

测定烟草中的 300 多种农药

使用 Agilent Captiva EMR-LPD 通过式净化与
LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 检测

作者

Limian Zhao
安捷伦科技有限公司

摘要

本应用简报介绍了用于分析烟草中农药残留的多组分分析方法的开发与优化。该方法包括使用 Agilent Bond Elut QuEChERS EN 萃取试剂盒进行样品萃取，随后使用 Agilent Captiva 增强型基质去除-低色素含量干性基质 (EMR-LPD) 进行通过式净化，然后进行 LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 分析。新开发的方法在分析烟草中的大量农药时表现出高基质去除率和可接受的目标分析物定量结果，不合格率非常低。在烟草的分析中，300 多种适合 LC 和 GC 分析的农药获得了优异的方法定量结果，超过 95% 的目标分析物平均回收率为 70%–120%，且超过 98% 的目标分析物平均 RSD 低于 20%。通过干燥残渣重量进行基质去除评估，结果表明，烟草粉共萃取物的去除率约为 60%。通过式净化被证明是一种省时省力的简单方法。

前言

烟草是一种重要经济作物，消费范围遍及全球。种植者为了保持作物质量和产量，会在种植、储存和运输过程中施用农药防治病虫害。公众因消费烟草而暴露于农药的问题已经在全球范围内引起高度关注。因此，监测烟草中的农药残留需要采用可靠的分析方法进行安全性评估，以符合 CORESTA 规定的指导性残留限量 (GRLs)^[1]。

烟草是一种复杂的干性基质，含有多种成分，包括碳水化合物、蛋白质、脂肪酸、蜡质、色素、生物碱和尼古丁^[2,3]。复杂的基质使样品前处理难以同时实现多组分农药萃取和基质去除。常用的样品前处理方法包括使用 QuEChERS 或改进 QuEChERS 萃取，随后进行分散式 SPE 净化^[4,6]。

配备 Carbon S 小柱的 Captiva EMR 采用通过式净化方法进行快速高效的样品基质去除。Captiva EMR-普通色素干性基质 (EMR-GPD) 和 EMR-低浓度色素干性基质 (EMR-LPD) 小柱尤其适用于复杂的植物干性基质。两种小柱均包含安捷伦独特的吸附剂 Carbon S 和 Captiva EMR-Lipid，并以优化的配方与 N-丙基乙二胺 (PSA) 和 C18 混合。Captiva EMR-Lipid 吸附剂可提供高选择性和高效脂质去除，而 PSA 吸附剂则可高效去除脂肪酸和其他酸，Carbon S 吸附剂可高效去除色素，EC-C18 可进一步净化疏水基质。混合配方经过精心开发和优化，为具有不同水平色素成分的复杂干性基质提供了更出色的基质去除率与目标分析物回收率之间的平衡。对于普通色素干性基质，通常推荐使用 Captiva EMR-GPD，而对于低浓度色素干性基质，则建议使用 Captiva EMR-LPD。

本研究开发出一种在 QuEChERS 萃取后使用 Captiva EMR-LPD 通过式净化的样品前处理方法，用于对烟草中的 300 多种常见农药进行 LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 分析。还对该新型净化方法与传统的分散式 SPE (dSPE) 净化进行了全面比较。

实验部分

化学品与试剂

农药标准品和内标 (IS) 以混标储备液的形式购自安捷伦科技公司 (货号 5190-0551) 和 Restek (Bellefonte, PA, U.S.A.)，或以单标储备液或粉末的形式购自 Sigma-Aldrich (St Louis, MO, U.S.A.)。HPLC 级乙腈 (ACN) 购自 Honeywell (Muskegon, MI, U.S.A.)。试剂级乙酸、乙酸铵和氟化铵也购自 Sigma-Aldrich。

溶液与标准品

用 1:1 ACN/水或 ACN 配制浓度为 10 µg/mL 的标样加标溶液 (包括 LC 和 GC 标样加标溶液) 和 IS 加标溶液，并在 -20 °C 的冰箱中保存。标样和 IS 加标溶液使用前在室温下彻底解冻并涡旋，使用后重新放回原处储存。

在 990 mL 乙腈中加入 10 mL 冰乙酸，制备含 1% 乙酸的乙腈萃取溶剂，并于室温下储存。

仪器与材料

LC/MS/MS 研究使用 Agilent 1290 Infinity 液相色谱与 Agilent 6490 三重四极杆 LC/MS 的联用系统。1290 Infinity 液相色谱系统包括 Agilent 1290 Infinity 二元泵 (G4220A)、Agilent 1290 Infinity 自动进样器 (G4226A) 和 Agilent 1290 Infinity 柱温箱 (G1316C)。联用的 6490 三重四极杆 LC/MS 配备安捷伦喷射流电喷雾离子源。采用 Agilent MassHunter Workstation 软件进行数据采集和分析。

GC/MS/MS 研究使用 Agilent 8890 GC 与 Agilent 7000E 三重四极杆 GC/MS 系统 (GC/TQ)。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)。使用由安捷伦吹扫 Ultimate 接头 (PUU) 连接的两根相同的 15 m 柱实现柱中反吹配置，并由 Agilent 8890 气路反吹模块 (PSD) 控制。有关 GC/TQ 配置，请参见 Andrianova 撰

写的安捷伦应用简报^[7]。在动态 MRM (dMRM) 模式下采集数据。采集方法为保留时间锁定法，以匹配 Agilent MassHunter 农药与环境污染物 MRM 数据库 (P&EP 4) 中的保留时间，该数据库用于无缝创建 MS 方法。采用 MassHunter Workstation 软件进行数据采集和分析。

样品前处理中使用的其他仪器包括：Centra CL3R 离心机 (Thermo IEC, MA, U.S.A.)、Geno/Grinder (SPEX, NJ, U.S.A.)、Multi Reax 试管振荡器 (Heidolph, Schwabach, Germany)、移液管和重复用移液器 (Eppendorf, NY, U.S.A.)、安捷伦正压 48 孔处理装置 (PPM-48) (货号 5191-4101)、Agilent Bond Elut QuEChERS EN 萃取试剂盒 (货号 5982-5650)、Agilent Captiva EMR-LPD 小柱，6 mL (货号 5610-2092)、Agilent Bond Elut QuEChERS EMR-Lipid 除脂萃取盐包、3.5 g 无水 MgSO₄ (货号 5982-0102) 以及陶瓷均质子，50 mL 管，100/包 (货号 5982-9313)。

