

动态 MRM/扫描模式：提高利用三重四极杆 GC/MS (GC/TQ) 对复杂食品进行高灵敏度定量分析的可信度



作者

Anastasia A. Andrianova,
Bruce D. Quimby,
Limian Zhao
安捷伦科技有限公司

摘要

本应用简报介绍了使用新型同步动态多反应监测 (dMRM) 和扫描 (dMRM/扫描) 数据采集模式，对复杂食品基质中的农药进行三重四极杆气质联用 (GC/TQ) 分析。同步 dMRM/扫描功能能够鉴定未知化合物并进行回顾性分析，同时保持了常规 dMRM 分析的方法灵敏度和动态范围。此外，扫描数据能够通过与其谱图数据库的匹配提高化合物鉴定的可信度。最后，全扫描数据使分析人员能够评估样品基质，确保 GC/TQ 系统达到理想性能。

本研究展示了使用 dMRM/扫描方法在分析使用安捷伦 QuEChERS 样品前处理方法而得到的加标有 200 多种农药的菠菜、核桃和辣椒粉的提取物样品。使用该方法所评估的 203 种化合物的校准结果和方法灵敏度与使用 Agilent 8890/7000E GC/TQ 和 Agilent 8890/7010C GC/TQ 在常规 dMRM 数据采集模式下获得的结果相当。

使用 Agilent MassHunter 未知物分析软件，该方法实现了基于保留时间锁定谱库的谱图匹配的未知物鉴定工作流程。许多规定有最大残留限量 (MRLs) 的化合物在浓度低于其 MRLs 的情况下通过全扫描数据得到鉴定，即使在复杂的辣椒粉提取物中也是如此。

前言

大众对痕量食品污染物的关注推动了对稳定、快速、可靠的食品基质中化学残留和污染物鉴定与定量方法的需求。通常，三重四极杆 GC/MS 和三重四极杆 LC/MS 等检测方法针对的是食品样品中常见的特定目标化合物列表。这些方法对于目标分析物很有效，但可能会忽略其他非目标残留物。克服这一挑战的方法是对样品进行非目标筛查，以找到尽可能多的目标化合物并实现回顾性分析。非目标筛查可通过在全扫描采集模式下分析样品来实现^[1,2]。但是，相较于全扫描分析，使用三重四极杆 GC/MS (GC/TQ) 分析的优势在于对目标分析物具有更高的灵敏度和选择性。新型同步动态 MRM 和扫描 (dMRM/扫描) 既可以采集用于目标物定量的靶向 dMRM GC/TQ 数

据，也可以采集用于未知物筛查的全扫描数据。此外，同步动态 MRM 和扫描 (dMRM/扫描) 可基于同标准谱图数据库的匹配来提供可靠的未知物鉴定。

本研究采用了三种挑战性基质，包括高叶绿素含量的新鲜菠菜基质、油性干性核桃基质、复杂的干性辣椒粉基质，并向基质空白提取物中后加标 200 多种适用于 GC 分析的农药。对于分析不同添加浓度的样品 dMRM/扫描数据模式能够提供 dMRM 数据以进行目标物定量，并提供同步采集的全扫描数据以进行未知物鉴定。该方法对于目标物的定量分析评估，是根据方法灵敏度和动态范围内的校准性能。该方法对于非目标物的筛查评估，则是根据鉴定出的化合物数量以及相应的实现可靠检测的浓度。

实验部分

GC/TQ 分析

使用 8890/7000E 和 8890/7010C 三重四极杆气质联用系统 (GC/TQ) 并进行配置，可在较宽的校准范围内获得理想性能 (图 1A)。该校准范围涵盖了所分析的食品中各种受监管农药的最大残留限量 (MRLs)。GC 配置有 Agilent 7693A 自动液体进样器 (ALS) 和 150 个瓶位的样品盘。系统使用多模式进样口 (MMI)，并在程序升温不分流进样模式下运行。在两根相同的 15 m 气相色谱柱之间安装了安捷伦吹扫 Ultimate 接头 (PUU)，其与 8890 气路反吹模块 (PSD) (图 1B) 共同实现了柱中反吹功能。

仪器方法参数列于表 1 中，并且图 2 展示了如何在 Agilent MassHunter 工作站软件的三重四极杆 MS 方法编辑器中设

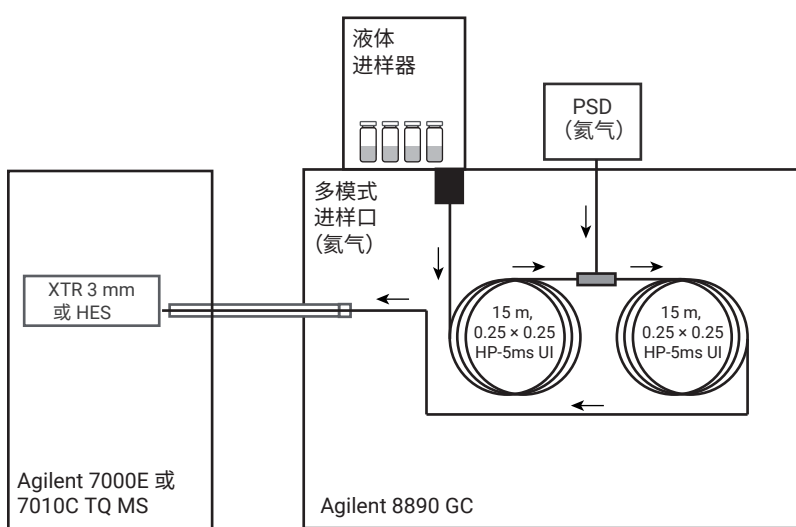


图 1. Agilent 8890/7000E 和 8890/7010C GC/TQ 系统 (A) 和系统配置 (B)

表 1. 用于同步动态 MRM 和扫描 (dMRM/扫描) 农药分析的 Agilent 8890/7000E 和 8890/7010C GC/TQ 条件

参数	值
GC	Agilent 8890, 配备快速升温柱温箱、自动进样器和样品盘
进样口	多模式进样口 (MMI)
模式	不分流
分流出口吹扫流速	60 mL/min, 0.75 min 时开始
隔垫吹扫流速	3 mL/min
隔垫吹扫模式	可切换
进样量	1.0 µL
进样类型	标样
L1 气隙	0.2 µL
载气节省	30 mL/min, 3 min 后开启
进样口温度	60 °C 保持 0.1 min, 然后以 600 °C/min 的速率升温至 280 °C
后运行进样口温度	310 °C
后运行总流速	25 mL/min
载气	氦气
进样口衬管	安捷伦超高惰性 2 mm 浅凹坑衬管, 不分流
进样口衬管部件号	5190-2297
柱温箱	
初始柱温箱温度	60 °C
初始柱温箱温度保持时间	1 min
升温速率 1	40 °C/min
最终温度 1	170 °C
最终温度保持时间 1	0 min
升温速率 2	10 °C/min
最终温度 2	310 °C
最终温度保持时间 2	2.25 min
总运行时间	20 min
后运行时间	1.5 min
平衡时间	0.25 min
色谱柱 1	
类型	Agilent HP-5ms UI, 15 m × 0.25 mm, 0.25 µm (部件号 19091S-431UI-KEY)
控制模式	恒流
流速	1.016 mL/min
进样口连接	多模式进样口 (MMI)
出口连接	PSD (PUU)
PSD 吹扫流速	5 mL/min
后运行流速 (反吹)	-7.873

