

◆ 环境与残留 ◆

## 桑葚中烯酰吗啉残留量测定

李国烈

(南充农产品质量监测检验中心 四川南充 637000)

**摘要:**建立了检测桑葚中烯酰吗啉残留量的超高效液相色谱-串联质谱(UPLC-MS/MS)方法。桑葚样品经乙腈提取,石墨化炭黑/氨基复合柱(Carbon/NH<sub>2</sub>)净化,以0.1%甲酸甲醇溶液+0.1%甲酸水溶液+0.1%甲酸乙腈溶液为流动相进行梯度洗脱,采用电喷雾正离子模式,多反应监测方式进行采集,外标法定量。烯酰吗啉在桑葚中的检测限为0.25 μg/kg,定量限为1.00 μg/kg。在1.00~50.00 μg/L质量浓度范围内,方法线性关系良好,相关系数( $R^2$ )为0.999;方法的回收率(92.18%~104.39%)和精密度(3.48%~5.13%)均满足定量分析要求。该方法适用于桑葚中烯酰吗啉残留量的测定。

**关键词:**桑葚;烯酰吗啉;残留量;基质效应;超高效液相色谱-串联质谱;检测

中图分类号:TQ 450.2+63 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2018.04.013

### Determination of Dimethomorph Residues in Mulberry

Li Guo-lie

(Nanchong Monitoring and Test Center for Agricultural Products Quality, Sichuan Nanchong 637000, China)

**Abstract:** An ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS) method for quantification of dimethomorph in mulberry was developed. The mulberry samples were extracted by acetonitrile, purified by Carbon/NH<sub>2</sub> column. The residues of dimethomorph were determined by multiple reaction monitoring mode with positive electrospray ionization, and quantified by the method of external standard. The results showed that at the concentration of 1.00-50.00 μg/L, the method had good linear relationship, with the correlation coefficient ( $R^2$ ) of 0.999. The limit of detection was 0.25 μg/kg, and the limit of quantification was 1.00 μg/kg. The average recoveries (92.18%-104.39%) and precision (3.48%-5.13%) of this method could meet the requirements of analytical method. This method was suitable for the determination of dimethomorph residues in mulberry.

**Key words:** mulberry; dimethomorph; residue; matrix effect; UPLC-MS/MS; determination

烯酰吗啉(dimethomorph),化学名称为4-[3-(4-氯苯基)-3-(3,4-二甲氧基苯基)丙烯酰]吗啉,存在2种异构体(Z、E型)。其为高效卵菌纲真菌杀菌剂,具有内吸、治疗和抗孢子形成等特性,对卵菌生命周期的各个阶段都有效<sup>[1]</sup>。烯酰吗啉影响病原菌细胞壁分子结构的重排,干扰细胞壁聚合体的组装,进而干扰细胞壁的形成。其可用于防治多种作物上由霜霉属和疫霉属病菌引发的病害,且与甲霜灵、苯霜灵等苯基酰胺类杀菌剂无交互抗性<sup>[2-3]</sup>。烯酰吗啉广泛用于蔬菜和水果,因此,其残留具有较高的检出率<sup>[4]</sup>。报道的烯酰吗啉残留检测分析方法主要有

气相色谱法<sup>[5-6]</sup>、气相色谱-质谱联用法<sup>[7-8]</sup>、液相色谱法<sup>[9]</sup>和高效液相色谱-串联质谱法<sup>[10-11]</sup>,检测基质包括葡萄<sup>[7-8]</sup>、草莓<sup>[6]</sup>、龙眼<sup>[12]</sup>、柑橘<sup>[13]</sup>、柠檬<sup>[7]</sup>、黄瓜<sup>[9,14-15]</sup>、大蒜<sup>[16]</sup>、辣椒<sup>[13]</sup>、烟草<sup>[11]</sup>、大豆<sup>[17]</sup>、番茄<sup>[18]</sup>、甘蓝<sup>[3]</sup>、白菜<sup>[19-20]</sup>、莴笋<sup>[21]</sup>、油麦菜<sup>[21]</sup>、胡椒<sup>[5]</sup>、大葱<sup>[22]</sup>、生姜<sup>[18]</sup>、胡萝卜<sup>[18]</sup>、菠菜<sup>[18]</sup>、白木耳<sup>[18]</sup>、洋葱<sup>[7]</sup>、三七<sup>[23]</sup>和人参<sup>[24]</sup>等。