仪器条件

表 1 列出了 LC/MS/MS 条件。有关目标分析物的动态多反应监测 (dMRM) 参数，请参见 Zhao 的应用简报^[8]。表 2 列出了 GC/MS/MS 条件。有关目标分析物的 dMRM 参数，请参见 Agilent MassHunter 农药与环境污染物 MRM 数据库 (P&EP 4) (部件号 G9250AA)。

图 1 显示了采用 QuEChERS EN 萃取，然后用 Captiva EMR-LPD 净化制备的浓度为 100 ng/g 的加标烟草粉样品中目标农药的典型 MRM 色谱图。

表 1. 采用 Agilent 1290 Infinity LC 和 Agilent 6490 三重四极杆 LC/MS 系统的 LC/MS 方法条件

参数	数值												
液相色谱条件													
色谱柱	Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18 色谱柱，2.1 × 100 mm, 1.8 μm (货号 959758-902) Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18, UHPLC 保护柱，2.1 × 5 mm, 1.8 μm (货号 821725-901)												
流速	0.3 mL/min												
柱温	40 °C												
进样量	2 μL												
流动相	A: 含 0.125% 甲酸、10 mmol/L 甲酸铵、0.5 mmol/L 氟化铵的水溶液 B: 含 0.125% 甲酸、10 mmol/L 甲酸铵、0.5 mmol/L 氟化铵的 95:5 乙腈:水溶液												
进样针清洗	含 0.2% 甲酸的 1:1:1 乙腈:甲醇:异丙醇:水溶液												
梯度	<table border="1"> <thead> <tr> <th>时间 (min)</th> <th>%B</th> <th>流速 (mL/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0</td> <td>15</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>6.0</td> <td>95</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>8.01</td> <td>100</td> <td>0.3</td> </tr> </tbody> </table>	时间 (min)	%B	流速 (mL/min)	0.0	15	0.3	6.0	95	0.3	8.01	100	0.3
时间 (min)	%B	流速 (mL/min)											
0.0	15	0.3											
6.0	95	0.3											
8.01	100	0.3											
停止时间	10 min												
后运行时间	2.3 min												
质谱条件													
电离模式	电喷雾电离 (ESI)												
气体温度	120 °C												
气体流速	20 L/min												
雾化器	40 psi												
鞘气温度	225 °C												
鞘气流速	11 L/min												
毛细管电压	4500 V (正离子和负离子模式)												
喷嘴电压	0 V (正离子和负离子模式)												
iFunnel 参数	高压 RF: 150 V (正离子模式), 90 V (负离子模式) 低压 RF: 60 V (正离子模式), 60 V (负离子模式)												
极性	正离子和负离子，参见参考文献 1 中的表 4。												

表 2. 采用 Agilent 8890 GC 和 Agilent 7000E 三重四极杆 GC/MS 系统的 GC/MS/MS 方法条件

参数	数值	参数	数值
色谱柱	Agilent HP-5ms UI, 15 m × 0.25 mm, 0.25 μm 膜厚度 (货号 19091S-431UI-KEY)	运行时间	20 分钟
载气	氦气	反吹条件	1.5 min 后运行 310 °C 柱温箱 后运行总流速 25 mL/min
色谱柱 1 流速	1.016 mL/min	传输线温度	280 °C
色谱柱 2 流速	1.216 mL/min	离子源	配备 3 mm 透镜的惰性 Extractor 离子源, 280 °C
进样量	1 μL 冷柱头不分流	真空泵	高性能涡轮泵
进样口衬管	安捷伦超高惰性 2 mm 浅凹坑衬管 (货号 5190-2297)	四极杆温度	150 °C
MMI 升温程序	60 °C (保持 0.1 min), 以 600 °C/min 升至 280 °C 并保持	数据监测	动态 MRM 模式 (dMRM)
柱温箱升温程序	60 °C (保持 1 min); 以 40 °C/min 升至 170 °C, 然后以 10 °C/min 升至 310 °C 并保持 2.25 min	电子倍增器电压增益因子	10
		溶剂延迟	3 min

