

利用精确质量信息快速筛查分析在线纯化的农作物提取物中农药残留

Junna Nakazono 和 Tetsuo Iida

特点描述

- ◆ 通过 LCMS-9050 正 / 负离子极性切换进行分析。
- ◆ 使用精确质量和保留时间信息，对化合物进行全面分析。
- ◆ 这种使用在线纯化柱的方法能够快速简便地制备样品。

简介

为了保护人们的健康，各地区或国家都严格规定了食品中农药残留的限量。近年来，全球受管制的农药数量呈上升趋势。

USDA（美国农业部）于 2003 年发布的 QuEChERS 方法已被分析化学师协会（AOAC）和欧洲标准化委员会（CEN）等组织作为官方方法采用，该方法无需特殊设备即可高效提取农药。然而，存在重现性依赖于操作者和操作所需时间的问题。

本文介绍了一个使用 Revive 在线样品制备（ILSP）色谱柱¹⁾（RESTEK Co.）和四极杆飞行时间质谱仪 LCMS-9050（图 1）对菠菜中农药残留进行综合分析的例子。Revive ILSP 色谱柱能够在线净化来自基质的化合物，使样品制备更快、更简单。该方法预计还有助于减少与预处理相关的废液和成本。



图 1 LCMS-9050 的外观

样品制备

该分析采用市售菠菜和农药标准溶液 74、75（Kanto Chemical Co., Inc.）。详细的制备过程如图 2 所示。

将 1.0 g 用干冰冷冻并粉碎的菠菜放入 15 mL 试管中，加入 3 mL 1% 乙酸的乙腈溶液，然后摇动试管。随后，静置 2 分钟后离心，收集上清液用于上机。与 QuEChERS 方法相比，该方法能够更快、更简便地制备样品。例如，当对 14 份菠菜样品进行预处理时，使用这种方法，预计样品制备所需的时间可以减少到大约三分之一¹⁾。

通过在提取前向菠菜中加入固定浓度的农药标准溶液来评估制备过程中的回收率损失和基质效应。

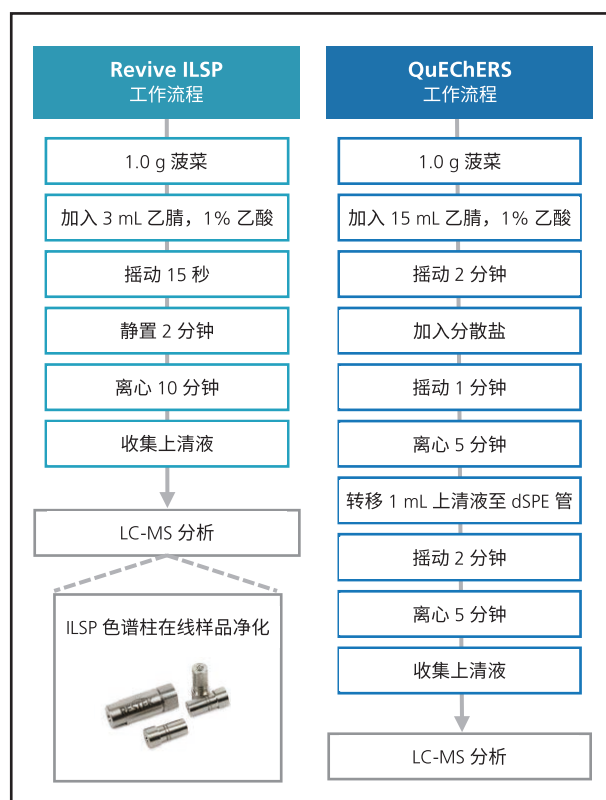


图 2 样品制备的工作流程（左：Revive ILSP，右：QuEChERS）

分析条件

对于农药分析，LCMS-9050 采用农药残留 LC/MS/MS 方法包版本 3 中包含的方法。HPLC 和 MS 条件见表 1，该系统和 LC 时间程序的概览分别见图 3 和图 4。

进样样基质中的疏水性化合物通过 Revive ILSP 色谱柱与农药分离，农药被洗脱到分析柱中（图 3 上部）。另一方面，当目标农药已经从 Revive ILSP 色谱柱洗脱时，在切换 6 通阀之后，来自基质的化合物通过清洗泵反冲并洗脱到废液口（图 3 的底部和图 4）。这样，就可以重复使用 Revive ILSP 色谱柱。

