

农药在土壤中的分布

——DDT、BHC 量与土粒粒径、有机质量之间的关系*

李 勋 光

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

摘 要

本研究采用干筛法和重力干沉降法对5种表土进行土粒粒径分离,研究在北京地区的风沙季节,地表土的 DDT、BHC 量与土粒粒径、有机质量之间的关系。

结果表明,土壤残留 DDT、BHC 农药主要分布在土粒粒径为 $<0.25\text{mm}$ 组分中,其中容易被气流浮动的 $<0.05\text{mm}$ 粒径组分的 DDT 和 BHC 量,分别占原来表土量的 41—89%和 30—81%。在一定粒径范围,粒径越小,DDT、BHC 含量越高,且与有机质含量之间呈极显著正相关($P<0.01$)。同时,土粒中 DDT、BHC 及其某些代谢产物和异构体的比例却随土粒粒径的不同而变化。

关键词 DDT, BHC, 土粒粒径, 有机质分布

以往的土壤农药污染研究,很少注意到农药在土粒粒径组分中的分布,尤其在研究我国北方干旱或半干旱有风沙地区的土壤农药污染,往往不考虑这方面的分布动态,这是因为污染土壤的颗粒粒径分离方法尚存在一定的困难。当用不适当的分离方法(如用水的或化学的方法),必将引起其中农药成分的变化,因此,要反映土壤中农药的实际分布动态和成分变化是困难的。

本文通过对北京地区旱地土壤残留 DDT、BHC 的研究,采用不引起原土中农药成分发生变化的物理方法,对表土进行粒径分离,并着重阐明 DDT、BHC 量与土粒粒径、有机质量之间的关系,和 DDT、BHC 及其代谢产物或异构体比例的变化。

一、试验与分析方法

1. 供试土壤: 供试土壤是在广泛使用 DDT、BHC 农药,并普遍受到污染,于干旱有风沙季节采集(4月份)。它们是北京地区的绿化林区、人群生活区、果园区和旱作区的5个表土,以及沙暴落尘。在干旱季节,北京地区的粉壤土或砂粉土表层多呈分散状态,在无植被而人为活动频繁地方,地表形成较厚的疏松尘土层,常引起土壤风蚀作用。土壤的利用类型和质地见表1所示。

2. 划分土粒粒径方法: 粒径划分是参考土壤颗粒成分分级方法^[1],和土壤颗粒在空气中的浮动性能^[3,4],以通过筛孔直径 1.00mm 的部分作供试原土。划分为孔径 $1.00-0.25$ 、 $0.25-0.05$ 、 $0.05-0.01$ 和 $<0.01\text{mm}$ 4个粒径组分,其分离方法系用不引起原土中农药成分发生变化的物理方法,即 >0.05

* 李小平同志参加了部分工作。

mm 各粒径组分的分离采用干筛法,而 $<0.05\text{mm}$ 各粒径组分则用重力干沉降法。供试原土总重为300g,处理损失率为0.4—0.6%。

3. 分析方法: 土壤有机质含量的测定采用重铬酸钾法^[1];有机物形态系用显微镜观察法; DDT 和 BHC 测定采用气相色谱法^[2]。

表 1 土壤利用类型与质地

Table 1 Type of soil utilization and texture of the soils

样号 Number of soil sample	土壤 Soil	深度 Depth (cm)	土壤和利用类型 Soil and its utilization type	质地 ¹⁾ Texture
A	尘土	0—2	绿化林区地表土	粉壤土
B	尘土	0—1	生活区地表风移土	粉壤土
C	褐土	0—2	旱作区表土	粉壤土
D	潮土	0—2	旱作区表土	砂粉土
E	褐土	0—2	果园区表土	粉壤土

