

# 超高效液相色谱串联质谱法快速测定生活饮用水 中草铵膦、草甘膦及其代谢物氨甲基膦酸残留

孙文闪, 周婷婷\*, 诸骏杰, 董叶菁, 钟寒辉, 刘强欣, 闻佳钰, 沈雄雅

(绿城农科检测技术有限公司, 杭州 310051)

**摘要:** **目的** 建立了一种非衍生-超高效液相色谱-串联质谱快速检测生活饮用水中的草铵膦、草甘膦及其代谢物氨甲基膦酸残留的方法。**方法** 以 5 mmol/L 的乙酸铵-氨水溶液(pH 12.0)和乙腈为流动相, 梯度洗脱, Dikma Polyamino 氨基柱(2.0 mm×150 mm, 5 μm)色谱分离, 采用电喷雾离子源负离子模式多反应监测(MRM)进行质谱测定, 采用外标法定量。**结果** 草铵膦、草甘膦、氨甲基膦酸分别在 2.5~100, 5~200, 5~200 μg/L 的浓度范围内线性关系良好, 相关系数( $r^2$ )均大于 0.999。方法的检出限分别为 1.0、2.0、2.0 μg/L, 定量限为 2.5、5.0、5.0 μg/L。草铵膦、草甘膦、氨甲基膦酸在 3 档加标水平下的回收率为 93.6%~102%, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 4.47%~7.15%。**结论** 本方法的样品无需衍生, 简便、准确可靠, 可用于生活饮用水中草铵膦、草甘膦及其代谢物氨甲基膦酸残留的快速检测。

**关键词:** 超高效液相色谱串联质谱法; 草铵膦; 草甘膦; 氨甲基膦酸; 生活饮用水

## Determination of glufosinate, glyphosate and their metabolites aminomethyl phosphonic acid residues in drinking water by ultra performance liquid chromatography triple quadrupole mass spectrometry

SUN Wen-Shan, ZHOU Ting-Ting\*, ZHU Jun-Jie, DONG Ye-Qing, ZHONG Han-Hui,  
LIU Qiang-Xin, WEN Jia-Yu, SHEN Xiong-Ya

(Greentown Agricultural Testing Technology Co. Ltd, Hangzhou 310051, China)

**ABSTRACT: Objective** To establish a rapid method for determination of glufosinate, glyphosate, and its metabolites aminomethyl phosphonic acid residues in drinking water by ultra performance liquid chromatography triple quadrupole mass spectrometry (UPLC-MS/MS). **Methods** The analytes were separated on the Dikma Polyamino column (2.0 mm×150 mm, 5 μm) using acetonitrile and 5 mmol/L ammonium acetate -ammonia solution (pH12.0) as a mobile phase for gradient elution, and then determined by tandem mass spectrometry in negative electrospray ion source mode under multiple reaction monitoring. The quantitative determination was performed by external standard method. **Results** Glyphosate, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid had good linear relationships in the concentration ranges of 2.5–100 μg/L, 5–200 μg/L, and 5–200 μg/L, respectively, and the correlation coefficients ( $r^2$ ) were all greater than 0.999. The limits of detection were 1.0, 2.0, 2.0 μg/L, and the limits

基金项目: 国家重点研发计划资助(2018YFC1602800)

Fund: Supported by National Key Research and Development Program Funding(2018YFC1602800)

\*通讯作者: 周婷婷, 工程师, 主要研究方向为色谱质谱分析。E-mail: 252758196@qq.com

\*Corresponding author: ZHOU Ting-Ting, Engineer, Greentown Agricultural Testing Technology Co. Ltd, No.688, Binan Road, Binjiang District, Hangzhou 310051, China. E-mail: 252758196@qq.com

of quantitation were 2.5, 5.0, 5.0  $\mu\text{g/L}$ , respectively. The recoveries of glufosinate, glyphosate and aminomethyl phosphonic acid at the 3 standard levels were 93.6%-102%, and the relative standard deviation (RSD) was 4.47%-7.15%. **Conclusion** The sample of this method does not require derivation. It is simple, accurate and reliable, and can be used for the rapid detection of glufosinate, glyphosate, and their amino acid metabolite residues in drinking water.

