

# 灵敏稳定地进行干燥大麻植物材料中 受加利福尼亚州监管的农药检测

## 作者

Anastasia A. Andrianova 和  
Jessica L. Westland  
安捷伦科技有限公司  
Wilmington, DE, USA

Melissa Churley  
安捷伦科技有限公司  
Santa Clara, CA, USA

## 摘要

目前，受美国许多州监管大麻中的农药只需通过 LC/MS/MS 进行分析。需要注意的例外有加利福尼亚州、佛罗里达州和内华达州，这几个州监管大麻中的农药还需要借助 GC/MS/MS 进行分析。预计需要采用 GC/MS 的州数量会随化合物数量增加和检测限降低而增多。

使用安捷伦标准化大麻样品前处理过程与安捷伦的 8890 气相色谱系统和 7010B 三重四极杆质谱仪联用系统相结合，能够对大麻中的低浓度农药进行定量分析。Agilent MassHunter 农药与环境污染物 MRM 数据库包含有关加利福尼亚州目标列表中的农药信息，保留时间锁定功能可实现简单而快速的系统设置。同时，使用柱中反吹可以延长色谱柱寿命并降低离子源清洁频率。

使用这种方法，加利福尼亚州大麻控制局监管的 43 种适用于 GC 分析的农药符合规定的定量限 (LOQ)，其中 36 种农药的样品瓶中  $LOQ \leq 0.08$  ppb (假设农药回收率为 100%，则干燥大麻植物材料中  $LOQ \leq 10$  ppb)，所有 43 种农药的样品瓶中  $LOQ \leq 0.8$  ppb (干燥大麻植物材料中  $LOQ \leq 100$  ppb)。

## 前言

到 2018 年底，消遣用大麻已在美国 9 个州和华盛顿特区以及加拿大所有省份合法化。全球大麻合法化运动推动了对农药残留检测中大麻分析检测方法的需求。许可零售商必须对大麻产品进行分析，以进行合规性检测。美国各州的大麻法规各不相同，其中加利福尼亚州目前监管的消遣用大麻中的目标农药最多<sup>[1]</sup>。加拿大卫生部规定的目标农药 LOQ 通常低于美国任何州的规定<sup>[2]</sup>。之前发表的一篇应用简报中所述的大麻中农药残留分析方法利用规定的样品前处理过程和先进的气相色谱和液相色谱三重四极杆质谱解决了分析挑战<sup>[3]</sup>。由于高浓度（重量百分比）的大麻素和萜烯等内源性化学物质甚至会干扰 MS/MS 过程，因此大麻中农药的分析具有挑战性。对于在分析物之后洗脱的高沸点基质，需要延长烘烤时间，以防随后运行中出现交叉污染和鬼峰。沸点最高的污染物可能在柱头沉积，引起保留时间漂移，从而需要更频繁地切割色谱柱并调整 MRM 和数据分析时间窗口。按照安捷伦推荐的样品前处理过程，使用柱中反吹和保留时间锁定 (RTL) 功能，可轻松在州规定的限值内对农药进行定量分析。

本应用报告重点介绍了受加利福尼亚州大麻控制局监管的适用于 GC 分析的农药的三重四极杆 GC/MS 分析，着重分析通常对 LC/MS 分析具有挑战性的农药，如克菌丹、氯丹和五氯硝基苯。43 种农药成功满足了加利福尼亚州的 LOQ 规定。加利福尼亚州监管的其他农药在实践中通过 LC/MS 进行分析，如之前的报道所述<sup>[3]</sup>。

## 实验部分

安捷伦系统专为实现最高灵敏度并最大程度减少高基质大麻样品中农药分析的潜在问题而设计。最重要的是：

- **高效离子源 (HES)** 可产生多达 20 倍的离子，在超痕量水平应用中实现可靠的痕量分析
- 采集 MS 数据后采用**柱中反吹**，柱温箱在后运行模式下保持在最终温度下，流经第一根色谱柱的载气流反向。这一反向气流将数据采集结束时色谱柱中的所有高沸点化合物带出柱头并使其进入分流出口捕集阱中。气流反向功能由安捷伦吹扫 Ultimate 接头 (PUU) 提供。在本例中，PUU 为插在两根相同的 15 m 色谱柱之间的三通。在分析过程中，利用来自 Agilent 8890 GC 气路反吹模块 (PSD) 的尾吹气流速较小的载气吹扫连接管路。在反吹过程中，大幅提高来自 PSD 的尾吹气流速，将高沸点化合物向后吹扫出第一根色谱柱，向前吹扫出第二根色谱柱。在本配置中，反吹时间为 1.3 分钟

- **脉冲不分流进样**可最大程度使分析物从进样口转移到气相色谱柱上。在 50 psi 的脉冲压力下，允许采用 3  $\mu$ L 乙腈的进样量，因此能够在大麻样品中实现更低的检测限 (LOD)
- **PSD** 是针对反吹应用优化的 Agilent 8890 GC 气动模块。在反吹过程中的较高压力下，固定限流器可具有数百 mL/min 的废气流速。即使在较高压力下，PSD 也将保持在用户自定义的设定值（默认 3 mL/min）下，显著降低了所需的气体流速。另外，当柱中反吹配置中存在 PSD 时，脉冲不分流模式的设置得到简化，因为在脉冲过程中，色谱柱 1 和色谱柱 2 的色谱柱流速将分别增加
- **Agilent MassHunter 农药与环境污染 MRM 数据库**中包含每种分析物的多达 8 个 MRM 离子对，使用户能够简化农药分析所用采集方法的创建。该数据库中包括用于保留时间锁定方法的保留时间
- **动态 MRM 模式**能够处理大量多分析物检测，并能通过最高效自动化驻留时间分布来准确定量分析窄峰
- **保留时间锁定**可使新色谱柱或仪器具有与 MRM 数据库或现有方法相匹配的保留时间。这可以简化方法维护和系统设置

