

# 菊花中农药残留分析及风险评估

刘荒汐, 李海亮, 王莹\*, 金红宇\*, 马双成 (中国食品药品检定研究院, 北京 102629)

**摘要** **目的:** 对菊花中278种农药及代谢产物进行测定, 筛查菊花中应重点监控的农药指标, 为菊花中农药最大残留限量值的制订提供参考, 并对检出农药开展膳食暴露评估, 为菊花的安全用药提供参考。**方法:** 采用气相色谱-质谱 (GC-MS/MS) 和液相色谱-质谱 (LC-MS/MS) 法对78批次菊花中禁用、常用农药及有毒理学意义的代谢产物共计278种指标进行检测; 采用点评估的方式对菊花中高检出率 (检出率大于15%) 农药的急性、慢性风险进行评价, 同时采用风险排序矩阵计算高检出农药风险得分并排序。**结果:** 78批次菊花共检出农药71种, 包括3种禁用农药 (甲拌磷、克百威、氟虫腈), 其中24种农药检出率大于15.0%。高检出率农药的急性慢性膳食摄入风险均可接受。根据风险得分可将24种农药划分为3类, 高风险农药4种、中风险农药7种、低风险农药13种。**结论:** 部分批次菊花中有禁用农药检出, 《中华人民共和国药典》(2020年版) 增加禁用农药残留量检查对于保证菊花品种的药用安全性是必要且及时的。菊花中检出农药品种较多, 建议加快菊花种植中实际使用农药品种的登记, 以规范生产。

**关键词:** 菊花; 农药残留; 风险评估; 点评估; 风险排序

中图分类号: R95 文献标识码: A 文章编号: 1002-7777(2024)02-0201-009

doi:10.16153/j.1002-7777.2024.02.011

## Analysis and Risk Assessment of Pesticide Residues in *Chrysanthemum*

Liu Yuanxi, Li Hailiang, Wang Ying\*, Jin Hongyu\*, Ma Shuangcheng (National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 102629, China)

**Abstract Objective:** To determine 278 kinds of pesticides and metabolites in *Chrysanthemum*, screen the pesticide indicators that should be monitored in *Chrysanthemum*, so as to provide references for the formulation of maximum residue limits of pesticides in *Chrysanthemum*, and carry out the dietary exposure assessment of the detected pesticides, so as to provide references for the safe drug use in *Chrysanthemum*. **Methods:** A total of 278 indicators of banned, commonly used pesticides and metabolites with toxicological significance in 78 batches of *Chrysanthemum* were detected by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS/MS) and liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS/MS); the acute and chronic risks of highly detected pesticides (the detection rate was more than 15%) in *Chrysanthemum* were evaluated by point assessment, and the risk ranking matrix was used to calculate and rank the risk scores of highly detected pesticides. **Results:** 71 pesticides were detected in 78 batches of *Chrysanthemum*, including 3 banned pesticides (phorate, carbofuran and flufenitrile), of which 24 pesticides were detected with a rate of more than 15.0%. The acute and chronic dietary intake

基金项目: 国家药品监督管理局重要质量研究与评价重点实验室开放课题 (编号 GB2763-2021)

作者简介: 刘荒汐 Tel: 13611223163; E-mail: 2418810483@qq.com

通信作者: 王莹 Tel: (010) 53852484; E-mail: wayi-1986@163.com

金红宇 Tel: (010) 53851413; E-mail: jhyu@nifdc.org.cn

risks of pesticides with high detection rate were acceptable. According to the risk score, 24 pesticides could be divided into 3 categories, including 4 high-risk pesticides, 7 medium-risk pesticides and 13 low-risk pesticides.

**Conclusion:** Banned pesticides are detected in some batches of *Chrysanthemums*. It is necessary and timely to increase the inspection of banned pesticide residues to ensure the medicinal safety of *Chrysanthemum* in the Pharmacopoeia of the People's Republic of China (2020 Edition). There are many kinds of pesticides varieties detected in *Chrysanthemum*. It is suggested to speed up the registration of pesticides varieties actually used in *Chrysanthemum* planting in order to standardize production.