参数	值
色谱柱 2	
类型	Agilent HP-5ms UI, 15 m × 0.25 mm, 0.25 µm (部件号 19091S-431UI-KEY)
控制模式	恒流
流速	1.216 mL/min
进样口连接	PSD (PUU)
出口连接	MSD
后运行流速 (反吹)	8.202
MSD	
型号	Agilent 7000E 或 7010C
离子源	配备 3 mm 透镜的惰性 Extractor 离子源或高效离子源 (HES)
真空泵	高性能涡轮泵
调谐文件	Atunes.eiex.jtune.xml 或 Atunes.eihs.jtune.xml
溶剂延迟	3 min
四极杆温度 (MS1 和 MS2)	150 °C
离子源温度	280 °C
模式	同步 dMRM/扫描
He 淬灭气体	2.25 mL/min
N ₂ 碰撞气体	1.5 mL/min
MRM 统计结果	
MRM 总数 (dMRM 模式)	614
最短驻留时间 (ms)	6.85
最短循环时间 (ms)	69.8
最大 MRM 并发数	52
电子倍增器电压增益模式	10
全扫描参数	
扫描类型	MS1 扫描
扫描范围	45-450 m/z
扫描时间 (ms)	220
步长	0.1 amu
谱图数据	否
阈值	0

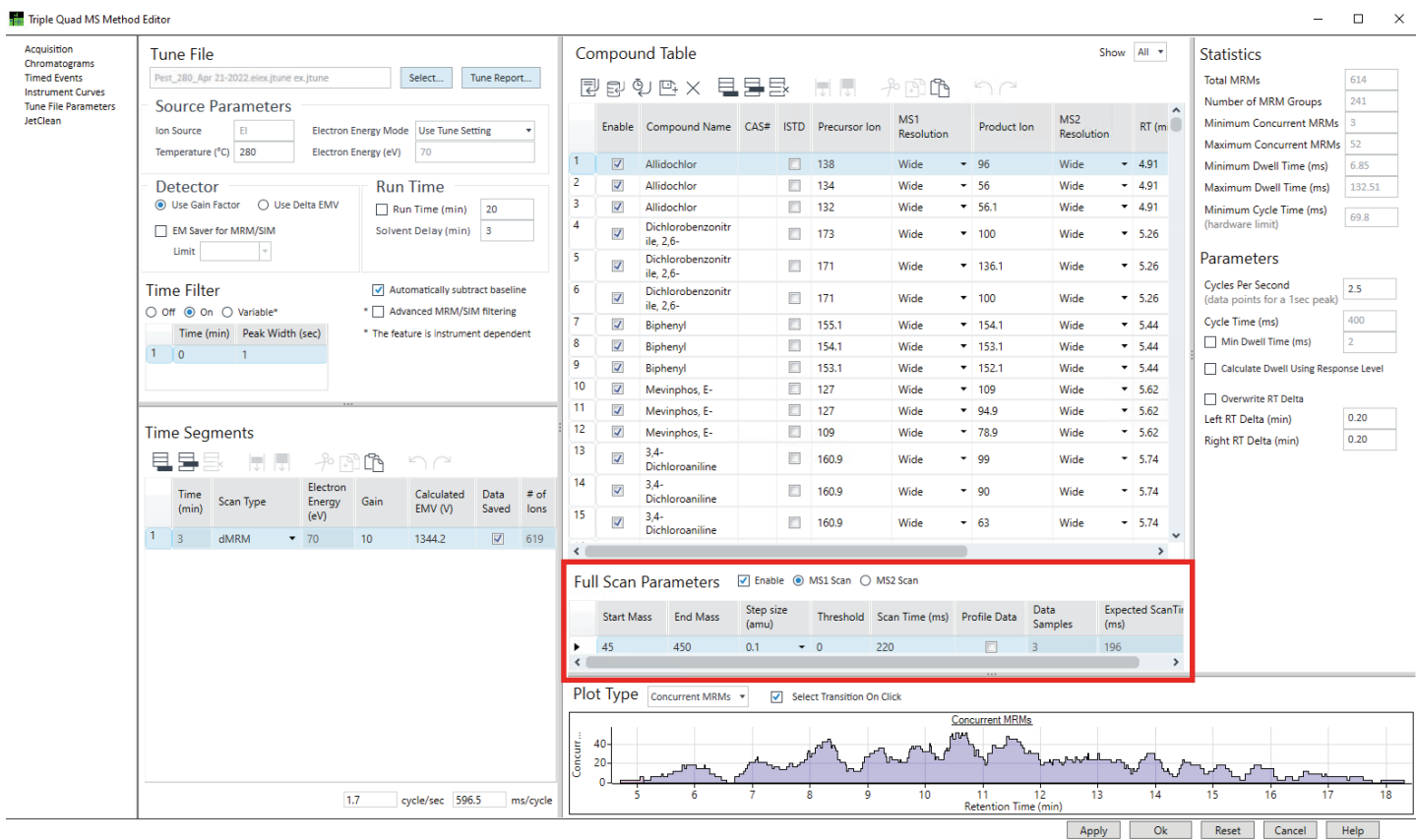


图 2. 三重四级杆 MS 方法编辑器，显示了本研究中用于同步 dMRM/扫描的全扫描采集参数

置 dMRM/扫描模式以及用于样品筛查的推荐参数。有关使用 GC/TQ 进行全扫描数据采集和处理的最佳实践的更多详细信息，请参见应用简报 5994-3859ZHCN^[1]。在 dMRM/扫描模式下的数据采集是通过一次分析运行进行，能够同时进行靶向大组分多目标分析物检测和全扫描数据采集，以实现未知物鉴定和回顾性分析。采集方法使用保留时间锁定，从而匹配 Agilent MassHunter 农药与环境污染物 MRM 数据库 (P&EP 4) 中的保留时间。相较于 dMRM 方法，使用

20 分钟 dMRM/扫描方法所分析得到的数据文件差异大约为 20 MB。例如，使用 dMRM/扫描方法收集的辣椒粉提取物样品的数据文件为 30 MB，其中包括 614 个 MRM 数据和 45–450 m/z 内的全扫描数据。而使用 dMRM 方法分析相同样品所得到的文件大小仅为 11 MB。

该方法数据采集及处理，使用 Agilent MassHunter 工作站 10.1 版或更高版本。

方法的校准性能评估，是基于使用一系列基质匹配校准标样（范围从 0.1–1000 ppb (w/v)，包括 0.1、0.5、1、5、10、50、

100、250、500、1000 和 5000 ppb)。基质匹配校准样品的制备，则是使用了气相色谱多残留农药试剂盒 (Restek, Bellefonte, PA, USA)，该试剂盒包含受 FDA、USDA 及全球其他政府机构监管的 203 种化合物。方法使用标准品 α -BHC-d6（最终浓度为 20 ppb）作为目标农药定量分析的内标 (Agilent Bond Elut QuEChERS 内标编号 6，部件号 PPS-610-1)。所有校准曲线均采用 1/x 作为加权因子。

样品前处理

样品前处理工作流程图如图 3 所示。样品前处理主要包括两个步骤：利用传统的 QuEChERS 萃取进行样品萃取，然后进行 Agilent Captiva EMR 通过式净化。针对各种基质的不同复杂程度，使用不同的 Captiva EMR 产品。Captiva EMR-HCF1（部件号 5610-2088）小柱用于高叶绿素含量的新鲜基质菠菜样品。Captiva EMR-LPD（部件号 5610-2092）用于色素含量低但属于油性干性基质的核桃样品。Captiva EMR-GPD（部件号 5610-2091）用于非常复杂的干性基质辣椒粉。使用安捷伦正压 48 孔处理装置（PPM-48；部件号 5191-4101）进行