- 用于 GC/TQ 的 Agilent MassHunter Optimizer 可实现 MRM 离子对的自动优化，包括母离子和子离子选择以及碰撞能量优化。利用 Optimizer 优化烯虫炔酯（一种来自加拿大目标列表的农药）的 MRM 离子对

图 1 显示本应用所用的系统配置。

表 1 和表 2 列出了仪器操作参数。除烯虫炔酯及其氘代内标之外，所有农药的 MRM 离子对均由 MassHunter 农药与环境污染物质 MRM 数据库提供。

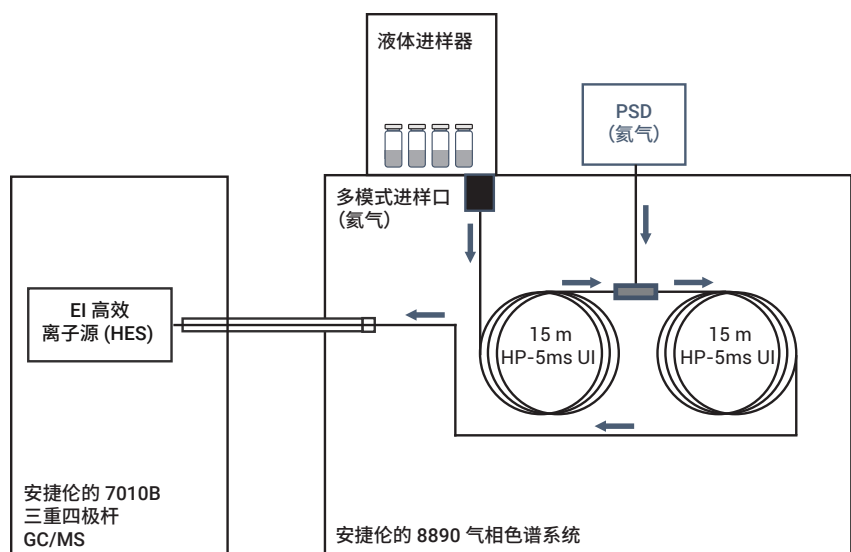


图 1. 系统配置

表 1. 用于农药分析的 GC 和 MS 条件

安捷伦的 8890 气相色谱系统，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	脉冲不分流
进样脉冲压力	50 psi (保持 0.75 min)
分流出口吹扫流速	50 mL/min (0.7 min 时)
隔垫吹扫模式	已切换
进样量	3.0 µL
进样类型	反向双层夹层
L1 气隙	0.2 µL
L2 进样量	0.4 µL
L2 气隙	0.2 µL
进样口温度	280 °C
载气	氦气
进样口衬管	安捷伦 4 mm 单锥衬管，带玻璃毛 (部件号 5190-2293)
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
最终保持时间 2	3 min
总运行时间	20.75 min
后运行时间	1.3 min
平衡时间	0.5 min

色谱柱 1	HP-5MS UI, 15 m × 0.25 mm, 0.25 µm (部件号 19091S-431UI)
控制模式	恒流
流速	1.091 mL/min
进样口连接	MMI
出口连接	PSD (PUU)
后运行流速 (反吹)	-12.906 mL/min
色谱柱 2	HP-5MS UI, 15 m × 0.25 mm, 0.25 µm (部件号 19091S-431UI)
控制模式	恒流
流速	1.291 mL/min
进样口连接	PSD (PUU)
出口连接	MSD
后运行流速 (反吹)	13.429 mL/min
MS	
型号	安捷伦的 7010B 三重四极杆 GC/MS
离子源	高效离子源
真空泵	高性能涡轮泵
调谐文件	Atunes.eihs.tune.xml
模式	dMRM
溶剂延迟	3 min
电子倍增器电压增益模式	10
四极杆温度 (MS1 和 MS2)	150 °C
离子源温度	280 °C
传输线温度	280 °C
He 淬灭气体	2.25 mL/min
N <sub>2</sub> 碰撞气体	1.5 mL/min