**Keywords:** *Chrysanthemum*; pesticide residues; risk assessment; point evaluation; risk ranking

菊花是菊科植物菊 *Chrysanthemum Morifolium* Ramat. 的干燥头状花序, 具有散风清热、平肝明目、清热解毒的功效, 按产地和加工方法的不同可分为亳菊、滁菊、贡菊、杭菊和怀菊<sup>[1]</sup>。作为常用药材品种, 且为药食两用品种, 菊花的需求量日益增长。随着菊花的大面积集约化栽培, 其病害发生逐年加重, 且在生产过程中, 由于农民常难以辨别病害类型及未掌握合理有效的治理技术, 导致菊花种植过程中农药使用不规范, 出现乱用药、滥用药、误用药现象<sup>[2]</sup>, 给菊花的用药安全带来一定隐患。农药残留风险评估是指通过测定农药的生物效应、毒理学、污染水平和膳食暴露量等数据, 定性或定量描述农药残留对健康或生态的风险<sup>[3]</sup>。随着人们对中药农药残留问题关注度的提升, 围绕中药中农药残留及风险评估的研究也逐渐增加。对于中药的风险评估研究探索主要集中在常用药材品种, 例如人参、枸杞、三七、陈皮<sup>[4-7]</sup>等。对于菊花, 尽管目前已有部分报道对其农药残留检测方法及污染情况进行研究<sup>[8-9]</sup>, 但针对其农药残留风险评估的研究鲜有报道。鉴于菊花中农药残留情况复杂, 有必要针对其检出的农药进行风险评估研究。

本研究采用气相色谱-质谱 (GC-MS/MS) 和液相色谱-质谱 (LC-MS/MS) 法对78批次菊花进行检测, 检测农药指标包括禁用、常用农药及有毒理学意义的代谢产物278种, 并对检出结果进行分析。采用点评估模式对菊花中24种高检出率农药进行暴露分析, 同时借鉴英国兽药残留委员会兽药残留风险排序矩阵<sup>[10]</sup>对其进行风险排序, 旨在评价因农药残留带来的菊花用药安全风险, 明确菊花中应重点监控的农药指标, 为菊花的安全监管及农药最大残留限量值的制订提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品收集

78批次菊花来自5个产区, 分别为浙江省38批、安徽省23批、江苏省8批、河南省4批、河北省5批; 来源渠道包括饮片厂、药店、医院等, 涵盖了《中华人民共和国药典》(2020年版)(以下简称《中国药典》)收录的5种菊花类型, 具有较好的代表性。

### 1.2 前处理及检测方法

采用已建立的中药中农药多残留检测方法<sup>[11]</sup>, 并针对菊花特点对部分农药指标进行调整, 建立了菊花中禁用及常用农药指标共计278种的质谱测定方法, 农药指标选择依据: ①《中国药典》规定的33种禁限用农药; ②尚未收录入《中国药典》的我国其他禁限用农药, 例如乐果、毒死蜱和丁硫克百威; ③中华人民共和国农业农村部菊花品种中已完成登记的农药, 包括井冈霉素A、吡虫啉、啶虫脒、吡啶醚菌酯等; ④经调研发现菊花种植过程中实际使用的农药, 例如戊唑醇、丙溴磷、多菌灵、霜霉威、腐霉利、吡啶醚菌酯、烯酰吗啉等; ⑤我国农业生产中部分常用化学农药。所选择的农药指标涵盖了50种禁止在中药种植过程中使用的农药及228种常用农药。方法学验证结果表明建立的GC-MS/MS和LC-MS/MS方法符合试验要求。

### 1.3 暴露评估方法

采用点评估模式, 分别进行菊花中高检出农药的急性和慢性暴露评估。具体暴露水平计算方法采用本课题组前期已建立的中药中农药残留暴露评估模型, 暴露量计算方法:

$$EXP_a = \frac{LP \times HR}{bw} \quad (\text{公式1})$$

公式1中,  $EXP_a$  (Acute Dietary Exposure Portion) 为急性膳食暴露量 ( $mg \cdot d^{-1} \cdot kg^{-1}bw$ );  $LP$ 为菊花日消费最大量97.5百分位点值 ( $kg \cdot d^{-1}$ ), 本研究根据《中国药典》菊花项下日用量为5~10 g的规定, 取10 g作为日消费最大量;  $HR$ 为菊花中检出的农药残留量最大值 ( $mg \cdot kg^{-1}$ );  $bw$ 为平均体重 ( $kg$ ), 以60 kg计。

$$EXP_c = \frac{EF \times Ed \times I \times R}{AT \times bw} \quad (\text{公式2})$$

