

文章编号: 1004-8227(2009)10-0985-07

地形和季节变化对有机氯农药分布特征的影响 ——以四川省成都经济区为例

邢新丽^{1,2}, 祁士华^{1,2*}, 张 凯^{1,2}, 张 原^{1,2}, 阚泽忠³, 秦 兵³

(1. 中国地质大学环境学院, 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质大学生物地质与环境地质教育部

重点实验室, 湖北 武汉 430074; 3. 四川省地质调查院, 四川 成都 610081)

摘 要: 在成都经济区典型地貌单元(平原区和丘陵区)采集春季和秋季样品, 共计 52 件农作物样品和 100 件土壤样品, 通过美国 EPA8080A 方法测试样品中有机氯农药含量, 以研究不同地貌单元不同季节有机氯农药污染分布特征。结果表明: 土壤中 DDT 含量高于 HCH 含量; 平原区绵竹市土壤中有机氯农药含量高于丘陵区盐亭县土壤有机氯农药含量; 在平原区的绵竹市, 秋季采集的土壤中有机氯农药含量高于春季样品中有机氯农药含量; 在丘陵区的盐亭县, 春季采集的土壤有机氯农药含量高于秋季样品中含量。农作物中有机氯农药的检出率较高, 各种作物浓度均未超标, 但对人们健康具有潜在危害。油脂含量高的粮食作物中有机氯农药含量高于叶类蔬菜和果实类蔬菜中有机氯农药的含量。地貌类型、土壤有机质含量以及有机氯农药施用是造成两个地区春、秋季土壤含量特征不同的主要原因, 而植物的吸收方式、OCP 的物理化学性质是影响农作物中 OCP 含量不同的主要因素。

关键词: 地形; 季节; 成都经济区; 有机氯农药

文献标识码: A

有机氯农药是一类具有致癌、致突变的持久性有机污染物, 由于其毒害性大、理化性质稳定、具有半挥发性和生物累积放大作用, 对生态环境和人体健康的潜在风险近些年来一直备受关注。我国使用的有机氯农药主要是 HCHs 和 DDTs^[1,2], 其中 DDTs 累计施用量 40×10^4 t, HCHs 约 49×10^4 t^[3]。有机氯农药在土壤中残留期一般很长, 有数年至二三十年, 致使该类农药禁用多年后, 许多地区土壤中仍能检出 HCHs 和 DDTs 等有机氯农药, 而土壤中残留的农药会通过生物富集和食物链最终危害人体健康^[4]。农业是我国的经济基础, 因此, 土壤和农作物中有机氯农药残留量是我们主要研究对象之一。不同的地貌单元有不同的农业生产模式和作物类型, 不同的季节有不同的农产品, 因此农药施用方式、施用量以及残留量也不同。

成都经济区是四川全省经济最发达的地区, 农业种植业具粮、经、林多元结构。历史上该区曾大量使用有机氯农药, 但是该区有机氯农药研究工作远远落后于东部发达地区, 对土壤和生物中有机氯农

药的相关报道很少^[5]。本文选取成都经济区具有地貌代表性的平原区和丘陵区, 采集春、秋两季土壤和农作物样品, 并参照美国 EPA8080A 方法, 测定有机氯农药含量分布特征。

1 材料与方法

1.1 样品采集

在山地丘陵区 and 成都平原区分别选取具有代表性地区作为研究对象, 平原区采样点设在四川较大的蔬菜种植区绵竹市, 山地丘陵区采样点设在四川省食道癌高发区绵阳市盐亭县(图1)。由于不同季节生物种类不同, 分别于 2007 年 5、9 月份采集春季和秋季代表性蔬菜的可食部分及粮食籽实。绵竹生物样品编号为 M1~ M30, 其中 M1~ M17 为春季样品, M18~ M30 为秋季样品; 土壤样品编号为 MS01~ MS75, MS01~ MS67 为春季土壤样, MS68~ MS75 为秋季土壤样品。盐亭生物编号为 Y1~ Y22, Y1~ Y9 为春季样品, Y10~ Y22 为秋季样品; 土壤样品编

收稿日期: 2008-09-26; 修回日期: 2008-11-30

基金项目: 国家自然科学基金(40473043); 四川省成都经济区区域土壤(有机氯农药)地球化学调查项目(2006040007)

