

不同处理方法去除有机质对沉积物吸附有机农药和非离子表面活性剂的影响

辛金豪¹ 曾清如¹ 廖柏寒² 杨成建³ 何 昶¹ 周 婷¹

(1 湖南农业大学, 长沙, 410128 2 中南林业科技大学资源环境学院, 长沙, 410004
3 西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 西安, 710055)

摘 要 四种不同的方法去除沉积物有机质, 采用振荡平衡法研究了有机农药、非离子表面活性剂在沉积物上的吸附行为及非离子表面活性剂对有机农药吸附的影响. 结果表明, 经 HCl 处理后, 沉积物有机碳含量增加, 而经 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 、NaOH 和 H_2O_2 处理后沉积物有机碳含量均降低; 甲基对硫磷、西维因的吸附取决于沉积物有机碳的分配作用, 与矿物质无关; 沉积物矿物组分的表面作用和微孔性作用使得高极性有机农药克百威在低有机碳含量沉积物上的吸附量增加; Tween-80 使甲基对硫磷在未处理和 HCl 处理的沉积物上的吸附量减少, 在 NaOH 处理和 H_2O_2 处理的沉积物上的吸附量增加.

关键词 沉积物, 有机农药, 非离子表面活性剂, 吸附.

沉积物吸附是影响有机污染物在水环境中归宿、迁移和生物效应的主要因素之一. 研究表明^[1-3], 沉积物对有机农药的吸附机理主要有分配作用和表面吸附. 通常认为有机碳的分配作用在沉积物对非极性有机农药吸附过程中起主导作用, 而表面吸附则在沉积物对弱极性和极性有机农药的吸附过程中贡献比较大. Lee J F 和 Liu Z 等^[4-5]认为, 非离子表面活性剂在沉积物上的吸附, 一方面是非离子表面活性剂在沉积物矿物上的吸附, 它是基于非离子表面活性剂的高极性和大分子量; 另一方面是非离子表面活性剂通过疏水链在土壤有机碳中的分配而吸附, 土壤或沉积物有机碳含量比较高时非离子表面活性剂往往抑制有机农药在土壤或沉积物上的吸附. 研究可知, 有机碳对沉积物吸附有机污染物起着重要的作用, 而以往的研究大部分局限于通过研究不同土壤的有机碳含量来研究土壤有机碳与吸附的关系, 但不同处理方法处理有机碳对沉积物吸附有机农药或非离子表面活性剂的影响尚少报道.

沉积物有机碳的去除方法比较多, 不同处理方法有机碳的含量和形态会出现不同的变化^[2, 3, 6, 7]. 传统的方法是用强碱 (NaOH) 或焦磷酸钠处理^[6, 7], 它们是基于静电排斥和配体交换原理. H_2O_2 (30%) 处理是基于 H_2O_2 对有机碳的强氧化性^[2, 3]. HCl 处理使土壤 / 沉积物有机碳含量相对增加是由于 HCl 溶解了土壤 / 沉积物中的碳酸盐、金属氧化物等组分^[2, 3], 但是 HCl 也可以通过溶解土壤 / 沉积物腐植酸中溶于酸的组分来去除土壤 / 沉积物部分有机碳^[7].

本文采用 4 种不同的方法对沉积物进行处理, 研究有机农药甲基对硫磷、西维因、克百威和非离子表面活性剂 Tween-80 在沉积物上的吸附行为及 Tween-80 对有机农药吸附的影响, 以期进一步拓展沉积物对有机农药和非离子表面活性剂的吸附机理研究.

1 实验部分

1.1 沉积物样品的采集和制备

采集浏阳河黎托段表层沉积物 (0—20 cm), 去除碎石、败叶等杂物, 经空气自然风干, 样品用研钵捣碎研细, 过 0.6 mm 孔径筛, 密封备用. HCl 和 H_2O_2 的处理参考文献 [3], $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 和 NaOH 处理参考文献 [7], 处理样品用真空干燥器于 50℃ 条件下干燥, 密封保存, 备用.

