

# 草莓中嘧霉胺的残留与膳食风险评估

付岩, 张亮, 吴银良

(宁波市农业科学研究院, 浙江宁波 315040)

**摘要:** 为明确嘧霉胺在大棚草莓中的残留行为及其可能产生的膳食摄入风险, 进行了规范的田间残留试验及对不同人群的膳食暴露及风险评估。结果表明: 大棚条件下, 嘧霉胺在草莓果实上的消解速率符合一级动力学方程, 半衰期为 4.28 d。400 g/L 嘧霉胺悬浮剂以有效成分用量 562.5 g a.i./ha 和 843.75 g a.i./ha 施药, 分别设置喷施 2 次和 3 次, 施药间隔期 7 d。在最后一次喷药后 3、5 和 7 d 采收的草莓中, 嘧霉胺最终残留量均不超过我国规定的其在草莓中的最大残留限量值 (3 mg/kg)。基于残留试验数据和日平均膳食摄入量及每日允许摄入量 (ADI), 计算得到我国各类人群中嘧霉胺暴露的风险商 (RQ)。结果表明, 喷施嘧霉胺后 3~7 d 内的草莓对 2~4 岁、18~30 岁和 60~70 岁人群的膳食摄入风险都很低, 均在可接受范围之内。

**关键词:** 草莓; 嘧霉胺; 农药残留; 风险评估

文章编号: 1673-9078(2017)11-206-211

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.11.029

## Residue and Dietary Risk Assessment of Pyrimethanil in Strawberry

FU Yan, ZHANG Liang, WU Yin-liang

(The Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315040, China)

**Abstract:** In order to assess the dietary exposure risk of pyrimethanil residue in greenhouse strawberry, the final residues and decline trends of pyrimethanil used in strawberry were studied. A risk assessment was performed using the risk quotient (RQ). The results indicated that the dissipation rate of pyrimethanil in strawberry fruits followed the first-order kinetics. The half-life of pyrimethanil was 4.28 d. The pyrimethanil (400 g/L suspension) was sprayed on strawberries grown under greenhouse conditions at the dosage of 562.5 and 843.75 g a.i./ha with the preharvest interval of 3, 5, 7 d. The ultimate residue levels for pyrimethanil in strawberry fruits were lower than the established MRLs in China (3 mg/kg). The dietary exposure and risk assessment were conducted based on the supervised field trial data. The results indicated that the dietary intake of pyrimethanil from strawberry consumption for all groups Chinese consumers were acceptable. This study would provide more understanding of residue behavior and dietary intake risk by pyrimethanil used under greenhouse conditions.

**Key words:** strawberry; pyrimethanil; pesticide residue; risk assessment

草莓 (*Fragaria ananassa* Duch) 属于蔷薇科 (Rosaceae), 草莓属 (*Fragaria*), 以其色、香、味俱佳的优势被誉为“水果皇后”, 是世界性水果之一, 其柔软多汁, 营养价值高, 生长周期短, 见效快, 经济效益高, 正成为我国果树业和设施农业中发展最快的新兴产业, 种植面积逐年增加<sup>[1]</sup>。我国草莓以保护地栽培为主, 大棚和温室内温湿度较高, 且草莓植株矮小, 茎叶和果实大部分接近地面, 容易造成灰霉病、白粉病等病害以及蚜虫、蓟马等害虫的大量发生<sup>[2]</sup>。据报道草莓生产中使用的农药有 57 种之多, 包括杀菌剂、杀虫剂、除草剂和植物生长调节剂等多个品种<sup>[3]</sup>。

收稿日期: 2017-04-01

基金项目: 宁波市技术创新重大专项 (2015C110004)

