* 三唑磷在水稻籽粒中动态变化及分布特征[J]. *Environ Chem*(环境化学) 2010 29(5): 919 - 922.
- [26] PANG Liang(逢亮). Dynamics in paddy and adsorption in soil of triazophos(三唑磷在水稻上的残留动态及土壤吸附研究) [D]. Changchun(长春): Jilin Agricultural University(吉林农业大学) 2008.
- [27] LI W ,QIU S P ,WU Y J. Triazophos residues and dissipation rates in wheat crops and soil[J]. *Ecotox Environ Safe* 2008 69: 312 - 316.
- [28] LIU Chun-lai(刘春来),LI Su-ping(李素平),HU Chang-di(胡昌弟) *et al.* 三唑磷在甘蓝中残留动态试验研究[J]. *Pestic Sci Admin*(农药科学与管理) 2005 26(5): 8 - 10.
- [29] LI Xue-sheng (李雪生),LU Zhi-xin (卢植新),LIN Ming-zhen (林明珍) *et al.* 20% 三唑磷乳油在荔枝上的残留消解动态及环境安全性评价[J]. *Southwest China J Agric Sci* (西南农业学报) 2005 18(6): 758 - 763.
- [30] HE Zong-tao (何宗桃),GONG Dao-xin (龚道新),HE Lan (贺兰) *et al.* 三唑磷在柑橘和土壤中残留行为的研究[J]. *Hunan Agric Sci* (湖南农业科学) 2009(9): 100 - 102.
- [31] ZHANG Xue-yan(张雪燕),DAI Xue-fang(代雪芳). 三唑磷在苹果中的残留检测方法及其残留动态[J]. *Southwest China J Agric Sci* (西南农业学报) 2007 20(4): 654 - 658.
- [32] GEMS/Food. Highest reported 97.5th percentile consumption figures (eaters only) for various commodities by the general population and children ages 6 and under [DB /OL]. (2008 - 04) [2011-02-25]. http://www.who.int/foodsafety/chem/en/acute_hazard_db1.pdf
- [33] GEMS/Food. Unit weight of commodities [DB/OL]. (2003-05) [2011-02-25]. http://www.who.int/foodsafety/chem/acute_hazard_db3.pdf
- [34] GB 2763 - 2005 ,Maximum residue limits for pesticides in food (食品中农药最大残留限量) [S]. Beijing(北京): Standards Press of China(中国标准出版社) 2005.
- [35] NY 1500. 1. 1-1500. 30. 4 - 2007 ,Maximum residue limits for pesticides in farm products(农产品中农药最大残留限量) [S]. Beijing(北京): China Agriculture Press(中国农业出版社), 2007.
- [36] ZHONG Zhi(钟志),LIU Shi-zhong(刘士忠),GUO Yuan-ming (郭远明). 三唑磷在养殖泥蚶和缢蛭中的积累和消除规律[J]. *Chin J Vet Drug* (中国兽药杂志) 2007 41(5): 18 - 20.
- [37] YANG Yao-jun(杨瑶君),GAO Li-ming (高立明),WANG Shu-fang (汪淑芳) *et al.* 三唑磷在竹笋中的残留分析与消解动态[J]. *Chin J Pestic Sci* (农药学报) 2008 10(4): 495 - 498.
- [38] HOLDEN A J ,CHEN L ,SHAW I C. Thermal stability of organophosphorus pesticide triazophos and its relevance in the assessment of risk to the consumer of triazophos residues in food [J]. *J Agric Food Chem* 2001 49(1): 103 - 106.

(责任编辑: 唐 静)