Captiva EMR 通过式净化处理。新的样品前处理工作流程展示了一种更简便的程序，改善了样品基质去除效果和目标物定量分析的数据质量。图 3 展示了样品前处理工作流程。有关样品前处理工作流程的更多详细信息，请参见应用简报 5994-4965ZHCN^[3]。

结果与讨论

在同步 dMRM/扫描模式下采集的数据可以提供图 4 中列出的几项重要功能。

相较于传统 GC/MS/MS 分析中 dMRM 数据的采集模式（在图 4 中以绿色突出显示），该方法对于 dMRM 数据的处理和使用保持不变。而同步采集全扫描数据提供

了三项附加功能，在图 4 中以蓝色突出显示。

在全扫描模式下评估基质

首先，在全扫描数据采集模式下执行基质筛查有助于评估离子源内的基质负载。应用简报 5994-4965ZHCN^[3] 介绍了在全扫描模式下分析样品基质的重要性。通过该分析，用户可以评估总离子流色谱图 (TIC) 的绝对丰度，对于 GC/TQ，建议其响应不超过 7×10^7 。在全扫描模式下评估 TIC 可以表明，EI 离子源可能在某一保留时间处发生基质过载。离子源过载可能导致共洗脱分析物的灵敏度和定量准确度下降。

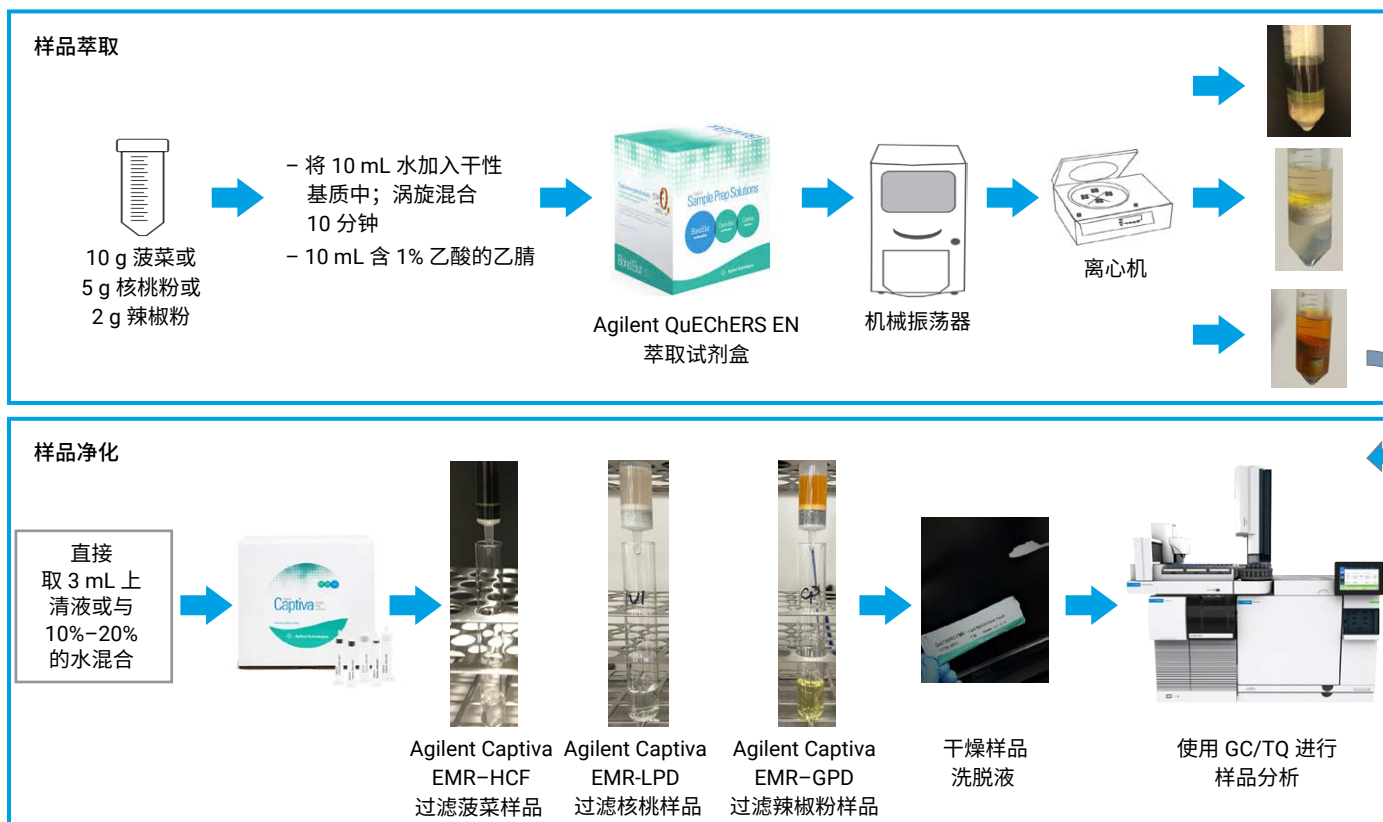


图 3. 样品前处理流程图，包括传统的 QuEChERS 萃取，然后进行 Captiva EMR 通过式净化

在分析的三种基质中，辣椒粉的基质背景最高，扫描模式下的 TIC 中响应超过 7×10^7 ，如图 5C 所示。另外，图 5C 下方的 MRM TIC 显示，与菠菜和核桃提取物相比，辣椒粉提取物中更多 MRM 离子对受到干扰或具有更高的背景。这表明在评估灵敏度和动态范围时，方法对辣椒粉基质中洗脱时间在 11 分钟至 12.5 分钟之间的农药分析性能将会受到影响。

例如，于 11.273 分钟洗脱的目标物硫丹 I (α -硫丹)，在辣椒粉基质中只能从 5 ppb 开始定量。但是，在菠菜和核桃提取物中，硫丹 I 的定量浓度都可以低至 0.1 ppb，不管是使用 7000E 还是 7010C GC/TQ 系统。通过对全扫描模式下的 TIC 的评估表明，相较于另外两种基质，辣椒粉基质存在更多与硫丹 I 共洗脱的基质干扰物。然而，于 12.291 分钟时洗脱的立体异构体硫丹 II (β -硫丹)，则可以在所有三种基质中都达到低至 0.1 ppb 的定量检测，这是因为来自辣椒粉基质的共洗脱组分较少。

