DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250918002
引用格式: 洪曾纯. 高效氯氰菊酯和嘧菌酯在豇豆中的残留变化与风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(4): 246–251.
HONG ZC. Residue changes and risk assessment of beta-cypermethrin and azoxystrobin in *Vigna unguiculata* (L.) Walp [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(4): 246–251. (in Chinese with English abstract).

高效氯氰菊酯和嘧菌酯在豇豆中的残留变化与风险评估

洪曾纯*

(三明市农产品质量安全检验检测中心, 三明 365000)

摘 要: 目的 评估高效氯氰菊酯和嘧菌酯在豇豆中的消解动态及膳食摄入风险。**方法** 基于规范田间残留试验, 建立以乙腈提取、固相萃取柱或 QuEChERS 净化, 气相色谱法和液相色谱-串联质谱法对豇豆中高效氯氰菊酯和嘧菌酯进行定量分析, 得到豇豆中 2 种农药的残留动态变化, 并评估慢性膳食摄入风险。**结果** 高效氯氰菊酯与嘧菌酯在 0.005~1.000 mg/L 范围内质量浓度与其峰面积呈良好的线性关系, 在 3 个不同添加水平的回收率平均值为 86.3%~104.1%, 相对标准偏差为 0.60%~2.31%, 定量限均为 0.01 mg/kg。高效氯氰菊酯与嘧菌酯在豇豆上的残留消解动态过程均符合一级动力学方程, 消解半衰期分别为 2.8 d、2.9 d。**结论** 2 种农药对不同性别、年龄段人群慢性膳食摄入风险均远低于 100%, 不会产生潜在的风险。

关键词: 豇豆; 高效氯氰菊酯; 嘧菌酯; 残留变化; 风险评估

Residue changes and risk assessment of beta-cypermethrin and azoxystrobin in *Vigna unguiculata* (L.) Walp

HONG Zeng-Chun*

(*Sanming Inspection and Testing Centre for Agricultural Product Quality and Safety*, *Sanming* 365000, *China*)

ABSTRACT: Objective To evaluate dissipation dynamics and dietary exposure risk of beta-cypermethrin and azoxystrobin in *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Methods** Based on standardized field residue trials, a quantitative analysis method for beta-cypermethrin and azoxystrobin in *Vigna unguiculata* (L.) Walp was established, which adopted acetonitrile extraction, purification by solid-phase extraction columns or the QuEChERS method, followed by detection using gas chromatography and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Through this method, the dynamic changes of residues of these 2 pesticides in *Vigna unguiculata* (L.) Walp were obtained, and the chronic dietary intake risk was evaluated. **Results** The mass concentration of beta-cypermethrin and azoxystrobin had a good linear relationship with the peak area in the range of 0.005–1.000 mg/L, respectively. The average recoveries at 3 different spiked levels were 86.3%–104.1%, the relative standard deviations were 0.60%–2.31%, and the limits of quantitation were 0.01 mg/kg. The residual dissipation dynamics of beta-cypermethrin and azoxystrobin in *Vigna*

收稿日期: 2025-09-18
第一作者/*通信作者: 洪曾纯(1983—), 男, 硕士, 高级农艺师, 主要研究方向为农业产地环境与农产品质量安全。E-mail: 21447341@qq.com

unguiculata (L.) Walp conformed to the first-order kinetic equation, and the half-lives of dissipation were 2.8 d and 2.9 d, respectively. **Conclusion**　The risk of chronic dietary intake of the 2 kinds of pesticides for people of different genders and age groups is far less than 100%, and there is no potential risk.

KEY WORDS: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; beta-cypermethrin; azoxystrobin; residual change; risk assessment