**KEY WORDS:** ultra performance liquid chromatography triple quadrupole mass spectrometry; glufosinate; glyphosate; aminomethyl phosphonic acid; drinking water

## 1 引言

草甘膦(glyphosate, GLY)是一种无选择性除草剂,因为低毒、廉价、高效等特点广泛运用在全世界各个农业和非农业领域,对生物体危害较大,其毒理主要是与胆碱酯酶结合,可引起神经过度兴奋、运动失调、昏迷、呼吸中枢麻痹瘫痪甚至死亡<sup>[1]</sup>。草铵膦(glufosinate, GLU)具有低毒、好吸收、高活性、杀草广谱、环境兼容性强等特点,通过植物蒸腾作用可以在植物木质部之间进行传导,其速效性在百草枯和草甘膦之间<sup>[2]</sup>。草甘膦和草铵膦的不合理使用及处理将导致其迁移到地下水、地表水等水源,从而在饮用水中形成残留,进而导致饮用水的安全问题。随着社会经济的发展,饮用水安全问题,越来越多地受到社会的关注。联合国调查数据表明,世界上80%以上的疾病与饮用水质量有关,主要发达国家和世界卫生组织都制定了详尽的饮用水卫生标准。我国也制定颁布了GB 5749-2006《生活饮用水卫生标准》,规定了草甘膦的限量为0.7 mg/L<sup>[3]</sup>。因此建立一种简便、准确、快速、灵敏度高且可以同时测定生活饮用水中草甘膦及其代谢物氨基磷酸(aminomethyl phosphonic acid, AMPA)残留和草铵膦残留的检测方法,为生活饮用水的安全把关提供重要技术保障。

目前,草铵膦、草甘膦及其代谢物氨基磷酸的检测方法有气相色谱法(gas chromatography, GC)<sup>[4]</sup>、离子色谱法(ion chromatography, IC)<sup>[5,6]</sup>、液相色谱法(liquid chromatography, LC)<sup>[7]</sup>、气相色谱质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)<sup>[8]</sup>、液质联用法(liquid performance chromatography-tandem mass spectrometry, LC-MS-MS)<sup>[9-17]</sup>等。由于草甘膦、草铵膦、氨基磷酸均为强极性化合物,不溶于大部分有机溶剂,难挥发,缺少荧光和发色基团,在常规反相柱上没有保留,难以利用气相色谱和液相色谱进行分离,也无法直接通过紫外、荧光、质谱检测器进行检测,因而需要通过衍生反应来改变气相和液相的色谱行为来提高检测器的响应值,衍生反应时间长,检测效率低。离子色谱法对测定的目标物只能依靠保留时间定性,并且灵敏度有限,需要大体积进样,导致色谱峰拖尾,其他离子可能对测定结果产生干扰。随着色谱柱技术的发展,尤其是耐高pH的

色谱柱的出现,使草甘膦、草铵膦、氨基磷酸通过液相色谱串联质谱法直接进样测定并且具有高灵敏度成为可能。但目前应用超高效液相色谱串联质谱法测定饮用水中的草铵膦、草甘膦及其代谢物氨基磷酸残留的研究相对较少。

本研究建立了一种液质联用直接进样测定生活饮用水中的草铵膦、草甘膦及其代谢物氨基磷酸残留的方法,氨基色谱柱分离,多反应监测模式定量,样品无需衍生,快速准确,灵敏度高,可用于生活饮用水中草铵膦、草甘膦及其代谢的快速测定,为相关监管部门日常监管工作提供参考。

## 2 材料与amp;方法

### 2.1 仪器与试剂

LC30A超高效液相色谱8050三重四级杆质谱仪(配电喷雾离子源,日本岛津公司); ACQUITY UPLC-C<sub>18</sub>(2.1 mm $\times$ 100 mm, 1.8  $\mu\text{m}$ , 美国Waters公司); ACQUITY UPLC-T3(2.1 mm $\times$ 100 mm, 1.8  $\mu\text{m}$ , 美国Waters公司); Dikma Polyamino 氨基柱(2.0 mm $\times$ 150 mm, 5  $\mu\text{m}$ , 迪马科技); Milli-Q型超纯水仪(美国密理博公司)。

乙酸铵(质谱纯,美国赛默飞世尔公司); 乙腈(色谱纯,德国CNW科技公司); 标准品草甘膦(CAS号:1071-83-6)、氨基磷酸(CAS号:1066-51-9)、草铵膦(CAS号:77182-82-2)(纯度>98%,德国Dr Ehrenstorfer公司)。