一次分析运行

- 在全扫描模式下评估基质
- 鉴定未知物和回顾性分析
- 使用谱库匹配得分确认目标物

扫描

- 使用 MRM 定量离子、定性离子和保留时间确认目标物
- 使用 dMRM 进行定量分析时，其灵敏度和动态范围与常规的 dMRM 分析相当

dMRM

图 4. 在一次分析运行中使用同步 dMRM/扫描数据采集模式实现的功能

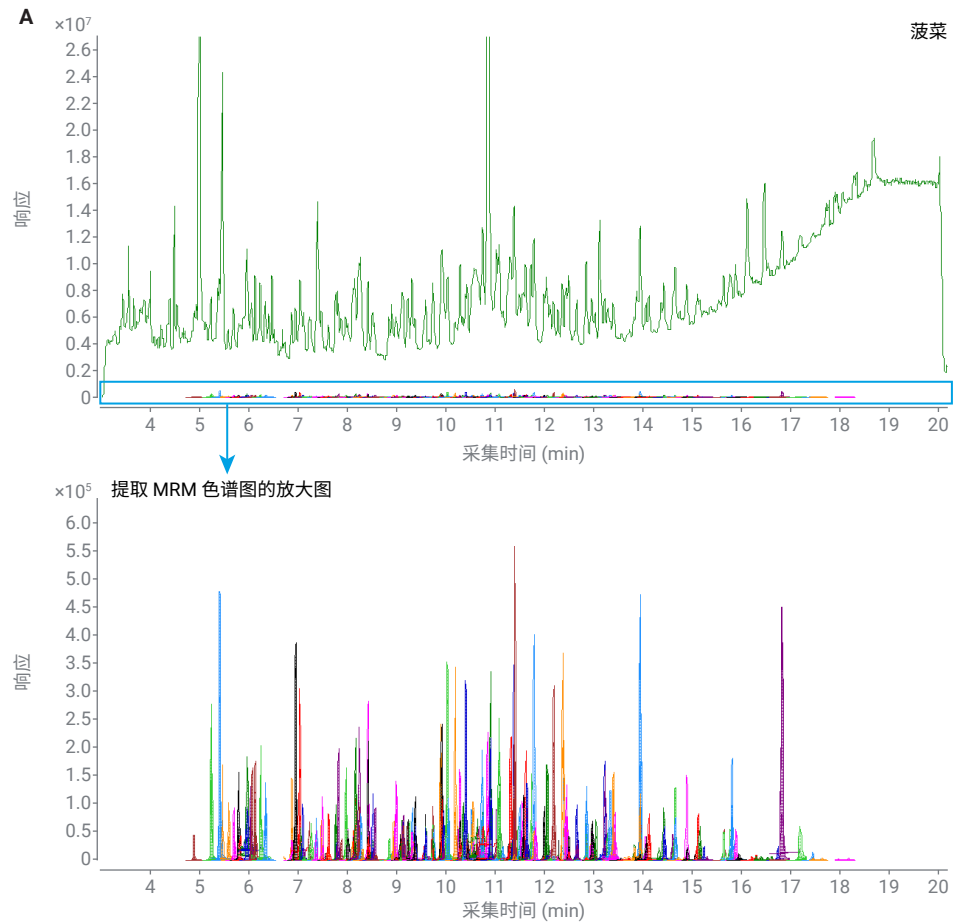


图 5A. 在同步 dMRM/扫描数据采集模式下采集的菠菜提取物的扫描（上图）和 dMRM（底部放大图）TIC

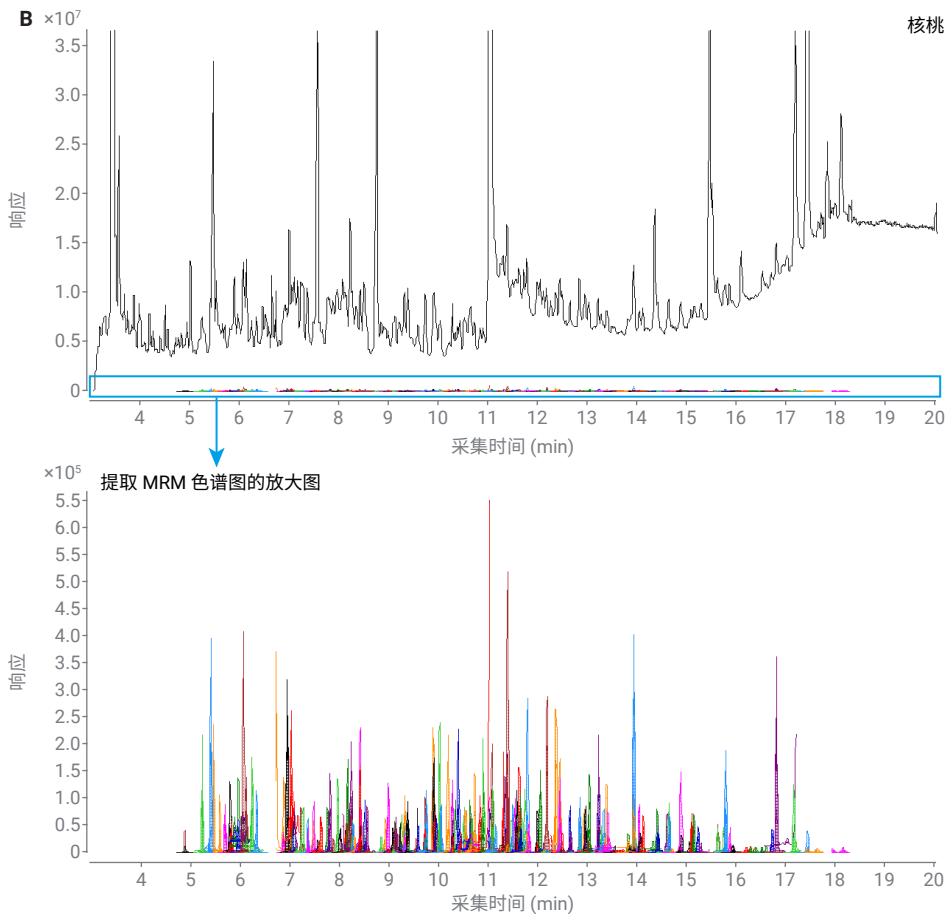


图 5B. 在同步 dMRM/扫描数据采集模式下采集的核桃提取物的扫描（上图）和 dMRM（底部放大图）TIC

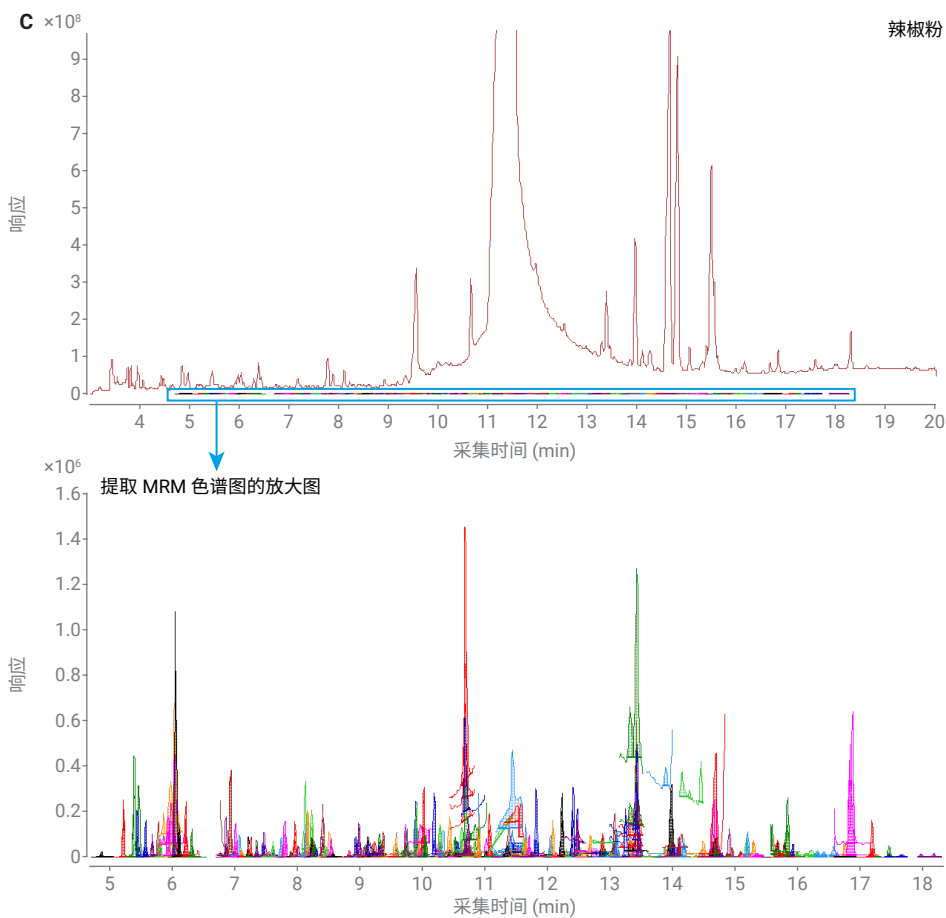


图 5C. 在同步 dMRM/扫描数据采集模式下采集的辣椒粉提取物的扫描（上图）和 dMRM（底部放大图）TIC

辣椒粉

鉴定未知物和回顾性分析

同步 dMRM/扫描数据采集模式可以采集并存储所分析的每个样品的全扫描数据。全扫描数据提供了通过谱图解卷积和基于 GC/MS 标准谱图数据库（例如 NIST）的组分搜索来进行化合物的筛查。这项功能对于回顾性分析非常有用，无需再重新分析样品。

USDA 发布的 2016 年农药数据项目年度总结^[4]显示，在分析的 707 个菠菜样品中，在其中一个样品中检出氯苯胺灵，而 EPA 未规定这种除草剂在菠菜中的容许浓度^[5]。由于氯苯胺灵没有规定的容许浓度，因此在分析菠菜样品时，该化合物很可能没有包括在 GC/MS/MS 方法的目标物列表中。