

黄淮海地区典型农业土壤中六六六(HCH)和滴滴涕(DDT)的残留量研究*

II. 空间分布及垂直分布特征

赵炳梓 张佳宝[†] 朱安宁 夏 敏 卢 信 蒋其鳌

(封丘农业生态国家实验站, 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008)

摘 要 主要研究了黄淮海地区 7 个县的典型农业土壤中六六六(HCH)和滴滴涕(DDT)在每个县的空间分布特征, 及其在 4 个土壤剖面的垂直分布模式。空间分布图表明, HCH_S ($HCH_S = \alpha\text{-HCH} + \beta\text{-HCH} + \gamma\text{-HCH} + \delta\text{-HCH}$) 和 DDX_S ($DDX_S = 4, 4\text{-DDE} + 4, 4\text{-DDD} + 2, 4\text{-DDT} + 4, 4\text{-DDT}$) 各浓度在每个县的分布基本上是随机的, DDT 的变异性大于 HCH。DDX_S 浓度超过国家规定的土壤环境质量一级标准($50 \mu\text{g kg}^{-1}$)的区域集中在禹城县的东部。该研究同时表明在制定具体的土壤有机氯农药管理措施前研究它们的空间变异性的必要性。 HCH_S 在剖面 30 cm 以下的含量水平与表层相似, 其异构体中以 $\beta\text{-HCH}$ 的含量最高; 而 DDX_S 则主要集中在土表 0~30 cm, 大于 30 cm 深度其值显著降低或低于检测限。结果表明在官方禁用 20 多年后, HCH 和 DDT 在黄淮海地区 0~100 cm 土壤剖面的含量在绝大部分地点已经降至安全水平。

关键词 六六六; 滴滴涕; 残留量; 空间变异性; 垂直分布特征

中图分类号 S143.92; X131.3

文献标识码 A

通常情况下, 农民在管理土地(包括耕作、施肥、灌溉、污染评价等)时认为土壤性质是均一的。实际上, 由于空间变异性现象的存在, 这样的农业管理模式所带来的弊端是低估或高估某一特定地点的实际情况, 其造成的后果是在低估区域没有达到我们的预期目标, 而在高估区域则造成了人力物力的大量浪费。

大量的实验结果已经表明, 地统计学方法是探测某一参数的空间变异性特征的最佳方法, 这些信息为我们精准管理土地提供各种详细的直接资料; 另一方面, 土壤中各参数的空间变异性信息对生态模型的建立和开发、环境质量预测、自然资源合理开发等方面亦非常重要。在过去的 30 年间, 有关地统计学方法来研究土壤性质的空间变异性的文献已经很多, 研究的范围包括土壤物理、化学、生物学性质等等^[1,2]。随着全球定位系统(Global Positioning System, GPS)的广泛使用, 人们对精准农业管理越来越有信心, 精准农业管理的范围也愈加广泛。

有机氯农药是一种高残留、生物富集性很强的

农药, 它可以通过食物链传递, 污染整个生态环境, 进而危害人类身体健康^[3]。六六六(HCH)和滴滴涕(DDT)等有机氯农药在我国已经被官方禁用 20 多年, 这些农药在土壤中的残留水平及其空间分布特征如何? 对生态环境及人类健康是否存在潜在的危害? 这些问题依然是广大科学家所关注的问题。

本文以黄淮海平原的 7 个县为研究对象, 其主要目的为: (1) 明确表层 HCH 和 DDT 在每个县内的空间分布特征; (2) 了解 HCH 和 DDT 在土壤剖面的分布特征。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

黄淮海平原是指黄河、淮河和海河下游的冲积平原, 总面积约 35 万 km^2 , 包括 5 个省(河北、河南、山东、安徽、江苏)和 2 个直辖市(北京、天津), 总人口 3 亿余。黄淮海平原是我国的主要粮食生产基地, 占全国粮食生产总量的 20% 左右; 该地一年二

* 国家重点基础研究计划(973)前期研究专项(2003CCB001)、中国科学院知识创新工程领域前沿项目(ISSASIP02027)、国家重点基础研究发展规划项目(2002CB410808)共同资助