桑葚(mulberry)含有丰富的糖分、氨基酸、维生素、矿物质等营养物质以及桑色素、桑素、黄酮类化合物等活性物质,具有丰富的营养价值和药用价值<sup>[25]</sup>。我国将其列为“既是食品又是药品”的农产

收稿日期:2018-04-03

作者简介:李国烈(1984—),男,四川省巴中市人,硕士,农艺师,主要从事农产品质量安全检测工作。E-mail:glie2012@163.com

品<sup>[26]</sup>。桑葚病虫害的防治通常以化学防治为主<sup>[27]</sup>。在实际生产中,由于用药不当易造成桑葚中化学农药残留污染,危害人类健康和产业发展。李国烈等<sup>[28-30]</sup>报道了桑葚中醚菌酯、噻虫嗪、吡虫啉和啉虫脒的残留检测。覃明丽等<sup>[31]</sup>和赵鑫等<sup>[32]</sup>报道了桑葚中乐果、甲基硫菌灵和腐霉利的残留分析方法,但尚未见关于烯酰吗啉在桑葚中的残留分析报道。本试验建立了桑葚中烯酰吗啉残留检测的超高效液相色谱-串联质谱方法(UPLC-MS/MS),并研究了在该试验条件下烯酰吗啉在桑葚中的基质效应,以期在桑葚中烯酰吗啉的残留分析检测提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 标准品和试剂

烯酰吗啉标准品购于农业农村部环境保护科研监测所(标准品编号为SB05-140-2008);甲醇、乙腈、甲苯、甲酸等试剂均为质谱级,购于Fisher公司。

### 1.2 仪器和设备

Acquity UPLC/Xevo TQ-S超高效液相色谱-质谱仪、Xbridge C<sub>18</sub>色谱柱(50 mm × 3.0 mm, 3.5 μm), Waters公司;FP3010匀浆机,德国Braun公司;ML802分析天平,梅特勒-托利多公司;固相萃取装置、Mega BE Carbon/NH<sub>2</sub>固相萃取小柱(500 mg, 6 mL), Agilent公司;50 mL离心管, Eppendorf中国有限公司;HS501摇床、Vortex Genius 3旋涡混合器, IKA集团;N-EVAP112氮吹仪,美国Organomation公司;3-18KS离心机, Sigma公司;Milli-Q超纯水仪,

美国Millipore公司;微孔滤膜(PTFE 0.22 μm), 天津腾实验设备有限公司。

### 1.3 样品处理

#### 1.3.1 提取

准确称取匀浆后的桑葚样品10.00 g(精确至0.01 g)于50 mL离心管中,加入20 mL乙腈提取,置于摇床以300 r/min速率振摇30 min,再加入5 g氯化钠,盖上塞子,剧烈振荡1 min,然后置于离心机中以10 000 r/min速率离心10 min,移取上清液于50 mL离心管中,待净化。

#### 1.3.2 净化

Mega BE Carbon/NH<sub>2</sub>固相萃取小柱先用5 mL乙腈+甲苯(体积比为3:1)活化。移取10 mL上述待净化液过柱,收集滤液,再用25 mL乙腈+甲苯(体积比为3:1)分5次洗脱,合并洗脱液,于40℃氮吹至近干。用5.00 mL 50%甲醇水溶液定容,旋涡混合器混匀后过0.22 μm滤膜,待检测。

### 1.4 仪器条件

流动相采用0.1%甲酸甲醇溶液+0.1%甲酸水溶液+0.1%甲酸乙腈溶液进行梯度洗脱,洗脱程序见表1。流动相使用前用超声波脱气。柱温35℃,样品室温度16℃,进样体积1 μL。质谱采用电喷雾离子源正离子模式,多反应监测方式进行采集。脱溶剂气和锥孔气均为高纯氮气,流量分别为1 000 L/h和150 L/h,碰撞气为高纯氩气,流量为0.10 mL/min,脱溶剂温度为500℃。定量离子对、定性离子对、毛细管电压、锥孔电压和碰撞电压等相关参数见表2。