甲基对硫磷、西维因、克百威 (购自农业部药检所, 纯度 > 99%, 均为分析纯) 水溶解度 (20℃) 分别为 55、120、320 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 非离子表面活性剂 Tween-80 (分析纯) 临界胶束浓度 (CMC) 为 15.72 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

1.2 吸附实验

在 50m l磨口具塞三角瓶中分别加入 0.5g沉积物、20m l一系列浓度的有机农药或非离子表面活性剂溶液、5m l0.025mol• l⁻¹CaCl₂溶液，塞紧瓶塞，在 25℃和 150r• m in⁻¹条件下，振荡 24h，混合液倒入 10m l离心管中，在 3000r• m in⁻¹条件下，离心 20m in，取上清液测定有机农药或非离子表面活性剂浓度。同时做空白和对照实验，实验过程中有机农药和非离子表面活性剂的挥发和降解可忽略。

1.3 非离子表面活性剂和有机农药的测定

非离子表面活性剂的测定^[8]：移取一定体积的非离子表面活性剂待测液于 10m l刻度试管中，定容至 10m l，再加入 0.25m l的 KFL显色剂，摇匀，静置反应 120m in，用 721可见分光光度计于 500nm处，1cm比色皿，以空白溶液为参比测定其吸光值，计算非离子表面活性剂浓度。

有机农药的测定：移取 2m l(浓度高时为 1m l)有机农药待测液，加入 C₁₈固相萃取剂净化柱 (500mg• (6m l)⁻¹，使用前用 5m l无水乙醚预淋洗)，调整萃取仪真空度控制流速，使待测液平稳的通过萃取柱，然后用 5m l无水乙醚洗脱，经含 5g无水硫酸钠柱，过滤到 10m l具塞量筒中定容，转移到安培瓶中，用 GC(美国 Agilent 6890N)测定。

GC测定条件：毛细管柱 HP-5 (30m × 0.32mm × 0.25μm)；NPD 检测器；柱温：采用程序升温 (甲基对硫磷、西维因：初始 60℃，保持 2m in，10℃• m in⁻¹升至 200℃，保持 3m in，10℃• m in⁻¹升至 250℃，保持 1m in，克百威：初始 100℃，保持 2m in，15℃• m in⁻¹升至 200℃，保持 3m in，25℃• m in⁻¹升至 500℃，保持 5m in)；进样口温度：250℃；检测器温度：300℃；载气：氮气，流量 0.6m l• m in⁻¹；补偿流：氮气，流量 10.0m l• m in⁻¹；氢气为 3.0m l• m in⁻¹；空气为 60.0m l• m in⁻¹；保持恒压状态；进样量：1μl 采用外标 5点校正法定量。

2 结果与讨论

2.1 处理前后沉积物的基本性质

沉积物主要包括矿物质有机质等活性组分，组分含量的不同导致沉积物物理化学性质如有机碳含量和阳离子交换容量的不同。不同的组分对水中的污染物具有不同的吸附能力，因此有机物在沉积物上的吸附与沉积物的物理化学性质有关。分别用低温外热重铬酸钾氧化-比色法和氯化钙-醋酸钠法测定了处理前后沉积物的有机碳含量 (f_{oc}) 及阳离子交换容量 (CEC)，结果见表 1。由表 1可知，HCl处理后沉积物有机碳含量出现增加，其原因是 HCl溶解了沉积物中的碳酸盐和其他金属氧化物组分提高了沉积物有机碳的相对量；Na₄P₂O₇、NaOH、H₂O₂处理后均使得沉积物有机碳含量减少，减少率顺序为 H₂O₂ > NaOH > Na₄P₂O₇。将 f_{oc}与 CEC 进行线性回归，可得：

CEC= 17.71f_{oc}+ 49.64 (n= 5, r= 0.9444) (1)