[†] 通讯作者, E-mail: jbzhang@issas.ac.cn; Tel: 025-86881228; Fax: 025-86881000

作者简介: 赵炳梓(1967~), 女, 副研究员, 主要研究方向为土壤水分与作物生长、溶质迁移。E-mail: bzhaob@issas.ac.cn

收稿日期: 2005-01-25; 收到修改稿日期: 2005-06-22

熟, 一般情况下, 6月中旬至9月下旬为玉米生长季(尽管夏种作物还包括小米、高粱、大豆等, 但秋收作物主要以玉米为主), 9月下旬至来年的6月中旬为冬小麦生长季; 值得一提的是, 间或有小面积的集约经营的蔬菜在一年内不定时种植, 在黄淮海平原南部的安徽和江苏省还有水稻种植。

本研究随机选择了黄淮海平原中部的7个县(冀县、平原、禹城、长垣、延津、封丘、原阳)为研究对象, 以县为单位研究HCH和DDT在每个县内的空间分布状况。所有县的地形几乎是平坦的, 土壤类型主要为潮土(浅色草甸土)^[4]。

1.2 样品采集与室内分析

所有样品的采集工作于2003年10至11月份间完成, 每个样品采集点用GPS定位, 共采集表层土样129个, 挖掘4个土壤剖面(位于山东省平原县), 即P1(经度116°33′10″, 纬度37°09′35″), P2(经度116°27′37″, 纬度37°07′10″), P3(经度116°32′53″, 纬度37°07′21″), P4(经度116°20′11″, 纬度37°09′17″), 根据土壤发生层, 共采集剖面样品15个; 土壤中HCH和DDT用石油醚-丙酮混合提取剂(石油醚:丙酮=1:1, 体积比)提取, 用配备有⁶³Ni电子捕获检测器、HP-5毛细管柱(柱长30 m、膜厚0.25 μm、内径0.25 mm)的HP4890D型气相色谱仪测定。具体样品采集点情况和室内分析步骤见文献[5]。

空间内插是空间数据分析中的常用方法之一。利用空间内插方法可以得出地理要素在空间上的变化, 或特定的非样本点位置上的地理要素特征值。克里格内插是最常用的空间内插方法之一, 该方法实质上是利用区域化变量的原始数据和变异函数的结构特点, 对未采样点的区域化变量的取值进行线性无偏最优估计的一种方法。通过对研究区样本点HCH_s和DDX_s含量变异函数的计算与模型拟合表明, HCH_s和DDX_s残留量的空间分布具有空间相关性, spherical模型能较好地拟合实验变异函数。因此采用地理信息系统软件ArcGIS8.3提供的Kriging插值法完成的各县HCH_s和DDX_s残留量的空间分布图是可信的。

2 结果与讨论

2.1 HCH和DDT的空间分布特征

表1表示每个县的HCH_s(HCH_s= α-HCH + β-

HCH + γ-HCH + δ-HCH)平均值相差不大, 长垣最低(3.03 μg kg⁻¹), 而平原最高(5.19 μg kg⁻¹); 所有县的HCH_s变异系数(CV)均小于1, 变幅为0.41~0.74。4种HCH异构体的空间分布也各不相同, 其中γ-HCH残留量的空间变异最大, 其变异系数最大如禹城达到2.57, 最小的封丘也达到了1.26; δ-HCH的变异系数略低, 变化范围为0.89(封丘)~2.05(延津); 其他2种异构体的CV均小于1, 为中等变异性水平。由于各地区土壤地形地貌、母质类型及其物理化学性质没有大的差异, 因而HCH在潮土区的总体分布趋势可能与其早期的施用有密切关系。

各县之间DDX_s(DDX_s= 4, 4'-DDE + 4, 4'-DDD + 2, 4'-DDT + 4, 4'-DDT)的变幅看来远大于HCH_s的变幅, 含量最高县(平原)约为最低县(延津)的7倍; 除了冀州和延津的CV略小于1外, 其余5个县的DDX_s的CV值均大于1但小于2。DDT的4种异构体中, 除了冀州的4, 4'-DDE、4, 4'-DDD、长垣的4, 4'-DDD的CV值接近1外, 其他的均远大于1, 最高的达3.34(4, 4'-DDD, 封丘), 属强变异性水平。