表1 测定桑葚中烯酰吗啉残留量的液相色谱条件

时间/min	流速/(mL·min <sup>-1</sup> )	体积分数/%			曲线
		0.1%甲酸甲醇溶液	0.1%甲酸水溶液	0.1%甲酸乙腈溶液	
0	0.4	10	90	0	
1.5	0.4	10	90	0	线性变化
3.0	0.4	10	15	75	线性变化
5.0	0.4	0	0	100	线性变化
7.5	0.4	0	0	100	线性变化
8.0	0.4	10	90	0	线性变化

表2 质谱参数

农药	保留时间/min		定量离子对(m/z)	定性离子对(m/z)	毛细管电压/kV	锥孔电压/V	碰撞电压/V
	Z型	E型					
烯酰吗啉	5.08	5.18	388.2/301.1	388.2/165.1	3.00	10	20/32

### 1.5 方法标准曲线和检测限

用空白基质溶液配制质量浓度为1.00、2.00、5.00、10.00、20.00、50.00 μg/L的烯酰吗啉基质标样溶液,采用1.4仪器条件进行分析。以烯酰吗啉定量

离子的峰面积(Z、E型峰面积之和)为纵坐标,基质标样溶液质量浓度为横坐标作标准曲线,用Masslynx V4.1软件进行线性回归分析,并求出回归方程和相关系数。检测限采用在最低浓度附近添加一系

列已知浓度的双平行样品进行测定,采用Masslynx V4.1软件计算烯酰吗啉的信噪比( $S/N$ ),以 $S/N \geq 3$ 时的样品添加浓度为方法检测限<sup>[33]</sup>。

### 1.6 方法回收率和精密度

回收率试验采用加标回收试验法。取桑葚空白样品,按照添加质量分数为1.00、10.00、50.00  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 加入相应的烯酰吗啉标准品,每个浓度水平设6个平行样品。所有样品按1.3中方法进行样品前处理,采用1.4仪器条件测定质量浓度,根据随行测定的基质标准曲线计算样品的实测浓度。回收率/ $\%$ =样品实测浓度/样品理论浓度 $\times 100$ 。精密度试验采用加入法,参照回收率试验方法,所有样品连续测定3 d,根据随行测定的基质标准曲线计算样品的实测浓度,采用Microsoft Excel 2010软件计算该方法的日内和日间精密度。

### 1.7 方法基质效应

参照Matuszewski等<sup>[34]</sup>提出的方法,基质效应采用比较不同条件下峰面积平均值的方法来评价。在纯试剂标样溶液(A)、桑葚空白基质标样溶液(B)2个条件下,分别采用3个质量浓度(基质浓度)1.00、10.00和50.00  $\mu\text{g}/\text{L}$ 来评价该方法条件下烯酰吗啉在桑葚样品中的基质效应,每个条件下重复测定5个样品,基质效应为B信号峰面积/A信号峰面积。

## 2 结果与讨论

### 2.1 方法选择性

该试验条件下,烯酰吗啉采用反相液相色谱分离,流动相中加入体积分数为0.10%甲酸来提高离子化效率。结果表明,桑葚基质对桑葚样品中烯酰吗啉的测定干扰小,且可获得较强的分子离子峰,Z、E型保留时间分别为5.08 min和5.18 min。桑葚空白样品图谱、烯酰吗啉试剂标样溶液图谱、烯酰吗啉桑葚基质标样溶液图谱以及烯酰吗啉加标样品图谱分别见图1~图4。各图中上图为定量离子色谱图,下图为定性离子色谱图。