表 2. 用于定量离子和定性离子的 MRM 离子对

名称	RT (min)	定量离子	定性离子 1	定性离子 2	定性离子 3
敌敌畏-d6	4.646	115.0 → 83.0	151.0 → 115.0	193.0 → 99.0	82.9 → 47.0
敌敌畏	4.673	185.0 → 93.1	144.9 → 109.0	109.0 → 79.0	
速灭磷	5.598	127.0 → 94.9	127.0 → 109.0	109.0 → 78.9	
高灭磷	5.650	94.0 → 47.0	94.0 → 64.0	136.0 → 94.0	
杀线威	6.297	115.0 → 72.0	98.0 → 69.0	98.0 → 58.0	162.0 → 114.9
残杀威	6.833	110.0 → 63.0	110.0 → 64.0	152.0 → 110.0	
灭线磷	7.019	157.9 → 97.0	157.9 → 114.0	138.9 → 97.0	
二溴磷	7.248	145.0 → 109.0	109.0 → 79.0	185.0 → 93.0	
乐果	7.776	125.0 → 47.0	125.0 → 79.0	87.0 → 46.0	
克百威	7.847	164.2 → 149.1	149.1 → 121.1	149.1 → 77.1	
五氯硝基苯	8.227	248.8 → 213.8	141.9 → 106.9	176.9 → 141.9	
二嗪农	8.285	137.1 → 84.0	137.1 → 54.0	199.1 → 93.0	
螺环菌胺	9.084	100.0 → 58.1	101.0 → 59.0	126.0 → 84.0	
甲基对硫磷	9.160	263.0 → 109.0	109.0 → 79.0	125.0 → 79.0	125.0 → 47.0
甲萘威	9.237	144.1 → 116.1	144.1 → 89.0	115.1 → 89.0	
甲霜灵	9.337	234.0 → 146.1	234.0 → 174.1	220.0 → 192.1	
灭虫威	9.580	168.0 → 109.1	168.0 → 153.1	153.0 → 109.1	
马拉硫磷	9.734	126.9 → 99.0	157.8 → 125.0	173.0 → 99.0	
烯虫炔酯	9.740	149.0 → 77.0	149.0 → 91.0	221.0 → 109.2	
毒死蜱	9.959	313.8 → 257.8	198.9 → 171.0	196.9 → 169.0	
MGK-264	10.441	164.0 → 98.1	164.0 → 80.1	111.0 → 82.0	
氟虫腈	10.648	366.8 → 212.8	254.9 → 228.0	350.8 → 254.8	367.0 → 213.0
克菌丹-d6	10.705	84.0 → 81.0	84.0 → 53.0	112.1 → 84.0	154.0 → 84.1
克菌丹	10.755	149.0 → 70.0	149.0 → 79.1	151.0 → 79.0	151.0 → 80.0
反式氯丹	11.045	375.0 → 266.0	271.7 → 236.9	372.8 → 265.8	
多效唑	11.099	236.0 → 125.0	236.0 → 167.1	125.1 → 89.0	
顺式氯丹	11.318	375.0 → 266.0	271.7 → 236.9	372.8 → 265.8	
咯菌腈	11.557	248.0 → 127.1	248.0 → 182.0	248.0 → 154.1	
腈菌唑	11.711	179.0 → 125.1	179.0 → 90.0	150.0 → 123.0	
醚菌酯	11.829	116.0 → 89.0	116.0 → 63.0	131.0 → 89.0	
溴虫腈	12.055	247.0 → 227.0	249.0 → 112.0	328.0 → 247.0	
肟菌酯	12.920	116.0 → 89.0	116.0 → 63.0	131.0 → 89.0	172.0 → 95.0
丙环唑 I	13.108	172.9 → 109.0	172.9 → 145.0	172.9 → 74.0	
丙环唑 II	13.247	172.9 → 109.0	172.9 → 145.0	172.9 → 74.0	
戊唑醇	13.279	250.0 → 125.0	125.0 → 99.0	125.0 → 89.0	
螺甲螨酯	13.711	272.0 → 254.2	272.0 → 209.2	273.0 → 255.1	
联苯菊酯-d5	13.954	181.0 → 165.2	187.1 → 171.1	141.0 → 91.0	170.1 → 119.1
联苯菊酯	13.977	181.0 → 165.2	181.0 → 166.2	166.2 → 165.2	
氯菊酯	15.719	163.0 → 127.0	182.9 → 155.1	183.1 → 153.1	183.1 → 168.1

哒螨灵	15.761	147.2 → 117.1	147.2 → 132.2	147.2 → 105.1	
蝇毒磷	15.840	361.9 → 109.0	210.0 → 154.1	225.9 → 198.1	225.9 → 163.1
氟氯菊酯	16.244	163.0 → 127.0	162.9 → 90.9	206.0 → 150.0	
啶酰菌胺	16.561	140.0 → 76.0	140.0 → 112.0	111.9 → 76.0	
氯氰菊酯	16.563	163.0 → 127.0	163.0 → 91.0	181.0 → 152.1	
醚菊酯	16.770	163.0 → 107.1	163.0 → 135.1	135.0 → 107.0	
啉菌酯-d4	18.426	348.2 → 333.1	348.2 → 183.1	348.2 → 172.0	348.2 → 156.0
啉菌酯	18.445	344.1 → 171.9	344.1 → 182.9	344.1 → 329.0	
烯酰吗啉	18.433	300.9 → 165.0	302.9 → 164.9	386.8 → 300.9	

采用在无农药情况下生长的干燥大麻花朵提取液制得基质匹配校准标样。图 2 展示了安捷伦推荐的样品前处理过程。

## 结果与讨论

### 43 种适用于 GC 分析的农药符合加利福尼亚州规定的 LOQ 要求

43 种农药成功满足加利福尼亚州规定的 LOQ。42 种农药的样品瓶中 LOQ ≤ 0.8 ppb (干燥大麻植物材料中 LOQ ≤ 100 ppb)，且这 42 种农药中有 36 种的样品瓶中 LOQ ≤ 0.08 ppb (干燥大麻植物材料中 LOQ ≤ 10 ppb，其中植物材料中的 ppb 相当于 ng/g)。克菌丹、顺式氯丹和反式氯丹以及五氯硝基苯 (在表 3 中突出显示) 通常对 LC/MS 分析构成挑战，而采用本文所述的方法使它们满足了规定的 LOQ 要求。