作者简介: 邢新丽(1981~), 女, 河北省沧州市人, 博士研究生, 主要从事环境有机污染化学和环境地球化学研究。

E-mail: xingxinli5300225@163.com

* 通讯作者

号为 YS01~ YS25, 其中 YS01~ YS16 为春季样品, YS17~ YS25 为秋季样品。生物样选择正在生长的农作物籽实或蔬菜, 保证搅碎后质量达到 200 g, 装入聚乙烯保鲜袋中, 密封保存, 并尽快运回实验室, 用纯净水冲洗去掉浮尘, 晾干表面水, 冷冻保存。生物样所对应的土壤样点应靠近植物采样点, 采集 0~ 20 cm 表层耕作层土, 用铲采集土样装入聚乙烯保鲜(密封)袋内(去除残枝和排出袋内的空气), 样品采集重量应保证在过 20 目筛后干重达到 100 g, 并尽快运回实验室, 在低温条件下自然风干, 待分析。



图 1 研究区位置图

Fig.1 Location of Study Area

1. 样品分析

1.2.1 土壤样品

土壤样品在实验室阴干后准确称量 10 g, 加入适量无水硫酸钠(经二氯甲烷(DCM)抽提 24 h, 马弗炉 450℃ 烘干), 用 DCM 索氏提取抽提 24 h, 在抽提前将 DCM 清洗的小铜片加入烧瓶中以脱硫。旋转蒸发仪(LABOROTA4000, 德国 Heidolph) 将抽提液浓缩至 5 mL。浓缩液通过装有抽提去活化的氧化铝和硅胶(V/V = 1: 2)的层析柱净化分离, 用 DCM 和正己烷(V/V = 2: 3)混合液进行淋洗。淋洗液再次旋转蒸发, 正己烷溶剂置换浓缩至 0.5 mL, 转移至 2 mL 细胞瓶, 用柔和的高纯氮气将浓缩液吹至 0.2 mL, 加入 4 μ L 内标物五氯硝基苯(PC-

NB), 进行仪器分析。实验所用试剂 DCM、正己烷、丙酮均为美国进口, 级别为色谱纯, 标准样品、内标和回收率指标化合物购自美国 Ultra Scientific 公司。

采用 GG-ECD 气相色谱仪(Agilent 公司, HP-6890 配 63N+ ECD 检测器) 对样品进行分析。色谱柱为 HP-5 毛细管柱(30.0 mm $\times$ 0.32 mm $\times$ 0.25 μ m), 进样口温度 290℃, 无分流进样; 载气为高纯氮气, 流速 2.1 mL/min; 升温程序为初始温度 100℃, 保持 1 min 后以 4℃/min 升温至 200℃, 以 2℃/min 升温至 230℃, 再以 8℃/min 升温至 280℃, 保持 15 min; 检测器温度 300℃, 进样量为 2 μ L。

所有样品分析测试采用严格的质量保证和质量控制。用回收率指标化合物 2, 4, 5, 6-四氯间二甲苯(TCMX)和十氯联苯(PCB209)以及空白样品控制样品预处理过程中的质量, 回收率为 70% ~ 115%, 方法检出限为 0.01~ 0.18 ng/g。

1.2.2 生物样品

生物样品用搅拌机搅碎, 冷冻储存, 称取约 15 g 样品, 加入 20 ng 四氯间二甲苯(TCMX)和十氯联苯(PCB209)作回收率指示, 加入 150 mL DCM 和丙酮混合液(体积比 2: 1), 索氏抽提 48 h。加浓硫酸去脂, 用 5 g 硫酸(质量比 1: 1)浸泡的硅胶柱纯化。然后用 30 mL DCM 和正己烷的混合液(体积比 1: 1)洗脱, 洗脱液用旋转蒸发仪浓缩至 0.2 mL, 加入 20 ng 五氯硝基苯(PCNB)为内标, GG-ECD 上机分析、质量控制与质量保证方法与土壤相同。生物样回收率为 65% ~ 97%。