图 6 表明，使用 MassHunter 未知物分析软件以及基于保留时间锁定农药谱库的筛查工作流程，我们在菠菜 QuEChERS 提取物中鉴定出氯苯胺灵。在本研究中，我们将氯苯胺灵加标到菠菜基质中，从而验证使用 dMRM/扫描数据采集模式采集的全扫描数据用于鉴定该化合物的能力。使用 7000E 和 7010C GC/TQ 系统，方法成功鉴定出菠菜 QuEChERS 提取物中浓度为 50 ppb 及以上的氯苯胺灵。

图 6 为菠菜提取物中加标浓度为 100 ppb 的农药混合物的筛查结果。氯苯胺灵是鉴定出的组分之一，并在组分表中以蓝色突出显示。谱库匹配得分 (LMS) 为 72，且获得的保留时间与谱库提供的保留时间之间的差值为 0.009 分钟。图 6 中的右下图显示了 MassHunter 未知物分析软件中匹

配结果的谱图信息。原始质谱图显示在右下方，镜像图比较了解卷积质谱图与谱库谱图。右上方的放大色谱图以红色突出显示了与氯苯胺灵对应的组分。鉴定出的其他组分以绿色显示，且 TIC 扫描图谱以黑色显示。

请注意，鉴定出的一些化合物（例如甲草胺、艾氏剂和唑草酮）具有较低的 LMS (< 60)。然而，较小的保留时间差值和质谱图中存在的特有离子提高了鉴定结果的可信度。

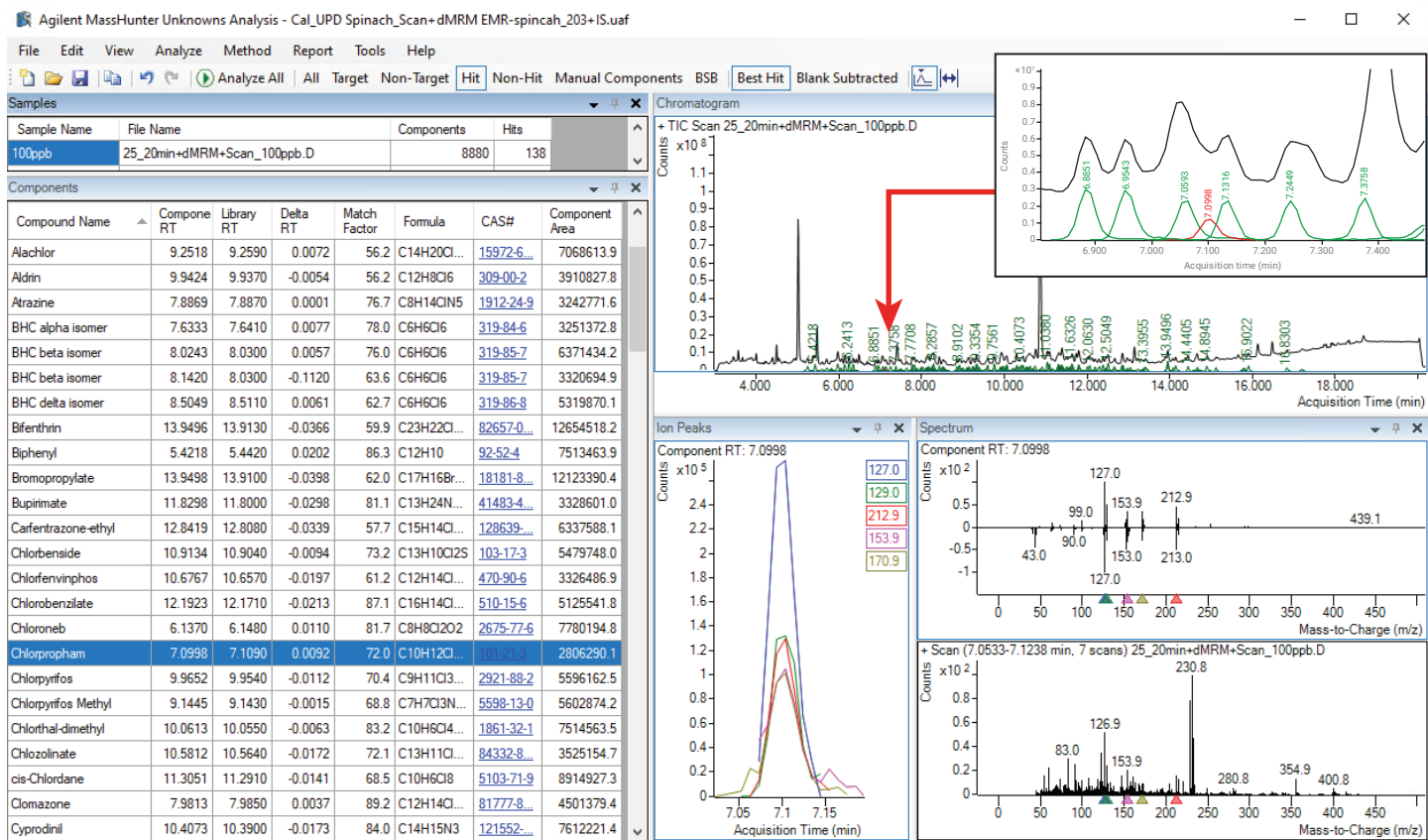


图 6. 加标有 100 ppb 的农药混合物的菠菜提取物在保留时间锁定谱库中的部分搜索结果列表。在组分表中选中氯苯胺灵，其提取离子色谱图和相应的谱图信息显示在右下方。数据使用 7000E GC/TQ 在同步 dMRM/扫描模式下采集得到