从HCH_s的空间分布来看(图1), 延津县和冀州县似乎有地带性趋势, 但也不明显, 从延津县的西(或西南角)至东北角HCH_s浓度有递增趋势; 而从冀州的东部至西部其浓度也有递增趋势; 其他县的HCH_s浓度在空间的分布比较随机。浓度≤1 μg kg⁻¹的区域主要分布在延津县的西北角, 长垣县有零星分布; 而浓度≥9 μg kg⁻¹的区域主要分布在延津县的东北角, 平原县有零星分布。

很明显, 延津、长垣二县所有区域的DDX_s浓度比较单一, 均处于比较低的水平, 并且绝大部分区域的浓度小于5 μg kg⁻¹; 而其他县的DDX_s浓度在空间上的分布的随机性比较大(图2)。由于所检测的样品中有3.1%的样品的DDX_s浓度超过50 μg kg⁻¹^[5], 即超过国家规定的滴滴涕土壤环境质量一级标准(GB 15618-1995), 这部分的样品的空间分布尤其值得我们关注。从图2的空间分布来看, 浓度超过50 μg kg⁻¹的样品主要分布在禹城东部, 而在其他县则没有出现。该结果表明在禹城东部的土壤管理模式和种植模式的建立上需考虑DDX_s的潜在污染可能性。

表 1 黄淮海平原各县的土壤表层有机氯农药残留量

Table 1 Pesticide residues ($\mu\text{g kg}^{-1}$) in surface soils of 7 counties in the Huang-Huai-Hai Plain