公式2中,  $EXP_c$  (Chronic Dietary Exposure Portion) 为慢性膳食暴露量 ( $mg \cdot d^{-1} \cdot kg^{-1}bw$ );  $EF$ 为中药材或饮片的服用频率 (天/年), 以90 d/年计算;  $Ed$ 为一生的服用中药的暴露年限, 以20年计算;  $AT$ 为平均寿命天数, 以365天/年  $\times$  70年计算;  $I$ 为菊花的平均日消费量 ( $kg \cdot d^{-1}$ ), 依据《中国药典》取值为7.5 g;  $R$ 为菊花中农药残留量 ( $mg \cdot kg^{-1}$ )的平均值;  $bw$ 为平均体重 ( $kg$ ), 以60 kg计。

#### 1.4 摄入风险计算

急性摄入风险和慢性摄入风险常采用 $EXP_a$ 和 $EXP_c$ 分别对急性中毒参考剂量 (Acute Reference Dose, ARfD) 和每日允许摄入量 (Acceptable Daily Intake, ADI) 的比值来进行评价, 若比值  $\leq 100\%$  时, 认为该危害物产生的风险是可接受的, 反之则不可接受, 应采取适当风险管理措施, 急性膳食摄入风险 ( $\%ARfD$ )、慢性膳食摄入风险 ( $\%ADI$ ) 计算方式见公式3和4。

$$\%ARfD = EXP_a / ARfD \times 100\% \quad (\text{公式3})$$

$$\%ADI = EXP_c / ADI \times 100\% \quad (\text{公式4})$$

#### 1.5 风险排序

借鉴英国兽药残留委员会兽药残留风险排序矩阵, 综合考虑农药危害性、农药毒效、膳食比例、农药使用频率、是否存在高暴露人群及残留水平共6项指标, 对各农药风险进行计算排序。菊花中农药的残留风险得分 ( $S$ ) 计算方法见公式5, 农药使用频率 ( $F$ ) 计算方法见公式6, 农药残留水平以该农药在所有样品中的残留平均值计。最终计算所得的风险得分越高, 表示该农药的风险越大。

$$S = (A+B) \times (C+D+E+F) \quad (\text{公式5})$$

公式5中,  $A$ 为毒性得分;  $B$ 为毒效得分;  $C$ 为膳食比例得分;  $D$ 为农药使用频率得分;  $E$ 为高暴露人群得分;  $F$ 为残留水平得分。

$$F = T/P \times 100 \quad (\text{公式6})$$

公式6中,  $P$ 为种植天数 ( $d$ );  $T$ 为种植过程中使用该农药的次数。

## 2 结果与分析

### 2.1 菊花中农药残留水平分析

菊花种植过程中病虫害较为多发<sup>[12]</sup>, 规模化种植过程中, 农药的使用已成为必然。78批次菊花共检出农药71种, 检出农药以低毒农药为主, 检出率为100%, 见图1。一批菊花中检出多种农药的情况普遍, 55%的菊花中同时检出5~15种农药, 最多在一批菊花检出农药38种, 见表1。高检出率 (检出率  $> 15\%$ ) 农药有24种, 见表2; 检出率在5%~15%之间农药有23种, 检出率  $< 5\%$  的农药有24种, 见表3。检出的71种农药以低毒和中等毒农药为主, 见图1。