实际样品为居民生活饮用水。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 标准溶液配制

称取草铵膦、草甘膦、氨基磷酸标准品用纯水溶解配制成200 mg/L标准储备液,4  $^{\circ}\text{C}$ 下保存待用。标准曲线的配制:用超纯水稀释成6个不同浓度的标样,草铵膦为2.5~100  $\mu\text{g/L}$ ,草甘膦、氨基磷酸为5~200  $\mu\text{g/L}$ ,现用现配。

#### 2.2.2 样品前处理

取1 mL水样过0.22  $\mu\text{m}$ 水膜待上机测定。

#### 2.2.3 色谱条件

色谱柱: Dikma Polyamino 氨基柱(2.0 mm $\times$ 150 mm, 5  $\mu\text{m}$ ); 进样量: 10  $\mu\text{L}$ ; 柱温: 30  $^{\circ}\text{C}$ ; 流速: 0.2 mL/min; 流

动相: A: 乙腈 B: pH 12 的 5 mmol/L 乙酸铵-氨水溶液 (5 mmol/L 乙酸铵溶液, 用氨水调节 pH 到 12), 洗脱程序为: 0 min, 80% A; 0~4 min, 80% A~20% A; 4~6 min, 20% A; 6~13 min 80% A。

#### 2.2.4 质谱条件

采用 ESI 源负离子扫描模式, 对仪器条件进行优化, 得到相关参数如下: 毛细管电压 4.0 kV, 雾化气流量 3.0 L/min, 加热气流量 10.0 L/min, Heat Block 温度 400 °C, DL 管温度 250 °C, Interface 温度 300 °C, 其余相关质谱参数见表 1。

### 3 结果与分析

#### 3.1 质谱条件优化

草甘膦、氨甲基膦酸和草铵膦具有较强的极性, 易溶于水, 在电喷雾离子源负离子模式形成[M-H]<sup>-</sup>的离子峰。因此, 在负离子模式下确定草铵膦、草甘膦、氨甲基膦酸母离子分别为  $m/z$  180.2, 168.3、109.9; 分别对  $m/z$  180.2、168.3、109.9 再进行子离子扫描, 找到对应的子离子分别

为  $m/z$  95.0、136.2; 63.0、80.9; 63.0、80.0; 对草铵膦、草甘膦和氨甲基膦酸的离子对  $m/z$  180.2/95.0, 180.2/136.2;  $m/z$  168.3/63.0, 168.3/80.9;  $m/z$  109.9/63.0, 109.9/80.0 进行 Q1 偏转电压, 碰撞能量和 Q3 偏转电压等质谱参数优化, 得到最佳的质谱参数见表 1, 最后对毛细管电压、雾化气流量、加热气流量、Heat Block 温度、DL 管温度、Interface 温度进行优化, 得到最佳的离子源参数见 2.2.3 质谱条件。