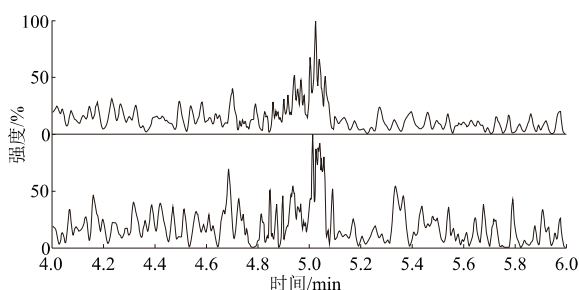


图1 桑葚空白样品图谱

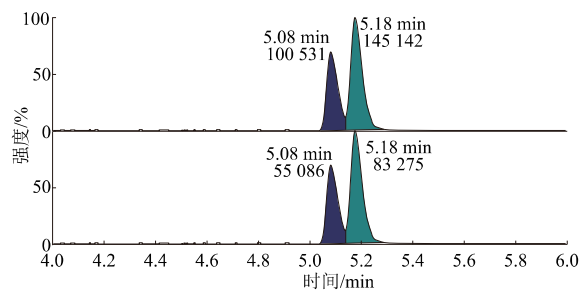


图2 烯酰吗啉试剂标样溶液图谱(1.00  $\mu\text{g}/\text{L}$ )

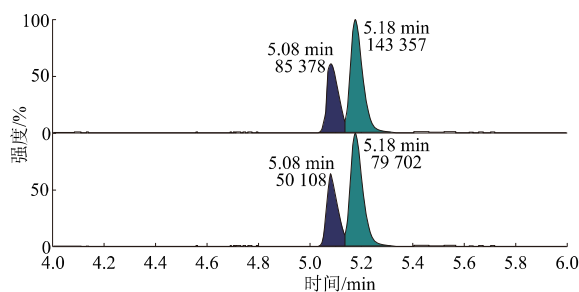


图3 烯酰吗啉桑葚基质标样溶液图谱(1.00  $\mu\text{g}/\text{L}$ )

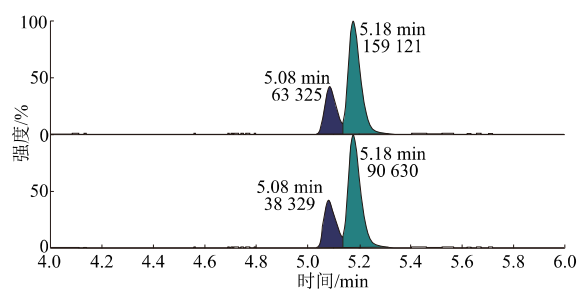


图4 烯酰吗啉加标样品图谱(1.00  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

### 2.2 标准曲线和检测限

该试验条件下,烯酰吗啉在质量浓度1.00~50.00  $\mu\text{g}/\text{L}$ 范围内线性关系良好,标准曲线回归方程为 $y=1.93269 \times 10^5 x + 34081.9$ , $R^2=0.999$ 。以3倍基线噪声的药物浓度为检测限,烯酰吗啉在桑葚中的检测限为0.25  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。以4倍方法检测限为定量限,则桑葚中烯酰吗啉的定量限为1.00  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

### 2.3 方法回收率和精密度

该试验条件下,烯酰吗啉在1.00、10.00和50.00  $\mu\text{g}/\text{kg}$  3个添加质量分数下的平均回收率分别为92.18%、95.11%、104.39%,相对标准偏差(RSD)分别为4.48%、4.31%和1.56%(见表3)。结果表明,该试验方法在测定桑葚中烯酰吗啉残留量时具有较高的回收率。方法的日内精密度RSD分别为4.85%、4.28%、3.48%,日间精密度RSD分别为5.13%、4.60%、4.27%(见表4)。结果表明,该试验方法具有很好的重现性和稳定性。

表 3 方法的回收率( $n=6$ )测定结果

农药	质量分数/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	回收率/%						平均值	标准偏差	RSD/%
		1	2	3	4	5	6			
烯酰吗啉	1.00	97.25	87.31	88.71	93.84	89.84	96.14	92.18	4.13	4.48
	10.00	97.79	95.09	97.24	96.98	96.58	86.96	95.11	4.10	4.31
	50.00	103.77	105.00	104.94	106.18	101.44	105.00	104.39	1.63	1.56

表 4 方法日内精密度和日间精密度的测定结果( $n=6$ )