表 1 UHPLC 的分析条件

(Nexera™ X3 系统)	
分析柱:	Shim-pack™ Velox Biphenyl (100 mm L × 2.1 mm I.D., 2.7 μm) P/N: 227-32015-03
在线样品:	Revive ILSP Pesticides Single 5 × 2.1 mm
制备柱:	Cartridge (RESTEK)
流动相 A:	2 mM 甲酸铵 -0.002% 甲酸 - 水
流动相 B、C (清洗液):	2 mM 甲酸铵 -0.002% 甲酸 - 甲醇
梯度程序:	B 浓度 3% (0 min) -10 % (1 min) -55 % (3 min) -100 % (10.5-12 min) -3% (12.01-15 min)
流速 (A 和 B):	0.4 mL/min
流速 (C):	0 mL/min (0-6.49 min) -1 mL/min (5.5-7.5 min) -0.4 mL/min (7.51-11 min) -0 mL/min (11.01-15 min)
切换阀位置:	上样 (0-6.49 min) - 清洗 (6.5-10.5 min) - 上样 (10.51-15 min)
进样量:	2 μL (共进样 40 μL 水)

MS (LCMS-9050)

离子化:	ESI (正, 负)
TOF-MS:	m/z 50-800
雾化气流量:	2.0 L/min
干燥气流量:	10.0 L/min
加热气流量:	10.0 L/min
DL 温度:	150° C
加热模块温度:	300° C
接口温度:	200° C
喷嘴位置:	+2 mm

LCMS-9050 分析农药标准溶液

表 2 显示了稀释至 50 ppb 的农药标准溶液中 79 种化合物的质量偏差。所有化合物的检测质量偏差均在 ±1 mDa 以内。农药的理论 m/z 值由 LabSolutions Insight Explore™ 计算。

表 2 农药化合物清单

化合物	分子式	选择离子	理论 m/z	质量误差 (mDa)	保留时间 (min)
啶虫脒	C ₁₀ H ₁₁ ClN ₄	[M+H] ⁺	223.0745	-0.2	4.81
乐果	C ₅ H ₁₂ NO ₃ PS ₂	[M+H] ⁺	230.0069	0.0	4.18
除草定	C ₉ H ₁₃ BrN ₂ O ₂	[M-H] ⁻	259.0087	0.4	4.80
残杀威	C ₁₁ H ₁₅ NO ₃	[M+H] ⁺	210.1125	-0.2	5.01
异恶隆	C ₁₀ H ₁₇ N ₃ O ₂	[M+H] ⁺	212.1394	-0.1	4.97
氟草隆	C ₁₀ H ₁₁ F ₃ N ₂ O	[M+H] ⁺	233.0896	-0.1	4.81