0　引　言

豇豆[*Vigna unguiculata* (L.) Walp]属豆科作物, 是我国广泛种植的重要蔬菜品种之一, 其营养丰富, 风味独特, 深受消费者的喜爱[1–3]。但由于豇豆主要病虫害如豆荚螟、蓟马等喜欢藏匿于花朵豆荚内部, 早期难以察觉, 农药防治效果不甚理想[4]; 同时长期施药造成主要病虫害抗性增强, 部分农户不科学施药或盲目施药, 甚至使用禁限农药; 且豇豆具有坐果能力强、花果同期等特点, 采摘时难以保证安全间隔期, 导致豇豆农药残留水平较高。如张丽等[5]对湖南省市场销售的豇豆抽取 529 个样品开展 22 种农药残留检测, 农药品种检出率为 81.82%, 样品检测不合格率为 4.91%; 梁启富等[6]在福建省产地抽取 522 个豇豆样品开展 91 种农药残留检测, 检出苯醚甲环唑等 56 种农药残留, 农药品种检出率为 61.54%, 样品检出率为 61.69%; ZHANG 等[7]对海南省蔬菜种植基地抽取的豇豆样品开展 35 种农药残留检测, 检出有 27 种农药, 其中虫螨腈检出率最高, 达 46.3%, 总体样品检出率为 80.8%。因此豇豆农药残留风险需要引起高度关注[8–10]。

高效氯氰菊酯和嘧菌酯是豇豆生产中的常用农药, 能有效提升豇豆品质和产量。高效氯氰菊酯是一种高效、广谱、持效性强的杀虫剂, 通过触杀、胃毒的作用, 对豇豆中的豆荚螟、美洲斑潜蝇、叶螨等害虫具有良好的防治效果[11–12]。嘧菌酯是低毒、安全、快速的杀菌剂, 具有治疗、保护和铲除的作用, 其内吸性的特点使得能快速被吸收并传导至植物体内各个部位, 达到全面防治豇豆锈病、炭疽病、白粉病等病害[13–14]。目前, 已有在茶叶[15]、甘蓝[16]、辣椒[17–19]、黄瓜[20]、铁皮石斛[21]等开展了高效氯氰菊酯与嘧菌酯的残留变化与膳食风险评估的相关报道, 对于在豇豆上使用的高效氯氰菊酯与嘧菌酯的相关报道较少。

本研究以露地豇豆为研究对象, 建立以乙腈提取、固相萃取柱或 QuEChERS 净化管净化, 气相色谱法(gas chromatography, GC)和液相色谱-串联质谱法(liquid chromatography-tandem mass spectrometry, LC-MS/MS)分别测试高效氯氰菊酯和嘧菌酯残留量的检测方法。根据 NY/T 788—2018《农作物中农药残留试验准则》要求, 开展露地豇豆田间规范残留试验, 以期了解施药后在豇豆中的残留变化和膳食风险, 为高效氯氰菊酯和嘧菌酯在露地豇豆中的规范使用和风险评估提供数据支撑。

1　材料与方法

1.1　仪器与试剂

8890 气相色谱仪、HP-5 气相色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm)(美国 Agilent 公司); Ultimate3000-TSQ Quantum Access Max 液相色谱串联质谱仪、Hypersil GOLD C_{18} 选择性液相色谱柱(50 mm×2.1 mm, 1.9 μm)(美国 Thermo Fisher Scientific 公司); FA25 匀浆机(上海弗鲁克科技发展有限公司); BSA3202S 电子天平(精度 0.01 g, 中国梅特勒-托利多仪器有限公司); TD-5Z 离心机(上海卢湘仪离心机仪器有限公司)。

高效氯氰菊酯、嘧菌酯标准品(质量浓度均为 100 μg/mL, 北京坛墨质检科技股份有限公司); 乙腈、丙酮、正己烷、甲醇(色谱纯, 美国天地公司); 乙酸铵、甲酸(色谱纯, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司); QuEChERS 净化管[15 mL, 900 mg $MgSO_4$, 150 mg N-丙基乙二胺键合硅胶(primary secondary amine, PSA), 中谱科技(福州)有限公司]; Cleanert® Florisil 弗罗里硅土萃取柱[1 g, 6 mL, 天津博纳艾杰尔科技(Agela Technologies)有限公司]; NaCl(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司)。

高效氯氰菊酯乳油(纯度 4.5%, 江苏克胜集团股份有限公司); 嘧菌酯悬浮剂(质量浓度 250 g/L, 先正达南通作物保护有限公司)。

1.2　田间试验设计

豇豆田间试验设计参照 NY/T 788—2018 要求, 于 2024 年 5 月 4 日至 7 月 22 日共 80 d, 试验地设在福建省将乐县古镛镇桃村。在露地条件下, 设施药处理小区与清水对照区, 每个处理设 3 个重复, 每个小区面积 50 m^2。4.5%高效氯氰菊酯乳油和 250 g/L 嘧菌酯悬浮剂用量分别为 600 mL/hm^2、675 mL/hm^2, 在豇豆盛产期(开花结荚至采收期)施药, 2 种农药分开施用, 分别采集施药后的 2 h 和 1、2、3、4、5、6、7、10、14 d 豇豆样品, 采用随机抽样法每个小区采集豇豆样品 2 kg。将豇豆样品切碎、缩分、匀浆, 分取两份, 每份不少于 250 g, 于–18 ℃以下冷冻储存待测。