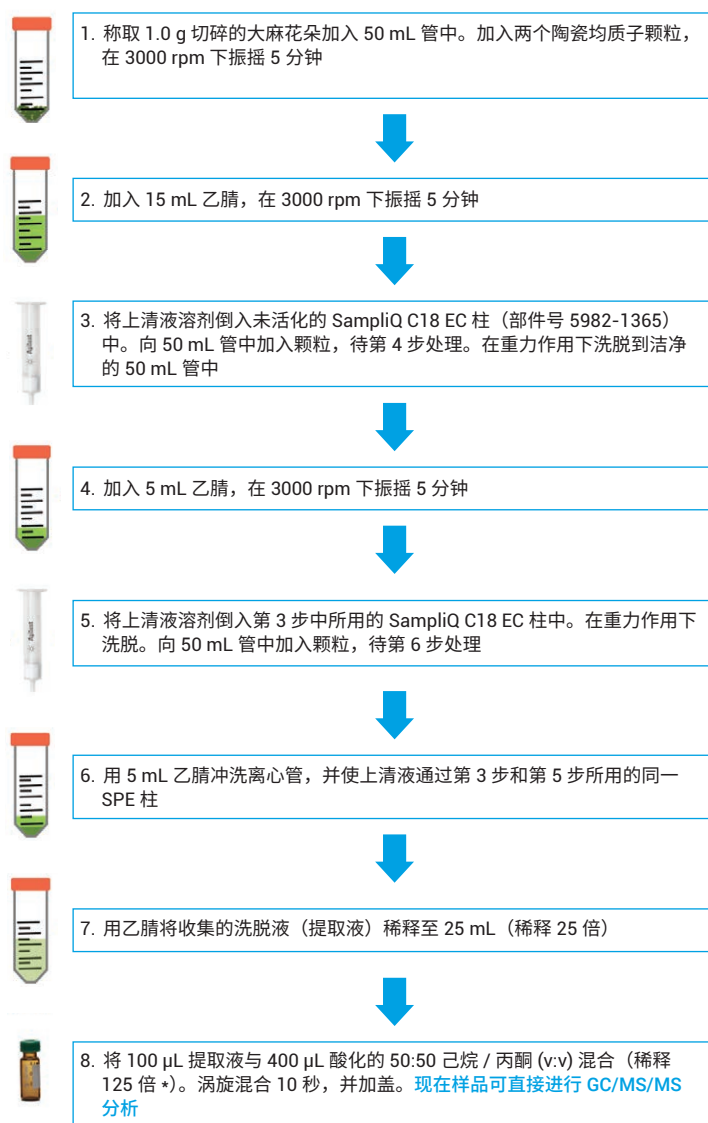


图 2. 用于 GC/MS/MS 分析的样品前处理过程的示意图。\* 稀释溶剂用 0.1% 甲酸酸化

表 3. 适用于 GC 分析的选定农药符合加利福尼亚州规定的 LOQ 要求

化合物	RT (min)	加利福尼亚州的报告限值 (干燥大麻植物材料中, ppb)	加拿大的报告限值 (干燥大麻植物材料中, ppb)	LOQ* (8890/7010) (干燥大麻植物材料中, ppb)	LOQ (样品瓶中, ppb)	校准浓度上限 (样品瓶中, ppb)	R <sup>2</sup>
高灭磷	5.650	100	20	100	0.8	10	0.9978
啉菌酯	18.445	100	20	10	0.08	5	0.9945
联苯菊酯	13.977	3000	正在制定中 (100)	100	0.8	50	0.9971
啉酰菌胺	16.561	100	20	6.25	0.05	5	0.9960
克菌丹	10.755	700	不适用	100	0.8	25	0.9997
甲萘威	9.237	500	50	10	0.08	25	0.9986
克百威	7.847	100	20	10	0.08	5	0.9947
顺式氯丹	11.318	100	不适用	6.25	0.05	5	0.9996
反式氯丹	11.045	100	不适用	6.25	0.05	5	0.9995
溴虫腈	12.055	100	正在制定中 (100)	6.25	0.05	5	0.9948
毒死蜱	9.959	100	正在制定中 (10)	6.25	0.05	5	0.9982
蝇毒磷	15.840	100	20	6.25	0.05	5	0.9985
氟氯氟菊酯	16.244	2000	正在制定中 (3750)	6.25	0.05	5	0.9976
氯氟菊酯	16.563	1000	正在制定中 (3750)	10	0.08	25	0.9981
二嗪农	8.285	100	正在制定中 (10)	6.25	0.05	5	0.9985
敌敌畏	4.673	100	100	6.25	0.05	5	0.9933
乐果	7.776	100	20	6.25	0.05	5	0.9940
烯酰吗啉	18.433	2000	不适用	6.25	0.05	25	0.9992
灭线磷	7.019	100	20	6.25	0.05	5	0.9977
醚菊酯	16.770	100	正在制定中	10	0.08	5	0.9997
氟虫腈	10.648	100	60	6.25	0.05	5	0.9907
啉菌腈	11.557	100	20	6.25	0.05	5	0.9933
烯虫炔酯	9.740	不适用	正在制定中	100	0.8	25	0.9998
醚菌酯	11.829	100	正在制定中 (10)	6.25	0.05	5	0.9980
马拉硫磷	9.734	500	20	6.25	0.05	25	0.9998
甲霜灵	9.337	2000	20	6.25	0.05	25	0.9997
灭虫威	9.580	100	20	6.25	0.05	5	0.9965
甲基对硫磷	9.160	100	正在制定中	6.25	0.05	5	0.9924
速灭磷	5.598	100	50	6.25	0.05	5	0.9927
MGK-264	10.441	100	正在制定中	6.25	0.05	5	0.9982
腈菌唑	11.711	100	20	100	0.8	10	0.9964
二溴磷	7.248	100	正在制定中	18.75	0.15	5	0.9935
杀线威	6.297	500	3000	312.5	2.5	50	0.9995
多效唑	11.099	100	20	6.25	0.05	5	0.9932
五氯硝基苯	8.227	100	不适用	6.25	0.05	5	0.9994
氯菊酯	15.719	500	正在制定中 (500)	6.25	0.05	25	0.9993
丙环唑 I	13.108	100	正在制定中 (10)	6.25	0.05	5	0.9920
丙环唑 II	13.247	100	正在制定中 (10)	6.25	0.05	5	0.9937
残杀威	6.833	100	20	6.25	0.05	5	0.9955
吡螨灵	15.761	100	50	6.25	0.05	5	0.9992
螺甲螨酯	13.711	100	3000	6.25	0.05	5	0.9953
螺环菌胺	9.084	100	正在制定中	6.25	0.05	5	0.9987