双唑草腈	C ₁₅ H ₁₅ ClN ₆	[M+H] ⁺	315.1120	-0.1	7.07
甲霜灵 / 精甲霜灵 *	C ₁₅ H ₂₁ NO ₄	[M+H] ⁺	280.1544	-0.1	6.51
杀扑磷	C ₆ H ₁₁ N ₂ O ₄ PS ₃	[M+H] ⁺	302.9692	-0.2	7.17
丙炔氟草胺	C ₁₉ H ₁₅ FN ₂ O ₄	[M+H] ⁺	355.1089	0.0	8.50
氯炔灵	C ₁₁ H ₁₀ ClNO ₂	[M+H] ⁺	224.0473	-0.5	5.91
乙虫腈	C ₁₃ H ₉ Cl ₂ F ₃ N ₄ OS	[M+H] ⁺	396.9899	0.3	5.95
多效唑	C ₁₅ H ₂₀ ClN ₃ O	[M+H] ⁺	294.1368	-0.1	6.18
燕麦灵	C ₁₁ H ₉ Cl ₂ NO ₂	[M+H] ⁺	258.0083	-0.3	6.68
苯噻菌胺	C ₁₈ H ₂₄ FN ₃ O ₂ S	[M+H] ⁺	382.1595	-0.1	6.74
噻啉菌胺	C ₁₁ H ₁₀ ClN ₃ OS	[M-H] ⁻	266.0160	0.0	6.55
三唑醇	C ₁₄ H ₁₈ ClN ₃ O ₂	[M+H] ⁺	296.1161	-0.4	6.30
氟菌唑代谢物	C ₁₂ H ₁₄ ClF ₃ N ₂ O	[M+H] ⁺	295.0820	-0.2	4.81
百草枯	C ₁₀ H ₁₉ N ₅ S	[M+H] ⁺	242.1434	-0.2	6.66
四氟醚唑	C ₁₃ H ₁₁ Cl ₂ F ₄ N ₅ O	[M+H] ⁺	372.0288	-0.2	6.90
氟硅唑	C ₁₆ H ₁₅ F ₂ N ₃ Si	[M+H] ⁺	316.1076	0.0	7.65
地散磷	C ₁₄ H ₂₄ NO ₄ PS ₃	[M+H] ⁺	398.0678	-0.1	7.99
氟虫酰胺	C ₂₃ H ₂₂ F ₂ IN ₂ O ₄ S	[M-H] ⁻	681.0160	0.1	7.27
醚菌酯	C ₁₈ H ₁₉ NO ₄	[M+H] ⁺	314.1387	-0.1	8.30
苯草唑	C ₂₀ H ₁₆ Cl ₂ N ₂ O ₃	[M+H] ⁺	403.0611	0.1	8.90
恶唑菌酮	C ₂₂ H ₁₈ N ₂ O ₄	[M+NH ₄] ⁺	392.1605	0.1	8.60
辛硫磷	C ₁₂ H ₁₅ N ₂ O ₃ PS	[M+H] ⁺	299.0614	-0.2	8.47
水杨菌胺	C ₁₃ H ₁₆ Cl ₃ NO ₃	[M-H] ⁻	338.0123	0.6	7.40
叶菌唑	C ₁₇ H ₂₂ ClN ₃ O	[M+H] ⁺	320.1524	-0.1	7.56