采样点 Sampling sites	HCH					DDT				
	α -HCH	β -HCH	γ -HCH	δ -HCH	HCH _S ¹⁾	4, 4'-DDE	4, 4'-DDD	2, 4'-DDT	4, 4'-DDT	DDX _S ²⁾
冀县 Jixian(<i>n</i> = 20)										
平均值 Mean	0.49	2.54	0.37	1.25	4.65	10.52	0.34	1.86	1.29	14.03
标准差 Std	0.23	1.60	0.60	1.24	1.90	9.68	0.33	3.89	2.25	13.12
最大值 Max	1.10	5.00	2.45	5.30	7.33	41.16	1.15	17.40	8.19	53.31
最小值 Min	ND ³⁾	ND	ND	ND	1.57	ND	ND	ND	ND	ND
CV	0.47	0.63	1.62	0.99	0.41	0.92	0.95	2.09	1.74	0.94
平原 Pingyuan(<i>n</i> = 16)										
平均值 Mean	0.53	3.63	0.53	0.51	5.19	13.75	0.74	0.51	1.65	16.65
标准差 Std	0.32	3.13	1.00	0.51	2.94	26.42	1.98	1.33	3.39	30.72
最大值 Max	1.58	13.04	3.35	1.49	13.94	106.61	8.08	5.45	11.95	126.37
最小值 Min	0.18	ND	ND	ND	1.54	ND	ND	ND	ND	ND
CV	0.61	0.86	1.89	1.01	0.57	1.92	2.68	2.63	2.05	1.85
禹城 Yucheng(<i>n</i> = 18)										
平均值 Mean	0.36	3.24	0.08	1.15	4.83	10.72	0.60	1.49	2.76	15.57
标准差 Std	0.23	1.60	0.22	1.07	2.37	19.04	0.74	1.89	3.14	22.28
最大值 Max	0.73	5.88	0.87	4.67	9.15	79.50	2.57	6.76	9.75	89.77
最小值 Min	ND	0.37	ND	0.02	1.09	0.28	ND	ND	ND	0.58
CV	0.65	0.49	2.57	0.93	0.49	1.78	1.23	1.26	1.14	1.43
原阳 Yuanyang(<i>n</i> = 15)										
平均值 Mean	0.61	2.55	0.26	0.72	4.15	5.13	0.28	3.34	2.46	11.22
标准差 Std	0.32	1.66	0.55	0.68	1.73	9.74	0.41	9.82	4.62	15.99
最大值 Max	1.03	5.18	1.60	2.00	6.79	38.06	1.47	38.57	15.95	49.97
最小值 Min	ND	ND	ND	ND	2.18	ND	ND	ND	ND	0.43
CV	0.52	0.65	2.13	0.94	0.42	1.90	1.49	2.94	1.88	1.43
延津 Yanjin(<i>n</i> = 9)										
平均值 Mean	0.38	2.68	0.09	0.90	4.06	1.10	0.34	0.55	0.41	2.40
标准差 Std	0.27	1.69	0.22	1.85	3.00	1.77	0.50	0.92	0.64	2.12
最大值 Max	0.93	5.07	0.68	5.74	10.89	5.66	1.61	2.87	1.82	6.24
最小值 Min	ND	0.13	ND	ND	0.74	ND	ND	ND	ND	ND
CV	0.71	0.63	2.49	2.05	0.74	1.62	1.49	1.66	1.55	0.88
封丘 Fengqiu(<i>n</i> = 34)										
平均值 Mean	0.44	1.67	0.47	0.47	3.05	4.45	0.51	1.90	4.24	11.11
标准差 Std	0.21	1.46	0.60	0.42	1.72	7.35	1.71	3.43	6.83	13.15
最大值 Max	0.72	4.75	2.65	2.19	6.34	37.48	10.08	15.61	27.44	51.85
最小值 Min	ND	ND	ND	ND	0.53	ND	ND	ND	ND	ND
CV	0.49	0.87	1.26	0.89	0.56	1.65	3.34	1.80	1.61	1.18
长垣 Changyuan(<i>n</i> = 17)										
平均值 Mean	0.54	2.00	0.15	0.34	3.03	1.77	0.13	0.63	ND	2.62
标准差 Std	0.32	1.21	0.34	0.35	1.42	2.17	0.11	1.31	ND	3.22
最大值 Max	1.16	3.83	1.23	0.96	5.60	7.70	0.56	4.38	ND	11.62
最小值 Min	ND	ND	ND	ND	0.58	ND	ND	ND	ND	ND
CV	0.59	0.61	2.22	1.02	0.47	1.23	0.88	2.08	ND	1.23
全部 Total(<i>n</i> = 129)										
平均值 Mean	0.48	2.48	0.31	0.73	4.01	6.91	0.44	1.57	2.24	11.16
标准差 Std	0.27	1.88	0.59	0.92	2.21	13.67	1.17	4.18	4.46	17.29
最大值 Max	1.58	13.04	3.35	5.74	13.94	106.61	10.08	38.57	27.44	126.37
最小值 Min	ND	ND	ND	ND	0.53	ND	ND	ND	ND	ND
CV	0.57	0.76	1.87	1.26	0.55	1.98	2.68	2.66	2.00	1.55

1) HCH_S= α -HCH+ β -HCH+ γ -HCH+ δ -HCH; 2) DDX_S= 4,4'-DDE+ 4, 4'-DDD+ 2, 4'-DDT+ 4, 4'-DDT; 3) ND: 未检出 Not detectable