由方程 (1)可知，沉积物中的有机碳含量越高，其阳离子交换容量越大，即沉积物有机碳能提供较高的阳离子交换容量。由方程 (1)可以推出有机碳可以贡献的阳离子交换容量为 17.71f_{oc}mmol• kg⁻¹，而矿物质可以贡献的阳离子交换容量为 49.64 mmol• kg⁻¹。

表 1 处理前后沉积物的理化性质
Table 1 Physical and chemical properties of treated and untreated sediment

理化性质参数	处理方式				
	未处理	HC 处理	Na ₄ P ₂ O ₇ 处理	NaOH 处理	H ₂ O ₂ 处理
f _{oc} %	2.2467	2.7621	1.9004	1.3321	1.0247
CEC mmol• kg ⁻¹	92.8194	94.4167	80.8333	73.9583	65.4861
pH (V _固 :V _液 =1:1)	5.88	5.13	6.45	7.89	5.32

2.2 有机农药的吸附等温线

有机农药甲基对硫磷、西维因、克百威在处理前后沉积物上的吸附等温线见表 2。从表 2可知，在所测的浓度范围内基本符合线性方程：

$$Q = K_d C_e$$

(2)

式(2)中： Q 为吸附量， C_e 为平衡浓度， K_d 为吸附系数。甲基对硫磷、西维因等温线的线性相关系数分别在0.99和0.98以上。甲基对硫磷、西维因在沉积物上 K_d 的顺序为：HCl处理>未处理>Na₄P₂O₇处理>NaOH处理>H₂O₂处理，这正好与处理前后沉积物有机碳的含量成正比，其相互关系见图1。由图1可知，甲基对硫磷和西维因的 K_d 与沉积物的 f_{oc} 具有很好的线性相关性(甲基对硫磷 $r^2=0.9979$ ，西维因 $r^2=0.9820$)，这说明甲基对硫磷、西维因在沉积物上的吸附行为主要受沉积物有机碳影响，有机碳对甲基对硫磷、西维因的吸附类似于有机溶剂从水体萃取有机化合物，即水体中的有机物通过土壤/沉积物中有机碳分配作用进入土壤/沉积物。

表 2 有机农药的吸附等温线和有机碳归一化吸附系数

Table 2 Isotherms and adsorption coefficients normalized by organic carbon for organic pesticides

处理方式	甲基对硫磷			西维因			克百威		
	线性方程	r^2	K_{oc}	线性方程	r^2	K_{oc}	线性方程	r^2	K_{oc}
未处理	$Q = 40.13C_e$	0.9952	17.78	$Q = 5.98C_e$	0.9936	2.65	$Q = 3.36C_e$	0.9668	1.49
HCl 处理	$Q = 47.19C_e$	0.9979	17.08	$Q = 6.58C_e$	0.9862	2.38	$Q = 4.30C_e$	0.9747	1.56
Na ₄ P ₂ O ₇ 处理	$Q = 33.06C_e$	0.9914	17.39	$Q = 4.88C_e$	0.9936	2.57	$Q = 2.80C_e$	0.9703	1.47
NaOH 处理	$Q = 24.62C_e$	0.9982	18.48	$Q = 3.84C_e$	0.9871	2.88	$Q = 3.61C_e$	0.9181	2.71
H ₂ O ₂ 处理	$Q = 19.25C_e$	0.9973	18.79	$Q = 3.11C_e$	0.9803	3.04	$Q = 4.01C_e$	0.9053	3.91