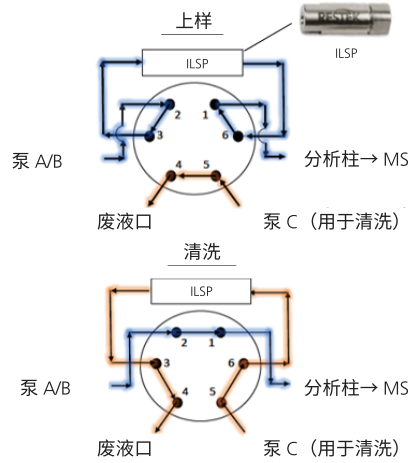


图 3 ILSP 系统概览

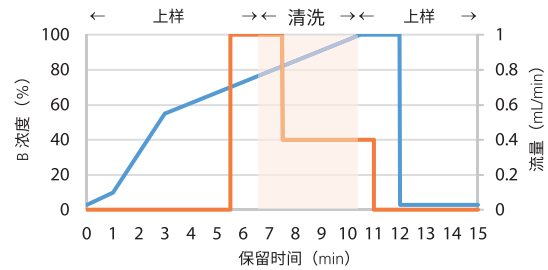


图 4 LC 时间程序

图 5 显示了农药标准溶液的总离子流色谱图 (TICC)。此外, 图 6 显示了农药标准溶液和空白溶剂中 79 种化合物的提取离子色谱图 (XIC)。

化合物	分子式	选择离子	理论 m/z	质量误差 (mDa)	保留时间 (min)
吡唑硫磷	C ₁₄ H ₁₈ ClN ₂ O ₃ PS	[M+H] ⁺	361.0537	0.1	8.44
联苯三唑磷	C ₂₀ H ₂₃ N ₃ O ₂	[M+H] ⁺	338.1863	-0.2	7.94
定菌磷	C ₁₄ H ₂₀ N ₃ O ₅ PS	[M+H] ⁺	374.0934	0.0	9.38
吡氟草胺	C ₁₉ H ₁₁ F ₅ N ₂ O ₂	[M+H] ⁺	395.0814	0.0	8.26
环戊恶草酮	C ₁₇ H ₁₇ ClFNO ₄	[M+NH ₄] ⁺	371.1168	0.1	9.24
唑虫酰胺	C ₂₁ H ₂₂ ClN ₃ O ₂	[M+H] ⁺	384.1473	0.0	9.08
稗草丹	C ₁₈ H ₂₂ N ₂ O ₂ S	[M+H] ⁺	331.1475	0.1	9.47
毒死蜱	C ₉ H ₁₁ Cl ₃ NO ₃ PS	[M+H] ⁺	349.9336	-0.2	9.25
乙螨唑	C ₂₁ H ₂₃ F ₂ NO ₂	[M+H] ⁺	360.1770	0.1	9.39
腈吡螨酯	C ₂₄ H ₃₁ N ₃ O ₂	[M+H] ⁺	394.2489	0.1	9.45
螺螨酯	C ₂₁ H ₂₄ Cl ₂ O ₄	[M+H] ⁺	411.1125	-0.1	9.62
3- 羟基咪喃丹	C ₁₂ H ₁₅ NO ₄	[M+H] ⁺	238.1074	-0.1	4.06
霜脍氰	C ₇ H ₁₀ N ₄ O ₃	[M+H] ⁺	199.0826	-0.4	4.35
磷胺	C ₁₀ H ₁₉ ClNO ₅ P	[M+H] ⁺	300.0762	-0.1	5.04
特草定	C ₉ H ₁₃ ClN ₂ O ₂	[M+H] ⁺	215.0593	-0.2	4.86
灭除威 (3,5- 二甲苯基甲基氨基甲酸酯)	C ₁₀ H ₁₃ NO ₂	[M+H] ⁺	180.1019	-0.2	5.25
氟虫唑	C ₁₆ H ₁₃ F ₃ N ₃ O	[M+H] ⁺	302.1100	0.1	5.78
丰索磷	C ₁₁ H ₁₇ O ₄ PS ₂	[M+H] ⁺	309.0379	0.0	6.62
噻胺灵 (异构体 -1)	C ₁₀ H ₁₄ Cl ₆ N ₄ O ₂	[M+H] ⁺	432.9321	0.2	5.68
噻胺灵 (异构体 -2)	C ₁₀ H ₁₄ Cl ₆ N ₄ O ₂	[M+H] ⁺	432.9321	0.4	5.79
乙霉威	C ₁₄ H ₂₁ NO ₄	[M+H] ⁺	268.1544	-0.3	6.29
咯菌腈	C ₁₂ H ₆ F ₂ N ₂ O ₂	[M+H] ⁺	247.0324	0.2	6.00