1.3　分析方法

1.3.1　样品提取与净化

称取 10.0 g(精确至 0.01 g)豇豆试样于 50 mL 离心管中, 加 20.0 mL 乙腈, 均质 2 min, 以 5000 r/min 离心 5 min; 将上清液移至 50 mL 离心管中, 加入 5 g NaCl, 剧烈振荡

2 min, 静置 20 min。吸取上清液 5.0 mL 于 QuEChERS 净化管中, 涡旋 2 min, 以 5000 r/min 离心 5 min, 过 0.22 μm 微孔滤膜于样品瓶中, 待 LC-MS/MS 上机检测。

另取上清液 5.0 mL 于 50 mL 离心管中, 80 ℃氮吹近干, 加 2.0 mL 正己烷溶解。依次用 5.0 mL 丙酮:正己烷淋洗液(10:90, *V*:*V*)、5.0 mL 正己烷将弗罗里硅土固相萃取柱预淋洗, 当液面下降至柱层表面时, 立即将上述净化液倒入柱中, 用带刻度离心管收集, 取 5.0 mL 丙酮:正己烷淋洗液(10:90, *V*:*V*)洗脱并重复一次, 将收集的洗脱液于 50 ℃氮吹至 5 mL 刻度以下, 用正己烷定容至 5.0 mL, 涡旋混匀, 移入样品瓶, 待 GC 上机检测。

1.3.2 LC-MS/MS 检测条件

(1) LC 条件

流动相 A 为甲醇; 流动相 B 为 5 mmol/L 乙酸铵-0.1%甲酸水溶液; 柱温 40 ℃; 进样量 3 μL; 流速为 0.3 mL/min; 运行时间 10 min。梯度洗脱条件见表 1。

表 1 LC 梯度洗脱条件

Table 1 Gradient elution conditions of LC

时间/min	流动相 A (甲醇)/%	流动相 B (5 mmol/L 乙酸铵-0.1%甲酸)/%
0	25	75
5.5	90	10
7.5	90	10
8.0	25	75
10.0	25	75

(2) MS/MS 条件

检测模式为选择反应检测(selected reaction monitoring, SRM); 电离方式为电喷雾正离子模式(electrospray ionization positive ion, ESI+); 探针温度 350 ℃; 离子传输管温度 320 ℃; 电喷雾电压 3500 V; 循环时间 0.5 s; 嘧菌酯优化后的 MS 参数见表 2。

表 2 MS/MS 分析参数

Table 2 Analysis parameters of MS/MS

化合物	母离子 (*m*/*z*)	子离子 (*m*/*z*)	碎裂电压 /V	碰撞能量 /eV
嘧菌酯	404	344	65	23
	404	372*	65	14

注: *为定量离子。

1.3.3 GC 检测条件

检测器温度为 320 ℃; 进样口温度为 220 ℃; 检测器为电子捕获检测器(electron capture detector, ECD); 载气为高纯氮气(纯度≥99.999%); 载气流速为 1.5 mL/min; 进样方式为分流进样; 进样量为 1 μL; 升温程序为: 100 ℃保持 1 min, 以 20 ℃/min 升到 200 ℃, 保持 4 min, 以 30 ℃/min 升到 290 ℃后, 保持 6 min。

1.3.4 标准工作曲线

吸取 100 mg/L 高效氯氰菊酯标准溶液, 用正己烷稀释至 10 mg/L 的标准工作溶液。样品测定前, 配制质量浓度分别为 0.005、0.010、0.050、0.100、0.500、1.000 mg/L 的高效氯氰菊酯标准工作系列溶液, 供 GC 测定。