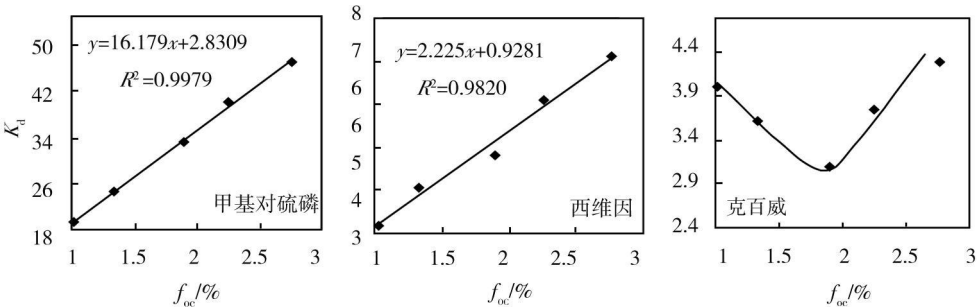


图 1 有机农药在沉积物上的 K_d 与 f_{oc} 相互关系曲线

Fig 1 The relationship curve between K_d and f_{oc} of organic pesticides adsorption on sediment

由甲基对硫磷、西维因在沉积物上的 K_d 与沉积物阳离子交换容量CEC之间的相互关系曲线分别为： $y = 1.0705x + 46.31$ ， $R^2 = 0.9624$ ； $y = 7.725x + 42.446$ ， $R^2 = 0.9632$ 可知，CEC值小于46.341 mmol·kg⁻¹ (甲基对硫磷)、42.446 mmol·kg⁻¹ (西维因)时，甲基对硫磷、西维因的吸附系数 $K = 0$ 表明CEC与吸附系数无关，即阳离子交换容量对沉积物吸附甲基对硫磷、西维因几乎无影响，此值刚好与矿物质提供的CEC值49.641mmol·kg⁻¹比较接近；当CEC值分别大于46.341 mmol·kg⁻¹、42.446 mmol·kg⁻¹时，因为有机碳提供阳离子交换容量，而吸附系数与有机碳含量成正比，导致了吸附系数与阳离子交换容量成正比的表象。这再次表明甲基对硫磷、西维因在土壤沉积物上主要受有机碳影响而与矿物质无关。

另外，由表2可知，克百威在沉积物上的吸附等温线线性远小于甲基对硫磷和西维因，尤其是沉积物经NaOH和H₂O₂处理后，其相关系数只有0.9181和0.9053。沉积物有机碳含量比较高或比较低时，均导致克百威吸附量增加(见图1)。克百威属于较大极性的有机农药，沉积物有机碳含量低时，沉积物矿物组分的表面作用和微孔性作用会导致克百威吸附量增加^[3]；而沉积物有机碳含量高时，受有机碳分配吸附作用的影响，克百威吸附量也比较多。

2.3 非离子表面活性剂的吸附等温线

非离子表面活性剂在固液界面的吸附可分两个阶段进行^[6]：第一阶段是单个的表面活性剂分子通过范德华力、氢键和疏水分配等作用而吸附，该过程的吸附等温线符合Langmuir型吸附方程：

$$Q = (Q_0K_1C_e) / (1 + K_1C_e)$$

(3)

第二阶段是溶液中的表面活性剂分子与吸附了的表面活性剂单体通过它们碳氢链的疏水基相互作用形成表面胶团 (或半胶团、吸附胶团等), 该过程的吸附等温线符合“S”型吸附方程:

$$Q = (Q_0K_1K_2C_{en}) / (1 + K_1K_2C_{en})$$

(4)

式(3)和(4)中, K_1 为第一阶段的表观吸附平衡常数 ($l \cdot mg^{-1}$), K_2 为第二阶段的表观吸附平衡常数 ($l^{-1} \cdot mg^{n-1}$); n 为表面胶团的聚集数; Q 为表面活性剂的总吸附量 ($mg \cdot kg^{-1}$); Q_0 为表面活性剂的饱和吸附量 ($mg \cdot kg^{-1}$), C_e 为表面活性剂的平衡浓度 ($mg \cdot l^{-1}$).