双炔酰菌胺	C ₂₃ H ₂₂ ClNO ₄	[M+H] ⁺	412.1310	0.0	7.53
唑草醚	C ₁₇ H ₁₉ N ₃ O ₆	[M+H] ⁺	362.1347	-0.1	7.88
马拉硫磷	C ₁₀ H ₁₉ O ₆ PS ₂	[M+H] ⁺	331.0434	-0.1	7.34
溴丁酰草胺 - 二溴	C ₁₅ H ₂₂ BrNO	[M+H] ⁺	234.1852	0.0	6.10
氟吡内酯	C ₁₄ H ₆ Cl ₃ F ₃ N ₂ O	[M+H] ⁺	382.9727	0.1	6.98
三唑酮	C ₁₄ H ₁₆ ClN ₃ O ₂	[M+H] ⁺	294.1004	-0.1	6.79
麦草氟甲酯	C ₁₇ H ₁₅ ClFNO ₃	[M+H] ⁺	336.0797	-0.1	7.35
溴丁酰草胺	C ₁₅ H ₂₂ BrNO	[M+H] ⁺	312.0958	0.0	6.67
唑酮草酯	C ₁₅ H ₁₄ Cl ₂ F ₃ N ₃ O ₃	[M+NH ₄] ⁺	429.0702	0.1	8.00
异戊乙净	C ₁₁ H ₂₁ N ₅ S	[M+H] ⁺	256.1591	-0.2	7.16
吡噻菌胺	C ₁₆ H ₂₀ F ₃ N ₃ OS	[M+H] ⁺	360.1352	0.0	6.88
戊唑醇	C ₁₆ H ₂₂ ClN ₃ O	[M+H] ⁺	308.1524	0.0	7.24
本达乐	C ₂₀ H ₂₃ NO ₃	[M+H] ⁺	326.1751	0.0	8.40
丙炔恶草酮	C ₁₅ H ₁₄ Cl ₂ N ₂ O ₃	[M+H] ⁺	341.0454	-0.2	8.19
异硫磷	C ₁₃ H ₁₆ NO ₄ PS	[M+H] ⁺	314.0611	0.0	8.56
咪鲜胺	C ₁₅ H ₁₆ Cl ₃ N ₃ O ₂	[M+H] ⁺	376.0381	0.0	8.70
甲基嘧啶磷	C ₁₁ H ₂₀ N ₃ O ₃ PS	[M+H] ⁺	306.1036	-0.1	8.25
苯醚甲环唑	C ₁₉ H ₁₇ Cl ₂ N ₃ O ₃	[M+H] ⁺	406.0720	-0.5	9.00
肟菌酯	C ₂₀ H ₁₉ F ₃ N ₂ O ₄	[M+H] ⁺	409.1370	0.1	8.75
氟菌唑	C ₁₅ H ₁₅ ClF ₃ N ₃ O	[M+H] ⁺	346.0929	0.0	8.18
吡唑磺菌胺	C ₁₃ H ₁₃ BrFN ₅ O ₄ S ₂	[M+H] ⁺	467.9628	0.3	9.05
丙溴磷	C ₁₁ H ₁₅ BrClO ₃ PS	[M+H] ⁺	374.9402	-0.2	8.63
噻嗪酮	C ₁₆ H ₂₃ N ₃ OS	[M+H] ⁺	306.1635	0.0	8.80
胡椒基丁醚	C ₁₉ H ₃₀ O ₅	[M+NH ₄] ⁺	356.2432	-0.2	9.05
丁草胺	C ₁₇ H ₂₆ ClNO ₂	[M+H] ⁺	312.1725	-0.1	8.90
啶氧灵	C ₁₅ H ₈ Cl ₂ FNO	[M+H] ⁺	308.0040	0.0	9.26
啞螨灵	C ₁₉ H ₂₅ ClN ₂ OS	[M+H] ⁺	365.1449	0.2	10.13
苯丙吗啡	C ₂₀ H ₃₃ NO	[M+H] ⁺	304.2635	-0.2	7.10