1) 系用土壤颗粒分析法分析^[1]。

二、结果与讨论

(一) 土粒粒径分布与有机质形态及其含量

表 2 列出 5 种表土的粒径组分重量分布,即 1.00—0.25mm 粒径组分为 2.2—22.8%; 0.25—0.05mm 为 41.9—54.4%; 0.05—0.01mm 为 30.2—46.9%; $<0.01\text{mm}$ 为 2.9—5.0%,其中以 0.25—0.05mm 和 0.05—0.01mm 组分的比例最大,1.00—0.25mm 的比例次之, $<0.01\text{mm}$ 的比例最小。它们与颗粒分析法^[3]的分析结果相比较,前三者分别高出 0.2—14.3%、4.3—9.8% 和 2.2—9.0%;后者减少 10.2—19.0%,这除部分未能充分分离外,相当部分是以团聚体形态参与到较大土粒组分中,说明用物理方法分离的土粒有相当部分保持小团粒结构的形态,这与同一时间采集的沙暴落尘的颗粒,有相当部分也以小团粒形态存在,且与其中 $<0.05\text{mm}$ 粒径组分占 66% 的情况相近似。根据 Modvay (1962)^[4] 实验结果表明,粒径在 $4-5\phi$ (0.06—0.03mm) 的风尘颗粒在空气中有较好的浮动性能,即搬运性能相对地较好,说明在干旱风沙季节,该地区表土中 $<0.05\text{mm}$ 土粒,其中包含小团聚体颗粒,是容易被气流浮动的。

观测表明,土粒中有机质形态及其含量,可因粒径不同而有明显差别,在 1.00—0.25mm 组分中,有机质主要以可辨认的未腐解或半腐解形态存在;在 $<0.05\text{mm}$ 组分中,土色加深,有机质形态难于辨认;在较小粒径组分中,有机质含量较高(表 2),说明后者已变成腐殖物质形态。

但是,土壤有机质含量水平,可因土壤利用方式不同而有差别,其中以尘土最高,果园土次之,旱作土最低,而它们的各自粒径组分中有机质量的分布与相应表土粒径组分的重量分布(表 3)相一致。

(二) 土粒粒径与 DDT、BHC 量

表 2 不同粒径的土粒重与有机质、DDT 和 BHC 的含量

Table 2 Weight of soil particles and organic matter, DDT and BHC contents in different sizes

土样号 Number of soil sample	土粒粒径 Size of soil particle (mm)	土粒重 Weight of soil particle		有机质含量 Content of organic matter (g/kg)	DDT 含量 Content of DDT ($\mu\text{g/g}$)	BHC 含量 Content of BHC ($\mu\text{g/g}$)
		(g)	(%)			
A	1.00-0.25	20.3	6.8	145.7	171.00	3.891
	0.25-0.05	143.6	48.4	77.5	76.200	1.267
	0.05-0.01	120.9	40.7	36.7	60.500	0.740
	<0.01	12.1	4.1	95.2	145.95	2.000
B	1.00-0.25	68.2	22.8	38.5	0.500	0.300
	0.25-0.05	130.4	43.6	47.2	1.483	0.713
	0.05-0.01	90.4	30.2	45.9	4.550	0.850
	<0.01	9.9	3.3	66.1	17.284	2.205
C	1.00-0.25	20.1	6.7	13.5	0.033	0.079
	0.25-0.05	162.5	54.4	9.0	0.063	0.068
	0.05-0.01	107.6	36.0	12.2	0.166	0.071
	<0.01	8.7	2.9	45.1	1.700	0.692
D	1.00-0.25	6.6	2.2	26.2	0.312	0.130
	0.25-0.05	144.2	48.3	9.7	0.180	0.059
	0.05-0.01	138.8	46.5	11.3	0.827	0.086
	<0.01	9.1	3.0	62.3	11.587	2.434
E	1.00-0.25	18.3	6.1	26.2	0.312	1.362
	0.25-0.05	125.0	41.9	20.2	3.740	0.971
	0.05-0.01	140.0	46.9	19.0	5.951	1.138
	<0.01	15.0	5.0	49.0	16.490	2.147