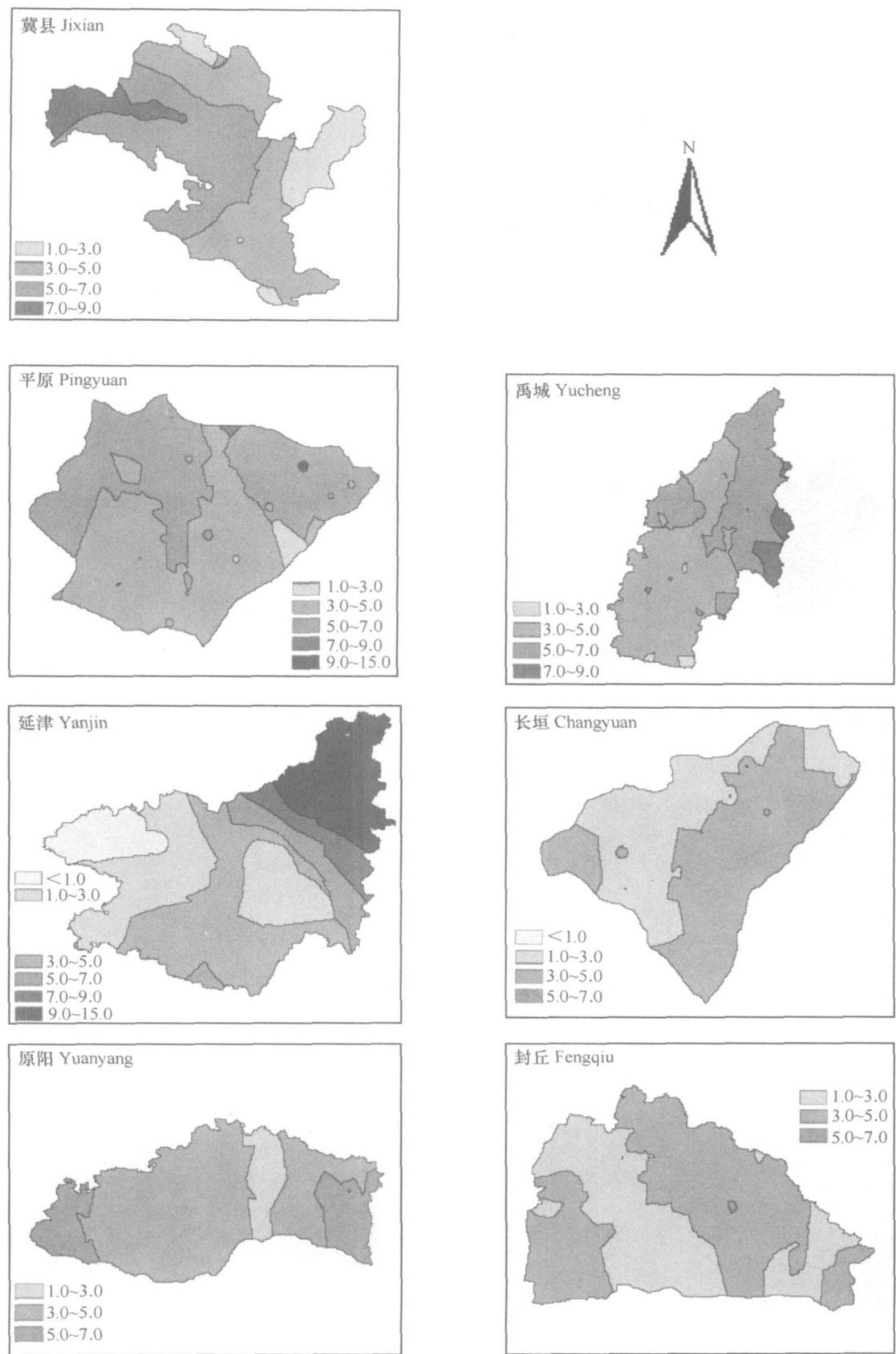


图 1 黄淮海平原各县土壤表层HCHs 残留量的空间分布

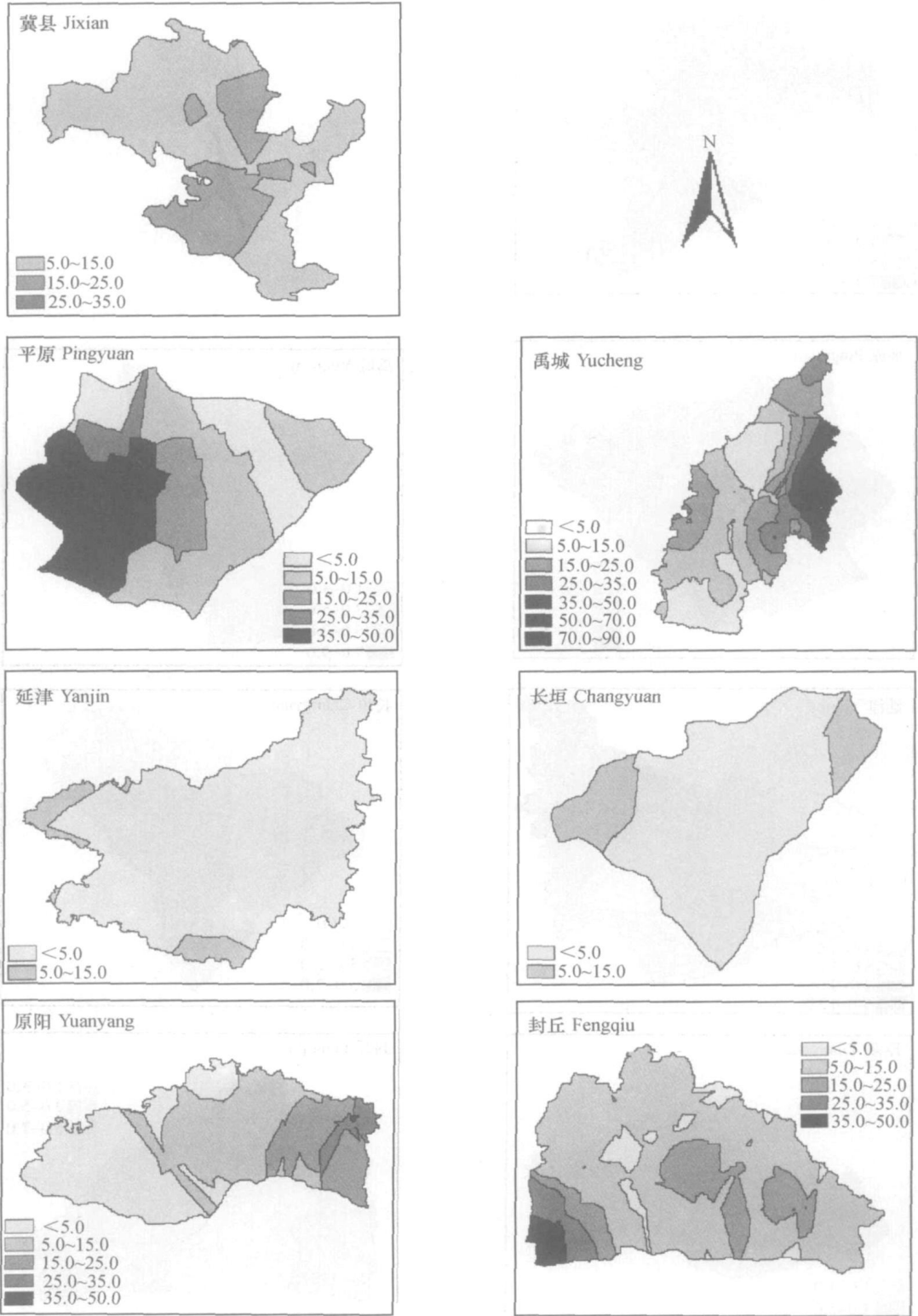


图 2 黄淮海平原各县土壤表层 DDX_s 残留量的空间分布

Fig 2 Spatial variability of residues of DDX_s ($\mu\text{g kg}^{-1}$) in surface soils of 7 counties in the Huang-Huai-Hai Plain

表 2 土壤剖面有机氯农药残留量
Table 2 Pesticide residues ($\mu\text{g kg}^{-1}$) in soil profiles

剖面编号 Profile No.	土层 Depth (cm)	HCH					DDT				
		α -HCH	β -HCH	γ -HCH	δ -HCH	HCH _S ¹⁾	4, 4'-DDE	4, 4'-DDD	2, 4'-DDT	4, 4'-DDT	DDX _S ²⁾
P1	0~ 5	0. 42	2. 67	ND	0. 46	3. 55	0. 63	ND	0. 74	ND	1. 37
	5~ 13	0. 02	1. 28	ND	1. 57	2. 87	ND	ND	ND	ND	ND
	13~ 30	0. 01	0. 50	ND	0. 33	0. 84	ND	ND	ND	ND	ND