* 农药标准溶液分别含有 50 ppb 甲霜灵和精甲霜灵。

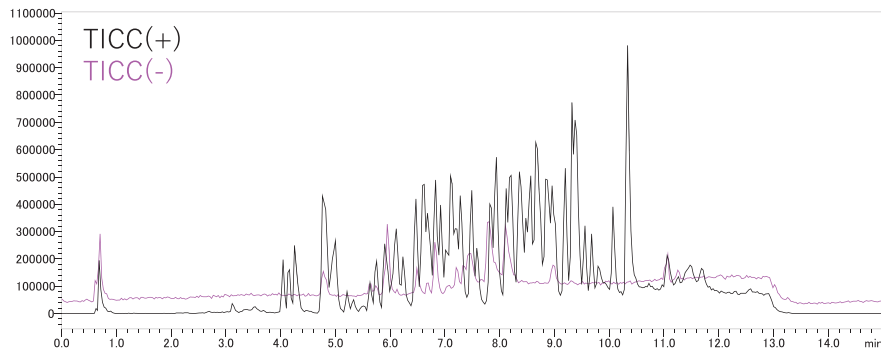


图 5 农药标准溶液的总离子流色谱图 (TIC)

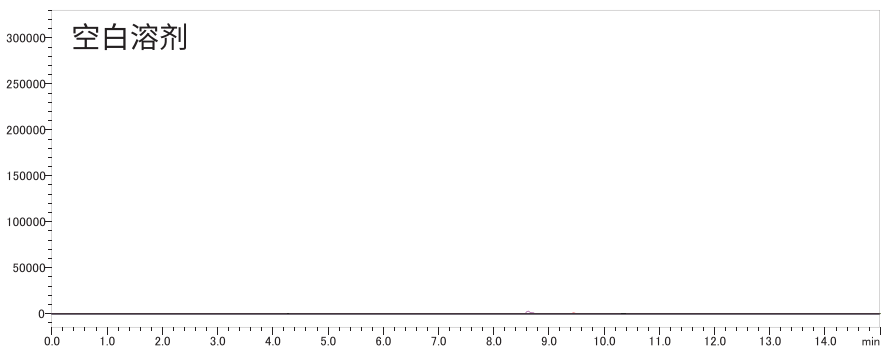
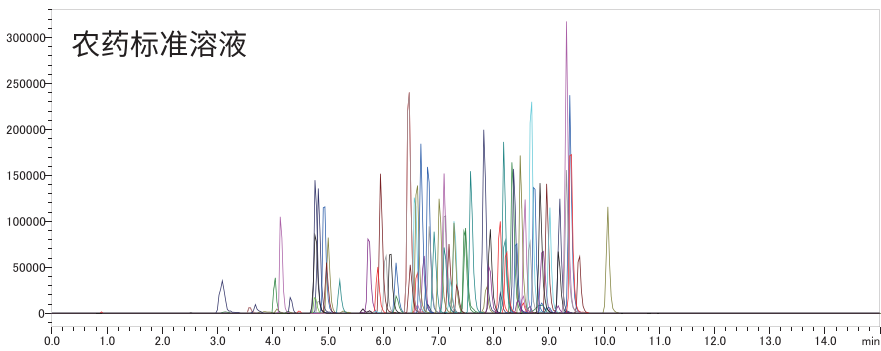


图 6 79 种农药化合物的提取离子色谱图 (XICs)

■ 校准曲线的线性

通过在溶剂 (乙腈) 和菠菜提取物 0.5-50 ppb 范围内的 7 点校准曲线, 评估每种农药校准曲线的线性。在溶剂和提取物中, 所有化合物的线性均显示出非常好的结果 (判定系数 R^2 : 0.99

或以上)。对于 79 种化合物中的 68 种, 在 2.5 ppb 或更低浓度也能被检测到。以负离子模式检测的咯菌腈在溶剂和提取物中的校准曲线如图 7 所示, 所有化合物的校准范围如表 3 所示。

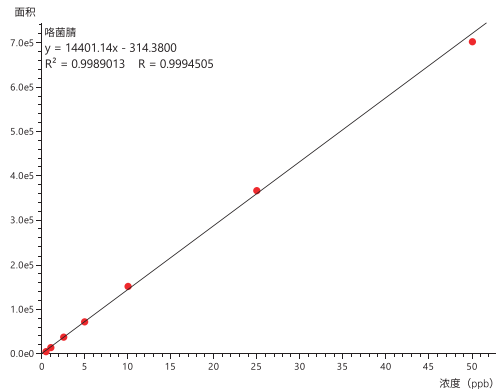
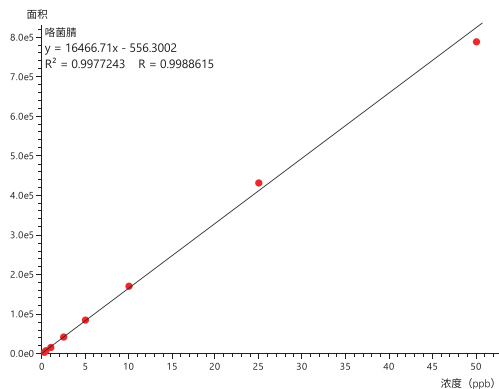


图 7 咯菌腈的校准曲线 (左: 溶剂, 右: 菠菜提取物)