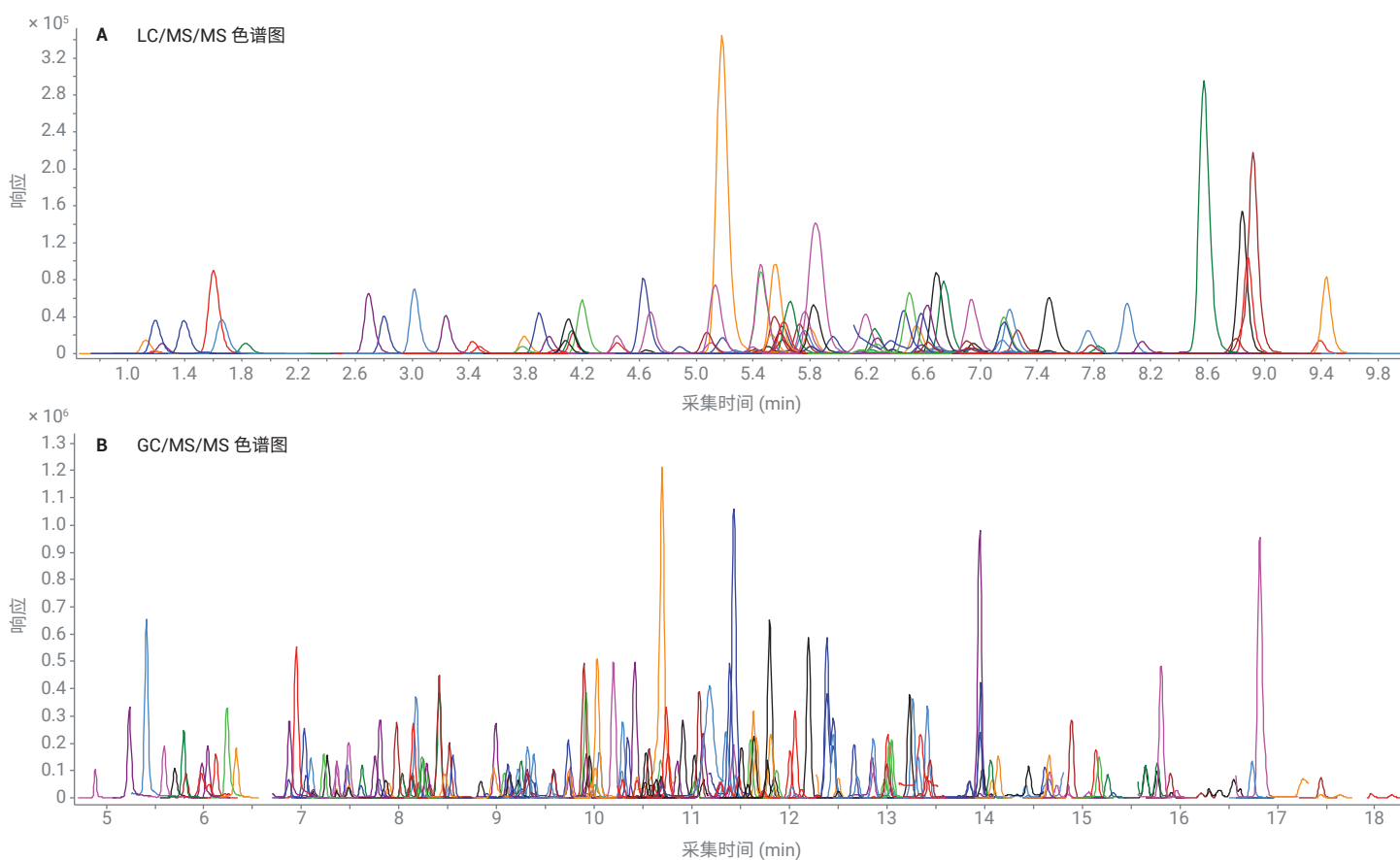


图 1. 萃取的烟草粉样品中加标浓度为 100 ng/g 的目标农药的 LC/MS/MS MRM 色谱图 (A) 和 GC/MS/MS MRM 色谱图 (B)。使用 Agilent Bond Elut QuEChERS EN 萃取试剂盒以及 Agilent Captiva EMR-LPD 净化进行样品前处理

样品前处理

烟草购自当地市场，将烟叶碎片取出并研磨成粉末。称取 1 g 烟草粉置于 50 mL 离心管中。向每份样品中加入 5 mL 水。然后将样品涡旋 20 分钟，对干性基质进行充分水化和平衡。按照 QuEChERS EN 方法对样品混合物进行萃取。使用 Captiva EMR-LPD 6 mL 小柱净化粗提物，并用无水 $MgSO_4$ 干燥。仅当使用 GC 检测以及联合 LC 和 GC 检测时，才需要干燥步骤。当仅使用 LC 检测时，可以省去干燥步骤。最终的样品洗脱液可以直接进样或进一步用水或缓冲液稀释。然后样品可直接进样至 GC/MS/MS，或在 LC/MS/MS 检测之前进一步稀释。详细的样品前处理流程如图 2 所示。从烟草粉中目标分析物浓度到最终经样品萃取和基质净化的烟草粉提取物，整个样品前处理过程的稀释倍数为 10 倍。

方法性能评估

根据以下几个方面对开发的样品前处理方法进行了评估：烟草粉中的基质去除率，目标分析物回收率、重现性和基质效应，基质匹配校准曲线线性和定量限 (LOQs)。为评估回收率、重现性和基质效应，使用烟草粉制备 20 ng/g 和 100 ng/g 的预加标质量控制 (PR-QC) 样品，一式六份，对应的萃取后样品粗提物中的浓度为 2 ng/mL 和 10 ng/mL。然后使用开发的方法制备加标样品和基质空白样品。在用水稀释之前，在基质空白萃取物中制备后加标 QCs (PO-QC)，对应于 2 ng/mL 和 10 ng/mL。以 2 ng/mL 和 10 ng/mL 的浓度直接对试剂空白 (含 1% 乙酸的乙腈) 加标，制备溶剂标样，然后用水适当稀释。每种 QC 平行制备 6 份。使用 PR-QCs 和 PO-QCs 中相应

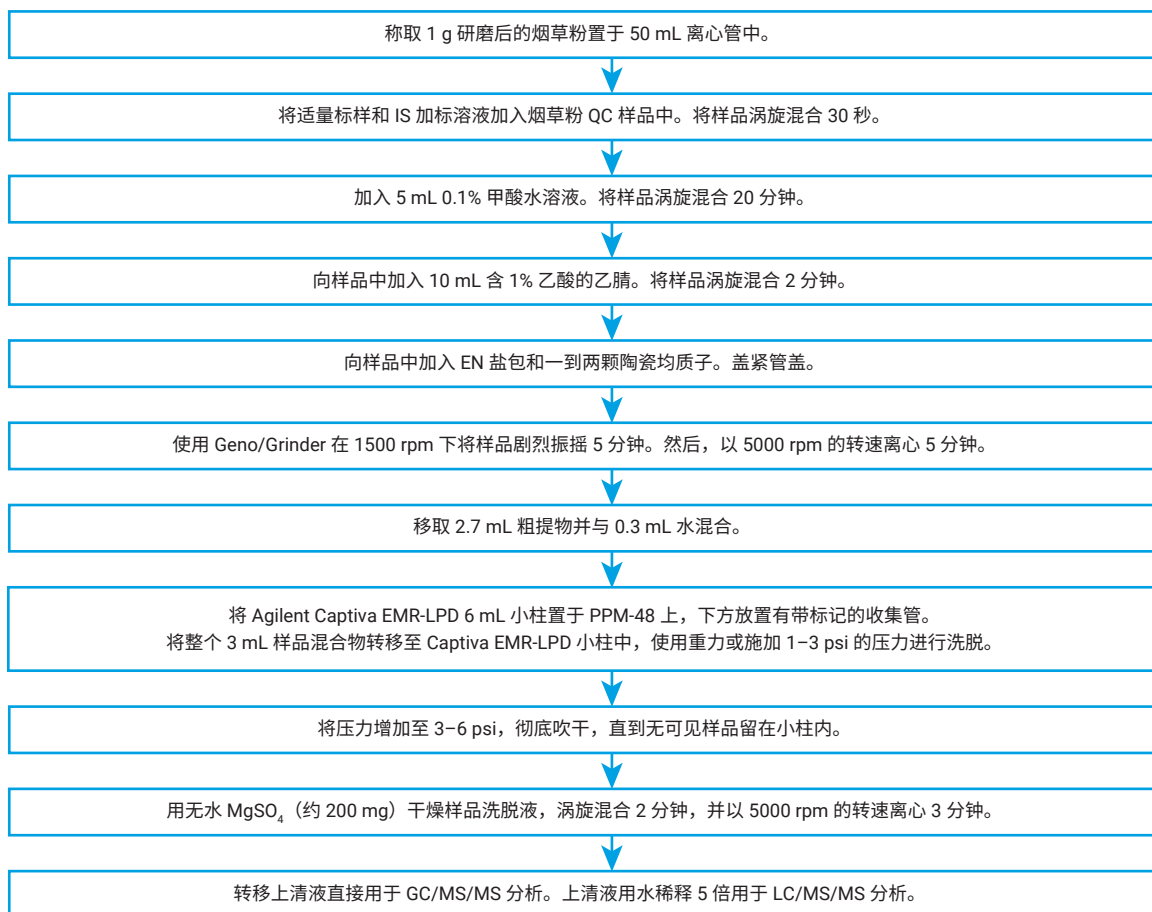


图 2. 使用 Agilent Bond Elut QuEChERS EN 萃取以及 Agilent Captiva EMR-LPD 通过式净化的烟草粉样品前处理流程