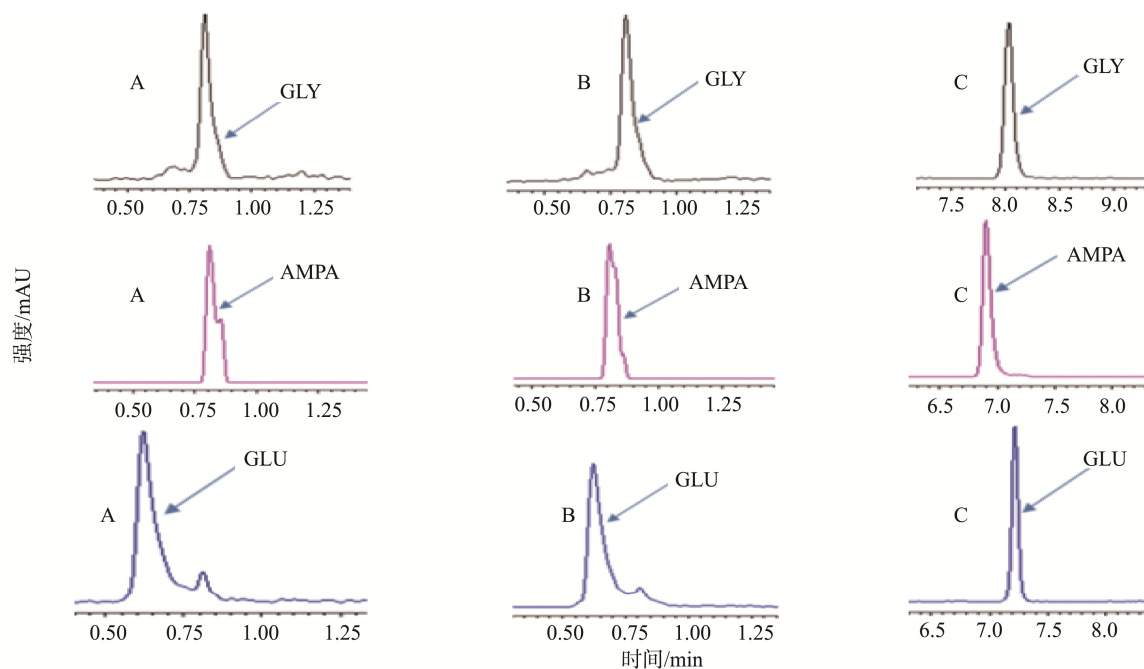
#### 3.2 液相条件的优化

实验比较了 ACQUITY UPLC-C<sub>18</sub>、ACQUITY UPLC-T3、Dikma Polyamino 氨基柱对草铵膦、草甘膦、氨甲基膦酸的分离效果, 流动相采用乙腈和乙酸铵-氨水溶液。实验结果发现: 在 C<sub>18</sub> 柱和 T3 柱上没有保留, 峰型较宽, 并且拖尾, 因此 C<sub>18</sub> 柱和 T3 柱对草铵膦、草甘膦、氨甲基膦酸没有保留作用。氨基柱在糖类碳水化合物分析广泛应用, 对水溶性和强极性物质具有较好的保留效果, 于是用它来分析, 结果发现: 草铵膦、草甘膦、氨甲基膦酸在 Dikma Polyamino 氨基柱分离效果好, 峰型尖锐对称(见图 1)。

表 1 草铵膦、草甘膦、氨甲基膦酸的质谱条件参数  
Table 1 MS conditions of GLU, GLY, AMPA

化合物	离子对( $m/z$ )	Q <sub>1</sub> -偏转电压/V	碰撞能量/V	Q <sub>3</sub> -偏转电压/V
草铵膦	180.2/95.0*, 180.2/136.2	19.0, 11.0	16.0, 16.0	18.0, 26.0
草甘膦	168.3/63.0*, 168.3/80.9	22.0, 11.0	21.0, 16.0	31.0, 24.0
氨甲基膦酸	109.9/63.0*, 109.9/80.0	26.0, 27.0	23.0, 26.0	33.0, 35.0

注:\*定量离子对。



注: A: 草铵膦、草甘膦、氨甲基膦酸在 C<sub>18</sub> 色谱图, B: 草铵膦、草甘膦、氨甲基膦酸在 T3 柱色谱图, C: 草铵膦、草甘膦、氨甲基膦酸在氨基柱上色谱图(从上到下)。

图 1 草铵膦、草甘膦、氨甲基膦酸在不同色谱柱上的色谱图

Fig.1 Chromatogram of glyphosate, glyphosate and aminomethylphosphonic acid on different chromatographic columns

实验比较了乙腈-水、乙腈-乙酸铵溶液、乙腈-乙酸铵-氨水溶液 3 种流动相体系对草铵磷、草甘膦、氨基膦酸的分离效果, 结果表明: 乙腈-乙酸铵-氨水溶液作为流动相, 草铵磷、草甘膦、氨基膦酸的峰型尖锐对称, 响应最高, 同时梯度洗脱与等度洗脱相比可以获得更好的分离效果和质谱响应, 于是选择梯度洗脱。经过条件优化得到最佳的液相条件为: Dikma Polyamino 氨基柱色谱柱, 流动相为 pH=12 的 5 mmol/L 乙酸铵-氨水溶液和乙腈梯度洗脱, 洗脱程序见 2.2.2, 从图 2 可以看出, 草铵磷、草甘膦、氨基膦酸峰型尖锐对称, 分离良好。