吸取 100 mg/L 嘧菌酯标准溶液, 用甲醇稀释至 10 mg/L 的标准工作溶液。取空白豇豆样品, 按 1.3.1 的方法进行提取净化, 得到空白样品提取液, 用空白样品提取液稀释, 配制质量浓度分别为 0.005、0.010、0.050、0.100、0.200、0.500、1.000 mg/L 的嘧菌酯标准工作系列溶液, 供 LC-MS/MS 测定。

1.3.5 添加回收试验

将不同添加水平的高效氯氰菊酯(0.01、0.10、0.50 mg/kg)和嘧菌酯(0.01、0.10、3.00 mg/kg)标准溶液, 分别加入到空白豇豆样品, 每个水平 5 个重复试验。添加完混匀, 静置 2 h, 按照 1.3.1 步骤进行样品的提取和净化, 1.3.2 和 1.3.3 的检测条件进行上机分析, 分别计算添加回收率(正确度)和相对标准偏差(精密度)。

1.4 慢性膳食摄入风险评估

根据国家农药残留标准审评委员会推荐的方法, 分别评估高效氯氰菊酯和嘧菌酯在豇豆上施用后的慢性膳食摄入风险。

国家估算每日摄入量(national estimated daily intake, NEDI)评估采用公式(1)计算[22]:

$$\mathrm{NEDI}=\frac{\mathrm{STMR}\times F}{\mathrm{b.w.}} \quad (1)$$

式中: NEDI, mg/kg bw; STMR 为农药在豇豆中的残留中值(supervised trials median residue), mg/kg; *F* 为不同人群豇豆的每日消费量, kg/d; b.w.为不同消费人群的平均体重, kg。

慢性膳食摄入风险评估采用公式(2)计算[23]:

$$\mathrm{RQ_c}/\%=\frac{\mathrm{NEDI}}{\mathrm{ADI}}\times 100\% \quad (2)$$

式中: $\mathrm{RQ_c}$ 为慢性膳食摄入风险, %; ADI 为每日允许摄入量(acceptable daily intake), mg/kg bw。

如果 $\mathrm{RQ_c}\leqslant 100\%$时, 则表明慢性膳食摄入风险不存在或处于可接受水平, $\mathrm{RQ_c}$ 值越小, 风险越低; 如果 $\mathrm{RQ_c}>100\%$时, 表明存在不可接受的慢性膳食摄入风险, $\mathrm{RQ_c}$ 值越大, 风险越高。

1.5 数据处理

本研究试验检测设置 3 个重复, 数据统计分析与制图采用 Origin 2018 和 SPSS 26 软件。

2 结果与分析

2.1 方法线性、精密度和准确度

在所建立的仪器条件下, 高效氯氰菊酯与嘧菌酯的

线性方程见表 3, 相关系数(r)均大于 0.99, 表明这 2 种农药标准工作曲线的质量浓度与对应的峰面积呈良好的线性关系。

3 个不同添加水平的回收率和相对标准偏差见表 4, 高效氯氰菊酯的平均添加回收率为 89.2%~99.4%, 相对标准偏差为 1.02%~2.31%, 嘧菌酯的平均添加回收率为 86.3%~104.1%, 相对标准偏差为 0.60%~1.44%。可见, 高效氯氰菊酯与嘧菌酯在豇豆中的添加回收率和相对标准偏差均满足农药残留检测要求, 该方法适用于豇豆中高效氯氰菊酯与嘧菌酯的残留定量检测。以合格最低添加水平作为方法定量限[24], 嘧菌酯与高效氯氰菊酯在豇豆基质中的定量限均为 0.01 mg/kg。

表 3　2 种农药在豇豆中的线性关系

Table 3　Linear relationship of 2 kinds of pesticides in *Vigna unguiculata* (L.) Walp

农药	线性范围/(mg/L)	线性方程	相关系数(r)
高效氯氰菊酯	0.005~1.000	Y=427647X+4063.8	0.9995
嘧菌酯	0.005~1.000	Y=1.81919×10^9X+7.2025×10^6	0.9998