表 3 79 种农药的线性范围

化合物	校准范围 (ppb)		化合物	校准范围 (ppb)	
	溶剂	菠菜提取物		溶剂	菠菜提取物
啶虫脒	1-50	2.5-50	3- 羟基呋喃丹	1-50	1-50
乐果	1-50	0.5-50	霜脍氰	5-50	5-50
除草定	5-50	5-50	磷胺	0.5-50	0.5-50
残杀威	1-50	1-50	特草定	5-50	5-50
异恶隆	0.5-50	0.5-50	灭除威 (3,5- 二甲苯基 甲基氨基甲酸酯)	2.5-50	2.5-50
氟草隆	0.5-50	0.5-50	氟虫唑	1-50	1-50
双唑草腈	0.5-50	0.5-50	丰索磷	0.5-50	0.5-50
甲霜灵 / 精甲霜灵 *	0.5-50	0.5-50	噻胺灵 (异构体 -1)	10-50	10-50
杀扑磷	1-50	1-50	噻胺灵 (异构体 -2)	10-50	10-50
丙炔氟草胺	5-50	5-50	乙霉威	1-50	1-50
氯炔灵	25-50	25-50	咯菌腈	0.5-50	0.5-50
乙虫腈	1-50	1-50	双炔酰菌胺	0.5-50	0.5-50
多效唑	1-50	1-50	啉草醚	0.5-50	0.5-50
燕麦灵	5-50	5-50	马拉硫磷	0.5-50	0.5-50
苯噻菌胺	0.5-50	0.5-50	溴丁酰草胺 - 二溴	1-50	1-50
噻酰菌胺	1-50	1-50	氟吡内酯	0.5-50	1-50
三唑醇	2.5-50	2.5-50	三唑酮	1-50	1-50
氟菌唑代谢物	0.5-50	0.5-50	麦草氟甲酯	0.5-50	0.5-50
百草枯	0.5-50	0.5-50	溴丁酰草胺	1-50	2.5-50
四氟醚唑	0.5-50	0.5-50	唑啉草酯	1-50	1-50
氟硅唑	0.5-50	0.5-50	异戊乙净	0.5-50	0.5-50
地散磷	1-50	1-50	吡啶菌胺	0.5-50	0.5-50
氟虫酰胺	1-50	2.5-50	戊唑醇	1-50	0.5-50
醚菌酯	0.5-50	1-50	本达乐	0.5-50	0.5-50
苜草唑	0.5-50	0.5-50	丙炔恶草酮	2.5-50	2.5-50
恶唑菌酮	2.5-50	2.5-50	异硫磷	0.5-50	0.5-50
辛硫磷	1-50	0.5-50	咪鲜胺	1-50	1-50
水杨菌胺	2.5-50	2.5-50	甲基噻啉磷	0.5-50	0.5-50
叶菌唑	1-50	0.5-50	苯醚甲环唑	1-50	0.5-50
吡唑硫磷	0.5-50	0.5-50	肟菌酯	0.5-50	0.5-50
联苯三唑醇	2.5-50	2.5-50	氟菌唑	0.5-50	0.5-50
定菌磷	0.5-50	0.5-50	吡啶磺菌胺	25-50	25-50
吡氟草胺	1-50	1-50	丙溴磷	0.5-50	0.5-50
环戊恶草酮	10-50	10-50	噻嗪酮	0.5-50	0.5-50
唑虫酰胺	0.5-50	1-50	胡椒基丁醚	0.5-50	0.5-50
稗草丹	0.5-50	0.5-50	丁草胺	5-50	5-50
毒死蜱	1-50	1-50	啶氧灵	0.5-50	1-50
乙螨唑	0.5-50	0.5-50	哒螨灵	0.5-50	0.5-50
腈吡螨酯	0.5-50	0.5-50	茶丙吗啡	0.5-50	0.5-50
螺螨酯	1-50	1-50			

* 未区分甲霜灵和精甲霜灵。

加标和回收试验

使用菠菜提取物进行了加标和回收试验，每份样品以 0.01 mg/kg 的浓度加标 79 种农药标准溶液（前处理样品溶液中的浓度为 2.5 ppb）。回收率在 2.5 ppb 的浓度下计算，如果不可能，则在 50 ppb 的浓度下计算。通过外标法和重现性 (n=5) 计算的回收率结果如表 4 所示，回收率的结果见图 8。

79 种化合物中 77 种的回收率为 70-120%，所有化合物的 RSD% 均小于 20%。在样品制备中使用 Revive ILSP 色谱柱，获得了良好的回收率和重现性，且无明显的基质抑制。