	30~ 60	ND ³⁾	2. 88	ND	0. 71	3. 59	ND	ND	ND	ND	ND
P2	0~ 30	1. 58	5. 17	ND	ND	6. 76	25. 85	1. 10	ND	ND	26. 95
	30~ 60	ND	1. 59	ND	0. 74	2. 33	ND	ND	ND	ND	ND
	60~ 100	ND	1. 67	ND	0. 64	2. 31	ND	ND	ND	ND	ND
P3	0~ 19	0. 42	2. 18	ND	0. 42	3. 03	ND	ND	ND	ND	ND
	19~ 30	ND	0. 30	ND	1. 86	2. 17	ND	ND	ND	ND	ND
	30~ 70	ND	1. 81	ND	0. 04	1. 86	ND	ND	ND	ND	ND
	70~ 100	0. 24	2. 13	ND	ND	2. 37	ND	ND	ND	ND	ND
P4	0~ 13	0. 59	1. 19	ND	0. 59	2. 37	10. 98	1. 05	0. 62	ND	12. 65
	13~ 34	ND	2. 21	ND	ND	2. 21	12. 64	ND	ND	ND	12. 64
	34~ 78	0. 44	4. 35	ND	0. 82	5. 60	6. 50	ND	ND	ND	6. 50
	78~ 100	0. 14	1. 46	ND	1. 01	2. 62	0. 06	ND	ND	ND	0. 06