使用标谱数据库匹配得分确认目标物

与 dMRM 数据同时采集的扫描数据所实现的第三项功能是通过 LMS 确认目标物。此功能可以提高化合物鉴定的可信度，这在报告定量结果超过其 MRLs 的化合物时尤为重要。例如，如果用 dMRM 定量分析得到的化合物浓度超过其 MRL，则可以评估扫描数据以进一步确认该结果。

表 2 列出了几种加标到辣椒粉提取物中的农药，这几种农药在非柿子椒辣椒粉和适用于辣椒粉的香料中都有规定的容许浓度。在 10 种化合物中，使用 7000E GC/TQ 基于谱图匹配鉴定出 8 种化合物的浓度低于或等于规定的 MRL（在表 2 中以绿色突出显示）。

图 7 显示了辣椒粉中 100 ppb 的联苯菊酯（图 7A）、毒死蜱（图 7B）和异丙甲草胺（图 7C）来自 MassHunter 未知物分析软件筛查分析的解卷积质谱图与标准谱图的镜像对比图。使用扫描数据可以在浓度低于 MRL 的水平下鉴定这些农药。它们在表 2 中以粗体显示。100 ppb 和规定的 MRL 水平下的 LMS 值如图 7 所示。通常，LMS 值低于 65 将触发对匹配结果的检查。如果仅根据波谱图匹配，LMS < 65 的匹配结果可能会被剔除。例如，对于联苯菊酯和毒死蜱，有三种主要离子的比率比较准确，并且保留时间与 RTL 谱库中保留时间的差值在 0.074 分钟和 0.033 分钟范围内。此结果符合预期的离子比以及十分接近的 RT，从而增加了化合物鉴定结果的可信度。

表 2. 加标到辣椒粉提取物中的具有规定的 MRLs 的农药以及使用 7000E GC/TQ 在同步 dMRM/扫描模式下鉴定这些农药所需的浓度

电子版美国联邦法规 (eCFR)	食品	化合物	容许浓度/MRL (ppb)	7000E GC/TQ 的扫描鉴定限值 (ppb)
180.442	辣椒粉 (非柿子椒)	联苯菊酯	500	100
180.515	草药和香料, 第 19 组	唑草酮	2000	250
180.342	辣椒粉	毒死蜱	1000	50
180.425	辣椒粉	异恶草松	50	50
180.436	辣椒粉	氟氯氰菊酯和 β-氟氯氰菊酯	500	1000
180.153	辣椒粉	二嗪农	500	250
180.182	辣椒粉	硫丹	2000	500
180.516	草药和香料, 第 19 组	咯菌腈	20	5000
180.111	辣椒粉	马拉硫磷	8000	250
180.368	辣椒粉 (非柿子椒)	异丙甲草胺	500	100

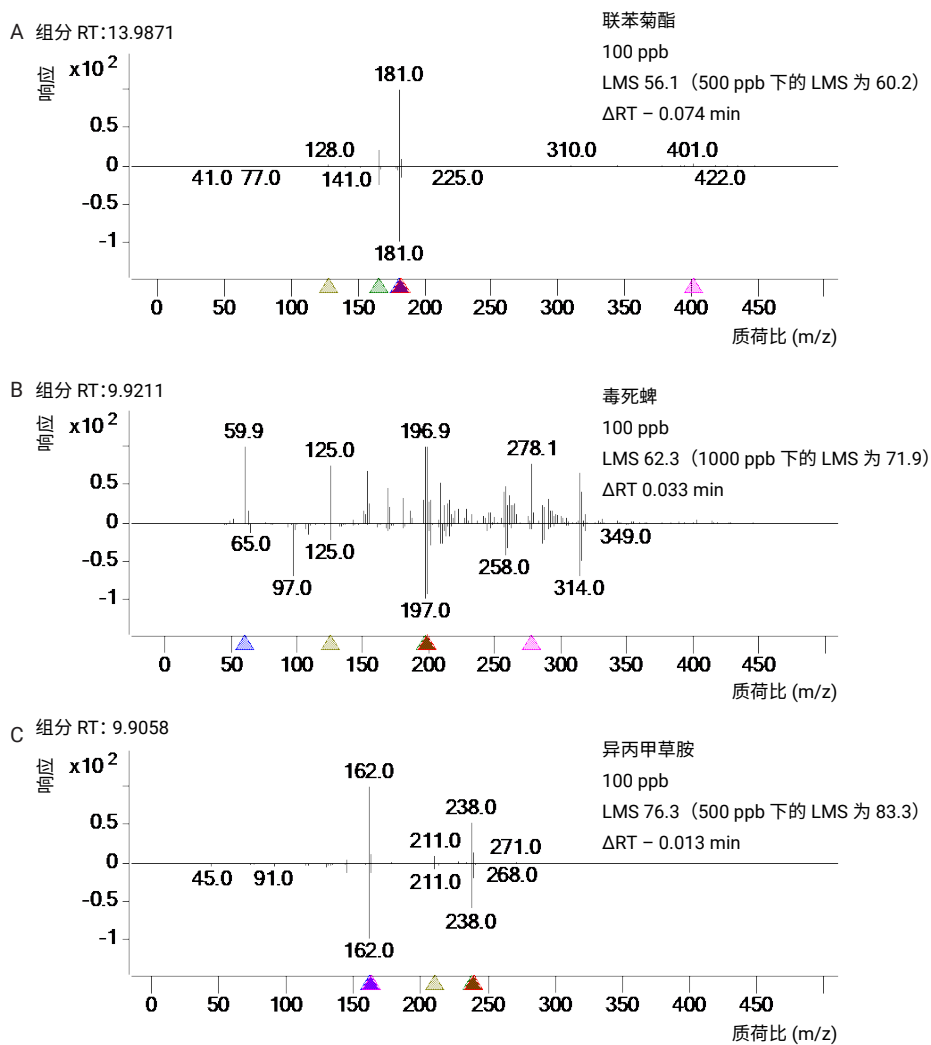


图 7. 使用 Agilent 7000E GC/TQ 并采用同步 dMRM/扫描数据采集模式，基于谱库匹配得分对辣椒粉中加标浓度为 100 ppb 的联苯菊酯 (A)、毒死蜱 (B) 和异丙甲草胺 (C) 进行谱图确认

使用在同步 dMRM/扫描模式下采集的 dMRM 进行农药定量分析

图 8 比较了在辣椒粉中规定了 MRL 的三种农药的定量分析结果，包括使用 7000E GC/TQ 在同步 dMRM/扫描和仅 dMRM 数

据采集模式下对样品进行分析。定量离子和定性离子 MRM 色谱图在 0.1 ppb 时表现出相媲美的灵敏度，虽然在 dMRM/扫描模式下观察到了预期中轻微的灵敏度下降，这是由于同步扫描导致驻留时间缩