结果与讨论

1.1 土壤有机氯农药浓度特征

土壤有机氯农药浓度见表 1, 从地域方面看, 蔬菜基地绵竹市土壤中有机氯农药含量高于山地丘陵地区的盐亭县, 从使用类型看, DDT 含量普遍高于 HCH 含量, 这与我国其他地区报告的结果一致^[6]。虽然历史上 HCH 使用量大于 DDT 使用量, 但是由于 DDT 稳定性高于 HCH, 因此实际土壤中 DDT 及其降解产物的残留量高于 HCH 的残留量。DDT 组分的变化可以指示有机氯农药的来源, DDT 降解产物 DDE 稳定性高于 DDT, 若 DDE 含量较高, 说明 DDT 残留量较大; 反之若 DDT 较高, 说明有新的 DDT 输入^[7]。在季节方面来看, 绵竹秋季土壤中有有机氯农药浓度高于春季土壤中的浓度。绵竹是四川著名的蔬菜基地, 春季主要以大棚蔬菜种植为

主, 大棚薄膜不利于农药的扩散; 而夏季主要是露天蔬菜种植, 开阔的环境和较高的环境温度有利于 OCPs 的扩散, 且种植面积大, 农药施用量大。因此, 土壤中有机氯农药表现为秋季浓度大于春季浓度。较高的 p, p'-DDT 浓度也指示出该区新的农药输入。相反, 盐亭土壤表现为春季有机氯浓度高于秋季的浓度, 可能的原因为该区有机氯农药主要为历史残留(p, p'-DDT 降解产物 p, p'-DDE 含量较高^[7]), 随时间推移, 微生物降解, 夏秋季节高温环境的有机氯农药挥发以及作物吸收, 使得土壤中有机

氯农药浓度逐渐变小。在 DDT 组分特征中 DDE 含量高于 DDT 含量也证实了该区主要以历史残留为主。此外, 由于绵竹市属于成都平原和龙门山构造带之间的冲积平原区, 表层土壤有机质含量高, 且位于降水前锋带, 冷热气流交汇, 有利于大气中 OCPs 沉降, 是大气传输的持久性有机污染物的汇区之一^[8], 而盐亭属于低山丘陵区, 表层土壤有机质含量低, 而有机质对 OCPs 具有较强的吸附能力^[9], 故 OCPs 在绵竹土壤中的残留量会高于盐亭土壤中的残留量。

表 1 土壤中有有机氯农药含量(ng/ g)
Tab. 1 Concentrations of OCP in Soils (ng/ g)

样品种类		α-HCH	β-HCH	γ-HCH	δ-HCH	ΣHCH	p, p'-DDE	p, p'-DDD	o, p'-DDT	p, p'-DDT	ΣDDT
绵竹春季	Mean	0. 61	0. 89	0. 16	0. 44	2. 10	11. 64	1. 59	2. 13	6. 54	21. 91
	Max	6. 87	9. 56	1. 67	2. 64	17. 42	235. 75	42. 19	67. 56	259. 62	605. 13
	Min	ND	ND	ND	ND	0. 01	0. 03	ND	ND	ND	0. 04
绵竹秋季	Mean	2. 17	2. 22	1. 42	0. 48	6. 28	24. 60	5. 13	5. 81	60. 89	96. 43
	Max	10. 04	7. 90	3. 53	3. 18	18. 34	102. 48	23. 41	28. 27	255. 23	286. 20
	Min	0. 15	ND	ND	ND	2. 50	1. 26	0. 39	0. 02	0. 33	2. 20
盐亭春季	Mean	0. 46	1. 28	0. 16	0. 36	2. 24	20. 81	3. 07	5. 31	19. 76	48. 96
	Max	5. 84	16. 34	1. 38	1. 65	25. 21	242. 00	42. 55	71. 82	296. 61	652. 98
	Min	0. 01	0. 06	ND	0. 01	0. 20	0. 37	0. 01	ND	0. 08	0. 66
盐亭秋季	Mean	0. 03	0. 05	0. 06	0. 02	0. 16	0. 95	0. 06	0. 19	0. 18	1. 38
	Max	0. 07	0. 13	0. 08	0. 04	0. 30	3. 17	0. 25	1. 12	0. 41	3. 17
	Min	ND	0. 01	ND	ND	0. 08	0. 06	ND	ND	ND	0. 16