戊唑醇	13.279	100	正在制定中 (10)	6.25	0.05	5	0.9963
肟菌酯	12.920	100	20	100	0.8	10	0.9968

\* 假设农药回收率为 100%，确定干燥大麻植物材料中的 LOQ。对敌敌畏、克菌丹、联苯菊酯和啞菌酯进行内标 (ISTD) 基质匹配校准。通过夹层进样加入 ISTD。对所分析的其余农药进行外标 (ESTD) 基质匹配校准。基于农药所需 LOQ 来选择校准范围的浓度上限。

## 已知难以用 LC/MS 分析农药的成功

### GC/MS 分析

图 3 显示了浓度为 LOQ 的五氯硝基苯、反式氯丹、顺式氯丹和克菌丹的 GC/MS MRM 色谱图。这些农药通常难以用 LC/MS 进行分析。使用本文所述的 GC/MS 方法，这些农药的 LOQ 低于加利福尼亚州的规定值。

报告的 LOQ 基于给定浓度下 10 次连续重复进样 %RSD < 20 的结果。通过对浓度为 LOQ 的基质匹配校准标样进行 10 次连续重复进样，确定各种农药的仪器检测限 (IDL) 为柱上 fg 级，如图 3 所示。根据公式 1 计算 IDL。在 99% 置信区间下得到的 10 次测量的 t 检验统计值 ( $t_{\alpha}$ ) 为 2.821。表 3 列出了测得的 IDL。

$$IDL = (t_{\alpha})(RSD)(柱上标准品含量)/100\%$$

公式 1.