目标分析物的峰面积比计算目标分析物回收率。使用 PR-QCs 中的峰面积通过计算 RSD 确定样品前处理方法的重现性。使用 PO-QCs 和溶剂标样中相应目标物的峰面积比计算目标物基质效应。通过在烟草粉基质空白提取物中以 1、2、5、10、50、100、250、400 和 500 ng/g 的浓度进行后加标（在烟草中对应的浓度为 10–5000 ng/g），对基质匹配校准曲线线性和 LOQs 进行评估。由保留时间和 MRM 离子对确定分析物鉴定、确认和定量结果。

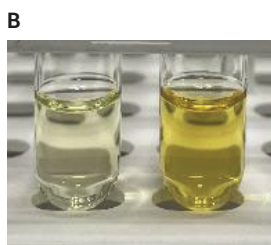
结果与讨论

方法开发与优化

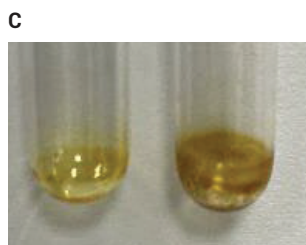
烟草叶粉呈黄色至浅棕色。QuEChERS 萃取后的粗提取物呈浅黄色，因此 Captiva EMR-LPD 是一个合适的选择。研磨后的烟草粉非常干燥，因此每 1 g 干粉需要加入 5 mL 水性缓冲液，然后通过涡旋进行较长时间的混合（20–30 分钟）。由此得到完全水化的均质物。



A 烟草



B 烟草粉提取物，经过 Agilent Captiva EMR-LPD 净化（左侧）与未经净化（右侧）的比较



C 烟草粉提取物干燥残渣，经过 Captiva EMR-LPD 净化（左侧）与未经净化（右侧）的比较

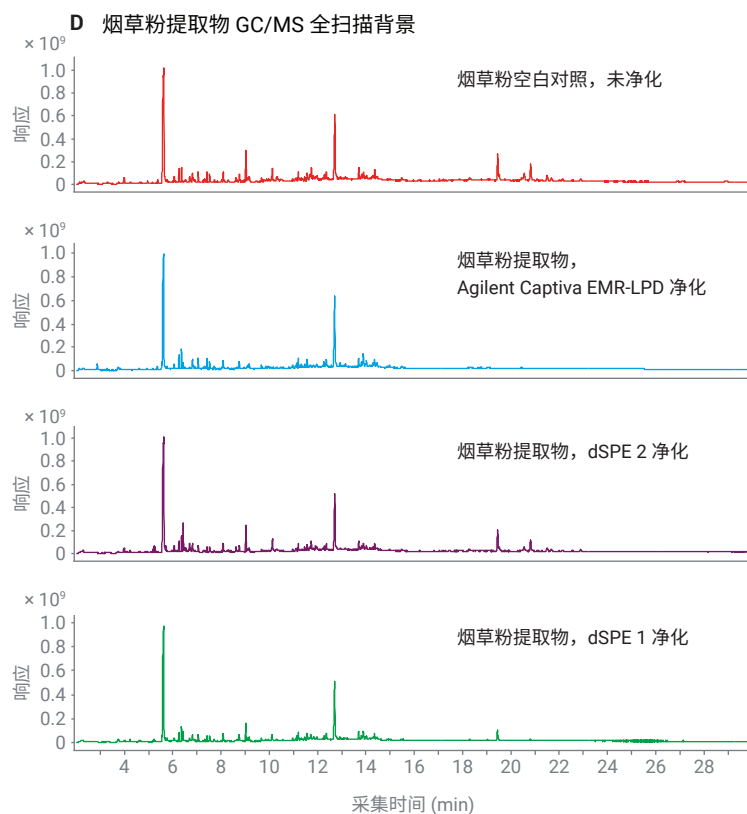


图 3. 对烟草粉基质的初步研究。(A) 典型的干烟叶，(B) QuEChERS 萃取后经过和不经 Captiva EMR-LPD 净化的烟草粉提取物，(C) 经过和不经 Captiva EMR-LPD 净化的烟草粉提取物干燥残渣，(D) 烟草粉提取物 GC/MS 全扫描色谱背景

将 1 g 烟草粉稀释 10 倍，对样品基质进行初步基质复杂性和基质去除效率筛选。图 3A 为典型的烟草图片，可以看出它的颜色；图 3B 为经过和不经 Captiva EMR-LPD 净化的烟草粉提取物，表明通过净化实现了高效色素去除；图 3C 为经过和不经 EMR-LPD 净化的烟草粉提取物干燥残渣。图 3D 为烟草粉提取物 GC/MS 全扫描色谱图背景，其中最上面的谱图为未经净化的粗提物，第二幅谱图为采用 Captiva EMR-LPD 净化后的提取物，下面两幅谱图为采用传统 dSPE 净化后的提取物。与传统的 dSPE 净化相比，Captiva EMR-LPD 的净化效率与 dSPE 1 净化产品相当，优于 dSPE 2 净化产品。

通过比较 1 g 和 2 g 烟草粉样品的萃取情况考察了样品量的影响。烟草叶粉非常干燥，因此需要使用更多水性缓冲液进行水化。对于 1 g 样品，向其中加入 5 mL 水性缓冲液，而对于 2 g 样品，则加入 10 mL 水性缓冲液。然后使用相同的萃取和净化程序萃取并净化样品泥。评估基于对基质去除效果和定量结果的考虑。与 1 g 烟草粉的萃取情况相比，使用 2 g 烟草粉进行萃取导致基质共萃取物残留物几乎翻了一倍，色谱背景也更复杂，因此萃取后的样品净化面临更大的挑战。但是，Captiva EMR-LPD 净化仍可提供可接受的基质去除效率（尽管数值下降 10%–15%）。对于 1 g 样品的粗提物，该净化方法去除了 70% 的共萃取物残留物，而对于 2 g 样品，该净化方法去除了 56% 的共萃取物残留物。目标分析物定量结果的比较如图 4 所示。