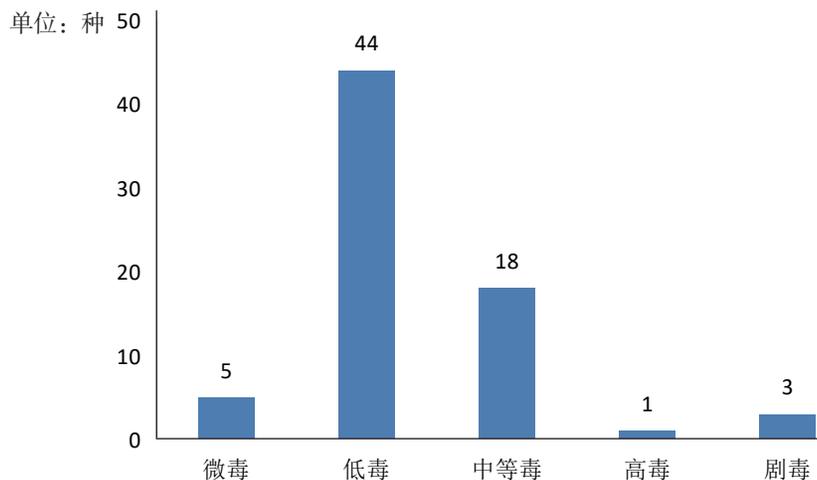


图1 菊花中检出农药毒性

检出农药中,克百威、甲拌磷、氟虫腈和丁硫克百威为禁用农药,其中克百威、甲拌磷和氟虫腈在《中国药典》中已有规定,要求不得检出(不得过定量限)。根据中华人民共和国农业部第2552号公告<sup>[13]</sup>,丁硫克百威自2019年8月起被禁止在中药种植时使用,《中国药典》中尚未涵盖此指标。然而本次筛查中发现菊花中有丁硫克百威检出,提示禁用农药的监测是一个动态监管过程,在中华人民共和国农业农村部规划下,高毒农药是逐渐退出市场的,中药中禁用农药标准的制定也应实时跟踪关注农业农村部相关信息进行修订。

检出的非禁用农药中,吡唑醚菌酯、吡虫啉、吡蚜酮、啶虫脒、噻虫嗪和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐已在菊花种植生产中登记,其他检出农药指标在菊花种植生产中尚无登记<sup>[14]</sup>。对安徽省和浙江省两大产地的菊花样品进行分析发现,产地为安徽省的菊花检出霜霉威盐酸盐(安徽省菊花检出率为60.9%,而浙江省菊花检出率为10.5%)和烯酰吗啉(安徽省菊花检出率为69.6%,而浙江省菊花检出率为20.1%)的情况更为普遍,可能与贡菊、毫

菊更易受霜霉病侵染有关。一般情况下,农药在其未登记作物上应不得检出,但药用植物属于特色小宗作物,根据我国《农药管理办法》,用于特色小宗作物的农药登记,实行群组化扩大使用范围登记管理。尽管如此,菊花中登记农药品种数量仍远不能满足现实需求。在菊花实际种植中药农可能根据自身经验随意扩大农药使用范围,造成农药污染情况较为复杂。在菊花监管中,从源头上加强实际使用农药的登记、规范农药使用,对有效遏制菊花种植中农药滥用有重要意义。

表1 菊花中检出农药数量

农药检出情况	批次
检出农药≤5种	14
5种<检出农药≤15种	43
15种<检出农药≤30种	19
检出农药>30种	2

表2 菊花中高检出率农药残留水平

序号	农药名称	检出率/%	残留量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	MRL值
1	吡唑醚菌酯	98.7	0.003~4.219	0.5
2	啶虫脒	92.3	0.001~1.404	0.3
3	多菌灵	85.9	0.001~1.063	0.5
4	戊唑醇	85.9	0.002~0.538	0.4
5	虫螨腈	59	0.008~0.373	20
6	噻虫嗪	55.1	0.003~0.132	2
7	吡虫啉	42.3	0.001~0.375	2
8	茚虫威	39.7	0.004~0.182	5
9	烯酰吗啉	33.3	0.001~4.058	0.5
10	丙溴磷	30.8	0.005~0.222	0.5
11	甲氧虫酰肼	30.8	0.006~0.046	7
12	苯醚甲环唑	28.2	0.016~3.346	10
13	霜霉威盐酸盐	26.9	0.002~3.075	0.5

续表 2

序号	农药名称	检出率/%	残留量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	MRL值
14	氯氟菊酯	25.6	0.017~0.192	2
15	丙环唑	23.1	0.004~0.192	0.05
16	哒螨灵	21.8	0.005~0.103	3
17	腐霉利	19.2	0.012~2.890	5
18	噻嗪酮	19.2	0.001~0.024	1.5
19	氯氟氰菊酯	19.2	0.008~0.279	0.1
20	啉霉胺	16.7	0.012~0.738	1.5
21	氯虫酰胺	15.4	0.002~0.374	0.05
22	灭蝇胺	15.4	0.015~0.244	10
23	甲拌磷	14.1	0.012~1.695	0.02
24	氟虫腴	15.4	0.008~0.113	0.02

注：最大残留限量（Maximum Residue Limit, MRL）；除甲拌磷、氟虫腴外，其余 MRL 参考 GB 2763-2021《食品中农药最大残留限量》中药用植物和饮料类残留限量标准<sup>[15]</sup>。