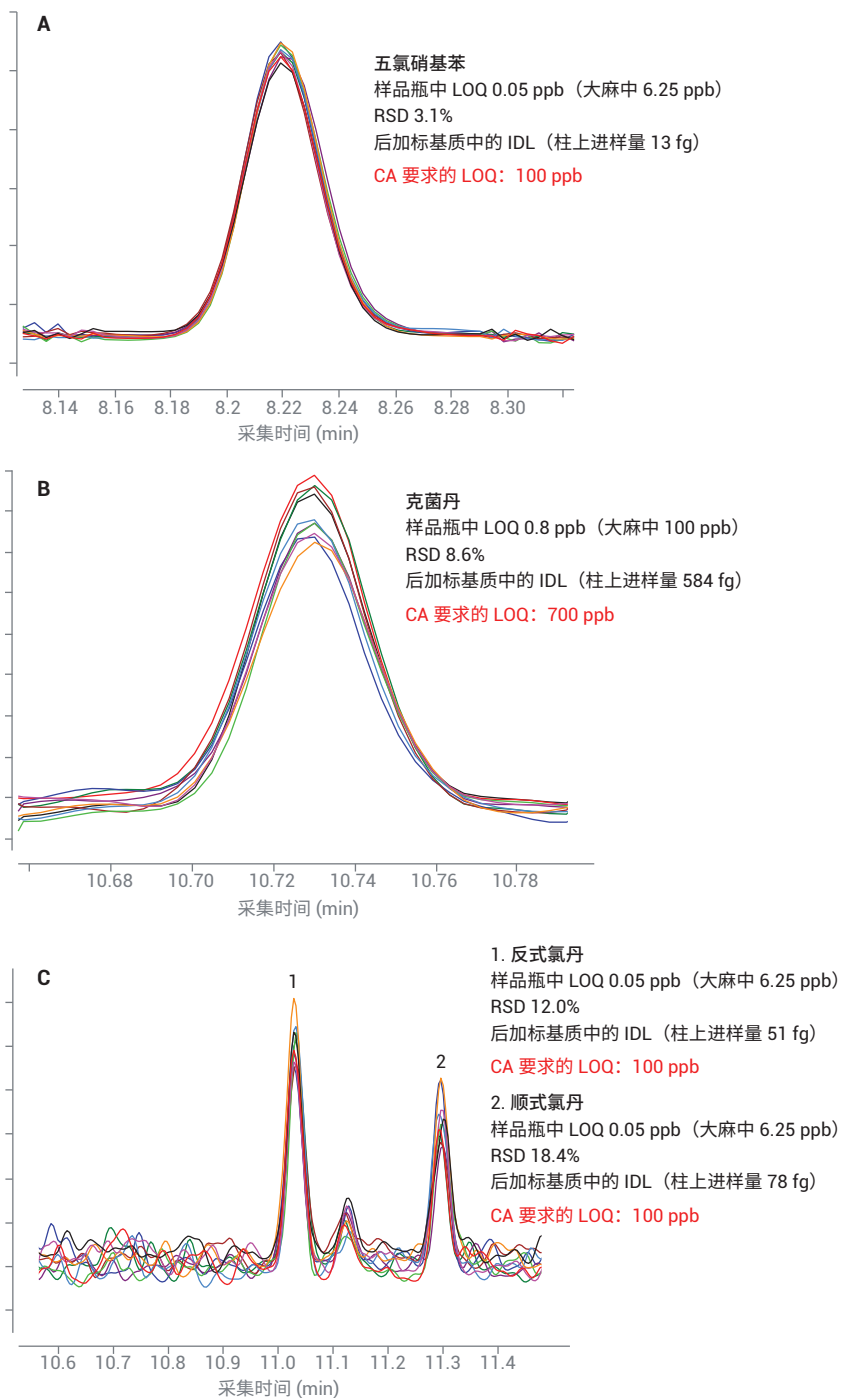


图 3. 对浓度为 LOQ 的五氯硝基苯 (quintozene)、克菌丹、反式氯丹和顺式氯丹进行 10 次连续进样所得的 MRM 色谱图

符合加利福尼亚州 LOQ 要求的所有 43 种农药均在校准范围内表现出良好线性。表 3 列出了  $R^2$  值，图 4 显示了代表性校准曲线。

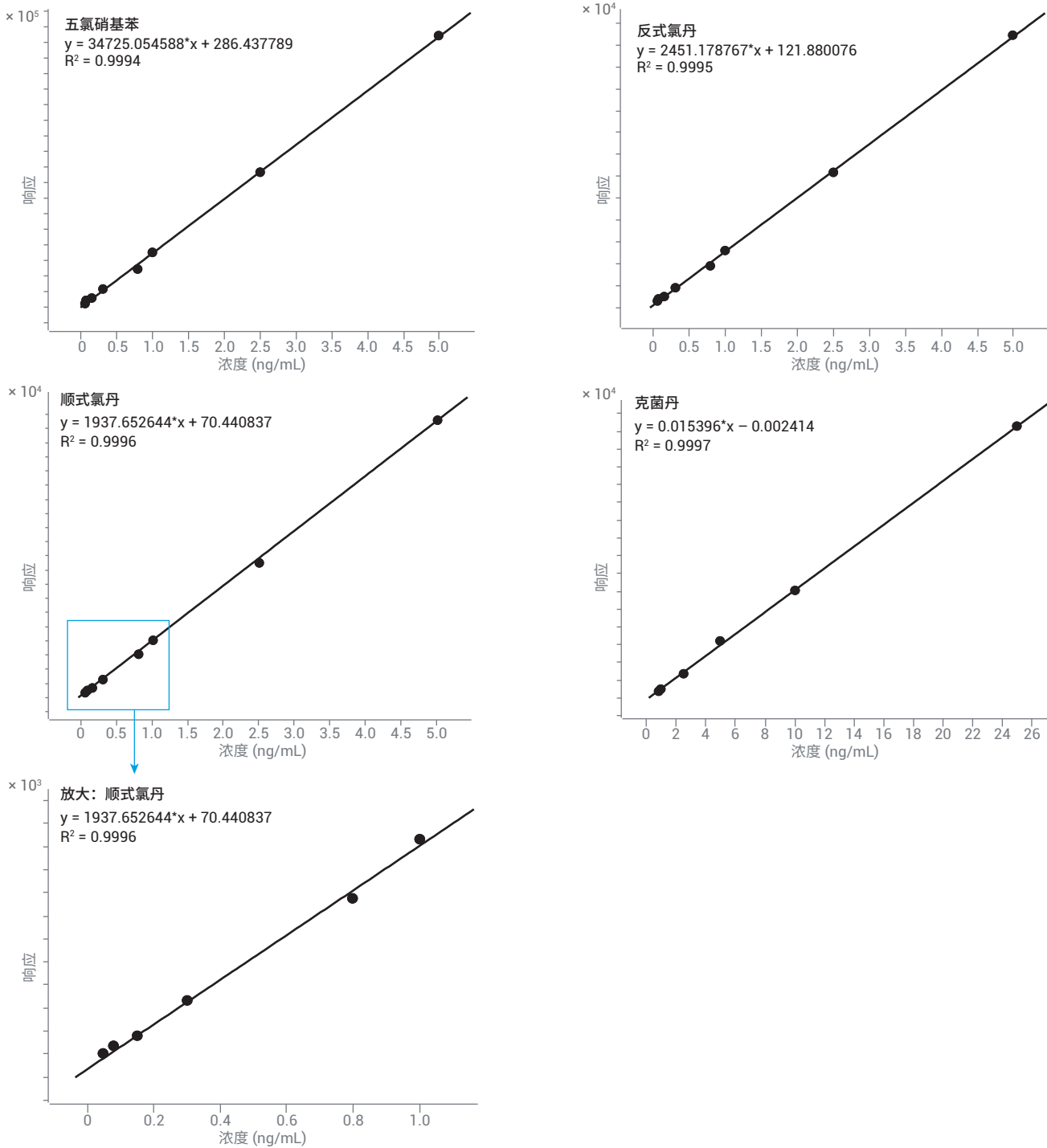


图 4. 五氯硝基苯 (quintozene)、反式氯丹、顺式氯丹和克菌丹的代表性线性校准曲线



### 30 种适用于 GC 分析的农药符合加拿大目前规定的 LOQ 要求

加拿大规定大麻中农药的要求 LOQ<sup>[2]</sup> 通常低于美国规定的值。表 3 显示, 30 种农药符合加拿大规定和建议的 LOQ 要求。对于其中 24 种农药, 加拿大规定的 LOQ 低于加利福尼亚州的要求值。例如, 加拿大卫生部规定的甲霜灵 LOQ 仅为 1/100, 达到 20 ppb, 而加利福尼亚州规定的 LOQ 为 2 ppm。使用本研究所述分析方法, 将安捷伦的 8890 气相色谱系统与安捷伦的 7010B 三重四极杆 GC/MS 联用, 成功满足了规定的 LOQ。

### 烯虫炔酯的定量分析: 一种受加拿大监管的挑战性农药

与克菌丹、氯丹和五氯硝基苯类似, 已知烯虫炔酯对 LC/MS 构成挑战。它也是对 GC/MS 具有挑战性的化合物之一。目前, 仅新鲜大麻和植物以及大麻油中的烯虫炔酯在加拿大受到监管; 但是, 美国国家环境保护局的环境评估结果将烯虫炔酯归类为高毒性物质<sup>[4]</sup>。

图 5 表明, 将安捷伦的 8890 气相色谱系统与安捷伦的 7010B 三重四极杆 GC/MS 联用, 能够对烯虫炔酯进行定量分析, 样品瓶中 LOQ 达到 0.8 ppb (干燥大麻植物材料中 LOQ 为 100 ppb)。借助用于 GC/TQ 的 MassHunter Optimizer, 对大麻基质中烯虫炔酯的 MRM 离子对进行优化。