用软件 DPS 3.01按 Langmuir型和“S”型吸附方程拟合 Tween-80在处理前后沉积物上的吸附等温线, 拟合结果见表 3. 由表 3可知, Tween-80在未处理、HCl处理和 $Na_4P_2O_7$ 处理沉积物上的吸附等温线呈 Langmuir型, 决定系数在 0.9872—0.9943之间; HCl处理沉积物对 Tween-80的饱和吸附量最大, $Na_4P_2O_7$ 处理沉积物最小, 这是因为 HCl处理后的沉积物有机碳含量比较高, Tween-80主要通过疏水链在沉积物有机碳中的分配而吸附, 有机碳含量高吸附量大^[4-6]. 沉积物经 NaOH 处理和 H_2O_2 处理后, Tween-80的吸附等温线呈现“S”型, 吸附量大大的增加. 这是因为当沉积物有机碳含量低时, 非离子表面活性剂能通过氢键、质子化 (EOH^+) 基团与带负电水合铝硅酸盐间的静电作用等机理吸附, 高浓度吸附时它还能通过与先前吸附的表面活性剂分子间的侧面疏水作用提高吸附, 在沉积物表面形成表面胶束, 吸附等温线呈现“S”型^[6-9].

表 3 Tween-80在处理前后沉积物上的 Langmuir型和“S”型吸附等温线拟合结果

Table 3 Fitted parameters of Tween-80 sorbed by untreated and treated sediments using Langmuir model and “S” model equation

处理方式	Langmuir型吸附方程				“S”型吸附方程					
	K_1 ($l \cdot mg^{-1}$)	Q_0 ($mg \cdot kg^{-1}$)	R^2	F 检 验值	K_1 ($l \cdot mg^{-1}$)	K_2 ($l^{-1} \cdot mg^{n-1}$)	n	Q_0 ($mg \cdot kg^{-1}$)	R^2	F 检 验值
未处理	0.0435	8717	0.9943	349	5.5106	0.0005	2.3198	7356	0.9010	155
HCl处理	0.1959	5550	0.9882	195	10.4359	0.0219	0.8657	5707	0.9065	657
$Na_4P_2O_7$ 处理	0.1197	6596	0.9872	179	5.8089	0.0174	1.1114	6451	0.9163	646
NaOH 处理	0.0702	9932	0.9252	393	6.0791	0.0187	0.6489	12393	0.9850	176
H_2O_2 处理	0.0079	15460	0.9152	107	3.7329	0.0004	0.6063	285651	0.9404	42

2.4 非离子表面活性剂对有机农药吸附的影响

在不同浓度 Tween-80存在条件下, 等初始浓度甲基对硫磷在沉积物上的吸附曲线见图 2.

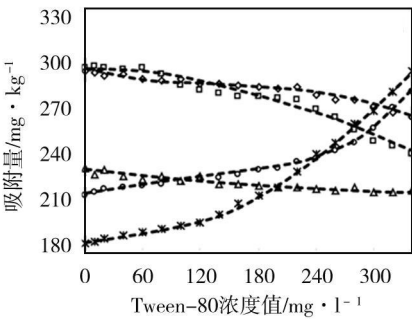


图 2 等初始浓度甲基对硫磷的吸附量与 Tween-80浓度的关系

◇未处理 □HCl处理 △焦磷酸钠处理 ○NaOH处理 * H_2O_2 处理

Fig 2 Relationship between Tween-80 concentration and adsorption capacity of parathion-methyl with the same preliminary concentration