## 2.2 按已有标准合格率分析

目前涉及菊花中农药残留量的标准主要有《中国药典》、GB 2763-2021《食品中农药最大残留限量》以及部分地理标志产品标准。地理标志产品标准均为2006年（怀菊花、黄山贡菊）或2008年（杭白菊）制定，较为陈旧且为推荐标准，不具强制效力。按照《中国药典》中农药限量标准规定，78批菊花合格率为75.6%，不合格样品的情况主要为其中甲拌磷、氟虫腴或克百威超标。GB 2763-2021中菊花品种中有MRL值的农药指标为噻虫嗪、吡蚜酮和吡虫啉，其中吡蚜酮和吡虫啉在干菊花及鲜菊花中均有标准，而噻虫嗪仅在鲜菊花项下有限量标准。以此作为判断依据，78批菊花的合格率为100%，吡虫啉和噻虫嗪均未出现超标现象，说明在菊花项下有登记的农药施用风险较低。吡啉醚菌酯和啉虫脒在菊花项下已有农药登记，但暂无限量标准，其余18种高检出率农药在菊花项下既没有农药登记，也没有限量标准，参照药用植物和饮料类相关的MRL标准来看，多菌灵、戊

唑醇、烯酰吗啉、霜霉威盐酸盐、丙环唑、氯氟氰菊酯和氯虫酰胺7种农药存在超标情况。这7种均为中低毒性农药，膳食摄入风险可接受。原则上农药不应超范围使用，但菊花作为小宗作物，农药登记数量不足，农民凭经验和生产情况自行选择用药，故出现菊花种植过程中可能使用了未登记农药的情况。为更好地规范种植，建议对菊花中的18种高检出率农药开展农药登记并制定限量标准。

## 2.3 菊花中高检出率农药残留暴露评估情况分析

根据农药毒理学数据（ADI值、ARfD值）、残留数据和产品消费数据对菊花中24种高检出率农药进行暴露评估并计算摄入风险。结果表明，24种农药的慢性膳食摄入风险（%ADI）均≤0.3443%，表明菊花高检出率农药慢性膳食摄入风险均可接受；而急性膳食摄入风险（%ARfD）在0.0008%~9.4333%之间，除甲拌磷急性膳食摄入风险为9.4333%外，其余23种农药%ARfD均低于1%，所有高检出率农药急性膳食摄入风险均可接受，见表4。

表3 菊花中其他检出农药残留水平

序号	农药名称	检出率/%	残留量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	序号	农药名称	检出率/%	残留量/(mg·kg <sup>-1</sup> )
1	肟菌酯	12.8	0.011~0.112	25	腈菌唑	3.8	0.008~0.019
2	氟乐灵	11.5	0.002~0.017	26	联苯肼酯	3.8	0.006~0.025
3	咪鲜胺	11.5	0.021~0.192	27	啉菌酯	3.8	0.037~0.11
4	乙螨唑	11.5	0.001~0.087	28	氰霜唑	3.8	0.053~0.083
5	稻瘟灵	10.3	0.01~0.058	29	炔螨特	3.8	0.015~0.25
6	毒死蜱	10.3	0.066~0.506	30	异丙甲草胺	3.8	0.008~0.013
7	甲基硫菌灵	10.3	0.025~1.514	31	丁硫克百威	2.6	0.001~0.003
8	噻虫胺	10.3	0.008~0.039	32	多效唑	2.6	0.022~0.029
9	噻呋酰胺	10.3	0.003~0.045	33	氟氯氰菊酯	2.6	0.199~0.358
10	异菌脲	10.3	0.146~1.662	34	噻螨酮	2.6	0.013~0.036
11	吡蚜酮	9.0	0.007~0.056	35	百菌清	1.3	0.166
12	敌敌畏	9.0	0.002~0.018	36	苯氧菌酯	1.3	0.060
13	甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	7.7	0.005~0.018	37	二嗪磷	1.3	0.016
14	联苯菊酯	7.7	0.008~0.133	38	粉唑醇	1.3	0.011
15	氟硅唑	6.4	0.007~0.039	39	氟铃脲	1.3	0.013
16	己唑醇	6.4	0.007~0.026	40	氟吗啉	1.3	0.060
17	六氯苯	6.4	0.002~0.043	41	禾草敌	1.3	0.285
18	三唑酮	6.4	0.001~0.07	42	甲草胺	1.3	0.125
19	吡丙醚	5.1	0.001~0.071	43	扑草净	1.3	0.008
20	虫酰肼	5.1	0.015~0.122	44	氰戊菊酯	1.3	0.111
21	氟环唑	5.1	0.005~0.061	45	三唑磷	1.3	0.146
22	甲霜灵	5.1	0.031~0.219	46	烯唑醇	1.3	0.018
23	啉菌酯	5.1	0.005~0.021	47	克百威	2.6	0.005~1.054
24	啉酰菌胺	3.8	0.015~0.223				