农药	质量分数/( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	日内精密度			日间精密度		
		测定值/( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	标准偏差	RSD/%	测定值/( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	标准偏差	RSD/%
烯酰吗啉	1.00	0.928	0.045	4.85	0.936	0.048	5.13
	10.00	9.581	0.410	4.28	9.686	0.446	4.60
	50.00	52.190	1.817	3.48	51.820	2.212	4.27

## 2.4 方法基质效应

采用Matuszewski等<sup>[34]</sup>提出的方法来评价烯酰吗啉在桑葚样品中的基质效应。结果见表5。在1.00、10.00和50.00  $\mu\text{g}/\text{L}$  3个质量浓度水平下,烯酰吗啉在桑葚样品中的基质效应分别为93.51%、84.81%和87.51%,RSD分别为2.35%、1.12%和0.64%。由结

果可知,在质量浓度为1.00~50.00  $\mu\text{g}/\text{L}$ 范围内,烯酰吗啉在桑葚样品中的基质效应表现为基质抑制效应,并且随着浓度的变化而变化。因此,在测定桑葚中烯酰吗啉残留量时,为避免因使用纯溶剂标准曲线进行校正引起的分析结果偏差,应采用基质匹配标准溶液或工作曲线的方法进行校正。

表 5 桑葚中烯酰吗啉残留量测定的基质效应( $n=5$ )

农药	质量浓度/( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	信号峰面积		基质效应/%	标准偏差	RSD/%
		A 平均值	B 平均值			
烯酰吗啉	1.00	242 844 $\pm$ 4 311	227 044 $\pm$ 4 941	93.51	2.20	2.35
	10.00	2 312 414 $\pm$ 6 070	1 961 174 $\pm$ 25 201	84.81	0.95	1.12
	50.00	9 745 652 $\pm$ 38 789	8 528 717 $\pm$ 58 360	87.51	0.56	0.64

## 3 结论

该试验采用乙腈提取桑葚样品,石墨化炭黑/氨基复合柱净化,超高效液相色谱-串联质谱(UPLC-MS/MS)测定其中烯酰吗啉残留量(基质匹配标准曲线进行校正)。该方法前处理操作简便,方法的选择性、检测限、回收率、精密度和标准曲线线性范围及其相关系数均满足样品分析要求,适用于桑葚中烯酰吗啉残留量的测定。

### 参考文献

- [1] 黄青春,叶钟音. 烯酰吗啉(DMM)的特性及其作用机制[J]. 农药科学与管理, 2000, 21 (5): 28-31.
- [2] 刘君丽,陈亮,孟玲. 疫霉病害的发生与化学防治研究进展[J]. 农药, 2003, 42 (4): 13-16.
- [3] 王岩,姚威风,梁爽,等. 甘蓝和土壤中吡啶啉菌酯·烯酰吗啉残留分析[J]. 农药, 2011, 50 (1): 46-47; 57.
- [4] 林涛,樊建麟,黎其万,等. 果蔬中烯酰吗啉基质效应的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6 (6): 2283-2287.
- [5] Liang H, Li L, Li W, et al. Dissipation and Residue of Dimetho-

- morph in Pepper and Soil Under Field Conditions [J]. Ecotoxicology & Environmental Safety, 2011, 74 (5): 1331-1335.
- [6] 袁烁,赵建庄,蔡慧敏,等. 固相萃取-气相色谱法同时检测草莓中13种农药残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5 (9): 2869-2876.
- [7] Lesueur C, Knittl P, Gartner M, et al. Analysis of 140 Pesticides from Conventional Farming Foodstuff Samples After Extraction with the Modified QuEChERS Method [J]. Food Control, 2008, 19 (9): 906-914.
- [8] Dasgupta S, Banerjee K, Patil S H, et al. Optimization of Two-dimensional Gas Chromatography Time-of-Flight Mass Spectrometry for Separation and Estimation of the Residues of 160 Pesticides and 25 Persistent Organic Pollutants in Grape and Wine [J]. Journal of Chromatography A, 2010, 1217 (24): 3881-3889.
- [9] 李二虎,胡敏,吴兵兵,等. 高效液相色谱法测定黄瓜中烯酰吗啉和腈菌唑农药残留[J]. 现代农药, 2007, 6 (4): 38-39.
- [10] Shabeer T P A, Banerjee K, Jadhav M, et al. Residue Dissipation and Processing Factor for Dimethomorph, Famoxadone and Cy-moxanil During Raisin Preparation [J]. Food Chemistry, 2015, 170: 180-185.
- [11] Mayerhelm B, Hofbauer L, Müller J. Method Development for the