定量结果显示为目标分析物相对于可接受标准的合格率统计结果，这些可接受标准包括回收率 70%–120%、RSD < 20% 以及基质效应 (ME) 60%–130%。总体而言，1 g 样品量得到的结果略优于 2 g 样品量，目标分析物回收率的合格率高出 5%–6%，目标分析物 ME 的合格率高出 6%–10%。考虑到可接受的方法灵敏度以及更洁净的样品基质对仪器而言的优势，本研究使用 1 g 样品量。但是，当方法灵敏度无法达到检测限时，可直接使用 2 g 样品量。

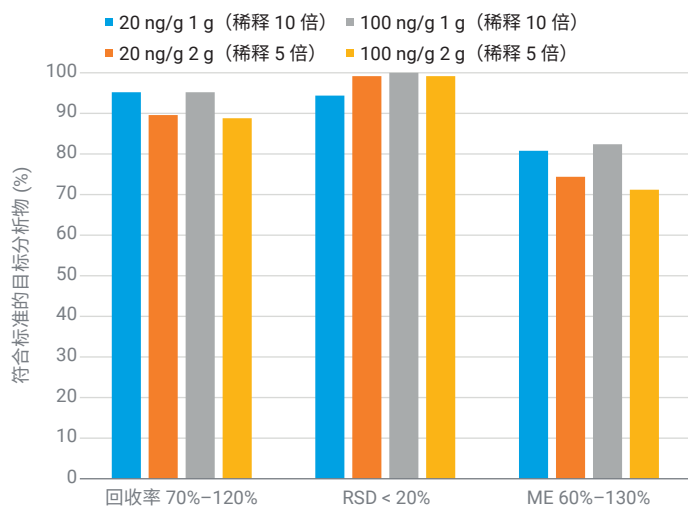


图 4. 具有可接受的定量结果的目标分析物合格率：样品量比较（1 g 与 2 g）。将烟草粉样品以 20 ng/g 和 100 ng/g 浓度加标，以评估回收率、重现性 (RSD) 和基质效应（仅 LC/TQ）

方法定量性能评估

通过目标分析物回收率、重现性和 LC/MS/MS 的基质效应以及基质匹配校准线性和定量限 (LOQs) 对方法的定量性能进行了评估。

A) 目标分析物回收率、重现性和基质效应

这些参数与方法定量准确性和数据质量直接相关。因此，使用这些参数来证明定量方法性能尤其重要。图 5 所示为方法性能统计结果。结果基于 20 ng/g 和 100 ng/g 加标浓度平均值计算，每个浓度 6 份重复试样。结果表明，超过 97% 的目标分析物获得了 70%–120% 的回收率。对于重现性，超过 98% 的目标分析物的 RSD 小于 20%。对于 LC/MS/MS 的基质效应，超过 80% 的目标分析物处于 60%–130% 的范围内。

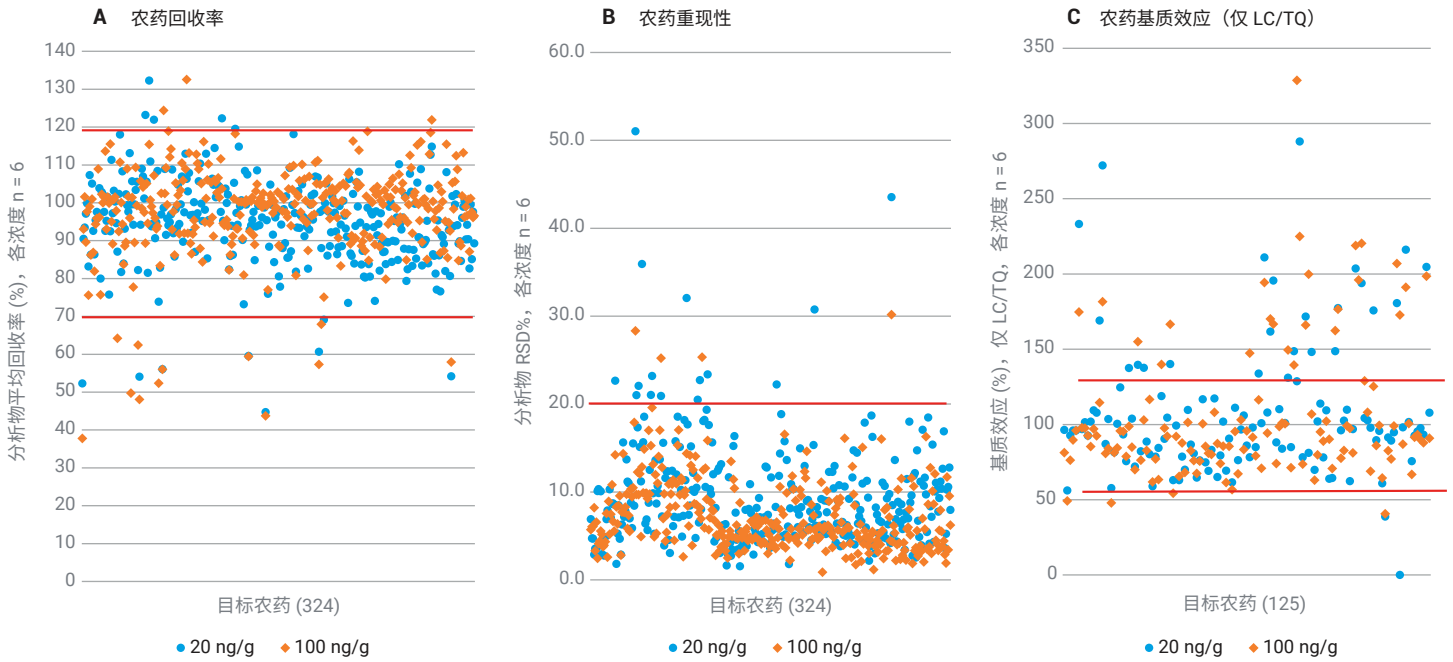


图 5. 烟草粉中单个目标分析物在 20 ng/g 和 100 ng/g 浓度下的方法定量结果：(A) 农药回收率、(B) 农药重现性和 (C) 农药基质效应（仅 LC/TQ）