作者简介: 付岩 (1987-), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向: 食品安全与分析

通讯作者: 吴银良 (1975-), 男, 博士, 教授级高级工程师, 研究方向: 食品安全与分析

其中嘧霉胺是苯胺基嘧啶类新型杀菌剂, 常用于防治草莓灰霉病。嘧霉胺毒性较低, 但如超剂量使用或不按安全间隔期采收果蔬等, 仍会在产品中残留, 危害消费者健康<sup>[4,5]</sup>。我国保护地栽培草莓采果期长, 采摘间隔期短, 且没有外果皮, 属于直接入口的鲜食水果, 实际生产中不规范的用药容易导致摄入超过规定农药残留限量的食品, 加大膳食暴露的风险<sup>[6]</sup>。张志恒等<sup>[7]</sup>进行了保护地草莓中百菌清、腈菌唑和吡唑醚菌酯的膳食风险评估, 结果表明喷施腈菌唑和吡唑醚菌酯膳食暴露风险很低, 而喷施百菌清对部分人群的风险是不可接受的。赵尔成等<sup>[8]</sup>研究了醚菌酯和腐霉利在温室草莓中的残留及风险评估, 表明其风险是可接受的。赵莉等<sup>[9]</sup>研究表明草莓生产中规范使用吡虫啉不会对各类人群造成慢性膳食暴露风险, 但使用氟硅唑对 2~4 岁幼童的安全风险超出了可接受水平。目前, 关于大棚草莓幼果期使用嘧霉胺对成熟期果实是否安全, 以及基于规范残留试验的慢性膳食暴露风险评估

未见报道。因此,本文研究了嘧霉胺在大棚草莓上的残留动态、贮藏稳定性及对不同人群的膳食暴露和风险评估,旨在为指导嘧霉胺在大棚草莓生产中的合理使用提供基础数据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 残留试验设计

#### 1.1.1 供试材料与地点

嘧霉胺(Pyrimethanil)标准品(纯度99.0%)购于德国Dr. Ehrenstorfer GmbH公司。供试药剂为400 g/L嘧霉胺悬浮剂,陕西上格之路生物科学有限公司生产。试验地点为浙江省宁波市高新农业技术实验园区。

#### 1.1.2 试验方法

按照NY/T 788-2004《农药残留试验准则》<sup>[10]</sup>和《农药登记残留田间试验标准操作规程》<sup>[11]</sup>的要求设计田间试验,试验小区面积15 m<sup>2</sup>,重复3次,小区间设保护带。最终残留试验设两个施药剂量:低剂量和高剂量。低剂量为制剂量2250 g/ha(562.5 g a.i./ha),高剂量为制剂量3375 g/ha(843.75 g a.i./ha)。各设2次和3次施药两个处理,施药间隔期7 d。采样距最后一次施药的间隔时间为3、5和7 d。另设清水空白对照,处理间设保护带。消解动态试验:施药量为制剂量3375 g/ha(843.75 g a.i./ha),于草莓果实一半大小时兑水喷雾施药,保证草莓均匀着药。施药后2 h(0 d)和1、3、5、7、14、21和28 d采集样品,于-20℃冰箱中保存。小区内每行距离两端0.5 m内不采样,另设空白对照小区,仅施用与药液同体积的清水。采收贮藏稳定性试验:将消解动态试验0 d采集的样本分装编号后密封储存,另将空白样本分装编号,密封储存。每个储存过程设置3个重复和1个空白对照。样本的储存温度及采样时间分别为:4℃:0、1、3、5、

7 d; -20℃:0、7、14、28、56 d。

### 1.2 分析方法

#### 1.2.1 仪器设备与试剂

Waters UPLC Xevo™ TQ MS超高效液相色谱-串联质谱仪(美国Waters公司),配置电喷雾离子源;IKA Vortex Genie 3旋涡振荡器(德国),低温高速离心机(德国Sigma公司)。乙腈(色谱纯,德国Merck公司);甲酸(色谱纯,美国Tedia公司);PSA(40~60 μm,美国Agilent公司),无水硫酸镁和氯化钠均为分析纯,实验用水为Milli-Q超纯水。

#### 1.2.2 前处理条件

称取样品5.00 g置于50 mL离心管中,加入10.0 mL乙腈,以10000 r/min匀浆2 min静置15 min后,加入5 g氯化钠剧烈振荡2 min,再以10000 r/min离心3 min,吸取上清液待净化。将上述待净化的提取液转入装有300 mg无水硫酸镁和100 mg PSA的5 mL塑料离心管中,漩涡振摇1 min,5000 r/min离心3 min。吸取上清液0.4 mL至另一试管中并加入0.6 mL 0.1%甲酸溶液混合均匀,过0.22 μm滤膜后供LC-MS/MS测定。