- Determination of Selected Pesticides on Tobacco by High-Performance Liquid Chromatography-Electrospray Ionisation-Tandem Mass Spectrometry [J]. *Talanta*, 2008, 74 (5): 1184-1190.
- [12] 刘景坤, 武春媛, 邓晓, 等. 液相色谱法分析龙眼及其种植土壤中的烯酰吗啉残留 [J]. *热带作物学报*, 2015, 36 (8): 1475-1478.
- [13] Ferrer I, Garcíaareyes J F, Mezcuca M, et al. Multi-residue Pesticide Analysis in Fruits and Vegetables by Liquid Chromatography-Time-of-Flight Mass Spectrometry [J]. *Journal of Chromatography A*, 2005, 1082 (1): 81-90.
- [14] 程文杰, 苏效华, 桑绍纯. 高效液相色谱法测定黄瓜中嘧霉胺和烯酰吗啉农药残留 [J]. *环境与职业医学*, 2010, 27 (8): 512-514.
- [15] 邵辉, 刘磊, 李娜, 等. 黄瓜中吡唑醚菌酯和烯酰吗啉的测定方法 [J]. *农药*, 2014, 53 (7): 500-501.
- [16] 倪永付, 闫秋成, 朱莉萍, 等. 搅拌棒萃取LC-MS/MS法检测大蒜中烯酰吗啉残留 [J]. *农产品加工*, 2015 (7): 65-67.
- [17] Pizzutti I R, De K A, Hiemstra M, et al. Method Validation and Comparison of Acetonitrile and Acetone Extraction for the Analysis of 169 Pesticides in Soya Grain by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry [J]. *Journal of Chromatography A*, 2009, 1216 (21): 4539-4552.
- [18] 丁立平, 蔡春平, 王丹红. 改进的QuEChERS-气相色谱-质谱联用法测定蔬菜中的氟吗啉和烯酰吗啉残留 [J]. *色谱*, 2014, 32 (8): 849-854.
- [19] 罗迷, 陈雪, 邓代宇, 等. 气相色谱法同时测定白菜中毒死蜱和烯酰吗啉的残留 [J]. *贵州农业科学*, 2014, 42 (4): 117-119.
- [20] 袁圆, 左友华, 吴小毛. 白菜中嘧霉胺和烯酰吗啉残留的气相色谱分析 [J]. *山地农业生物学报*, 2013, 32 (6): 492-494.
- [21] 吴南村, 张群, 刘春华. 莴笋、油菜菜中烯酰吗啉的GC-ECD分析 [J]. *农药科学与管理*, 2014, 35 (1): 35-37.
- [22] 崔淑华, 王开运, 钱家亮, 等. 烯酰吗啉在大葱中的残留消解动态 [J]. *农药*, 2010, 49 (1): 47-49.
- [23] 张文斌, 冯光泉, 曾鸿超, 等. 三七及栽培土壤中烯酰吗啉残留降解动态研究 [J]. *中草药*, 2009, 40 (5): 809-812.
- [24] 王燕, 王春伟, 高洁, 等. 烯酰吗啉在人参和土壤中的残留动态及膳食风险评估 [J]. *食品科学*, 2014, 35 (14): 170-174.
- [25] 刘利, 潘一乐. 果桑资源研究利用现状与展望 [J]. *植物遗传资源学报*, 2001, 2 (2): 61-65.
- [26] 张志强, 杨清香, 孙来华. 桑葚的开发及利用现状 [J]. *中国食品添加剂*, 2009 (4): 65-68.
- [27] Elleunorah A. Investigation into the Apparent Failure of Chemical Control for Management of Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), on Plums in the Western Cape Province of South Africa [J]. *Crop Protection*, 2010, 29 (8): 824-831.
- [28] 李国烈, 覃明丽, 苏旭, 等. 超高效液相色谱-串联质谱测定桑葚中醚菌酯残留量 [J]. *农药*, 2017, 56 (12): 905-907.
- [29] 李国烈, 苏旭, 杜鑫, 等. 超高效液相色谱-串联质谱测定桑葚中噻虫嗪残留量 [J]. *世界农药*, 2017, 39 (5): 54-58.
- [30] 李国烈, 杜鑫, 苏旭, 等. 超高效液相色谱-串联质谱方法测定桑葚中吡虫啉和啶虫脒残留量 [J]. *农药科学与管理*, 2018, 39 (1): 41-46; 52.
- [31] 覃明丽, 李国烈, 苏旭, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定桑葚中乐果残留 [J]. *广州化工*, 2017, 45 (23): 113-115.
- [32] 赵鑫, 邓新平, 厉阗. 食用桑葚中甲基硫菌灵、乐果和腐霉利的残留分析 [C]//陈万权. 2014年中国植物保护学会学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2014: 316-320.
- [33] 张鹏翔. 色谱分析中的检出限和测定下限及其确定方法 [J]. *内蒙古科技与经济*, 2009 (6): 62-63.
- [34] Matuszewski B K, Constanzer M L, Chavezeng C M. Strategies for the Assessment of Matrix Effect in Quantitative Bioanalytical Methods Based on HPLC-MS/MS [J]. *Analytical Chemistry*, 2003, 75 (13): 3019-3030.