B) 基质匹配校准和 LOQ

通过将标样后加标到最终样品提取物中，制得浓度范围为 1–500 ng/mL 的基质匹配校准标样。考虑到在样品萃取中引入的 10 倍稀释倍数，该浓度范围对应于烟草中的 10–5000 ng/g。利用线性回归和 $1/x^2$ 加权生成校准曲线，但一些例外情况会使用二次回归或 $1/x$ 加权。根据 LOQ 灵敏度和选择性要求以及校准曲线一致的高浓度水平来确定校准动态范围。图 6 为烟草中目标农药的基质匹配校准曲线的结果汇总。结果表明，对于总共 300 多种农药，84% 的目标分析物通过线性回归实现了全动态校准范围（烟草中 10–5000 ng/g）且 $R^2 > 0.99$ ；约 4% 的目标分析物通过二次回归实现全动态范围且 $R^2 > 0.99$ 。325 种目标分析物中的 34 种通过线性或二次回归显示出修改的范围且 $R^2 > 0.99$ ，可能是由于在低校准浓度下灵敏度或选择性不足，或是由于基质影响导致 LOQ 升高。

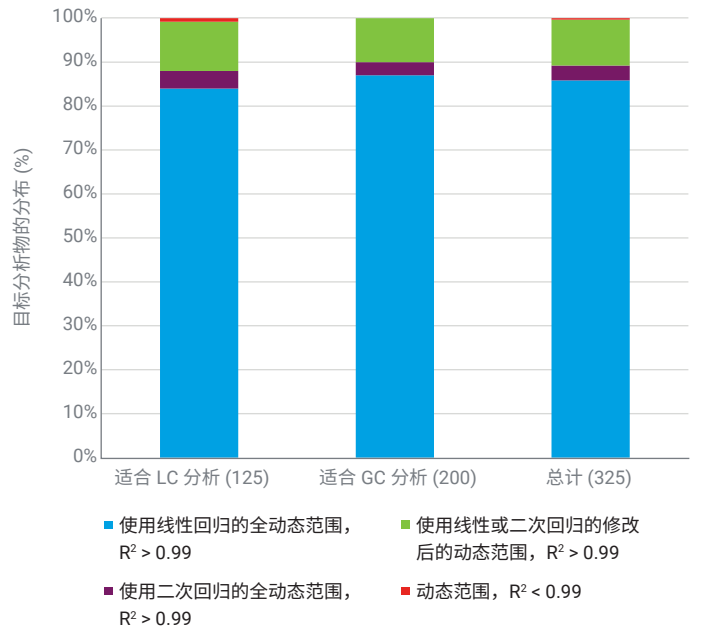


图 6. 使用 LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 检测的烟草粉中目标农药的基质匹配校准曲线。烟草粉中的全动态范围为 10–5000 ng/g

C) Captiva EMR-LPD 与传统 dSPE 净化产品比较

在目标分析物定量结果中，对 Captiva EMR-LPD 通过式净化与传统的分散式 SPE (dSPE) 净化进行了全面比较。为了直接比较净化方法的影响，大量收集烟草粉基质空白粗提物，然后用标准品以 20 ng/mL 的浓度加标，并用于不同的净化方法。dSPE 1 试剂盒含有 PSA (50 mg)、GCB (7.5 mg)、

C18 (50 mg) 和 MgSO₄ (150 mg)，而 dSPE 2 试剂盒含有 PSA (25 mg)、GCB (2.5 mg) 和 MgSO₄ (150 mg)。基于目标分析物回收率、RSD 和 LC/MS/MS 的基质效应对结果进行比较。图 7 为代表性的敏感农药的 (A) 回收率、(B) RSD 和 (C) ME 结果比较。