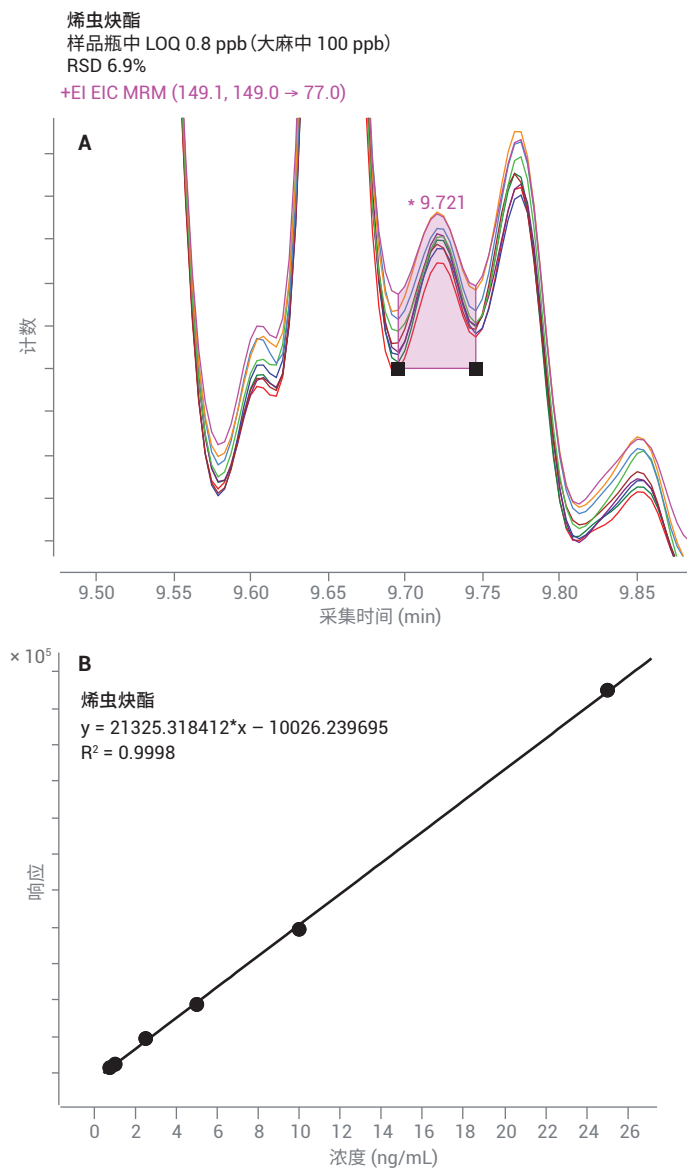


图 5. 浓度为 LOQ 的烯虫炔酯 10 次连续进样所得的叠加 MRM 色谱图和线性校准曲线

## 优化的样品前处理方案可实现最低的 LOQ

与其他植物和蔬菜相比，大麻具有更高含量的潜在干扰物质，特别是高浓度萜类、大麻素、类黄酮、酚类和脂肪酸。大麻基质的复杂性使痕量农药的检测和准确定量更具有挑战性。安捷伦推荐的样品前处理方法专为简便易用和快速周转而开发，并可实现充分净化，以同时提高灵敏度并延长系统正常运行时间。

使用乙腈从大麻植物材料中提取农药，并在 Agilent SampliQ C18 EC SPE 柱（部件号 5982-1365）上进行净化，如图 2 所示。这是安捷伦标准化样品前处理过程，适用于安捷伦 GC/MS/MS 和 LC/MS/MS 多平台大麻分析方法<sup>[3]</sup>。然后在 GC/MS/MS 分析之前进一步稀释所得的大麻提取液。不推荐分析稀释倍数低于 125 倍的大麻植物材料提取液，因为这一浓度可能导致质谱离子源和 EM 检测器超载（图 6）。

如果大麻中所需的化合物 LOQ  $\geq 100$  ppb，则建议使用更高的大麻稀释倍数。使用 Agilent 8890 气相色谱系统与配备 HES 的 Agilent 7010B 三重四极杆 GC/MS 联用，能够使稀释 500 倍的大麻植物材料中 70 种目标农药中的 85% 获得 100 ppb 的 LOQ。完整详情可参见其他出版物<sup>[5,6]</sup>。较高的稀释倍数可实现更长时间的免维护运行，因为系统上的基质载量会有所减少（图 6）。