短。对于辣椒粉基质匹配校准标样，使用两种采集方法在 0.1–5000 ppb 范围内均获得了优异的校准线性。MRL 水平下的定量准确度如图所示。

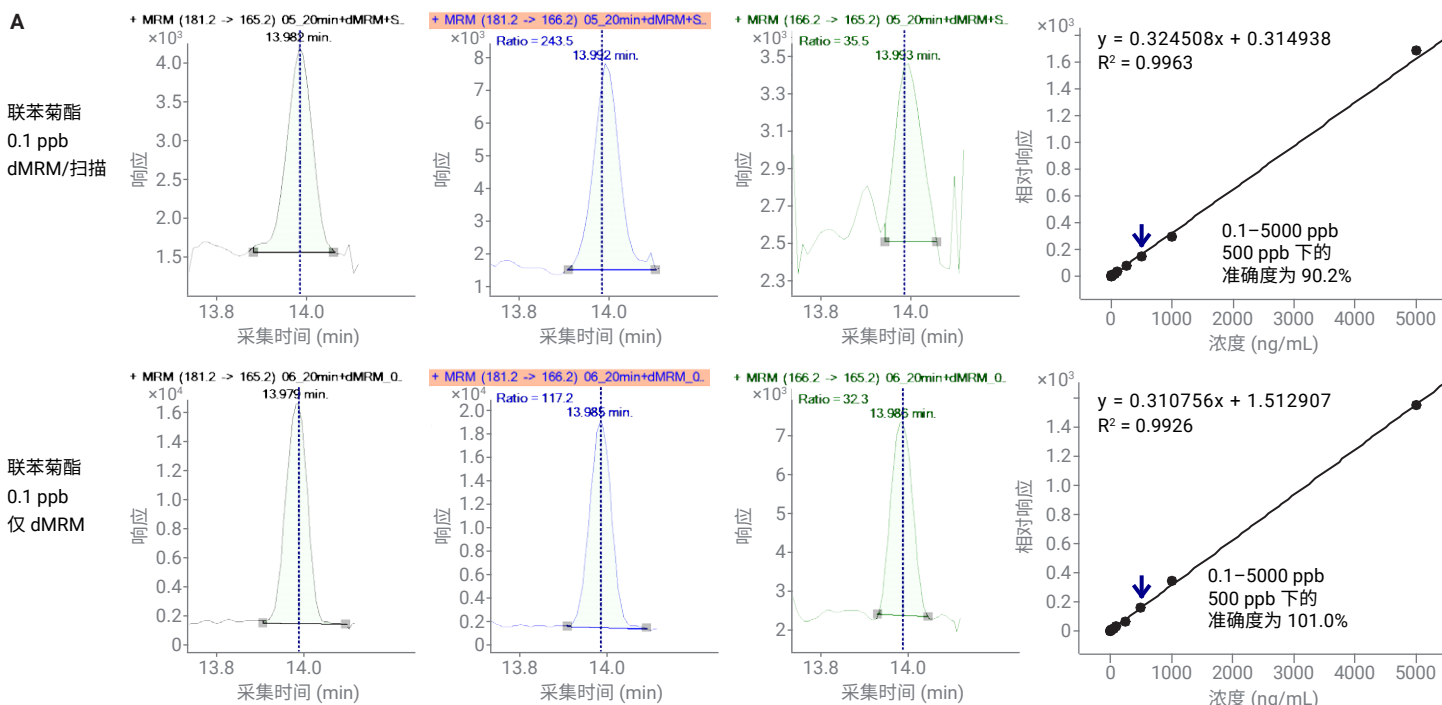


图 8A. 使用 Agilent 7000E GC/TQ 在同步 dMRM/扫描和仅 dMRM 数据采集模式下得到的辣椒粉中加标浓度为 100 ppb 的联苯菊酯的定量离子和定性离子谱图以及 0.1–5000 ppb 范围内的基质匹配校准曲线

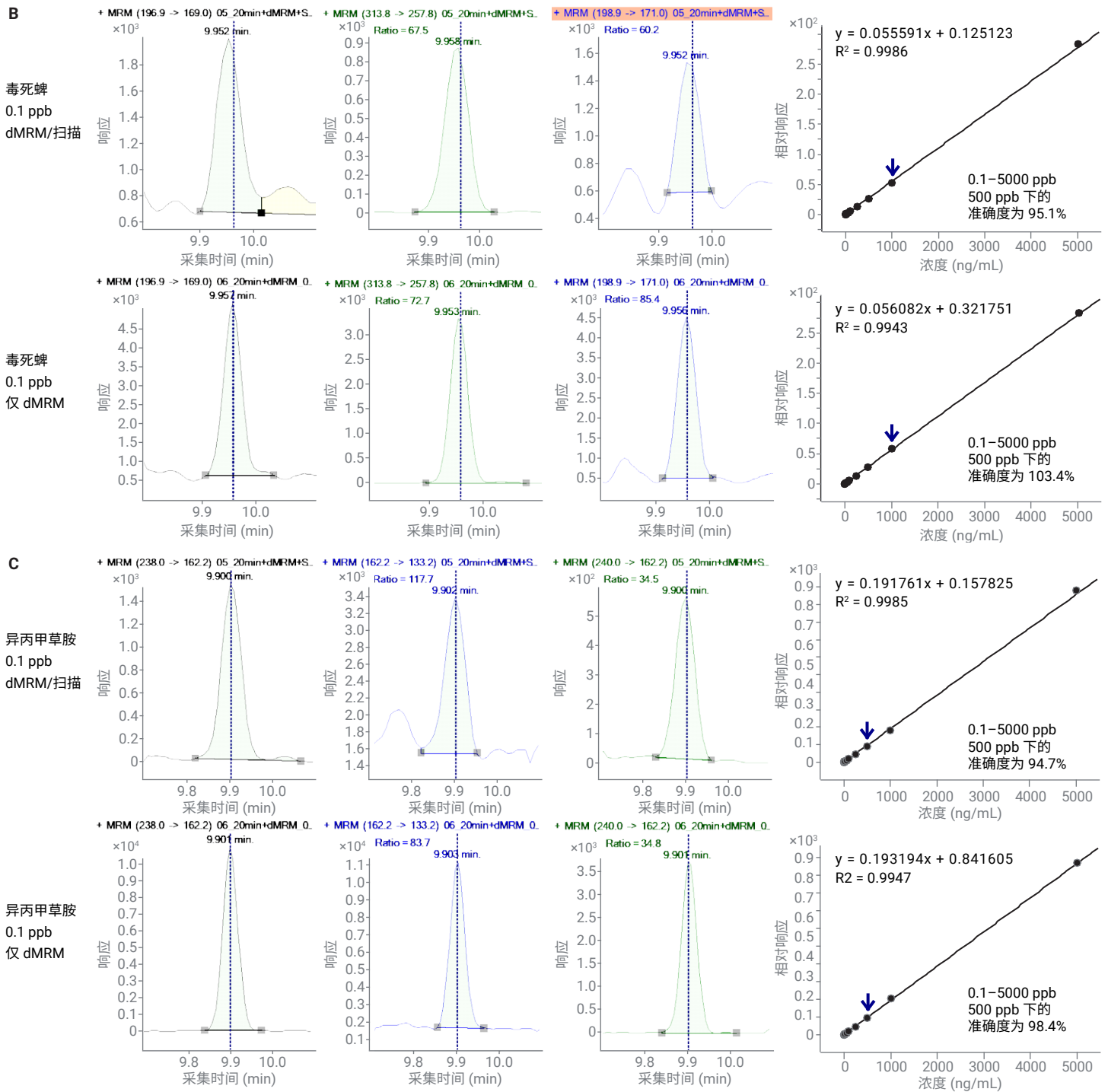


图 8B,C. 使用 Agilent 7000E GC/TQ 在同步 dMRM/扫描和仅 dMRM 数据采集模式下得到的辣椒粉中加标浓度为 100 ppb 的毒死蜱 (B) 和异丙甲草胺 (C) 的定量离子和定性离子谱图以及 0.1–5000 ppb 范围内的基质匹配校准曲线