注: ND 为未检出。

与其他地区相比, 成都经济区的 ΣHCH 和 ΣDDT 浓度高于西南岩溶地区(贵阳) 水稻田的有机氯农药浓度; 低于土壤肥沃的华北平原和东北地区土壤有机氯农药浓度; 与东部的南京菜地浓度相当, 高于淮安农田的分析结果, 低于福建、苏南发达地区农田菜地的浓度。与国标和荷兰无污染土壤标准相比, ΣHCH 含量均在国标一级标准(50 ng/ g) 范围内, 部分采样点 ΣDDT 超过国标一级标准, 极

个别点甚至超过国标二级标准(500 ng/ g); 绵竹大部分春秋样品 ΣDDT 浓度超过荷兰标准(2 5 ng/ g), 而盐亭地区同荷兰标准相比, 污染较轻。综上所述, 研究区部分地区土壤有轻度污染, 土壤 OCPs 含量低于土壤肥沃的北方地区, 高于西南岩溶发育、土壤相对贫瘠地区, 同时也说明我国国标对土壤有机污染要求过松, 同其他国家的管理监测力度还存在很大差距。

表 各地农田土壤 HCHs 和 DDTs 含量(ng/ g)

Tab. 2 Concentrations of HCHs and DDT in Agricultural Soils (ng/ g)

	采集时间	土壤利用方式	ΣHCH	ΣDDT	参考文献
贵州	2007	水稻田	3. 37~ 8. 26	6. 45~ 27. 56	[10]
四川	2007 春季	农田	0. 01~ 25. 21	0. 04~ 652. 98	本研究
	2007 秋季		0. 08~ 18. 34	0. 16~ 286. 20	
成都市	2007	农业区	4. 35~ 394. 07	ND~ 940. 54	[11]
北京	2003	果园	2. 3~ 760. 3	7. 2~ 2 910	[2]
华北地区	2008	农药厂附近	-	80~ 9. 663× 10 ⁸	[12]
辽宁	2001	绿色基地草甸土	25	30	[13]
沈阳市	1992	菜地	97~ 367(211)	8~ 252(97)	
呼和浩特市	1988	菜地	40 ~ 830(256)	5 ~ 852(192)	
南京市郊	2007	菜地	2. 48~ 17. 80(6. 02)	3. 36~ 74. 19(12. 61)	[14]

续表

	采集时间	土壤利用方式	ΣHCH	ΣDDT	参考文献
淮安市	2000	农田	0.24	0.12	[15]
苏南地区	2002	水稻田	8.6~16.9(11.8)	22.1~492.4(137.5)	[16]
		传统菜地	4.5~22.8(10.9)	17~1115.4(172.5)	
		蔬菜基地	6.6~21.2(11.5)	30.5~477.5(160.4)	
		大棚蔬菜地	7.1~13.5(10.1)	63.4~843.2(154.1)	
福建	1992	茶园地	ND~80.7(3.7)	ND~385.7(8.3)	[17]
宁波市	1998~1999	水稻田	ND~3(0.3)	2~451(67.7)	[17]
	1993~1994	菜地	1.3~14.5	18.0~524.2	
	1995~1996	果园	1.1~76.3	1.5~5642.2	

注: ND 为未检出.

植物体内有机氯农药浓度特征

植物体有机氯农药浓度见图 2。HCH 的浓度普遍高于 DDT 浓度,可能是由于 HCH 的水溶性较强,更容易被植物根系和叶面吸收,导致植物对 HCH 的富集能力高于对 DDT 的富集能力。由于 β-HCH 性质稳定,其检出浓度高于其他 HCH 异构体, p, p'-DDE 浓度高于母体 p, p'-DDT 浓度。秋季作物有机氯农药浓度高于春季作物体内有机氯浓度,这与土壤中农药浓度与植物吸收的药量相关,有时甚至是线性关系^[18],也有可能由于有机氯农药属于脂溶性有机污染物,根据相似相溶原理,脂类高的作物富集有机氯农药能力较强,而秋季植物脂类高于春季植物脂类。