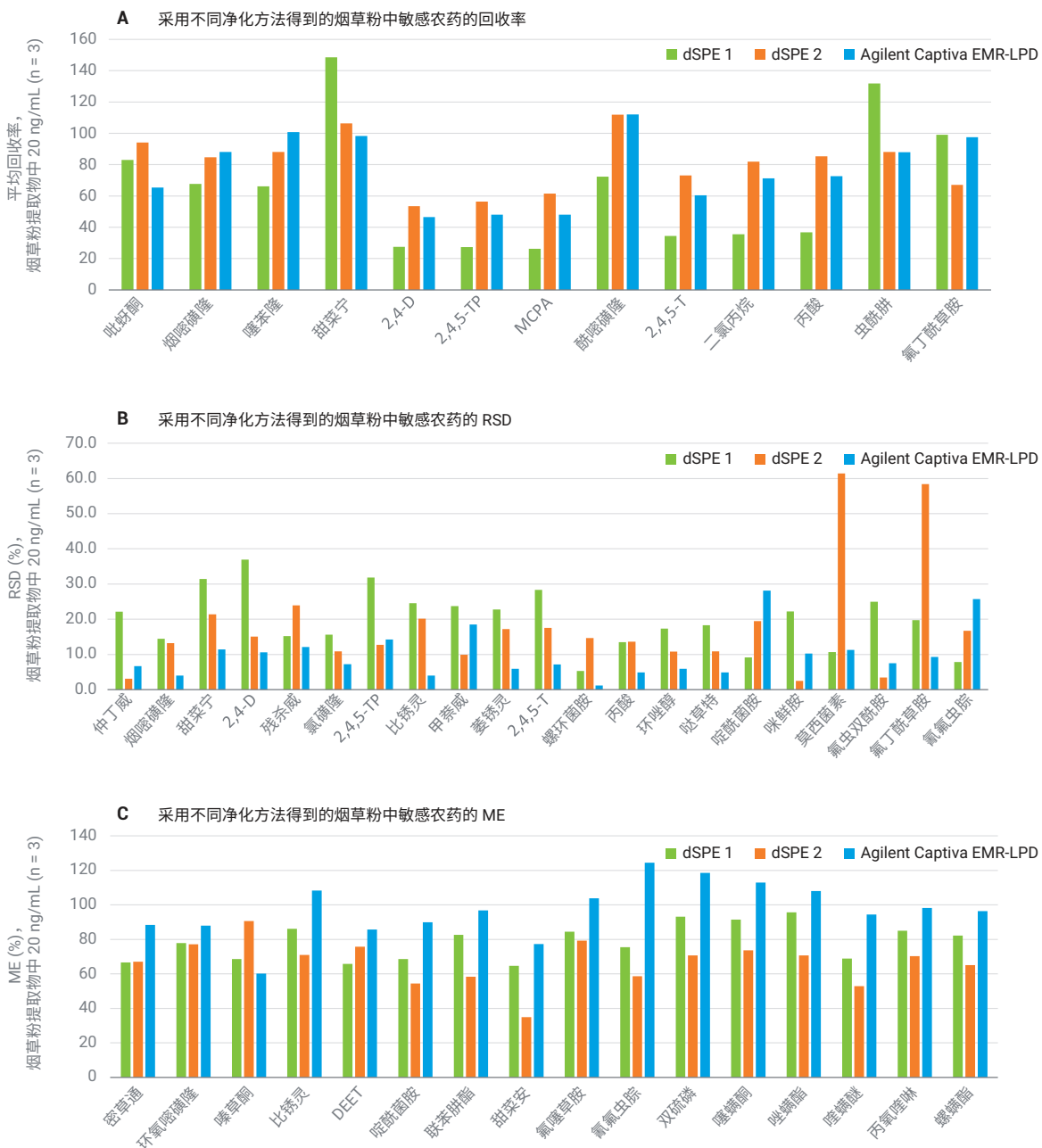


图 7. 对于烟草粉基质中的敏感农药，Agilent Captiva EMR-LPD 通过式净化与两种常用的 dSPE 净化产品在 (A) 回收率、(B) RSD 和 (C) 基质效应方面的比较

与 dSPE 1 净化产品相比, Captiva EMR-LPD 净化的基质净化效率和基质效应与其相当, 但回收率和重现性结果更出色。与 dSPE 2 净化产品相比, Captiva EMR-LPD 净化实现了更高的基质净化效率和更低的基质效应, 且不影响目标分析物的回收率和重现性, 对于酸性农药等敏感目标分析物而言尤其如此。考虑到净化程序, 与传统的 dSPE 净化相比, 通过式净化是一种更简单的方法, 在操作 dSPE 小管 (例如, 开盖和加盖、离心和转移样品) 时, 为分析人员节省了在实验台上花费的时间和精力。小柱洗脱通常可以通过重力完成, 3 mL 样品洗脱需要 10–15 分钟。

结论

本研究开发了一种简单、快速且可靠的方法, 通过对烟草中的 300 多种农药进行 LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 分析得到了验证, 该方法使用 Agilent Bond Elut QuEChERS EN 萃取, 然后使用 Agilent Captiva EMR-LPD 小柱进行通过式净化。这种新型 Captiva EMR-LPD 净化方法可实现简单、便捷的通过式样品净化, 能够对卷烟用烟叶进行高效且选择性的基质去除, 且目标分析物的合格率 (具有可接受的农药回收率、重现性和基质效应) 很高。

参考文献

1. CORESTA GUIDE No. 1, Agrochemical Guidance Residue Levels, (2019)
2. Leffingwell, J. C. et al. Basic Chemical Constituents of Tobacco Leaf and Differences among Tobacco Types. In Tobacco: Production, Chemistry and Technologies (1st edition); Blackwell Science (Pub), New Jersey, 1999, pp 265–284
3. Rodgman, A.; Perfetti, T. A. The Chemical Components of Tobacco and Tobacco Smoke (2nd edition). CRC Press (Pub), Boca Raton, 2013
4. Bernardi, G. et al. An Effective Method for Pesticides Residues Determination in Tobacco by GC-MS/MS and UHPLC-MS/MS Employing Acetonitrile Extraction with Low-temperature Precipitation and d-SPE Clean-up. *Talanta* 2016, 161, 40–47
5. Li, M. et al. Rapid Determination of Residual Pesticides in Tobacco by the Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe Sample Pretreatment Method Coupled with LC-MS. *J. Sep. Sci.* 2013, 36, 2500–2529
6. Lee, J-M. et al. Comparative Study of Pesticide Multi-residue Extraction in Tobacco for Gas Chromatography-Triple Quadrupole Mass Spectrometry. *J. Chrom. A* 2008, 1187, 25–33
7. Andrianova, A. 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, 5994-4965ZHCN, 2022
8. Zhao, L.; Wei, T. 使用 Captiva EMR-HCF 通过式净化和 LC/MS/MS 对春季沙拉菜中的多类别多残留农药进行测定, 安捷伦科技公司应用简报, 5994-4765ZHCN

附录：目标农药列表

1) 适合 LC 分析的目标分析物

- 吡蚜酮	- 唑啉磺草胺	- 绿麦隆	- 多杀菌素 A	- 莫西菌素
- 甲胺磷	- 丁噻隆	- 粉唑醇	- 利谷隆	- 乙基谷硫磷
- 高灭磷	- 4-硝基苯酚	- 比锈灵	- 丙森锌	- 虫酰肼
- 氧化乐果	- 噻虫啉	- 伏草隆	- 氯虫酰肼	- 氟虫双酰胺
- 灭害威	- 烟啉磺隆	- 氯吡脞	- 哒草特	- 氟丁酰草胺
- 霜霉威	- 噻苯隆	- 甲萘威	- 苯线磷	- 地乐酚
- 呋虫胺	- 密草通	- 噻唑磷	- 猛杀威	- 醚菌酯
- 多菌灵	- 环氧啉磺隆	- 阿扎康唑	- 腈菌唑	- 啉氧菌酯
- 久效磷	- 苯达松	- 盖草津	- 啉菌酯	- 唑菌胺酯
- 烯啶虫胺	- 唑草酮	- DEET	- 双炔酰菌胺	- 甲基异柳磷
- 噻菌灵	- 抑霉唑	- 苯锈定	- 咪唑菌酮	- 吡氟草胺
- 麦穗宁	- 环草定	- 萎锈灵	- 啉酰菌胺	- 肟菌酯
- 噻虫嗪	- 噻草酮	- 敌草隆	- 多杀菌素 D	- 苯菌酮
- 霜脲氰	- 氟霜唑	- 2,4,5-T	- 氟吡菌胺	- 氟氟虫脞
- 兹克威	- 甜菜宁	- 螺环菌胺	- 异恶酰草胺	- 氟啉胺
- 乙菌定	- 2,4-D	- 溴谷隆	- 联苯肼酯	- 双硫磷
- 苯噻草酮	- 残杀威	- 丙酸	- 甜菜安	- 吡丙醚
- 非草隆	- 氯磺隆	- 烯酰吗啉 I	- 戊菌唑	- 噻螨酮
- 杀草敏	- 二氧威	- 二甲草胺	- 咪鲜胺	- 肟草酮
- 吡虫啉	- 克百威	- 氯虫苯甲酰胺	- 氟啉菌酯	- 噻嗪酮
- 螞蟥胺	- 噻唑隆	- 异恶草松	- 稻瘟灵	- 唑螨酯
- 乐果	- 2,4,5-TP	- 烯酰吗啉 II	- 鱼藤酮	- 啉螨醚
- 仲丁威	- MCPA	- 环唑醇	- 氟噻草胺	- 丙氧啉啉
- 啉虫脒	- 啉啉磺隆	- 呋霜灵	- 醚菌胺	- 啉啉灵
- 甲磺隆	- 环莠隆	- 枯草隆	- 啉菌环胺	- 螺螨酯