#### 1.2.3 LC-MS/MS分析

色谱柱:Acquity BEH C<sub>18</sub>(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm);流动相:A相为0.1%甲酸水溶液,B相为乙腈;梯度洗脱条件:B相在0.5 min内保持40%后,在1.0 min内线性增至90%,保持2.5 min,然后在0.1 min内降至40%,保持0.9 min;流速0.20 mL/min;进样量10 μL。ESI源正离子模式电离;多反应监测(MRM);毛细管电压:2.5 kV;萃取锥孔电压:20 V;RF透镜电压:0.5 V;离子源温度:150℃;脱溶剂气温度:500℃;锥孔气流速:50 L/h;脱溶剂气流速:1000 L/h;其它条件详见表1。

表1 质谱多重反应监测参数

Table 1 Multiple response monitoring parameters of mass spectra

保留时间/min	前级离子质荷比(m/z)	产物离子质荷比(m/z)	锥孔电压/V	碰撞能力/eV
3.43	200.2	107.1	20	24
3.43	200.2	168.0	20	28

### 1.3 膳食暴露和风险评估

膳食暴露量主要用来评估计算可能接触的暴露途径及剂量水平,明确实际与预期暴露的剂量水平及可能受危害的敏感人群<sup>[8]</sup>。本研究中仅以草莓为单一的农药残留暴露途径,基于规范残留试验数据进行慢性风险评估。用公式(1)计算估算每日摄入量<sup>[12]</sup>。

$$EDI = \frac{STMR \times F}{bw} \quad (1)$$

式(1)中,EDI为估算每日摄入量,单位mg/(kg bw·d);STMR值为初级食用农产品的规范试验残留中值,单位mg/kg;F为农产品的消费量,单位kg/d;bw为人群平均体重,单位kg。

嘧霉胺的慢性摄入风险用风险商(RQ)来表示,

即估算每日摄入量占 ADI 的百分比,用公式(2)计算<sup>[13]</sup>。

$$RQ = \frac{EDI}{ADI} \quad (2)$$

式(2)中,ADI为每日允许摄入量,单位mg/(kg bw·d)。

当 $RQ \leq 1$ 时,表示慢性风险可以接受,RQ越小,风险越小;当 $RQ > 1$ 时,表示有不可接受的慢性风险,RQ越大,风险越大<sup>[14]</sup>。不同年龄及性别人群的平均体重和水果消费量采用文献<sup>[15]</sup>中发布的数据(表2)。

表2 不同人群平均体重及水果摄入量

Table 2 Average body weight and fruit intake of different

populations

人群	体重/(bw/kg)	水果摄入量/(g/d)
2~4 男	14.1	43.7
2~4 女	13.4	44.4
18~30 男	60.5	41.8
18~30 女	52.6	52.9
60~70 男	61.3	33.8
60~70 女	54.3	34.8

## 1.4 数据统计与分析

使用 Origin 9.0 进行数据处理。试验结果采用指数回归方程,按公式(3)和(4)计算嘧霉胺在草莓中的降解半衰期。

$$C_t = C_0 \times e^{-kt} \quad (3)$$

式(3)中, $C_0$ 为草莓中农药初始浓度(mg/kg); $C_t$ 为 $t$ 时草莓中农药残留浓度(mg/kg); $k$ 为降解速率常数; $t$ 为采样时间(天)。

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \quad (4)$$

式(4)中, $T_{1/2}$ 为降解半衰期; $k$ 为降解速率常数。

## 2 结果与讨论

### 2.1 方法的灵敏度、准确度和精密度

在优化后的分析条件下,嘧霉胺的保留时间为3.43 min,仪器的最小检出量为 $1.0 \times 10^{-11}$  g。在0.001~2.0 mg/L 范围内嘧霉胺的仪器响应值与其浓度呈良好的线性关系,与之前文献报道的嘧霉胺最小检出量 $2.0 \times 10^{-9}$  g<sup>[16]</sup>和 $4.0 \times 10^{-10}$  g<sup>[17]</sup>相比,该法具有较高的灵敏度。取草莓的空白样品进行回收率实验,添加嘧霉胺标准溶液,使添加水平分别为0.01 mg/kg、0.1 mg/kg 和 2.0 mg/kg,按前述前处理步骤进行处理,每个浓度处理重复5次,同时做空白对照,采用空白提取液配制的基质标样进行定量。结果显示,嘧霉胺在