2.2.1 盐亭县生物体内有机氯农药分布特征

春季样品中 HCH 检出率较高,其中 β-HCH 检出率和含量最高, δ-HCH 含量最小。小麦籽实 HCHs 浓度最高,水稻和包菜中 HCHs 含浓度也较高,莴苣叶中 HCHs 浓度较少。对 DDT 来说,油菜籽中 DDT 浓度最高,水稻中 DDT 浓度较高,莴苣中 DDT 浓度最小。DDT 及其降解产物中,DDT 降解产物比 DDT 更易被植物吸收, p, p'-DDE 检出率和浓度最高,水稻籽实和油菜籽中 o, p'-DDT 和 p, p'-DDT 浓度相对较高,可能是籽实类对 DDT 吸收效果高于叶类蔬菜。籽实类作物中有机氯农药浓度高于叶类蔬菜中有机氯农药浓度。秋季样品 HCH 和 DDT 检出率小于春季,可能是因为春季蔬菜主要是叶片类蔬菜,秋季蔬菜主要采集的果实类蔬菜,作物吸收农药的方式有两种,一种是根部吸收^[19],一种是叶片吸收^[20]。植物对 OCPs 的吸收主要是通过根和叶^[19,20],茎的吸收很少,因此,叶片类蔬菜中 OCPs 含量高于生长在茎上的果实类蔬菜。

总体上看,籽实类作物中有机氯农药浓度高于叶类蔬菜,也高于果实类蔬菜中含量。同其他地区

相比^[12,18,21~28],盐亭地区粮食和蔬菜 HCHs 和 DDTs 浓度处于我国中下等,农产品有机氯农药浓度均在国标规定的最高残留量范围内。

2.2.2 绵竹市生物体内有机氯农药分布特征

绵竹春季样品 HCH 异构体中, β-HCH 检出率和浓度最高, α-HCH 和 δ-HCH 浓度较小。叶类蔬菜中 HCHs 浓度最高,根茎类蔬菜中 HCHs 浓度较低。DDT 及其降解产物中,由于降解产物比母体更易被吸收, p, p'-DDE 检出率最高。生菜和包菜中 o, p'-DDT 浓度最高,说明这两个样点仍有 DDT 的替代物三氯杀螨虫使用。小麦籽实中 DDTs 浓度最高,叶类蔬菜 DDTs 浓度较高,根茎类蔬菜 DDTs 浓度最小,可能是绵竹地区叶片吸收力度大于根茎从土壤的吸收力度。总体上看,粮食和叶类蔬菜有机氯农药浓度高于根茎类蔬菜有机氯农药浓度,这与盐亭地区研究结果一致。秋季样品 HCHs 和 DDTs 检出率小于春季,但浓度高于春季样品中浓度,粮食、叶类蔬菜和根茎类蔬菜中有机氯浓度高于果实类蔬菜中的浓度,生物样品中 OCPs 浓度与我国已有研究报道地区相比^[12,18,21~28],位于中下等水平,这与盐亭地区研究结果一致。

通过不同地貌单元样品分析看出,秋季农作物中 OCPs 含量高于春季作物中含量,生物体内 OCPs 含量高低顺序为粮食作物>叶类蔬菜>根茎类蔬菜>果实类,这种 OCPs 浓度分布趋势可能与作物生长吸收类型有关。农产品有机氯农药浓度均在国标规定的最高残留量范围内,与其他地区农产品相比^[12,18,21~28],OCPs 农药较低,虽未达到对人体的毒害剂量,但由于有机氯农药沿食物链的放大作用,仍可能对人体产生潜在毒害作用,因此应严格禁止农产品、蔬菜生产基地的有机氯农药或其他替代形式的有机氯农药施用。