由图 2可知, 随着 Tween-80浓度的增加, 甲基对硫磷在未处理和 HCl处理沉积物上的吸附量逐

渐减少，Tween-80浓度为 200 mg• L⁻¹时甲基对硫磷吸附量急剧降低，其原因是未处理和 HCl处理沉积物的有机含量比较高，Tween-80疏水链分配到有机碳中后形成疏水基朝内亲水基朝外的吸附层，该吸附层阻碍了甲基对硫磷分子在沉积物有机碳的分配吸附^[10]；当 Tween-80浓度为 200 mg• L⁻¹后达到吸附平衡，溶解态 Tween-80 分子或胶束对甲基对硫磷的增溶作用使得甲基对硫磷吸附量迅速减少^[11]。相反，随着 Tween-80浓度的增加，甲基对硫磷在 NaOH 处理和 H₂O₂处理沉积物上的吸附量从慢到快逐渐增加，其原因是 NaOH 处理和 H₂O₂处理沉积物有机碳含量非常低，Tween-80吸附到沉积物矿物表面后提高了沉积物的有机碳含量，从而促进甲基对硫磷的吸附，尤其是 Tween-80在沉积物表面形成表面胶束后，甲基对硫磷的吸附量大大的增加^[4, 10]。

3 结论

- (1)HCl处理后沉积物有机碳含量增加，而 Na₃P₂O₇、NaOH、H₂O₂处理后沉积物有机碳含量均减少，减少率顺序为 H₂O₂>NaOH>Na₃P₂O₇。
- (2)甲基对硫磷、西维因的吸附主要由沉积物有机碳的分配作用决定，而与沉积物矿物质无关；由于沉积物矿物组分的表面作用和微孔性作用，高极性有机农药克百威在低有机碳含量沉积物上的吸附量大。
- (3)沉积物有机碳含量高时，Tween-80主要通过疏水链在有机碳中的分配作用而吸附；而沉积物有机碳含量低时，Tween-80通过氢键、质子化(EOH⁺)基团与带负电水合铝硅酸盐间的静电作用等机理吸附，高浓度吸附时它还能通过与先前吸附的表面活性剂分子间的侧面疏水作用提高吸附，在沉积物表面形成表面胶束。
- (4)Tween-80抑制甲基对硫磷在未处理和 HCl处理沉积物上的吸附，促进其在 NaOH 处理和 H₂O₂处理沉积物上的吸附，其原因与 Tween-80在沉积物上的吸附行为有关。

参 考 文 献

[1] 杨坤，朱利中，许高金等，分配作用对沉积物吸附对硝基苯酚的贡献 [J]. 中国环境科学，2001，21 (4)： 297—300

[2] Zhao X K, Yang G P, Wang Y J. Adsorption of Diethyl Phthalate on Marine Sediments [J]. *Water, Air and Soil Pollution*, 2004, 157: 179—192

[3] Zhao X K, Yang G P, Wu P et al., Study on Adsorption of Chlorobenzene on Marine Sediments [J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2001, 243: 273—279

[4] Lee J F, Pao M L, Chun C C et al., Influence of a Nonionic Surfactant (TritonX-100) on Contaminant Distribution between Water and Several Soil Solids [J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2000, 229: 445—452

[5] Liu Z, Edwards D A, Luthy R G, Adsorption of Nonionic Surfactants on to Soil [J]. *Water Res.*, 1992, 26 (10) : 1337—1345

[6] 杨成建，曾清如，张静等，非离子表面活性剂在土壤 /沉积物中的吸附模型研究 [J]. 农业环境科学学报，2007，26 (4) : 1396—1401

[7] Alessandro P, Pellegrino C et al., Atrazine Interactions with Soil Humic Substances of Different Molecular Structure [J]. *J. Environ. Qual.*, 1998, 27: 1324—1333

[8] 杨成建，曾清如，杨海君等，几种聚氧乙烯型非离子表面活性剂的分光光度法测定及其应用 [J]. 分析化学，2006，34 (5)： 642—646

[9] Hampson J W, Cornell D G, Michich T J. Adsorption of Nonionic Oxyethylated Sulfonamides on to Sand and Kaolin from Aqueous Solution [J]. *Soil Sci Soc Am. J.*, 1986, 50: 1150—1154