表4 菊花中24种高检出率农药残留暴露评估结果

序号	农药	ADI/ (mg · kg <sup>-1</sup> · d <sup>-1</sup> )	EXP <sub>c</sub>	%ADI	ARfD/ (mg · kg <sup>-1</sup> · d <sup>-1</sup> )	EXP <sub>a</sub>	%ARfD
1	吡唑醚菌酯	0.03	0.000002035	0.0068	0.7	0.000703165	0.1004
2	啉虫脒	0.07	0.000000531	0.0008	0.1	0.000234064	0.2340
3	多菌灵	0.03	0.000000520	0.0017	0.1	0.000177208	0.1770
4	戊唑醇	0.03	0.000000504	0.0017	0.3	0.000089677	0.0299
5	虫螨腈	0.03	0.000000769	0.0026	0.03	0.000062217	0.2073
6	噻虫嗪	0.08	0.000000153	0.0002	1	0.000022044	0.0022
7	吡虫啉	0.06	0.000000618	0.0010	0.4	0.000062521	0.0156
8	茚虫威	0.01	0.000000207	0.0021	0.1	0.000030258	0.0303
9	烯酰吗啉	0.2	0.000006051	0.0030	0.6	0.000676285	0.1127
10	丙溴磷	0.03	0.000000324	0.0011	1	0.000036991	0.0037
11	甲氧虫酰肼	0.1	0.000000183	0.0002	0.9	0.000007662	0.0009
12	苯醚甲环唑	0.01	0.000003821	0.0382	0.3	0.000557741	0.1860
13	霜霉威盐酸盐	0.4	0.000006559	0.0016	2	0.000512563	0.0257
14	氯氟菊酯	0.02	0.000000683	0.0034	0.04	0.000032034	0.0800
15	丙环唑	0.07	0.000000397	0.0006	0.3	0.000031955	0.0107
16	哒螨灵	0.01	0.000000250	0.0025	-	0.000017157	-
17	腐霉利	0.1	0.000006919	0.0069	0.1	0.000481709	0.4820
18	噻嗪酮	0.009	0.000000055	0.0006	0.5	0.000003945	0.0008
19	氯氟菊酯	0.02	0.000000710	0.0036	0.02	0.000046583	0.2330
20	啉霉胺	0.2	0.000002833	0.0014	-	0.000123011	-
21	氯虫酰胺	2	0.000000408	0.0000	0.1	0.000062338	0.0623
22	灭蝇胺	0.06	0.000000659	0.0011	0.1	0.000040624	0.0406
23	甲拌磷	0.0007	0.000002405	0.3443	0.003	0.000282500	9.4333
24	氟虫腈	0.0002	0.000000376	0.1880	0.003	0.000018333	0.6100

## 2.4 菊花中24种农药残留风险排序

按照公式5和6对菊花中24种农药的风险得分进行计算, 毒性A赋值: 低毒2分、中毒3分、高毒4分、剧毒5分; 毒效B赋值:  $>1 \times 10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  为0分、 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  为1分、 $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  为2分; 膳食摄入比例C赋值: 根据《中国药典》中菊花药材项下最大用量为0.01 kg, 同时参考“一般人群某种食品的消费

量”, 我国城乡居民的每人每日食物总摄入量为1.03 kg, 计算得出菊花膳食比例C赋值:  $<2.5$  赋0分; 农药使用频率D赋值:  $<2.5$  赋0分; 高暴露人群E赋值: 无相关数据赋值3分; 残留水平F采用检测中位值, 当没有制定某种农药在菊花中MRL时, 参考其他药用植物和饮料类残留限量标准, 最终获得24种农药的残留风险得分排序, 见图2。