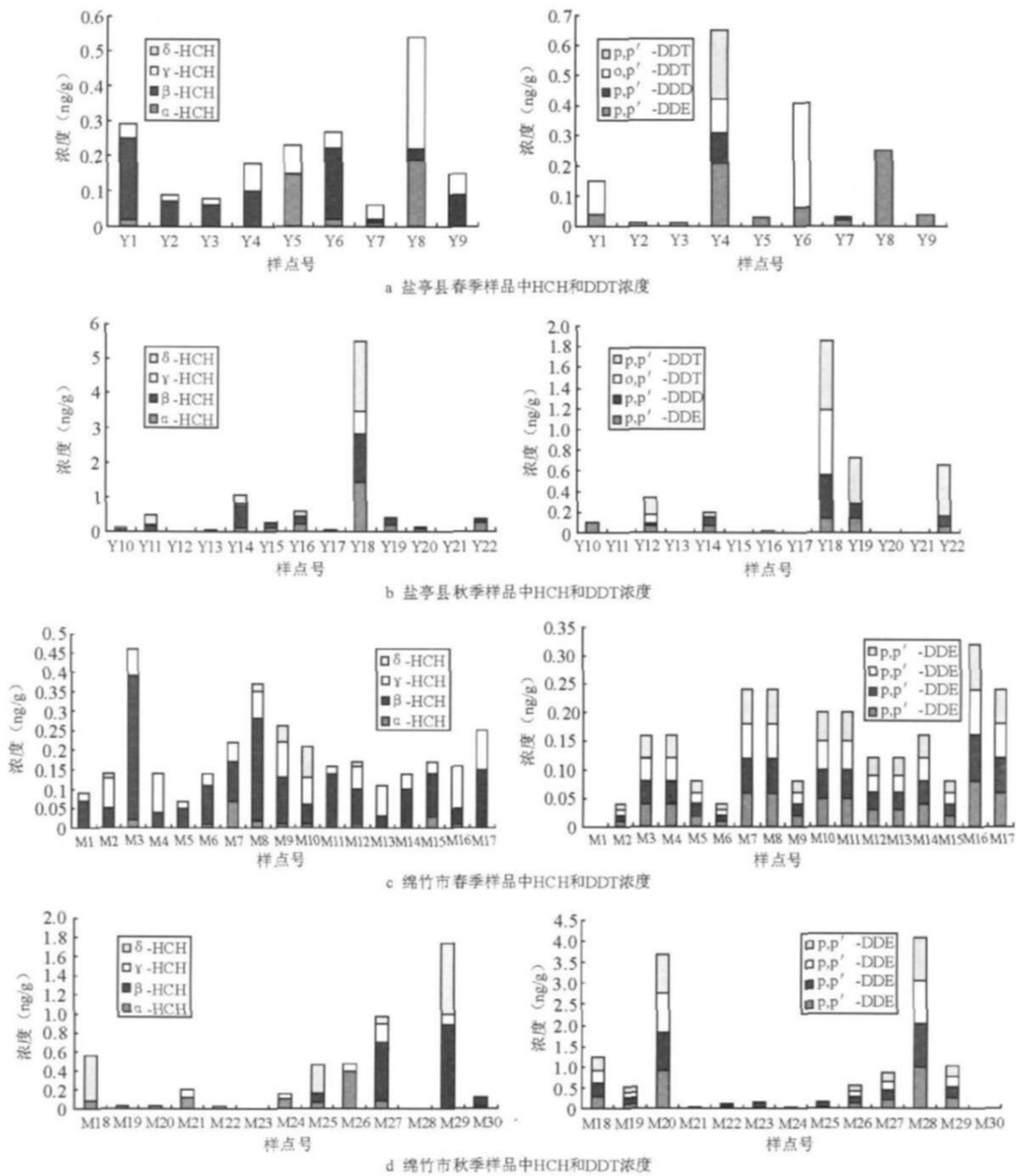


图 2 植物体中 HCH 和 DDT 浓度

Fig. 2 Concentrations of HCH and DDT in Different Plants

注: Y1 包菜; Y2~ Y3 莴苣; Y4~ Y5 油菜籽; Y6~ Y9 小麦; Y10~ Y11 南瓜; Y12 菠菜; Y13 茄子; Y14 桔子; Y15~ Y19 玉米; Y20~ Y22 稻谷; M1~ M2 莴苣; M3~ M5 包菜; M6 萝卜; M7 苋菜; M8 生菜; M9~ M10 空心菜; M11 洋葱; M12 芹菜; M13 土豆; M14~ M17 小麦; M18 ~ M19 油麦菜; M20 小白菜; M21 南瓜; M22 扁豆; M23~ M24 豆角; M25 莴苣; M26 茄子; M27 萝卜; M28 土豆; M29、M30 稻米