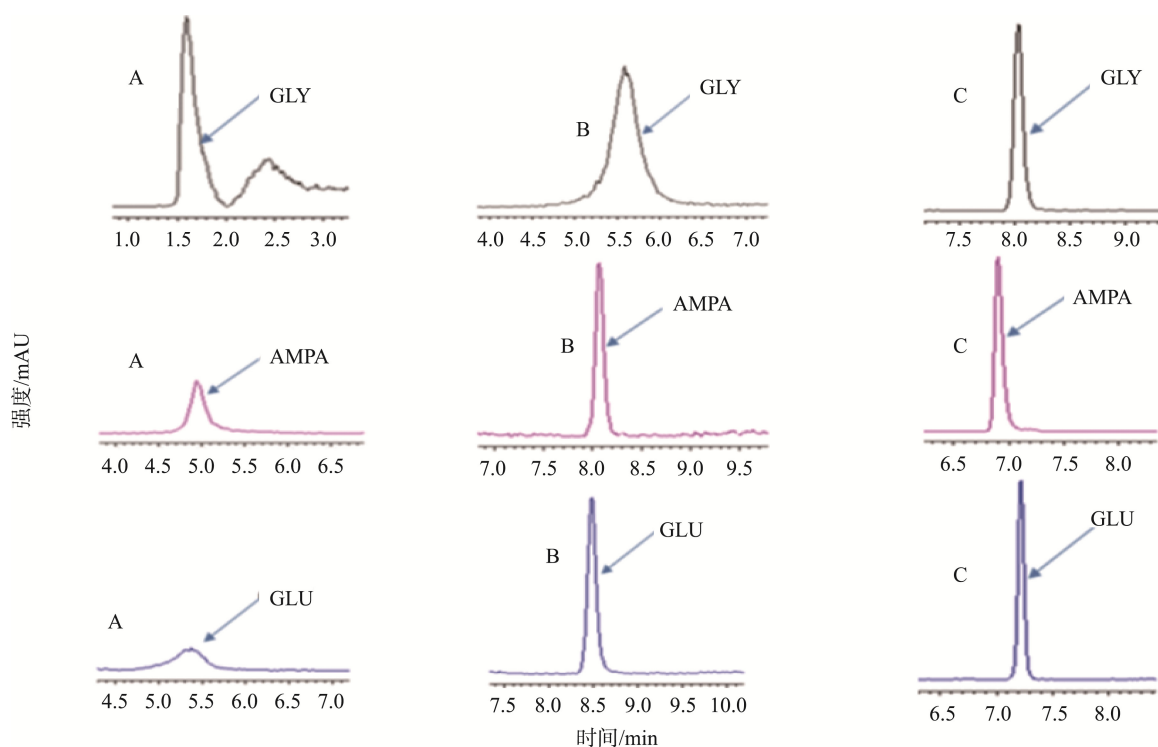
### 3.3 方法的检出限、定量限、线性范围

检出限(limit of detection ,LOD)的确定通过不断降低加标的浓度, 进样分析为 3 倍信噪比, 定量限(limit of quantitation, LOQ)的确定通过不断降低加标的浓度, 进样

分析为 10 倍信噪比(S/N)。在 2.2.2 和 2.2.3 仪器条件下进样分析, 草铵磷、草甘膦、氨基膦酸在一定浓度范围内的有良好的线性关系, 草铵磷、草甘膦、氨基膦酸标准曲线线性方程和相关系数见表 2。

### 3.4 方法的准确度与精密度

方法的准确度通过空白样品添加回收实验的回收率来考察, 精密度通过同一浓度平行添加 6 次回收率的相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)来获得, 添加浓度分别为 1 倍定量限, 2 倍定量限, 10 倍定量限。回收率和相对标准偏差的结果见表 3。从表 3 可以看出该方法中草铵磷、草甘膦、氨基膦酸的回收率为 93.6%~102%, 精密度 RSD 值在 4.47%~7.15%, 符合 GB/T 27404-2008《实验室质量控制规范 食品理化检测》<sup>[18]</sup>中的回收率和精密度的要求。



注: A: 草铵磷、草甘膦、氨基膦酸在乙腈-水上的色谱图,B:草铵磷、草甘膦、氨基膦酸在乙腈-乙酸铵溶液上色谱图,C: 草铵磷、草甘膦、氨基膦酸在乙腈-乙酸铵-氨水溶液上色谱图。

图 2 草铵磷、草甘膦、氨基膦酸在不同流动相上的色谱图

Fig.2 Chromatogram of glyphosate, glyphosate and aminomethylphosphonic acid in different mobile phases

表 2 标准曲线线性方程、相关系数  
Table 2 Linear equations and correlation coefficients of standard curve

化合物	线性范围/( $\mu\text{g/L}$ )	线性方程	相关系数	检出限/( $\mu\text{g/L}$ )	定量限/( $\mu\text{g/L}$ )
草铵磷	2.5~100	$Y=7356.2X+2163.2$	0.9991	1.0	2.5
草甘膦	5.0~200	$Y=5291.3X+1865.8$	0.9992	2.0	5.0
氨基膦酸	5.0~200	$Y=5788.2X+1609.3$	0.9996	2.0	5.0