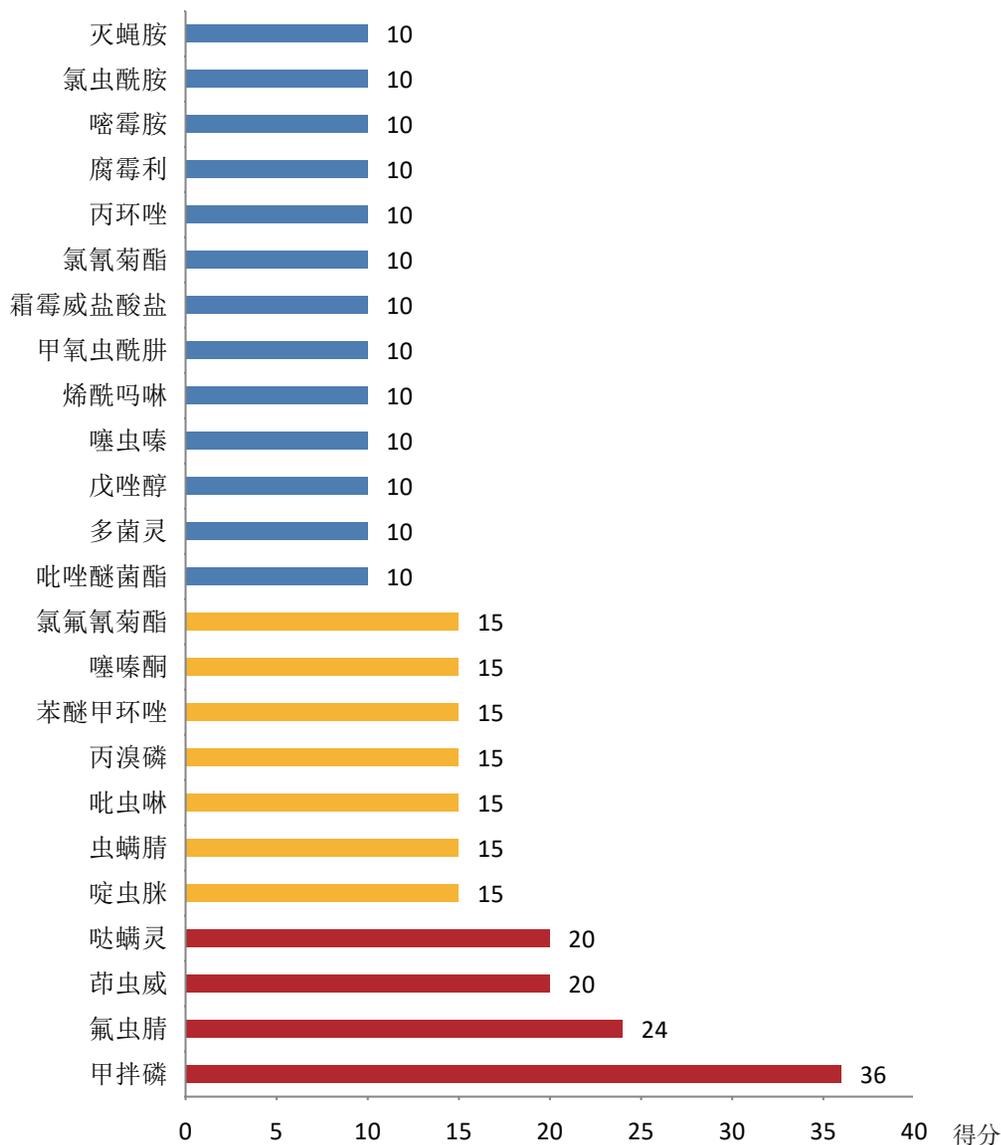


图2 菊花中24种农药的残留风险排序

由图2可见, 根据各农药的残留风险得分高低, 可将24种农药分为3类: 第1类为高风险农药, 共有4种, 风险得分均 $\geq 20$ , 分别为甲拌磷、氟虫脒、茚虫威和哒螨灵。其中, 甲拌磷和氟虫脒是《中国药典》规定不得检出的禁用农药品种, 这说

明《中国药典》新增的禁用农药残留量检查是必要且及时的, 法定标准加强农残检测, 可以有效遏制滥用农药现象, 引导行业正常发展。第2类为中风险农药, 共有7种, 风险得分均为15。第3类为低风险农药, 共有13种, 风险得分均为10。对于中高风

险农药,在种植生产及安全监管时应予以关注,并考虑GB2763-2021中的农药残留限度进行转化,完善《中国药典》的菊花农药残留限量标准<sup>[16]</sup>。