3 结论

(1) 对绵竹和盐亭农田春、秋两季土壤中有有机氯含量分析结果表明, 平原区土壤有机氯农药含量高于山地丘陵区有机氯农药含量, 土壤中 DDTs 浓度高于 HCHs 浓度。平原地貌的绵竹秋季土壤中

OCPs 浓度高于春季, 究其原因可能为秋季有利于污染源区有机氯农药的传输, 且夏秋季节农药施用量大, 冲积平原区有机质含量较高, 有利于 OCPs 在土壤中的残留。丘陵区的盐亭春季土壤 OCPs 浓度高于秋季, 主要是由于该区有机氯农药以历史残留为主, 由于扩散、降解、生物吸收等作用使得土壤中有机氯农药含量减少, 且山区土壤有机质贫乏, 不利

于 OCPs 残留。与我国其他地貌或气候带的农田或蔬菜地相比, 研究区土壤 OCPs 浓度较低;

(2) 春、秋季作物中 OCPs 浓度分析结果表明, 春季作物中 OCPs 检出率较高, 秋季作物中含量高, 但作物浓度均未超标。作物吸收营养的方式不同, 农产品的油脂含量不同, 会导致 OCPs 的富集能力不同, 油脂含量高的籽实类作物中 OCPs 高于叶类蔬菜中 OCPs 浓度, 高于果实类蔬菜中 OCPs 浓度。

参考文献:

[1] FU S, CHU S, XU X. Organochlorine pesticide residue in soils from Tibet, China[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2001, 66(2): 171~ 177.

[2] 史雅娟, 郭非凡, 孟凡乔, 等. 果园土壤有机氯农药残留的时间趋势研究[J]. 环境科学学报, 2005, 25(3): 313~ 318.

[3] 杨国义, 万 开, 张天彬, 等. 广东省典型区域农业土壤中有机氯农药含量及其分布特征[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(5): 1 619~ 1 623.

[4] 张 利, 刘红玉, 张 慧, 等. 湖南东部地区稻田土壤中有机氯农药残留及分布[J]. 环境科学研究, 2008, 21(1): 118~ 123.

[5] 张利峰. 巴郎山地区土壤中持久性有机污染物的检测和分析研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2006.

[6] 葛成军, 安 琼, 董元华, 等. 南京某地农业土壤中有机污染分布状况研究[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(3): 361~ 365.

[7] BOUL H L, GARNHAM M L, HUCKER D, et al. Influence of agricultural practices on the levels of DDT and its residues in soil[J]. Environmental Science and Technology, 1994, 2(8): 1 397~ 1 402.

[8] DALY G, WANIA F. Organic contaminants in mountains[J]. Environmental Science and Technology, 2005, 39(2): 385~ 398.

[9] MEIJER S N, HALSALL C J, HARNER T, et al. Organochlorine pesticide residues in archived UK soil[J]. Environmental Science and Technology, 2001, 35: 1 989~ 1 995.

[10] 魏中青, 刘丛强, 梁小兵, 等. 贵州红枫湖地区水稻土多氯联苯和有机氯农药的残留[J]. 环境科学, 2007, 28(2): 255~ 260.

[11] 林 静, 杨万勤, 张 健, 等. 岷江下游(五通桥段) 土壤有机氯农药残留分布特征[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(Z2): 142~ 148.

[12] 韩亚文, 黄 俊, 杨 波, 等. 华北某农药厂周边的滴滴涕污染状况初步研究[J]. 环境污染与防治, 2008, 30(1): 76~ 78.

[13] 张惠兰, 车宏宇, 李 广. 辽宁省绿色食品生产基地土壤中有有机氯农药残留分析[J]. 杂粮作物, 2001, 21(3): 44~ 45.

[14] 安 琼, 董元华, 王 辉, 等. 苏南农田土壤有机氯农药残留规律[J]. 土壤学报, 2004, 41(3): 414~ 419.

[15] 张海秀, 蒋 新, 王 芳, 等. 南京市城郊蔬菜生产基地有机氯农药残留特征[J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(2): 76~ 80.