草莓中添加回收率为86.6%~97.2%,相对标准偏差为3.0%~7.0%。说明该方法的准确度和精密度均较好,符合农药残留分析的要求。同时针对现有方法<sup>[2]</sup>存在的前处理复杂、成本高等问题,采用分散固相萃取,提取净化效果好,简化了前处理步骤,降低了成本,为风险监测提供了技术支持。

### 2.2 嘧霉胺在草莓中的消解动态

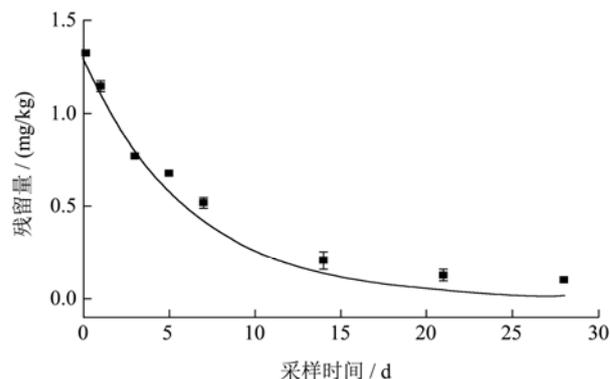


图1 嘧霉胺在草莓中的消解动态

Fig.1 The dissolving dynamic curves of pyrimethanil in strawberry

草莓果实中的残留消解动态如图1所示。施药后2 h,草莓果实中嘧霉胺初始沉积量为1.326 mg/kg,之后草莓中嘧霉胺的残留量逐渐减少。消解曲线符合一级动力学方程 $C_t = 1.2991e^{-0.1618t}$ ,决定系数 $R^2 = 0.9715$ ,施药后14 d,草莓中嘧霉胺残留量降到0.204 mg/kg。王薇等<sup>[2]</sup>研究发现嘧霉胺在大棚红颜草莓中的半衰期为4.17 d,徐浩等<sup>[16]</sup>研究表明嘧霉胺在黄瓜中半衰期为5.11 d,Zhu等<sup>[18]</sup>研究发现,嘧霉胺在大棚番茄中的降解半衰期为8.6~11.5 d。笔者发现,大棚条件下,嘧霉胺在丰香草莓中的降解半衰期为4.28 d,与之前报道的不同品种草莓相比,半衰期差异并不显著,而在不同作物上嘧霉胺消解速率有一定差异,说明作物品种对嘧霉胺降解有一定影响。此外,施药方式、栽培条件等因素也会对农药降解速度产生一定的影响。Farag M. Malhat等<sup>[19]</sup>研究了露地条件下嘧霉胺的降解动态,结果表明草莓和黄瓜中嘧霉胺降解半衰期分别为2.9 d和2.2 d。于建垒等<sup>[17]</sup>和Liu等<sup>[20]</sup>研究发现嘧霉胺在露地番茄中的半衰期分别为2.1~2.5 d和1.8~4.2 d。露地条件下嘧霉胺在作物上的降解稍快于大棚条件下。这可能是由于露地条件下作物表面的农药受降雨、光照等气候因子的影响较大,更易被稀释和消解。研究表明,相较于大棚,露地条件下农药水解、挥发和微生物降解更加显著<sup>[21]</sup>。而大棚中的密闭环境受外部自然条件影响不大,因此可能导致农药更长的半衰期。总体而言,嘧霉胺在草莓上属于易降