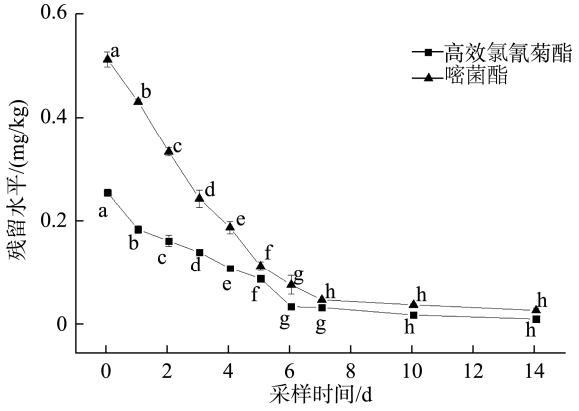
表 4　2 种农药在豇豆中添加回收结果(n=5)

Table 4　Spiked recovery results of 2 kinds of pesticides in *Vigna unguiculata* (L.) Walp (n=5)

农药	添加水平/(mg/kg)	平均回收率/%	相对标准偏差/%	定量限/(mg/kg)
高效氯氰菊酯	0.01	89.2	2.31	0.01
	0.10	96.8	1.45	
	0.50	99.4	1.02	
嘧菌酯	0.01	86.3	1.44	0.01
	0.10	97.8	1.14	
	3.00	104.1	0.60	

2.2　高效氯氰菊酯与嘧菌酯在豇豆中的消解动态

图 1 是 2 种农药在豇豆中的残留消解动态结果, 可以看出高效氯氰菊酯与嘧菌酯在施药 2 h 后的残留量最高, 分别为 0.261 mg/kg、0.509 mg/kg。随着采样间隔时间的增加, 2 种农药残留量在施药后 6 d、7 d 内呈显著的递降趋势, 高效氯氰菊酯第 6 d 残留量是 0.033 mg/kg, 嘧菌酯第 7 d 残留量是 0.040 mg/kg, 较施药后 2 h 残留量分别下降了 87.4%、92.1%, 残留已基本完全降解。



注: 不同字母表示组间差异达到显著水平(P<0.05)。

图 1　2 种农药在豇豆中的残留消解动态

Fig.1　Residue degradation kinetics of 2 kinds of pesticides in *Vigna unguiculata* (L.) Walp

如表 5 所示, 高效氯氰菊酯与嘧菌酯的消解动态符合一级动力学方程, 消解半衰期分别为 2.8 d、2.9 d, 与周艳琳等[25]在荷兰豆上研究结果相近。有研究报道, 高效氯氰菊酯在芥蓝上的消解半衰期为 3.9~10.1 d[26], 高效氯氰菊酯在烟叶上的消解半衰期为 8.25 d[27], 嘧菌酯在辣椒上的消解半衰期为 1.8~17.2 d[28], 嘧菌酯在猕猴桃的消解半衰期为 15.8~29.1 d[29], 与本研究的结论存在差异, 说明高效氯氰菊酯与嘧菌酯在农作物中的残留消解动态受施药剂量、原始沉积量、作物种类、栽培方式、气候及人为等因素的影响[30–33]。

表 5　2 种农药在豇豆中的消解动态统计数据

Table 5　Statistical datas on the degradation dynamics of 2 kinds of pesticides in *Vigna unguiculata* (L.) Walp

农药	消解动态方程	相关系数(r^2)	半衰期/d
高效氯氰菊酯	Y=0.2431e$^{-0.247X}$	0.9478	2.8
嘧菌酯	Y=0.4406e$^{-0.237X}$	0.9130	2.9

2.3　膳食风险评估

由于豇豆花果同期的特点, 结合实际生产的需要, 本研究以采收间隔 3 d 的残留值作为两种农药在豇豆中的残留中值的评价依据。高效氯氰菊酯和嘧菌酯的残留中值分别为 0.139 mg/kg、0.241 mg/kg, 均低于我国制定的农药最大残留限量值 0.5 mg/kg、3 mg/kg。GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》中规定高效氯氰菊酯和嘧菌酯的 ADI 分别为 0.02 mg/kg bw、0.2 mg/kg bw。结合我国不同人群体重、福建省豇豆每日消费数据[34]进行膳食风险计算, 结果见表 6。可见高效氯氰菊酯和嘧菌酯 RQ_c 均远低于 100%, 表明其慢性膳食暴露风险处于可接受水平。

表 6 高效氯氰菊酯和嘧菌酯在豇豆中的暴露风险评估

Table 6 Exposure risk assessment of beta-cypermethrin and azoxystrobin in *Vigna unguiculata* (L.) Walp