[10] 杨成建，曾清如，廖柏寒等，非离子表面活性剂对有机磷农药在沉积物上吸附行为的影响 [J]. 环境化学，2006，25 (2) : 159—163

[11] 陈宝琛，朱利中，陶澍，非离子表面活性剂对菲在水 /土壤界面间吸附行为的影响. 环境科学学报，2003，23 (1) : 1—5

EFFECT OF DIFFERENT SEDIMENT TREATMENTS ON THE ADSORPTION BEHAVIORS OF ORGANIC PESTICIDES AND NON IONIC SURFACTANT ON SEDIMENT

*XN Jin-hao¹ ZENG Qing-ru¹ LIAO Bo-han² YANG Cheng-jian³
HE Chang¹ ZHOU Ting¹*

(1 Hunan Agricultural University, Changsha, 410128 China

2 College of Resource and Environment, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004 China

3 Xi'an University of Architecture and Technology, College of Environment & Municipal Engineering, Xi'an 710055, China)

ABSTRACT

The sediment was treated using four methods and the adsorption behaviors of three organic pesticides and non ionic surfactant on sediment and the effect of non ionic surfactant on organic pesticide on sediment were investigated. The results showed that the percentage of HCl treatment sediment organic carbon content increased, but the other three treatments reduced sediment organic carbon content. The adsorption behaviors of parathion methyl and carbaryl were mainly influenced by the organic carbon contents of sediment. Partitioning effect of organic carbon took a major role on the adsorption of parathion methyl and carbaryl, and the adsorption of parathion methyl and carbaryl were independent of the content of minerals in sediment. The surface and microporosity action of minerals in sediment increased the adsorption of the high-polar organic pesticide on the sediment with low organic content. The adsorption mechanism of Tween-80 on sediment involved that distribution of hydrophobic chain in organic carbon, electrostatic between hydrogen bonds, protonated group and negatively hydrated aluminum silicates reduced the adsorption capacity of parathion methyl on sediment. Hydrophobic of adsorbed surfactant molecules increased the adsorption capacity.

Keywords sediment, organic pesticide, non ionic surfactant, adsorption

赛默飞世尔科技 ITQ 700™ 气质联用系统
分析绿茶样品中多农药残留

与以往的农药相比，如今的农药通常具有分子量较小、环境中会快速分解等特点。这就要求分析人员必须充分考虑样品萃取处理以及仪器参数设置等实验条件，才有可能真正实现食品中农药残留的定性、定量分析。QuEChERS样品处理方法已于 2007 年 1 月被美国官方分析化学家协会 (AOAC) 公布为标准分析方法。该方法大大简化了水果、蔬菜、谷作物以及草药等样品中农药残留的分析测定。

该研究采用了 Thermo Scientific FOCUS GC 气相色谱 K-ITQ 700™ 质谱联用系统，获得部分茶叶农作物中广泛使用的农药的分析线性范围、定量下限以及检测下限等实验数据。为了在配备 ITQ 700™ 质谱的气质联用系统上实现气相色谱-多级质谱分析的目的，要求严格根据 QuEChERS 样品处理方法进行大批量样品处理。进样分析前除去样品中咖啡因及多酚类干扰物质。实验采用了固定相为 35% 联苯 / 65% 二甲基聚硅氧烷的 Thermo Scientific TRACE TR-Pesticide II 型毛细管气相色谱柱，大大提高了这些极性较大化合物的分离效果。

采用简单的不分流进样以及电子轰击离子化-反应离子监测模式 (EIMS/MS) 实现对 22 种农药的分析测定。分别在多个高浓度点以及低浓度点，采用标准品添加入空白基质实验考察验证分析方法的精密度。相比其它模式如全扫描模式 (Full Scan) 以及选择离子检测模式 (SM)，MS/MS 扫描模式在分析灵敏度方面有着极大的提高。ITQ 700™ 质谱在 MS/MS 扫描模式下，通过碰撞诱导裂解，为每种待检农药提供完美的子离子质谱图数据。因其能够高效地过滤基质中干扰离子，可以在低浓度条件下提供更为精确的谱图数据。