1) $\text{HCH}_S = \alpha\text{-HCH} + \beta\text{-HCH} + \gamma\text{-HCH} + \delta\text{-HCH}$; 2) $\text{DDX}_S = 4, 4\text{-DDE} + 4, 4\text{-DDD} + 2, 4\text{-DDT} + 4, 4\text{-DDT}$; 3) ND: 未检出 Not detectable

2.2 HCH 和 DDT 在土壤剖面的分布

表 2 为 HCH 和 DDT 在 4 个土壤剖面的含量分布。HCH_S 在所有测定的土层均能检测出, 它们的含量随土壤剖面深度的增加变化不明显, 表层 0~ 30 cm 的含量在 0. 84~ 6. 76 $\mu\text{g kg}^{-1}$ 之间; 大于 30 cm 土层的 HCH_S 值在 1. 86 ~ 5. 60 $\mu\text{g kg}^{-1}$ 之间变化, 该值在表层的含量范围内, 也在 7 个县所有的表层 HCH_S 值变化范围内, 即大于 0. 53 而小于 13. 94(表 1)。剖面深层的 HCH_S 含量与表层相似的现象是否意味着 HCH 有向剖面深层迁移的趋势呢? 因为前人已经有研究表明 HCH_S 的溶解度一般比 DDX_S 和其他持久性有机物高^[6]。

γ -HCH 在所有剖面样品中均未检出, 而 α -HCH、 β -HCH、 δ -HCH 的检出率分别为 60%、100%、80%; 同时, β -HCH 的含量在所检测的 4 个剖面中最高 (0. 30~ 5. 17 $\mu\text{g kg}^{-1}$), 这与各异构体本身的化学稳定性不同有关, β -HCH 在 4 种异构体中最为稳定, 而 γ -HCH 最不稳定^[7]; 另外, α -HCH 可以转化为 β -HCH^[3]。

DDX_S 和 HCH_S 在土壤剖面分布的最为显著区别为 DDX_S 在剖面大于 30 cm 深处的检出率很低, 或与表层 (0~ 30 cm) 相比, 其值显著降低。在所检测的 4 个土壤剖面中, 只有 P4 在大于 34 cm 的剖面深

处有 DDX_S 检出, 其他剖面大于 30 cm 深处均未检出; P4 剖面深处 DDX_S 的检出主要是由于剖面深处 4, 4'-DDE 的检出, 其他 3 种异构体在剖面大于 30 cm 深处的检出率为零。4, 4'-DDE 的高检出率与黄淮海平原典型农业区土壤大多时候处于好氧条件相一致, 因为工业生产的 DDT 成品大约含 80% 以上的 4, 4'-DDT^[8], 而 4, 4'-DDT 在好氧条件下的主要分解产物为 4, 4'-DDE。

3 小 结

HCH 和 DDT 的空间分布图清晰地表明在每个县内可以根据不同含量等级分成若干个含量均一的小区域, 检测区域的 HCH_S 含量均远低于国家一级土壤质量标准, 但 3. 1% 的 DDX_S 超标样品 (即浓度大于 50 $\mu\text{g kg}^{-1}$) 主要分布在禹城东部, 因而 HCH 和 DDT 的空间变异性可以为精准农业管理提供可靠的直接资料。