年龄/性别	体重/kg	每日消费量/(g/d)	高效氯氰菊酯		嘧菌酯	
			NEDI×10^{-4}/(mg/kg bw)	RQ$_c$/%	NEDI×10^{-4}/(mg/kg bw)	RQ$_c$/%
2~7 岁	17.9	6.8	0.53	0.26	0.92	0.046
8~12 岁	33.1	10.0	0.42	0.21	0.73	0.036
13~19 岁(男)	56.4	12.1	0.30	0.15	0.52	0.026
13~19 岁(女)	50.0	12.4	0.34	0.17	0.60	0.030
20~50 岁(男)	63.0	14.0	0.31	0.15	0.54	0.027
20~50 岁(女)	56.0	13.1	0.33	0.16	0.56	0.028
51~65 岁(男)	65.0	14.4	0.31	0.15	0.53	0.027
51~65 岁(女)	58.0	13.0	0.31	0.16	0.54	0.027
>65 岁(男)	59.5	12.5	0.29	0.15	0.51	0.025
>65 岁(女)	52.0	11.7	0.31	0.16	0.54	0.027

3 结 论

本研究采用GC和LC-MS/MS分别对豇豆中高效氯氰菊酯和嘧菌酯进行定量分析, 从线性关系、精密度及准确度等参数开展验证, 结果均满足农作物农药残留检测要求。通过田间试验结果表明, 高效氯氰菊酯与嘧菌酯的消解半衰期分别为 2.8 d、2.9 d, 属于易降解农药, 较适合豇豆边开花边采摘的特性。在豇豆施药后 3 d, 2 种农药的残留值均低于我国设定的最大残留限量值, 说明在露地条件下根据推荐的使用剂量和间隔天数, 豇豆是安全的。然而在豇豆的实际生产过程中存在多种农药混配与复配使用, 产生的累积膳食暴露风险需要引起注意。本研究仅以单一农药作为评价对象, 未对多种农药残留在豇豆中累积产生的膳食暴露风险进行评估, 接下来需要对不同农药残留开展综合膳食暴露风险研究, 进一步提升豇豆质量安全水平, 推动豇豆产业高质量发展。

参考文献

[1] 屈雪华, 邵景杰, 严牧, 等. 长豇豆营养成分及其遗传和相关性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2023, 24(4): 1034–1045.
QU XH, SHAO JJ, YAN M, *et al*. Genetic and correlation analysis of asparagus bean nutrient composition [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2023, 24(4): 1034–1045.

[2] SODEDJI KAF, ASSOGBADJO AE, LEE B, *et al*. An integrated approach for biofortification of carotenoids in cowpea for human nutrition and health [J]. Plants, 2024, 13(3): 412.

[3] CIFTCI BEYZA, YURURDURMAZ CENGIZ, KOKTEN KAGAN, *et al*. Lipid contents and mineral elements of some cowpea genotypes (*Vigna unguiculata*) [J]. Chemistry of Natural Compounds, 2024, 60(1): 143–146.

[4] LI KL, CHEN WY, XIANG W, *et al*. Determination, residue analysis and risk assessment of thiacloprid and spirotetramat in cowpeas under field conditions [J]. Scientific Reports, 2022, 12: 3470.

[5] 张丽, 汪霞丽, 梁锋, 等. 湖南省市售豇豆农药残留的采样分析及安全风险评估[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2024, 47(5): 95–102.
ZHANG L, WANG XL, LIANG F, *et al*. Sampling analysis and safety risk assessment of pesticide residuesin cowpea sold in Hunan market [J]. Journal of Natural Science of Hunan Normal University, 2024, 47(5): 95–102.

[6] 梁启富, 邹华娇, 韦航, 等. 福建省产豇豆中农药残留水平及膳食暴露风险评估[J]. 农产品质量与安全, 2024(4): 29–35.
LIANG QF, ZOU HJ, WEI H, *et al*. Pesticide residue levels and dietary exposure risk assessment in cowpea from Fujian Province [J]. Quality and Safety of Agro-products, 2024(4): 29–35.

[7] ZHANG Q, MA C, DUAN Y, *et al*. Determination and dietary intake risk assessment of 35 pesticide residues in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] from Hainan Province, China [J]. Scientific Reports, 2022, 12: 5523.