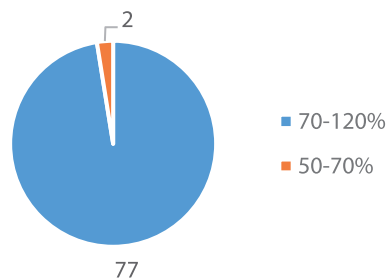


图 8 回收率结果

化合物	回收率 (%)	RSD%
啶虫脒	82.6	11.4
乐果	87.1	7.6
除草定	73.1	2.5
残杀威	103.9	9.9
异恶隆	107.1	1.5
氟草隆	105.4	4.7
双唑草腈	107.8	5.6
甲霜灵 / 精甲霜灵 *	108.6	3.6
杀扑磷	110.5	10.3
丙炔氟草胺	65.5	1.7
氯炔灵	85.0	12.7
乙虫腈	104.3	7.9
多效唑	103.2	8.4
燕麦灵	92.1	4.0
苯噻菌胺	108.2	1.3
噻酰菌胺	99.3	7.1
三唑醇	100.4	18.6
氟菌唑代谢物	103.9	4.0
百草枯	107.2	5.7
四氟醚唑	98.1	5.1
氟硅唑	97.2	5.9
地散磷	102.3	3.6
氟虫酰胺	95.3	14.4
醚菌酯	95.9	9.9
苜蓿唑	116.9	4.9
恶唑菌酮	84.6	18.6
辛硫磷	85.2	12.5
水杨菌胺	80.7	17.2
叶菌唑	95.2	5.3
吡唑硫磷	115.7	5.9
联苯三唑醇	77.4	6.4
定菌磷	112.3	2.1
吡氟草胺	83.6	5.6
环戊恶草酮	97.9	3.1
唑虫酰胺	101.3	4.6
稗草丹	102.9	2.6
毒死蜱	104.2	13.3
乙螨唑	108.0	2.1
腈吡螨酯	98.8	4.7
螺螨酯	110.5	6.7

化合物	回收率 (%)	RSD%
3- 羟基咪喃丹	93.4	14.6
霜脲氰	81.9	2.6
磷胺	96.8	6.5
特草定	74.9	3.7
灭除威 (3,5- 二甲苯基 甲基氨基甲酸酯)	88.2	7.7
氟虫唑	99.6	8.4
丰索磷	104.6	4.0
噻胺灵 (异构体 -1)	97.9	7.5
噻胺灵 (异构体 -2)	101.8	4.3
乙霉威	100.2	6.8
咯菌腈	88.4	4.5
双炔酰菌胺	104.5	3.2
啉草醚	100.3	3.5
马拉硫磷	105.2	5.1
溴丁酰草胺 - 二溴	107.0	12.2
氟吡内酯	96.2	7.2
三唑酮	96.5	6.0
麦草氟甲酯	105.6	8.4
溴丁酰草胺	112.5	9.9
唑酮草酯	77.3	6.0
异戊乙净	106.5	5.2
吡噻菌胺	97.9	5.7
戊唑醇	109.9	6.8
本达乐	93.3	3.0
丙炔恶草酮	66.0	12.0
异硫磷	94.3	3.9
咪唑啉	98.3	6.2
甲基噻啉磷	100.4	5.1
苯醚甲环唑	95.7	7.7
肟菌酯	96.7	3.1
氟菌唑	83.4	3.1
吡唑磺菌胺	98.1	4.4
丙溴磷	92.1	3.2
噻嗪酮	94.1	4.1
胡椒基丁醚	87.6	7.6
丁草胺	100.9	3.0
啉氧灵	100.4	3.2
哒螨灵	95.0	4.9
苯丙吗啡	103.7	3.9

* 未区分甲霜灵和精甲霜灵。

结论

通过 LCMS-9050 使用正负离子极性切换进行了农药的筛查分析。使用 Revive ILSP 色谱柱的在线样品制备方法可加快和简化制备过程。对加标农药标准品的预处理菠菜样品进行了筛查分析，获得了良好的回收率、重现性和线性结果。就灵敏度而言，可在 2.5 ppb 或更低的浓度下检测到 79 种化合物中的 68 种。该方法也适用于其他农作物中农药残留的分析。

< 参考文献 >

- 1) Lupo, S.A., Romesberg, R.L., Lu, X., 2020. Automated inline pigment removal for the analysis of pesticide residues in spinach by liquid chromatography tandem mass spectrometry, *J. Chromatogr. A* 1629, 461477.

岛津应用云



岛津企业管理（中国）有限公司
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话： 800-810-0439
400-650-0439

免责声明：

* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；
* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。
如有变动，恕不另行通知。

第一版发行日：2023 年 03 月