解性农药。

### 2.3 嘧霉胺在草莓中的贮藏稳定性

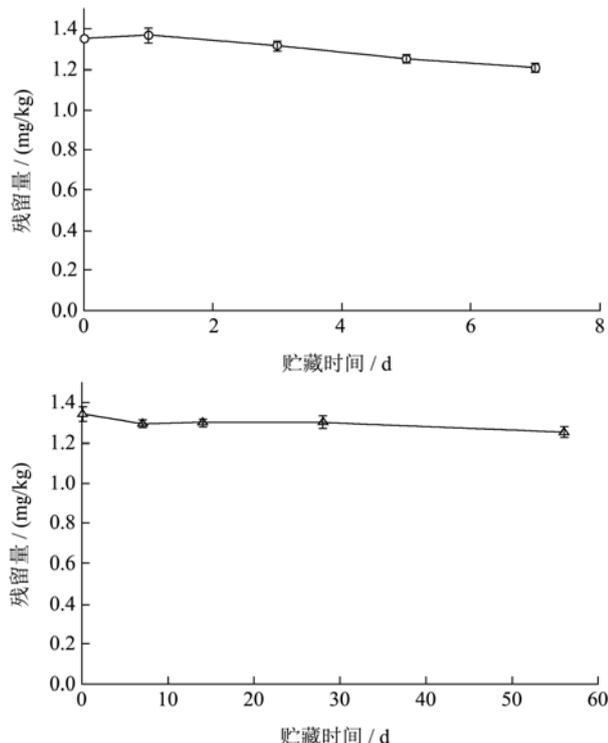


图2 嘧霉胺在草莓中的贮藏稳定性

Fig.2 Storage stability of pyrimethanil in strawberry

嘧霉胺在草莓中不同贮藏条件下的稳定性见图2。由图可看出,随着时间的增加,2种温度下嘧霉胺的残留量变化不大,即嘧霉胺的降解速率很低,没有明确的降解趋势可以得出。4℃条件下,贮藏7d后,嘧霉胺降解了10.6%;-20℃条件下,贮藏56d后,嘧霉胺残留基本未降解。贮存温度、时间及农药本身的稳定性是贮存过程中农药残留降低的关键因素<sup>[22]</sup>。本试验中可能是低贮藏温度减缓了嘧霉胺的降解过程。日常分析中,农药残留通常是痕量分析,样品储存适宜冷冻储存,并尽快分析,以免由于储存使得分析结果出现偏差,造成损失。此外,由于在试验周期内嘧霉胺残留低于我国规定的嘧霉胺在草莓中的最大

残留限量(3 mg/kg),因此未再进行更长时间的取样分析。除作为杀菌剂外,嘧霉胺也作为保鲜剂在多种作物上使用。Natalia等<sup>[23]</sup>研究了嘧霉胺作为柑橘采后保鲜剂在4℃条件下的降解趋势,结果表明,两种不同浓度下,嘧霉胺在柑橘果实上的残留均基本稳定,同时若没有采取适当的清洗措施会引起交叉污染。因此食用前对草莓进行科学地清洗是必要的<sup>[4,24]</sup>。

### 2.4 嘧霉胺在草莓中膳食暴露和风险评估

我国《食品中农药最大残留限量》(GB 2763-2016)<sup>[25]</sup>中规定嘧霉胺的ADI值为0.2 mg/kg bw。不同人群的食物摄入量与其体重的比值有明显不同,由此造成的膳食暴露量对不同人群的风险也有很大差异,本研究选择6类典型人群,即2~4岁、18~30岁和60~70岁的男性和女性进行膳食暴露风险评估。根据表2中的膳食及体重调查数据,结合本研究规范试验获得的残留量中间值进行计算,结果见表3。结果表明:在三个不同采收间隔期(PHI3、5、7d),我国各类人群草莓中嘧霉胺的估计每日摄入量(EDI)为0.0003~0.0040 mg/(kg bw·d),草莓中嘧霉胺残留对上述6类典型人群的风险商均在0.020以下,表明在草莓上合理使用嘧霉胺对消费者的膳食健康风险极低。Farg M. Malhat等<sup>[19]</sup>的研究同样表明,推荐剂量下在露地栽培草莓中使用嘧霉胺对居民健康是无影响的。本文采用的各类人群平均体重和水果消费量来源于卫生部在2002年开展的中国居民营养与健康状况调查。而据最新一次的营养与健康状况调查<sup>[26]</sup>显示2010~2012年我国18岁及以上成年男性和女性的平均体重分别较2002年增长3.5 kg和2.9 kg,6~17岁男、女儿童青少年体重平均增加4.2 kg和2.8 kg,而居民水果摄入量与2002年相比基本持平。因此,本文对于草莓中嘧霉胺的慢性膳食摄入风险评估是偏于保守的,但由于偏于保守的评估结果仍显示草莓中嘧霉胺的慢性风险极低,因此对最终结论无影响。

表3 不同采样间隔期下嘧霉胺的膳食风险评估

Table 3 Dietary risk assessment of pyrimethanil under different sampling intervals