HCH_S 在土壤剖面的分布比较均衡, 土壤剖面 30 cm 以下与土表含量极为相似, 但 DDX_S 则主要集中在土壤表面 30 cm 左右。经过 20 多年的官方禁用后, 黄淮海平原的 HCH 和 DDT 含量基本上符合国家一级土壤质量标准, 但禹城东部一些地方出现

的DDXs 含量超过 50 $\mu\text{g kg}^{-1}$ 的现象需引起我们的重视。

参 考 文 献

[1] L pez-Granados F, Jurado-Exp sito M, Álamo S, *et al.* Leaf nutrient spatial variability and site-specific fertilization maps within olive (*Olea europaea* L.) orchards. *Europ. J. Agronomy*, 2004, 21: 209~ 222

[2] Lin H, Wheeler D, Bell J, *et al.* Assessment of soil spatial variability at multiple scales. *Ecological Modelling*, 2005, 182: 271~ 290

[3] 蔡道基主编. 农药环境毒理学研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1999. 3~ 18. Cai D J. ed. *Toxicology of Pesticides to Environment* (In Chinese). Beijing: China Environmental Science Press, 1999. 3~ 18

[4] 石元春, 贾大林主编. 黄淮海平原农业图集. 北京: 北京农业大学出版社, 1988. 8 Shi Y C, Jia D L. eds. *Illustrated Handbook for Agriculture Use in Huang-Huai-Hai Plain* (In Chi-

nese). Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1988. 8

[5] 赵炳梓, 张佳宝, 周凌云, 等. 黄淮海地区典型农业土壤中六六六(HCH)和滴滴涕(DDT)的残留量研究 I. 表层残留量及其异构体组成. 土壤学报(待刊). Zhao B Z, Zhang J B, Zhou L Y, *et al.* Residues of HCH and DDT in typical agricultural soils of Huang-Huai-Hai Plain, China I. Residues in surface soils and their isomeric composition (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica* (in press)

[6] Li X D, Mai B X, Zhang G, *et al.* Distribution of organochlorine pesticides in a sediment profile of the Pearl River Estuary. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 2001, 67: 871~ 880

[7] Rekha P N, Ambujam N K, Krishnani K K, *et al.* Groundwater quality in paper mill effluent irrigated area with special reference to organochlorine residues and heavy metals. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 2004, 72: 312~ 318

[8] Singh R P. Comparison of organochlorine pesticide levels in soil and groundwater of Agra, India. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 2001, 67: 126~ 132

RESIDUES OF HCH AND DDT IN TYPICAL AGRICULTURAL SOILS
OF HUANG-HUA+HAI PLAIN, CHINA
II. SPATIAL VARIABILITY AND VERTICAL DISTRIBUTION OF HCH AND DDT

Zhao Bingzi Zhang Jiabao Zhu Anning Xia Min Lu Xin Jiang Qiao
(State Experimental Station for Agro-Ecology, State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science,
Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract Spatial variability of HCH (HCH_s= α -HCH+ β -HCH+ γ -HCH+ δ -HCH) and DDT (DDX_s= 4, 4'-DDE + 4, 4'-DDD+ 2, 4'-DDT+ 4, 4'-DDT) in typical agricultural soils of 7 counties located in the Huang-Huai-Hai Plain, China was examined, and vertical distribution pattern of the residues in 4 soil profiles investigated. Their distribution maps clearly indicated that the residues varied nearly randomly in distribution in these counties. DDT showed stronger variability than HCH. Soils with DDX_s contents exceeding 50 $\mu\text{g kg}^{-1}$, the upper limit specified by the Chinese government for the first class soil quality, all distributed in the east part of Yucheng County. The study revealed the necessity of determining spatial variability in status of organochlorine pesticide for planning a correspondent management programme. The contents of HCH_s at layers deeper than 30 cm were quite similar to what was found in the surface layer 0~ 30 cm in depth, with β -HCH dominating among its isomers. While, DDX_s was concentrated in the surface layer, 0~ 30 cm in depth, but remained less than the detection limit or decreased markedly with depth. The results indicated that HCH and DDT residues in 0~ 100 cm soil profiles had declined down to safety level in most sites 20 years after the official ban.

Key words HCH; DDT; Residues; Spatial variability; Vertical distribution characteristics