表 3 不同土粒粒径中有机质、DDT 和 BHC 的量

Table 3 Amount of organic matter and DDT and BHC in soil particles of different sizes

土样号 Number of soil sample	土粒粒径 Size of soil particle (mm)	土粒重 Weight of soil particle		有机质量 Amount of organic matter (g)	DDT 量 Amount of DDT (μg)	BHC 量 Amount of BHC (μg)
		(g)	(%)			
A	1.00-0.25	20.3	6.8	2.96	3471.3	79.0
	0.25-0.05	143.6	48.4	11.13	10942.3	181.9
	0.05-0.01	120.9	40.7	4.44	7314.5	89.5
	<0.01	12.1	4.1	1.15	1766.0	24.2
B	1.00-0.25	68.2	22.8	2.63	34.1	20.5
	0.25-0.05	130.4	43.6	6.15	193.4	93.0
	0.05-0.01	90.4	30.2	4.15	411.3	76.8
	<0.01	9.9	3.3	0.65	171.1	21.8
C	1.00-0.25	20.1	6.7	0.27	0.7	1.6
	0.25-0.05	162.5	54.4	1.46	10.2	11.1
	0.05-0.01	107.6	36.0	1.31	17.9	7.6
	<0.01	8.7	2.9	0.39	14.8	6.0
D	1.00-0.25	6.6	2.2	0.17	2.1	0.9
	0.25-0.05	144.2	48.3	1.40	26.0	8.5
	0.05-0.01	138.8	46.5	1.57	114.8	11.9
	<0.01	9.1	3.0	0.57	105.4	22.1
E	1.00-0.25	18.3	6.1	0.48	5.7	24.9
	0.25-0.05	125.0	41.9	2.53	467.5	121.4
	0.05-0.01	140.0	46.9	2.66	833.1	159.3
	<0.01	15.0	5.0	0.74	247.4	32.2

由于土粒重量分布,粒径 $<0.25\text{mm}$ 的远大于粒径 $1.00-0.25\text{mm}$ 的,因而土壤残留 DDT、BHC 主要分布在土粒粒径 $<0.25\text{mm}$ 组分中,其中容易被气流浮动的组分,即粒径 $<0.05\text{mm}$,其 DDT 和 BHC 的量分别占原土农药量的 41—89% 和 30—81%,土粒中 DDT、BHC 量的分布,基本上与有机质量的分布相一致(表 3)。而土粒中农药的含量水平,在污染程度和其它条件相同的情况下,主要与粒径大小有关。从表 2 看出,农药含量基本上随土粒粒径变小而增高,仅 A 土除外。尽管 $<0.01\text{mm}$ 土粒的百分数最低,但该粒径土粒组分中的农药含量却剧增,比同一个表土中粗于它的粒径组分,DDT 高 3.8—53 倍, BHC 高 2.2—28 倍(仅 A 土除外),这意味着能被气流浮动而在环境中飘移的较小粒径组分,含有比原来表土高得多的农药含量。研究表明,土粒粒径组分中的农药含量与有机质的含量之间呈极显著正相关($r_{\text{DDT}} = 0.862^{**}$, $r_{\text{BHC}} = 0.864^{**}$, $p < 0.01$),且 1g 有机质中 DDT、BHC 含量,是随粒径变小而增高(图 1),尤其 DDT 含量的明显增高,表明随着土壤有机质含量增加,土壤保持 DDT 的能力显著增大,显然这与腐殖质对 DDT 具有强吸附性能有关。

表 4 不同形态植物残体中 DDT 和 BHC 的含量

Table 4 Contents of DDT and BHC in plant trashes in different shapes

土粒粒径 Soil particle (mm)	植物残体 Plant trash	DDT		BHC	
		$\mu\text{g/g}$	比例 Proportion	$\mu\text{g/g}$	比例 Proportion
1.00—0.25	未腐解的 Unhumified	880.90	6.5	18.07	6.8
	半腐解的 Semi-humified	143.20	1	2.65	1