### 3 结论

本研究对78批次菊花中278种农药指标进行检测,共检出农药71种,但检出率大多较低,残留量低,不排除土壤、水源中残留农药被植物富集的可能,故仅对高检出率农药进行分析。对24种高检出率农药进行风险评估,结果表明菊花中急性和慢性膳食摄入风险均可接受。风险排序结果显示,在高检出率农药中,有4种高风险农药和7种中风险农药,应予以关注。

菊花病虫害较多,为更好地规范菊花生产,建议对各药用菊花产区的种植面积、常发生的病虫害、实际使用农药情况进行调研,关注尚未登记但检出频率较高的农药,在进行临时用药登记的同时按照“作物-病虫害-农药”进行研究,加快菊花种植中实际使用农药品种的登记。同时,菊花中农药残留情况较为复杂,一批菊花中常同时检出多种农药,联合暴露风险会有所增加。目前联合暴露评估的方式主要针对相同毒性机制、相同分子靶标的农药进行累计风险评估,常用的累计评估方法有危害指数法(Hazard Index, HI)、相对毒效因子法(Relative Potency Factor, RPF)等,此外也有部分研究通过动物试验考察不同类型农药联合暴露的毒性。研究表明,菊花中检出的农药品种多样,包括了不同毒性机制、不同分子靶标的农药,后续课题组也将对菊花中检出的农药继续监测,考察选择合适的模型并进行累计评估计算。

### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国药典:一部[S].北京:中国医药科技出版社,2020:323.
- [2] 杨丹,王珊,胡云飞,等.菊花农药残留研究进展[J].中国中药杂志,2021,46(6):1339-1344.
- [3] 王莹,张磊,左甜甜,等.中药中农药残留风险评估指导原则的形成及其研究思路[J].中国药物警戒,2021,18(7):645-648,662.
- [4] 金书含,王嘉琦,白海斌,等.人参中3种农药残留分布规律及短期膳食风险评估[J].农药学学报,2023,

25(2):461-467.

- [5] 王莹,刘芫汐,林林,等.采用相对效能因子法对枸杞中拟除虫菊酯类农药的慢性累积暴露评估[J].中国药事,2021,35(6):653-660.
- [6] 孙悦,王凯迪,诸寅,等.三七中农药残留联合健康风险评估[J].环境化学,2022,41(7):2234-2244.
- [7] 李纯,熊颖,顾利红,等.陈皮中农药残留分析及风险评估研究[J].分析测试学报,2021,40(3):370-376.
- [8] 吕盼,费毅琴,聂晶,等.不同产区菊花药材的农药残留与重金属元素检测分析[J].时珍国医国药,2018,29(6):1466-1470.
- [9] 韩梅,侯雪,邱世婷,等.加速溶剂萃取-气相色谱-串联质谱法测定菊花中多种农药残留[J].食品安全质量检测学报,2019,10(10):3065-3077.
- [10] The Veterinary Residues Committee. Annual Report on Surveillance for Veterinary Residues in Food in the UK 2010 [EB/OL].(2014-01-16)[2018-04-08].<http://www.vmd.defra.gov.uk/VRC/pdf/reports/vrcar2010.pdf>.
- [11] 王莹,金红宇,魏赫,等.花类、果实类中药材中禁限用及常用农药多残留检测方法的建立[J].中国药理学杂志,2016,51(5):404-412.
- [12] 陈君,丁万隆,程惠珍.药用植物保护学[M].北京:电子工业出版社,2019.
- [13] 中华人民共和国农业农村部.中华人民共和国农业部公告第2552号[EB/OL].(2017-07-14)[2023-11-15].[http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/201707/t20170721\\_5757240.htm](http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/201707/t20170721_5757240.htm).
- [14] 中华人民共和国农业农村部.中国农药信息网[EB/OL]. [2023-11-15].<http://www.chinapesticide.gov.cn/>.
- [15] 中华人民共和国农业农村部.GB2763—2021 食品安全国家标准—食品中农药最大残留限量[S].北京:中国农业出版社,2021.
- [16] 王莹,刘芫汐,郑尊涛,等.《GB 2763食品安全国家标准食品中农药最大残留限量》中药品种限量标准转化原则初探[J].中国药理学杂志,2023,58(15):1416-1421.

(收稿日期 2023年11月16日 编辑 李亚徽)