[16] 蔡继红, 丁长春, 朱伊君. 淮安市农产品中重金属及有机氯、有机磷农药残留量调查[J]. 环境监测管理与技术, 2002, 14(1): 20~ 23.

[17] 安中华, 董元华, 安 琼, 等. 苏南某市农田土壤环境质量评价及其分级[J]. 土壤, 2004, 36(6): 631~ 635.

[18] 吴晓晨, 安 琼, 董元华, 等. 苏南某市春季蔬菜中农药残留调查[J]. 农村生态环境, 2004, 20(3): 49~ 52.

[19] PEREIRA R, ARBESTAIN M C, GARRIDO B R, et al. Behaviour of α -, β -, γ -, and δ -hexachlorocyclohexane in the soil-plant system of a contaminated site[J]. Environmental Pollution, 2006, 144: 210~ 217.

[20] BARBER J L, THOMAS G O, KERSTIENS G, et al. Air-Side and plant-side resistances influence the uptake of airborne PCBs by evergreen plants[J]. Environmental Science and Technology, 2002, 36: 3 224~ 3 229.

[21] 肖学成, 裴汉杰, 周雪梅, 等. 环境中六六六农药残留及降解情况调查[J]. 环境与健康杂志, 1997, 14(2): 89.

[22] 刘登旗. 嘉峪关市市售蔬菜中农药残留量调查[J]. 卫生职业教育, 2006, 24(18): 94~ 96.

[23] 吕洪飞. 金华北山区部分绿色蔬菜的营养成分和有害物质测定[J]. 西北植物学报, 2001, 21(1): 170~ 174.

[24] 南淑清, 多克辛, 李红亮, 等. 两种有机氯农药在污水灌溉区蔬菜中的残留及生物富集[J]. 中国环境监测, 2007, 23(5): 59~ 62.

[25] 侯绪友, 王允成, 王师干, 等. 临沂地区蔬菜主要有害物质的调查[J]. 农村生态环境(学报), 1995, 11(1): 63~ 64.

[26] 赵 玲, 董爱平. 宁波市蔬菜污染状况及防治对策[J]. 上海环境科学, 1996, 15(1): 42~ 44.

[27] 付玉华, 李艳金. 沈阳市郊区蔬菜污染调查[J]. 农村环境保护, 1998, 18(1): 36~ 37.

[28] 徐 磊, 吴国钧. 无公害蔬菜生产基地环境质量研究[J]. 环境科学进展, 1998, 6(3): 67~ 71.

INFLUENCE OF LANDFORM AND SEASON ON DISTRIBUTION
CHARACTERISTICS OF ORGANOCHLORINE PESTICIDES (OCPS)
——A CASE IN CHENGDU ECONOMIC REGION, SICHUAN PROVINCE, CHINA

XING Xin-li^{1,2}, QI Shi-hua^{1,2}, ZHANG Kai^{1,2}, ZHANG Yuan^{1,2}, KAN Ze-zhong³, QIN Bing³
(1. School of Environmental Study, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Key Laboratory of Biogeology and
Environmental Geology, Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
3. Sichuan Province Geological Survey, Chengdu 610081, China)

Abstract: 52 biological samples and 100 soil samples in mountain and plain landforms in Chengdu Economic Region, Sichuan Province were collected at spring and autumn respectively. The US EPA method 8080A was used to analysis concentrations of organochlorine pesticides (OCPs) in soil and organism to investigate pollution states at different landforms and seasons. The results showed that concentrations of DDT in soil were higher than HCH in soil, and the concentrations in Mianzhu (landform is plain) were higher than that in Yanting (mountain area). The seasonal characteristic in Mianzhu was that OCP concentrations of soil collected at autumn were higher than that collected at spring. However, the result was conversely in Yanting, the spring one was higher than that in autumn. The detectable ratios of OCP in plants were very high, whereas the concentrations in plant were below national standards, which existed potential harm to human health. The concentrations of OCP in crops with rich oils were higher than in leaf-shaped vegetables, higher than in fruit-shaped vegetables. Landform, organic matters and pesticides usage were major factors on the difference of seasonal soil OCP concentrations, and absorption styles and physical and chemical properties of OCPs were responsible for different concentrations in organism.

Key words: landform; season; Chengdu Economic Region; organochlorine pesticide