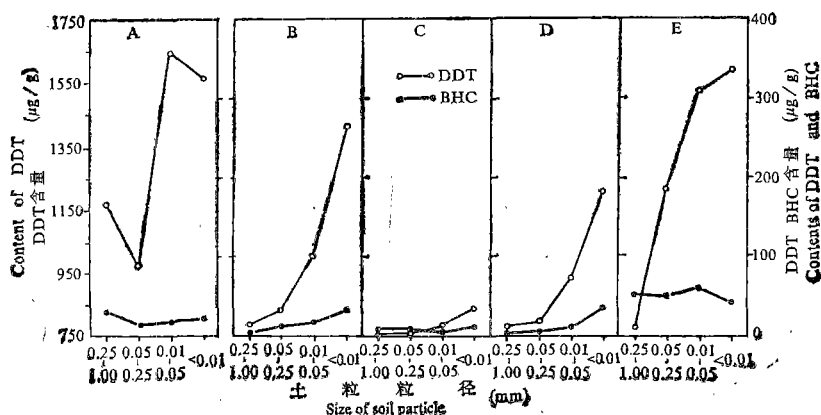


图 1 不同土粒粒径中 1 克有机质的 DDT、BHC 含量

Fig. 1 Contents of DDT and BHC in 1 gram of organic matter in soil particles of different sizes

在 A 土的 $1.00-0.25\text{mm}$ 粒径组分中, DDT、BHC 含量有明显增高(表 2), 是因为其中未腐解的植物残体有很高含量的 DDT 和 BHC, 它们比已半腐解植物残体中含量分别高 6.5 倍和 6.8 倍(表 4)。

(三) 土粒粒径与 DDT、BHC 及其代谢产物或异构体的比例

图 2 所示为 DDT、BHC 及其代谢产物或异构体在不同土粒粒径中的比例,图 2 中 B 至 E 样品是过去曾经施用 DDT 和 BHC 的土壤,图 2 中 A 是过去曾经施用 BHC 和一个月前才施用 DDT 的土壤。从图 2 中 A(a) 至 E(a) 所示,施用 DDT 不久的土壤,DDT 中的各成分在各粒径组分中相互间的比例,几乎是均等的;而施药时间较久的土壤,这个比例,却发生明显的变化,表明在不同土粒粒径组分中,保持农药成分的比例,开始是