[8] 陈燕羽, 罗劲梅, 李萍, 等. 我国豇豆病虫害绿色防控技术研究应用进展及对策建议[J]. 植物保护, 2025, 51(2): 1–7, 17.
CHEN YY, LUO JM, LI P, *et al*. Research and application progress of environmentally-friendly pest control for cowpea and countermeasures in China [J]. Plant Protection, 2025, 51(2):1–7, 17.

[9] CUI K, WU X, WEI D, *et al*. Health risks to dietary neonicotinoids are low for Chinese residents based on an analysis of 13 daily-consumed foods [J]. Environment International, 2021, 149: 106385.

[10] WEI J, LIANG X, LI J, *et al*. Dietary risk assessment of pesticide residues in cowpeas from Hainan Province of China [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2024, 125: 105769.

[11] 姜鹏, 聂继云, 刘明雨, 等. 我国豇豆农药登记产品和残留限量分析及相关建议[J]. 中国瓜菜, 2024, 37(1): 11–17.
JIANG P, NIE JY, LIU MY, *et al*. Analysis and suggestions of Chinese pesticide registration products and residue limits for cowpea [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2024, 37(1): 11–17.

[12] 殷越, 侯燕华, 陈立萍, 等. 我国豇豆用农药登记情况及对策建议[J]. 农药科学与管理, 2024, 45(1): 17–26.
YIN Y, HOU YH, CHEN LP, *et al*. Current situation of pesticide registered for the control of cowpea pest and policy suggestions in China [J]. Pesticide Science and Administration, 2024, 45(1): 17–26.

[13] 陈育民, 吴颖仪, 黎昆, 等. 华南地区豇豆病虫害发生及减药控残关键

技术[J]. 中国果菜, 2025, 45(2): 66–73.
CHEN YM, WU YY, LI K, *et al*. The occurrence of diseases and pests in cowpea and key technologies for reducing and controlling pesticide residues [J]. China Fruit & Vegetable, 2025, 45(2): 66–73.

[14] 佚名. 2023 年豇豆病虫害绿色防控技术方案[J]. 中国植保导刊, 2023, 43(3): 98–99.
Anonymous. Green prevention and control technical plan for cowpea diseases and pests in 2023 [J]. China Plant Protection, 2023, 43(3): 98–99.

[15] 朱盼, 万欢, 黄芮, 等. 广东省本地产茶叶农药多残留累积风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2022, 34(2): 308–314.
ZHU P, WAN H, HUANG R, *et al*. Cumulative intake risk assessment of multi-pesicidies in local tea samples in Guangdong Province [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(2): 308–314.

[16] 苏龙, 龚道新, 赵佳, 等. 高效氯氰菊酯在甘蓝中的残留行为及膳食风险评估[J]. 食品科学, 2022, 43(1): 150–155.
SU L, GONG DX, ZHAO J, *et al*. Residue behavior and dietary risk assessment of beta-cypermethrin in cabbage [J]. Food Science, 2022, 43(1): 150–155.

[17] GYE H, LEE D, JEONG M, *et al*. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in red pepper powder focused on red pepper's major production area in Korea (2015—2016) [J]. Journal of the Korean Society of Food Culture, 2020, 35(3): 285–293.

[18] GALANI YJH, HOUBRAKEN M, WUMBEI A, *et al*. Monitoring and dietary risk assessment of 81 pesticide residues in 11 local agricultural products from the 3 largest cities of Cameroon [J]. Food Control, 2020, 118: 107416.

[19] GOLGE O, HEPSAG F, KABAK B. Health risk assessment of selected pesticide residues ingreen pepper and cucumber [J]. Food and Chemical Toxicology, 2018, 121: 51–64.

[20] CHENG CY, LIANG YR, HU JY. Estimation of residue levels and dietary risk assessment of cyproconazole and azoxystrobin in cucumber after field application in China [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2022, 29(23): 34186–34193.

[21] 顾梦影, 刘志可, 吴佩玲, 等. 精甲霜灵和嘧菌酯在铁皮石斛中的残留消解及风险评估[J]. 中国现代中药, 2022, 24(8): 1531–1535.
GU MY, LIU ZK, WU PL, *et al*. Residue, degradation, and risk assessment of metalaxyl-m and azoxystrobin in dendrobii officinalis caulis [J]. Modern Chinese Medicine, 2022, 24(8): 1531–1535.