人群	国家估计每日摄入量 NEDI/[mg/(kg bw·d)]			慢性摄入风险 RQ		
	PHI 3 d	PHI 5 d	PHI 7 d	PHI 3 d	PHI 5 d	PHI 7 d
2~4 男	0.0037	0.0022	0.0017	0.018	0.011	0.008
2~4 女	0.0040	0.0023	0.0018	0.020	0.012	0.009
18~30 男	0.0008	0.0005	0.0004	0.004	0.002	0.002
18~30 女	0.0012	0.0007	0.0006	0.006	0.004	0.003
60~70 男	0.0007	0.0004	0.0003	0.004	0.002	0.002
60~70 女	0.0008	0.0004	0.0004	0.004	0.002	0.002

### 3 结论

嘧霉胺在草莓果实中的消解符合一级动力学方程,在 400 g/L 嘧霉胺悬浮剂以 843.75 g a.i./ha、施药 1 次的情况下,嘧霉胺在草莓果实中的消解半衰期为 4.28 d。在规范残留田间试验操作下,嘧霉胺在大棚中用于防治草莓灰霉病,其最终残留量低于我国制定的最大残留限量标准。贮藏稳定性结果表明,低温条件下(4℃和-20℃)贮藏 7 d 内,嘧霉胺在草莓果实上的残留基本稳定。膳食风险评估结果表明,施药后 3、5、7 d,我国 2~4 岁、18~30 岁和 60~70 岁 3 大类人群草莓中嘧霉胺的估计每日摄入量(EDI)为 0.0003~0.0040 mg/(kg bw·d),草莓中嘧霉胺残留对上述 6 类典型人群的风险商均较低(RQ≤0.020),处于安全水平。