表 3 回收率和精密度实验结果

Table 3 The experimental results of the spike recovery and RSD

化合物	添加浓度 ( $\mu\text{g/L}$ )	测定值 ( $\mu\text{g/L}$ )	回收率 /%	RSD/%
草铵膦	2.5	2.34	93.6	6.59
	5.0	4.74	94.8	5.42
	25.0	24.41	97.6	4.47
草甘膦	5.0	4.76	95.2	7.05
	10.0	9.79	97.9	6.56
	50.0	51.00	102	5.67
氨基膦酸	5.0	4.70	94.0	7.15
	10.0	9.64	96.4	6.23
	50.0	50.50	101	5.63

### 3.5 实际样品检测

通过优化后的方法对收集的饮用自来水样品进行检测,未检出草铵膦、草甘膦、氨基膦酸 3 种化合物。

## 4 结论与讨论

本研究将水样过膜直接进样,通过对色谱柱和流动相进行优化而得到最佳的响应和尖锐对称的峰型,乙酸铵-氨水溶液和乙腈梯度洗脱,氨基色谱柱进行分离,多反应监测,外标法定量,样品无需衍生,简单快速准确,可满足生活饮用水中草铵膦、草甘膦及其代谢物氨基膦酸同时检测,具有一定的推广价值。

### 参考文献

- [1] 苏少泉. 草甘膦述评[J]. 农药, 2005, 44(4): 145-148.  
Su SQ. Review of glyphosate [J]. Agrochemicals, 2005, 44(4): 145-148.
- [2] 凌进. 草铵膦、百草枯、草甘膦对非耕地杂草的防效比较[J]. 农药, 2014, 53(8): 613-615.  
Ling J. Comparison of the control effect of glyphosate, paraquat and glyphosate on non-cultivated weeds [J]. Agrochemicals, 2014, 53(8): 613-615
- [3] GB 5749-2006 生活饮用水卫生标准[S].  
GB 5749-2006 hygienic standard for drinking water [S].
- [4] 马为民, 牛森, 李东运, 等. 气相色谱法测定几种蔬菜水果中草甘膦残留[J]. 农药, 2006, 45(4): 221-223.  
Ma WM, Niu S, Li DY, *et al.* Determination of glyphosate residues in several fruits and vegetables by gas chromatography [J]. Agrochemicals, 2006, 45(4): 221-223.
- [5] 王艳, 江阳, 雍莉, 等. 淋洗液在线发生离子色谱法同时测定水中草甘膦、2,4-D 和灭草松[J]. 中国卫生检验杂志, 2017, 23(14): 3374-3376.  
Wang Y, Jiang Y, Yong L, *et al.* Simultaneous determination of glyphosate, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and chlorophosphate in water by on-line ion chromatography in eluents [J]. Chin J Health Lab Technol, 2017, 23(14): 3374-3376.