2) 适合 GC 分析的目标分析物

- | | | | | |
|----------------------------|---------|---------------|------------|------------|
| - 二丙烯草胺 | - 五氯苯甲醚 | - 甲基对硫磷 | - 异艾氏剂 | - 碘硫磷 |
| - 2,6-二氯苯甲腈 | - 莠去津 | - 甲基毒死蜱 | - MGK-264 | - 苯线磷 |
| - 联苯 | - 异恶草松 | - 甲基立枯磷 | - 二甲戊乐灵 | - 丙硫磷 |
| - E-速灭磷 | - β-BHC | - 甲草胺 | - 吡唑草胺 | - 咯菌腈 |
| - 3,4-二氯苯胺 | - 环丙氟灵 | - 异丙草胺 | - 戊菌唑 | - 丙溴磷 |
| - 克草猛 | - γ-BHC | - 七氯 | - 乙菌利 | - 丙草胺 |
| - 土菌灵 | - 特丁津 | - 甲霜灵 | - 丙烯菊酯 | - p,p'-DDE |
| - 顺式-1,2,3,6-四氢邻
苯二甲酰亚胺 | - 特丁磷 | - 皮蝇磷 | - 外对甲抑菌灵七氯 | - 恶草酮 |
| - N-(2,4-二甲苯基)
甲酰胺 | - 戊炔草胺 | - 氨氟乐灵 | - 氟虫腈 | - 狄氏剂 |
| - 虫螨畏 | - 五氯硝基苯 | - 杀螟硫磷 | - 毒虫畏 | - 乙氧氟草醚 |
| - 地茂散 | - 地虫磷 | - 甲基嘧啶磷 | - 甲基溴苯烯磷 | - 三环唑 |
| - 2-苯基苯酚 | - 五氯苯甲腈 | - 利谷隆 | - 氟菌唑 | - o,p'-DDD |
| - 五氯苯 | - 二嗪农 | - 马拉硫磷 | - 啶硫磷 | - 腈菌唑 |
| - 四氯硝基苯 | - 啉霉胺 | - 甲基五氯苯基硫醚 | - 三唑醇 | - 氟硅唑 |
| - 二苯胺 | - 氟消毒 | - 抑菌灵 | - 灭菌丹 | - 乙噻酚磺酸酯 |
| - 毒草胺 | - 七氟菊酯 | - 异丙甲草胺 | - 腐霉利 | - 除草醚 |
| - 环草敌 | - 乙拌磷 | - 葱醌 | - 氯杀螨 | - 精吡氟禾草灵 |
| - 2,3,5,6-四氯苯胺 | - 特草定 | - 倍硫磷 | - 乙基溴硫磷 | - 乙滴涕 |
| - 氯苯胺灵 | - δ-BHC | - 艾氏剂 | - 反式氯丹 | - 溴虫腈 |
| - 乙丁烯氟灵 | - 氯唑磷 | - 毒死蜱 | - o,p'-DDE | - 异狄氏剂 |
| - 氟乐灵 | - 野麦畏 | - 对硫磷 | - 多效唑 | - 克氯苯 |
| - 乙丁氟灵 | - 百菌清 | - 三唑酮 | - 杀虫畏 | - 硫丹 II |
| - 治螟磷 | - 硫丹乙酯 | - 4,4'-二氯二苯甲酮 | - 硫丹 I | - p,p'-DDD |
| - 燕麦敌 I | - 五氯苯胺 | - DCPA | - 顺式氯丹 | - o,p'-DDT |
| - 甲拌磷 | - 敌裨 | - 除螨酯 | - 粉唑醇 | - 乙硫磷 |
| - α-BHC | - 二甲草胺 | - 溴硫磷 | - 反式九氯 | - 顺式九氯 |
| - 六氯苯 | - 乙草胺 | - 草乃敌 | - 杀螨酯 | - 虫螨磷 |
| - 氯硝胺 | - 乙烯菌核利 | - 乙基嘧啶磷 | - 氟酰胺 | - 异狄氏剂醛 |
| | - 四氟苯菊酯 | - 异丙乐灵 | - 溴苯烯磷 | |

- 硫丙磷
- 三唑磷
- 三硫磷
- 甲氧滴滴涕
- 唑草酮
- 敌瘟磷
- 氟草敏
- 硫丹硫酸酯
- p,p'-DDT
- 环草定
- o,p'-甲氧滴滴涕
- 环嗪酮
- 戊唑醇
- 增效醚
- 苄味菊酯
- 异菌脲
- 磺乐灵
- 胺菊酯 I
- 哒嗪硫磷
- 异狄氏剂酮
- 亚胺硫磷
- 溴螨酯
- EPN
- p,p'-甲氧滴滴涕
- 甲氰菊酯
- 吡螨胺
- 苯醚菊酯 I
- 四氯杀螨砜
- 伏杀磷
- 吡丙醚
- 溴苯磷
- 氯氟氰菊酯
- 灭蚁灵
- 氟丙菊酯
- 氯苯嘧啶醇
- 吡菌磷
- 乙基谷硫磷
- (1R)-顺式氯菊酯
- (1R)-反式氯菊酯
- 哒螨灵
- 氟啶唑
- 蝇毒磷
- 咪鲜胺
- 氟氯氰菊酯 I
- 氯氰菊酯 I
- 氟氰戊菊酯 I
- 醚菊酯
- 氟啶草酮
- 氰戊菊酯 I
- τ-氟胺氰菊酯 I
- 溴氰菊酯

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

DE38848813

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，2023
2023年3月16日，中国出版
5994-5777ZHCN