### 参考文献

- [1] 张欣馨,王菲,李浪,等.中国草莓生产中面临的主要问题及发展对策[J].中国林副特产,2016,141:92-96  
ZHANG Xin-xin, WANG Fei, LI Lang, et al. Main problems and development countermeasures during the strawberry production in China [J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2016, 141: 92-96
- [2] 王微,胡毅.嘧霉胺农药在草莓中的残留及消解动态[J].贵州农业科学,2017,45(3):125-127  
WANG Wei, HU Yi. Residue and degradation dynamics of pyrimethanil in strawberry [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2017, 45(3): 125-127
- [3] 吴声敢,赵学平,杨桂玲,等.浙江省农业团体标准《大棚草莓安全用药指南》解读[J].浙江农业科学,2015,56(11):1718-1720  
WU Sheng-gan, ZHAO Xue-ping, YANG Gui-ling, et al. Interpretation of "Guide for the control of main diseases and insect pests of strawberry in greenhouse" [J]. Zhejiang Agricultural Sciences, 2015, 56(11): 1718-1720
- [4] 孙立荣,于莉,张存政,等.消解去除草莓中嘧霉胺残留的方法[J].江苏农业学报,2007,23(2):131-134  
SUN Li-rong, YU Li, ZHANG Cun-zheng, et al. Ways to degrade pyrimethanil residues on strawberry [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2007, 23(2): 131-134
- [5] T/ZAQSAP 002-2016,大棚草莓主要病虫害防治用药指南[S]  
T/ZAQSAP 002-2016, Guide for the control of main diseases and insect pests of strawberry in greenhouse [S]
- [6] 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 Xi, ZHOU 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
- [7] 张志恒,李红叶,吴珉,等.百菌清、腈菌唑和吡唑醚菌酯在草莓中的残留及其风险评估[J].农药学报,2009,11(4):449-455  
ZHANG Zhi-heng, LI Hong-ye, WU Min, et al. Residue and risk assessment of chlorothalonil, myclobutanil and pyraclostrobin in greenhouse strawberry [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2009, 11(4): 449-455
- [8] 赵尔成,朱晓丹,郑尊涛,等.醚菌酯和腐霉利在温室草莓中的残留行为及其膳食摄入风险评估[J].农药学报,2015,17(1):75-82  
ZHAO Er-cheng, ZHU Xiao-dan, ZHENG Zun-tao, et al. Residue behavior and dietary intake risk assessment of kresoxin-methyl and procymidone in strawberry under greenhouse conditions [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2015, 17(1): 75-82
- [9] 赵莉,占绣萍,颜伟中,等.草莓中吡虫啉和氟硅唑残留的膳食暴露风险[J].农药学报,2016,18(2):232-240  
ZHAO Li, ZHAN Xiu-ping, YAN Wei-zhong, et al. Dietary exposure and risk assessment of imidacloprid and flusilazole residue in greenhouse strawberries [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2016, 18(2): 232-240
- [10] NY/T 788-2004,农药残留试验准则[S]  
NY/T 788-2004, Guideline on pesticide residue trials [S]
- [11] 农业部农药检定所.农药登记残留田间试验标准操作规程[M].北京:中国标准出版社,2007  
Institute for the Control of Agrochemicals. Standard operating procedures on pesticide registration residue field trials [M]. Beijing: Standards Press of China, 2007
- [12] FAO. Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed. Rome: FAO, 2009: 123-133
- [13] Xinfeng Y, Jinhui L, Shuhuai L, et al. Evaluation of nine pesticide residues in three minor tropical fruits from southern China [J]. Food Control, 2016, 60: 677-682
- [14] 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  
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
- [15] 金水高.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[R].北京:人民卫生出版社,2008  
JIN Shui-gao. The tenth report of nutrition and health status for China residents: nutrition and health status of annual 2002 [R]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2008
- [16] 徐浩,李振.啞霉胺在黄瓜及土壤中的残留降解动态[J].浙江农业学报,2005,17(6):380-383  
XU Hao, LI Zhen. Residue and degradation dynamics of pyrimethanil in cucumber and soil [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2005, 17(6): 380-383
- [17] 于建垒,宋国春,李瑞娟,等.啞霉胺在番茄中的残留研究及安全使用[J].现代农药,2011,10(5):44-47  
YU Jian-lei, SONG Guo-chun, LI Rui-juan, et al. Residue and application safety assessment of pyrimethanil in tomato [J]. Modern Agrochemicals, 2011, 10(5): 44-47
- [18] Xiaodan Z, Chunhong J, Lifang D, et al. Residue behavior and dietary intake risk assessment of three fungicides in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under greenhouse conditions [J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2016, 81: 284-287
- [19] Farag M Malhat, Naglaa M Loutfy, Wasfy Thabet. Dissipation profile and human risk assessment of pyrimethanil residues in cucumbers and strawberries [J]. Journal of Health and Pollution, 2014, 4(7): 36-41
- [20] Congyun L, Dahai L, Youcheng W, et al. Pyrimethanil residue and dissipation in tomatoes and soil under field conditions [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2013, 185(11): 9397-9402
- [21] Tsochatzis E D, Tzimou-Tsitouridou R, Menkissoglu-Spiroudi U, et al. Laboratory and field dissipation of penoxsulam, tricyclazole and profoxydim in rice paddy systems [J]. Chemosphere, 2013, 91(7): 1049-1057
- [22] 黄宝勇,肖志勇,欧阳喜辉.不同贮存条件对蔬菜基质中 13 种农药残留稳定性的影响[J].农药科学与管理,2013,34(2): 29-34  
HUANG Bao-yong, XIAO Zhi-yong, OUYANG Xi-hui. The influence of different temperature conditions on stability of thirteen pesticide residues in vegetables [J]. Pesticide Science and Administration, 2013, 34(2): 29-34
- [23] Besil N, Pérez-Parada A, Cesio V, et al. Degradation of imazalil, orthophenylphenol and pyrimethanil in Clementine mandarins under conventional postharvest industrial conditions at 4 °C [J]. Food Chemistry, 2016, 194(4):1132-1137
- [24] 梁颖,丁莹,张留圈,等.元分析方法评估食品加工对果菜中农药残留的作用[J].现代食品科技,2016,32(4):265-270  
LIANG Ying, DING Ying, ZHANG Liu-quan, et al. Effect of food processing on pesticide residues in fruits and vegetables evaluated by meta-analysis [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(4): 265-270
- [25] GB 2763-2016,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]
- [26] 国家卫生计生委疾病预防控制局.中国居民营养与慢性病状况报告 2015[R].北京:人民卫生出版社,2015  
National Health and Family Planning Commission for Disease Control and Prevention. The report of nutrition and chronic disease status of China residents 2015 [R]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2015