- [6] 林森煜, 黄嘉乐, 李秀英, 等. 离子色谱法测定食品中草铵膦、草甘膦和氨基膦酸的残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(5): 1888-1894.  
Lin SY, Huang JL, Li XY, *et al.* The residues of glyphosate, glyphosate and aminomethylphosphonic acid in food were determined by ion chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(5): 1888-1894.
- [7] 支建梁, 牟仁祥, 陈铭学, 等. 柱后衍生液相色谱法测定粮食中草甘膦和氨基膦酸残留量[J]. 分析实验室, 2008, 27(12): 170-172.  
Zhi JL, Mou RX, Chen MX, *et al.* Determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid residues in grain by post-column derivatization liquid chromatography [J]. Chin J Anal Lab, 2008, 27(12): 170-172.
- [8] 何龙凉, 陈延伟, 陈智鹏, 等. 气相色谱-串联质谱法测定不同原产国抗草甘膦转基因大豆中草甘膦及其代谢物的残留量[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 42(9): 3481-3486.  
He LL, Chen YW, Chen ZP, *et al.* Determination of glyphosate in different country of origin glyphosate resistant transgenic soybean residue and its metabolites by gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2016, 42(9): 3481-3486.
- [9] 诸力, 陈红平, 周苏娟, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定不同茶叶中草甘膦、氨基膦酸及草铵膦的残留[J]. 分析化学, 2015, 43(2): 271-276.  
Zhu L, Chen HP, Zhou SJ, *et al.* Determination of glyphosate, aminomethylphosphonate and glyphosate in different teas by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Anal Chem, 2015, 43(2): 271-276.
- [10] 卢江涛. 超高效液相色谱-串联质谱法测定大豆中草甘膦及其代谢物氨基膦酸的残留[J]. 分析仪器, 2018, 32(1): 131-135.  
Li JT. Determination of glyphosate and its metabolite aminomethylphosphonic acid residues in soybean by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Anal Instrum, 2018, 32(1): 131-135.
- [11] 刘拉平, 武瑜, 王玉堂, 等. 柱前衍生高效液相色谱-串联质谱法测定土壤中草甘膦及其主要代谢物氨基膦酸[J]. 农药学报, 2015, 26(4): 439-446.  
Liu LP, Wu Y, Wang YT, *et al.* Determination of glyphosate and its main metabolites aminomethyl phosphonic acid in soil sample by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry with pre-column derivation [J]. Chin J Pest Sci, 2015, 26(4): 439-446.
- [12] 吴晓刚, 陈孝权, 肖海军, 等. 柱前衍生-超高效液相色谱-串联质谱法同时检测茶叶中草甘膦和草铵膦的残留量[J]. 色谱, 2015, 33(10): 1090-1096.  
Wu XG, Chen XQ, Xiao HJ, *et al.* Simultaneously determination of glyphosate and glufosinate residues in tea by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry with pre-column derivation [J]. Chin J Chromatogr, 2015, 33(10): 1090-1096.
- [13] 张燕, 舒平, 陆敏, 等. 分散固相萃取/衍生化-高效液相色谱-串联质谱法同时测定水和食品中草甘膦、草铵膦和氨基膦酸残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(4): 1422-1428.  
Zhang Y, Shu P, Lu M, *et al.* Simultaneously determination of glyphosate and glufosinate and aminomethyl phosphonic in water and foods by dispersive solid phase extraction/derivation-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2017,

8(4): 1422-1428.

[14] 杨宇锋, 陈玉浩, 蓝康华, 等. 超高效液相色谱串联质谱法测定茶叶中草铵膦、草甘膦及其代谢物[J]. 广东化工, 2018, 45(10): 231-232.

Yang YF, Chen YH, Lan KH, *et al.* Determination of glyphosate and glufosinate and its Metabolites in Tea by UPLC-MS/MS [J]. Guangdong Chem Ind., 2018, 45(10): 231-232.

[15] 赵春华, 左于一菲, 孙倩. 高效液相色谱-串联质谱法测定茶叶中痕量草铵膦、草甘膦及其代谢物氨基膦酸残留[J]. 化学分析计量, 2018, 27(5): 96-101.

Zhao CH, Zuoyu YF, Sun Q. Determination of trace glyphosate and glufosinate and its Metabolites residue in Tea by UPLC-MS/MS [J]. Chem Anal Meter, 2018, 27(5): 96-101.

[16] 叶美君, 陆小磊, 刘相真, 等. 柱前衍生-超高效液相色谱-串联质谱测定茶叶中草甘膦、草铵膦及主要代谢物氨基膦酸残留[J]. 色谱, 2018, 36(9): 873-879.

Ye MJ, Lu XL, Liu XZ, *et al.* Determination of glyphosate, glufosinate and its Metabolites residues in tea by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry with pre-column derivation [J]. Chin J Chromatogr, 2018, 36(9): 873

[17] 王思威, 曾广丰, 刘艳萍, 等. 基于高效液相色谱-三重四级杆质谱技术测定荔枝香蕉中的草铵膦及 3 种代谢物[J]. 色谱, 2019, 37(1): 93-99.

Wang SW, Zeng GF, Liu YP, *et al.* Determination of

glyphosate-ammonium and its three metabolites in litchi and banana by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2019, 37(1): 93-99.

[18] GB/T 27404-2008 实验室质量控制规范基本信息 食品理化检测[S]. GB/T 27404-2008 Basic information of laboratory quality control specification-Chemical testing of food [S].

(责任编辑: 韩晓红)

### 作者简介



孙文闪, 硕士, 工程师, 主要研究方向为色谱质谱分析。  
E-mail: 627268600@qq.com



周婷婷, 工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。  
E-mail: 252758196@qq.com