[22] FAO. Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed [M]. Rome: FAO, 2009.

[23] European Food Safety Authority. The 2010 European Union report on pesticide residues in food [J]. EFSA Journal, 2013, 11(3): 3130.

[24] European Commision. Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed [Z]. 2019.

[25] 周艳琳, 杨晶. 6 种农药在荷兰豆上残留消解动态和膳食风险评估[J]. 农药, 2024, 63(12): 911–916.
ZHOU YL, YANG J. Residue dissipation dynamics and dietary risk assessment of 6 pesticides in snow pea [J]. Agrochemicals, 2024, 63(12): 911–916.

[26] 唐红霞, 李玉博, 张颂函, 等. 高效氯氰菊酯和吡丙醚在芥蓝中的残留消解及膳食暴露风险评估[J]. 植物保护, 2024, 50(1): 232–238, 271.
TANG HX, LI YB, ZHANG SH, *et al*. Dissipation, residue and dietary risk assessment of *beta*-cypermethrin pyriproxyfen in Chinese kale [J]. Plant Protection, 2024, 50(1): 232–238, 271.

[27] 谭智勇, 吴亮, 张皓, 等. 复配剂中高效氯氰菊酯在烟草上的残留及消解动态[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(S1): 176–178.
TAN ZY, WU L, ZHANG H, *et al*. Residue and dissipation dynamics of beta-cypermethrin in mixture on tobacco [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2022, 61(S1): 176–178.

[28] 曾涛. 嘧菌酯在辣椒上的残留行为及膳食风险评估[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2021.
ZENG T. Residual behavior and dietary risk assessment of azoxystrobin in pepper [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2021.

[29] 陈文明, 刘玉红, 石红静, 等. 猕猴桃中 3 种农药残留动态及风险评估[J]. 农产品质量与安全, 2025(3): 84–91.
CHEN WM, LIU YH, SHI HJ, *et al*. Dynamics and risk assessment of three pesticide residues in *Kiwifruit* [J]. Quality and Safety of Agro-Products, 2025(3): 84–91.

[30] 赵成林, 陈琳涵, 袁程飞, 等. 苯醚甲环唑和嘧菌酯在华南地区设施内外番茄中的残留及消解动态[J]. 农药科学与管理, 2023, 44(7): 29–34, 40.
ZHAO CL, CHEN LH, YUAN CF, *et al*. Residue and decline trials of difenoconazole and azoxystrobin in tomato in field and greenhouse [J]. Pesticide Science and Administration, 2023, 44(7): 29–34, 40.

[31] 周启圳, 何翎, 刘丰茂, 等. 嘧菌酯和丙环唑在大豆上残留分布及降解动态研究[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(6): 1263–1270.
ZHOU QZ, HE L, LIU FM, *et al*. Residue distribution and degradation dynamics of azoxystrobin and propiconazole on soybean crops [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2022, 39(6): 1263–1270.

[32] 吴绪金, 李萌, 马婧玮, 等. 5 种果蔬中嘧菌酯残留量检测及膳食摄入风险评估[J]. 农药, 2022, 61(6): 438–443.
WU XJ, LI M, MA JW, *et al*. Determination of azoxystrobin residue in common fruit-vegetable and risk assessment for dietary residue intake [J]. Agrochemicals, 2022, 61(6): 438–443.

[33] 虞游毅, 杨璐, 廖享, 等. 高效氯氟氰菊酯和氯氰菊酯在苹果中的残留降解动态及其去除方法[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(8): 1376–1381.
YU YY, YANG L, LIAO X, *et al*. Residual degradation dynamics of lambda-cyhalothrin and cypermethrin in apple and its removal method [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2018, 30(8): 1376–1381.

[34] 梁启富, 邹华娇, 孔宝玉, 等. 联苯肼酯和乙螨唑在豇豆上的消解动态及膳食暴露风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(9): 144–150.
LIANG QF, ZOU HJ, KONG BY, *et al*. Dissipation dynamics and dietary exposure risk assessments of bifenazate and etoxazole in *Vigna unguiculata* [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(9): 144–150.

(责任编辑: 安香玉　韩晓红)