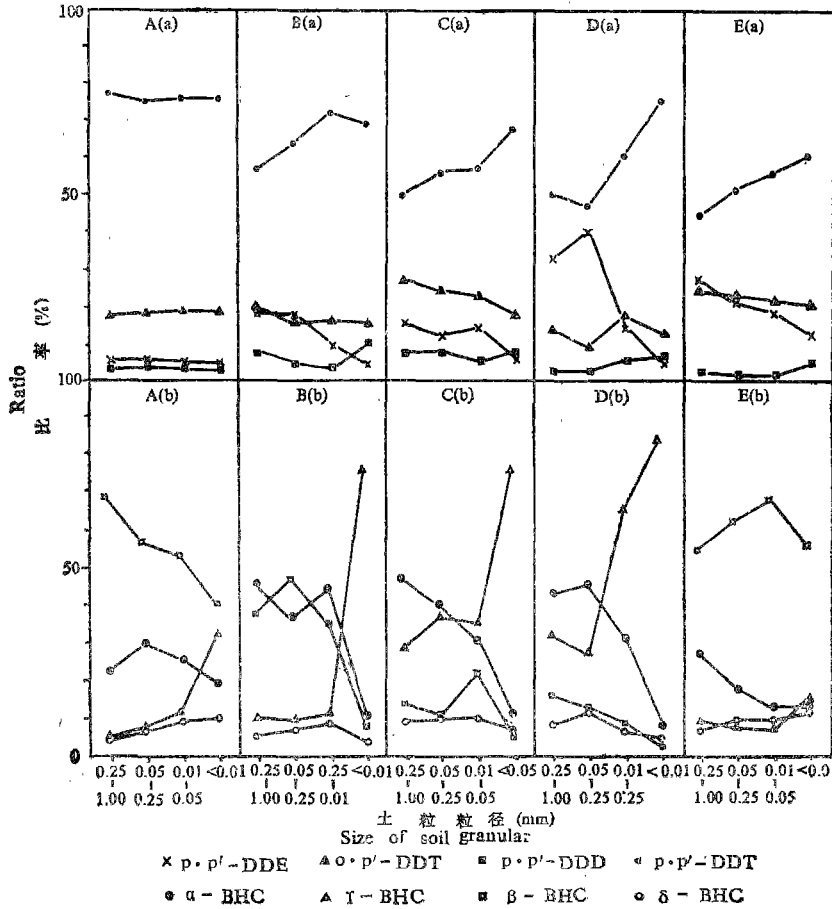


图 2 不同土粒粒径中 DDT、BHC 及其代谢物和异构体的比率
 Fig. 2 Ratio of DDT and BHC and its metabolites and isomers in different size of soil granular

相同,而后因土壤生物代谢或降解作用的差异,农药成分的比例才发生变化。在施药较久的土壤(图 2B(a) 至 E(a) 和 A(b) 至 E(b)) 中,土粒粒径较细组分中 P、P'-DDT、 γ -BHC 的比例较大,而 P、P'-DDE、 α -BHC 和 β -BHC 的比例较小;而在粒径较粗组分中,上述比例则相反,表明 DDT 和 BHC 的某些成分在土壤粒径较粗组分中生物代谢或降解作用的速率,比在土粒粒径较细组分中要快,其中有的成分在代谢过程中,因较快转化为其它代谢产物,使该成分的比例减小,同时使代谢产物成分的比例增大,其原因可能

与不同粒径组分中微生物种类及其生物活性不同、各土粒粒径组分对农药的吸附作用不同有关。

参 考 文 献

1. 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析。132—135 和 469—500 页, 上海科学技术出版社。
2. <环境污染分析方法>科研协作组编著, 1987: 环境污染分析方法(第二卷)。130 页, 科学出版社。
3. R. A. 拜格诺(钱宁、林秉南译), 1959: 风沙和荒漠沙丘物理学。16—98 页, 地质出版社。
4. Moldvay L., 1962: On the governing sedimentation from colloid suspension. Acta Universitatis Szegediensis. T. XIV, pp 75—109.

DISTRIBUTION OF PESTICIDES IN SOILS—RELATIONSHIP AMONG CONTENTS OF DDT AND BHC, SIZE OF SOIL PARTICLE AND CONTENT OF ORGANIC MATTER

Li Xunguang

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, 210008)

Summary

In the study, an isolation of soil particles in different sizes in terms of the dry sieve method and gravitational dry sedimentation method was carried out to explore the relationship among the contents of DDT and BHC, the size of soil particle and the content of organic matter in different types of topsoils in Beijing region during windy and dusty seasons.

The results obtained show that DDT and BHC remaining in the soils were mainly distributed in the soil particles of <0.25mm in size and the amounts of DDT and BHC in <0.05 mm soil particles that could be easily floated by air current accounted for 41—89 and 30—81 percent, respectively, of the total amounts in the original topsoils. It was found that within a certain size range, the smaller the size of soil particle, the higher the contents of DDT and BHC were, and that the contents of DDT and BHC were positively correlated to the content of organic matter ($P < 0.01$) and that the proportions of DDT, BHC and some of their metabolites and isomers in soil particles changed with the soil size

Key words DDT, BHC, Soil granular, Organic matter, Distribution