图9中汇总了使用7000E和7010C GC/TQ系统分析菠菜、核桃和辣椒粉提取物中的203种农药时，通过在同步dMRM/扫描模式下采集的dMRM数据得到的校准性能。图中给出了成功满足相关系数 $R^2 > 0.99$ 的化合物数量，以及校准拟合方法（线性拟合或二次拟合）和校准范围。校准结果和方法灵敏度与应用简报5994-4965 ZHCN^[3]中使用常规dMRM数据采集模式获得的结果相当。

与预期一致，考虑到建议的高效离子源(HES)载样量为每种分析物不超过1 ng，与7000E相比，7010C的校准上限较低(7000E为5000 ppb, 7010C为1000 ppb)。然而，使用7010C实现的校准范围高达四个数量级，并且对大多数分析的化合物可实现线性拟合。配备HES的7010C GC/TQ具有出色的灵敏度，即便在低浓度下也能获得高信噪比(S/N)，能够准确定量浓度低于0.1 ppb的分析物。但由于相关食品中受监管农药的MRL并未要求在0.1 ppb以下进行定量，因此本研究无需这种水平的灵敏度。或者，在使用7010C GC/TQ进行分析之前，可以进一步稀释MRL高于1000 ppb的样品。即使对于稀释样品，HES也能在LOQ水平下保持高灵敏度。

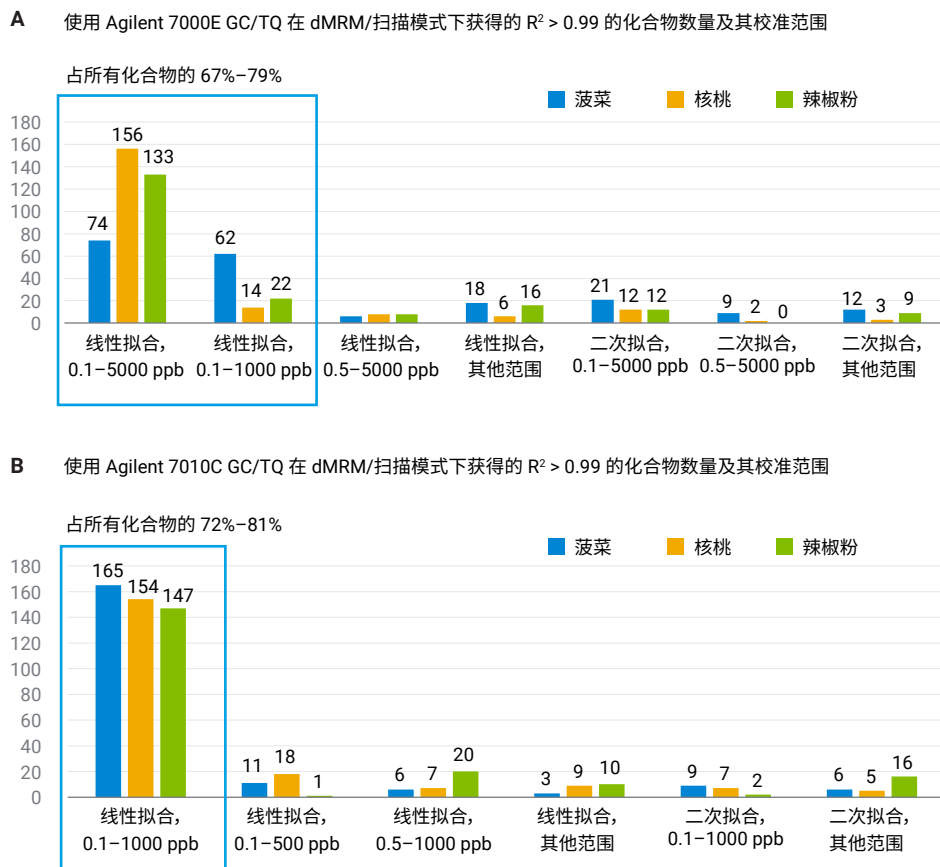


图9. 使用 Agilent 7000E (A) 和 Agilent 7010C (B) GC/TQ 分析菠菜、核桃和辣椒粉 QuEChERS 提取物中的 203 种农药时的校准性能。图中显示了化合物的数量及其校准范围

结论

本应用简报介绍了使用 Agilent 8890/7000E 和 8890/7010C 三重四极杆气质联用系统 (GC/TQ)，在新型同步 dMRM/扫描数据采集模式下对复杂食品基质中的农药进行可靠的鉴定和定量分析。同步 dMRM/扫描模式无需在各数据采集模式下单独重新分析样品。此模式支持回顾性分析，并且与仅 dMRM 模式具有相媲美的定量性能。

在同步 dMRM/扫描模式下采集的数据可以提供以下几项重要功能，包括：

- 在全扫描模式下评估基质
- 鉴定未知物和回顾性分析
- 使用标谱数据库匹配得分确认目标物
- 使用 MRM 定量离子、定性离子和保留时间确认目标物
- 使用 dMRM 进行定量分析，其灵敏度和动态范围与常规的 dMRM 分析相当

本应用简报展示了使用所采集的菠菜、核桃和辣椒粉提取物的扫描数据评估基质空白，并使用 MassHunter 未知物分析软件基于谱图解卷积进行筛查。扫描数据还能够鉴定无规定的容许浓度的化合物，这些化合物在利用靶向 GC/TQ dMRM 方法进行鉴定时可能会被遗漏。扫描数据还可以用于确认靶向 dMRM 方法中包含的具有规定容许浓度的化合物的鉴定结果，如辣椒粉样品所示。最后，其方法灵敏度和校准性能与常规 dMRM 方法相当，使同步 dMRM/扫描成为在一次分析运行中进行可靠的定量分析和化合物鉴定的有吸引力的工具。

参考文献

1. Andrianova, A.; Quimby, B. 半挥发性有机化合物的全扫描定量分析，*安捷伦科技公司应用简报*，出版号 5994-3859ZH-CN，**2021**
2. Andrianova, A.; Quimby, B.; Westland, J. 使用谱库搜索解卷积谱图对草莓中容许浓度的农药进行 GC/MSD 筛查，*安捷伦科技公司应用简报*，出版号 5994-0915ZH-CN，**2019**
3. Andrianova, A.; Zhao, L. 使用 GC/MS/MS 分析复杂食品基质中的 200 多种农药时实现超高性能的五个关键因素，*安捷伦科技公司应用简报*，出版号 5994-4965ZH-CN，**2022**
4. Pesticide Data Program. Annual Summary, Calendar Year **2016**. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/2016PDPAnnualSummary.pdf>. 2022 年 7 月 7 日访问
5. Index to Pesticide Chemical Names, Part 180 Tolerance Information, and Food and Feed Commodities (by Commodity), *US EPA*, December 12, **2012**. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-01/documents/tolerances-commodity.pdf> 2022 年 4 月 28 日访问

查找当地的安捷伦客户中心：

www.agilent.com/chem/contactus-cn

免费专线：

800-820-3278, 400-820-3278 (手机用户)

联系我们：

LSCA-China_800@agilent.com

在线询价：

www.agilent.com/chem/erfq-cn

www.agilent.com

DE11973829

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技 (中国) 有限公司, 2022
2022 年 9 月 14 日, 中国出版
5994-4966ZH-CN