(责任编辑:柏亚罗)

(上接第38页)

- [4] 徐沛东, 常冬冬, 兰波, 等. 烯丙苯噻唑对水稻主要防御酶活性的影响及其对稻瘟病的防治效果 [J]. *华南农业大学学报*, 2014, 33 (4): 60-65.
- [5] 李海静. 烯丙苯噻唑对水稻的安全性和对稻瘟病的防治效果研究 [D]. 黑龙江密山: 黑龙江八一农垦大学, 2014.
- [6] 韩润亭, 张金花, 任金平. 烯丙苯噻唑诱导水稻抗瘟性研究 [C] // 成卓敏. 农业生物灾害预防与控制研究. 北京: 中国农业科技出版社, 2005: 984-985.
- [7] 李莉, 郭晓丽, 刘晓梅, 等.  $\beta$ -氨基丁酸与烯丙苯噻唑诱导水稻稻瘟病抗性研究初报 [J]. *吉林农业科学*, 2008, 33 (1): 36-37; 46.
- [8] 孙柏欣, 王疏, 刘晓舟, 等. 新型杀菌剂8%烯丙苯噻唑颗粒剂防治水稻稻瘟病田间试验 [J]. *辽宁农业科学*, 2013 (3): 71-72.
- [9] 马忠华, 周明国, 叶钟音, 等. 烯丙异噻唑对水稻叶片中NAA、A-BA含量的影响与稻瘟病抗性的关系 [J]. *植物保护学报*, 1999, 26 (3): 235-238.
- [10] 姜忠涛. 烯丙苯噻唑颗粒剂在水稻植株、土壤中残留动态研究 [J]. *上海交通大学学报: 农业科学版*, 2007, 15 (2): 156-160.
- [11] 姜忠涛, 陆贻通, 黄秀根, 等. 糙米中烯丙异噻唑的残留分析方法 [J]. *上海交通大学学报: 农业科学版*, 2015, 23 (4): 443-445.
- [12] 张强, 李兰春, 吴兵兵, 等. 毛细管气相色谱法定量分析烯丙苯噻唑 [J]. *现代农药*, 2009, 8 (6): 23-25.
- [13] 刘照清, 胡昌弟, 张湘晖, 等. 烯丙异噻唑(好米得)在水稻上残留分析方法研究 [J]. *湖南农业科学*, 2006 (3): 94-95.
- [14] 中华人民共和国农业部. NY/T 788—2004 农药残留试验准则 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [15] 岳永德. 农药残留分析 [M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2004: 36-80.

(责任编辑:顾林玲)