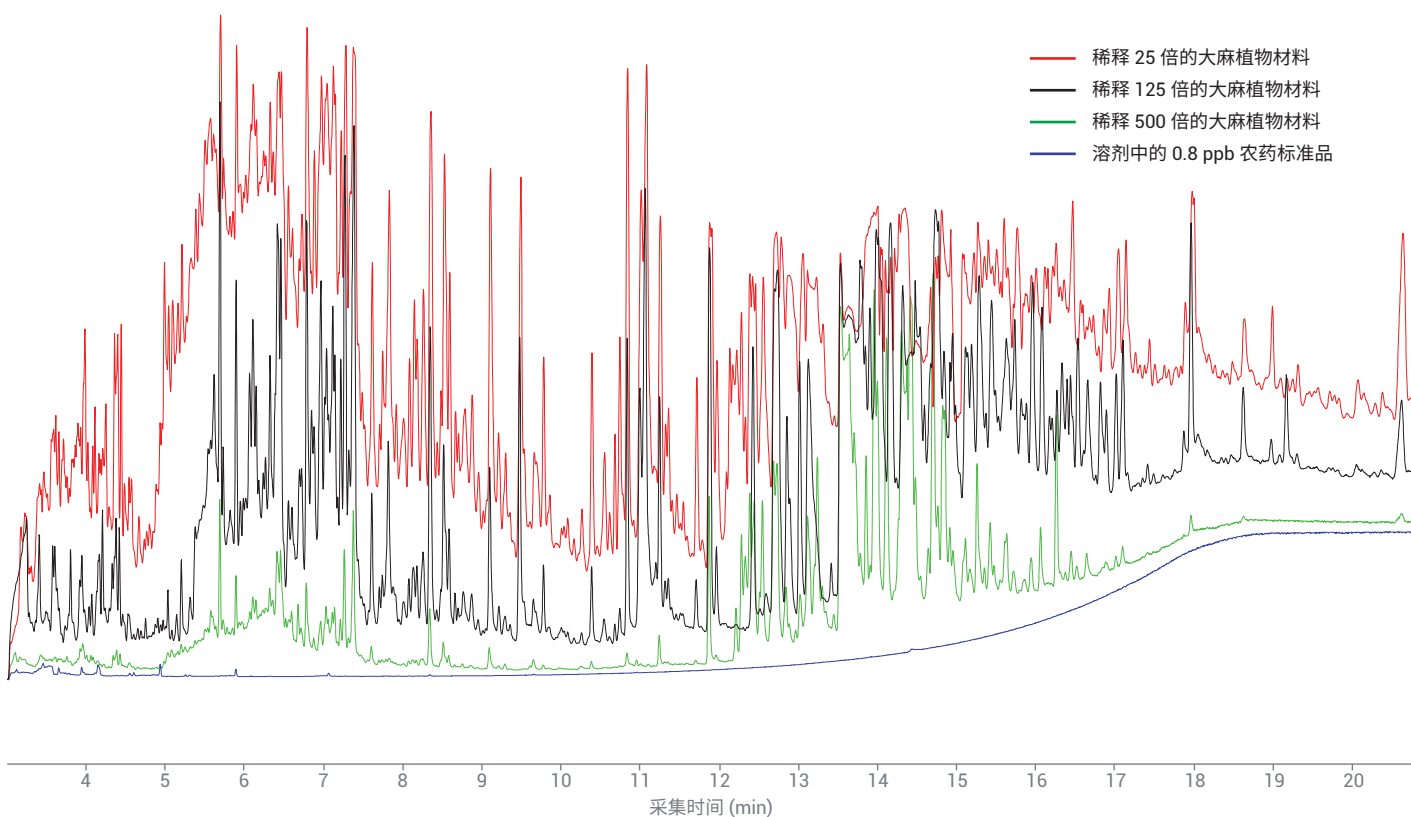


图 6. 稀释 25 倍、125 倍和 500 倍的大麻提取液以及溶剂中 0.8 ppb（样品瓶中）农药标准品的扫描 TIC，采用相同刻度绘制

## 结论

加利福尼亚州目标列表中多数农药的 MRM 离子对包含在 MassHunter 农药与环境污染物 MRM 数据库中，大大简化了采集方法的创建过程。用于 GC/TQ 的 MassHunter Optimizer 能够开发新型目标化合物的 MRM。反吹减少了对系统维护的需求，有助于提升实验室的分析效率。安捷伦的 8890 气相色谱系统的 PSD 简化了可用于色谱柱反吹的脉冲不分流进样模式，可显著降低氦气流速、节省载气并降低运行成本。安捷伦的 7010B 三重四极杆 GC/MS 在复杂大麻基质农药分析中提供了优异的灵敏度和选择性。

43 种受大麻控制局监管、适用于 GC 分析的农药 LOQ 符合加利福尼亚州的规定。分析稀释 125 倍的稀释大麻提取液时，36 种农药的样品瓶中  $LOQ \leq 0.08$  ppb（假设农药回收率为 100%，则干燥大麻植物材料中  $LOQ \leq 10$  ppb），且所有 43 种农药的样品瓶中  $LOQ \leq 0.8$  ppb（干燥大麻植物材料中  $LOQ \leq 100$  ppb）。

## 致谢

感谢 Bruce Quimby、Ron Honnold 和 Pete Stone 对本研究做出的重要贡献。

## 参考文献

1. Bureau of Cannabis Control. California Code of Regulations. Title 16, Division 42. Regular Regulations Text. October **2018**
2. Pest Control Products Act. Government of Canada (S.C.2002, c. 28), Current to October 3, **2018**. <http://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/P-9.01/page-1.html>
3. Roy, J-F.; *et al.* A Sensitive and Robust Workflow to Measure Residual Pesticides and Mycotoxins From the Canadian Target List in Dry Cannabis Flower（一种用于测量干燥大麻花蕾中加拿大目标列表中的残留农药和真菌毒素的灵敏稳定工作流程）。安捷伦科技公司应用简报，出版号 5994-0429EN，**2018**
4. United States Environmental Protection Agency. Prevention, Pesticides and Toxic Substances (7508W)
5. Asanuma, L.; *et al.* A novel comprehensive strategy for residual pesticide analysis in cannabis flower（一种大麻花蕾中残留农药分析的新型综合策略）。安捷伦科技有限公司，出版号 5991-9030EN，**2018**
6. Churley, M.; *et al.* A Novel Approach to Sensitive Pesticide Analysis in Cannabis by GC/MS/MS（一种利用 GC/MS/MS 对大麻中农药进行高灵敏度分析的新方法）。海报 #60 NACRW **2017**

安捷伦产品和解决方案旨在帮助实验室进行大麻质量控制和安全检测（在国家/地区法律允许的情况下使用）。

查找当地的安捷伦客户中心：

[www.agilent.com/chem/contactus-cn](http://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](mailto:LSCA-China_800@agilent.com)

在线询价：

[www.agilent.com/chem/erfq-cn](http://www.agilent.com/chem/erfq-cn)

[www.agilent.com](http://www.agilent.com)

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，2019  
2019年4月16日，中国出版  
5994-0568ZHCN

