

^{14}C -TNT 在水相模拟生态系中分布和富集的研究

徐寅良 陈传群

(浙江农业大学原子核农学研究所)

在有关炸药生产和使用的工厂企业每天都有大量的废水产生。据报道,有的一个制造工厂每天产生 500,000 加仑 (1.89×10^3 吨)废水^[1],这种废水中除了含有 TNT 外,还含有其他硝基化合物,如二硝基甲苯及 TNT 的同分异构体^[2]。TNT 在人体内会引起肝脏损伤和贫血症^[3,4]。近年来有人指出 TNT 是毒剂和诱变剂^[5]。水体中 TNT 浓度大于 2 毫克/升时,对某些鱼类有毒害^[5]。因此,这种废水的安全排放,是一个防止农业生态系统污染的重要课题。作者曾进行了含 TNT 模拟污水对水稻生长发育影响的观察^[6]和 ^{14}C -TNT 在水稻和土壤中吸收、运转和残留的试验^[7]。为进一步探讨 TNT 在生态系统中的去向,本文利用 ^{14}C -TNT 研究 TNT 在水相模拟生态系统中的分布和富集。

一、试验材料和方法

(一) 供试材料

非洲鲫鱼 (*Tilapia mossambica*), 体长 7—8 厘米,重 6—8 克;

螺蛳 (*Belbamyia purificata*);

水浮莲 (*Pistia stratiotes*);

金鱼藻 (*Anlirrhinum majus*)。

(二) 试验设计

在 $35 \times 20 \times 25$ 厘米的玻璃水箱中,盛 10 升含 ^{14}C -TNT 的水溶液,其浓度分别为 0.5 和 10.0 毫克/升,放射性比度分别为 1.453×10^{-3} 和 2.906×10^{-2} 微居里/毫升,然后饲养上述供试材料。用微型气泵经常供给新鲜空气,以使水体维持一定浓度的溶解

氧,试验温度 16°C 左右。经 0.5, 1, 5, 10, 20 和 30 天,分别采集供试生物和水样,测定其 ^{14}C -TNT 的放射性强度。

(三) 样品的制备和测量

将采集的非洲鲫鱼、螺蛳(去壳)、水浮莲和金鱼藻样品剪碎、于 60°C 下烘 24 小时,磨碎混匀后,称取 50 毫克粉末(三个重复),用燃烧法^[8]制样。制好的样品于 FJ-2101 双道液体闪烁计数器中测量。用 ^{14}C -正十六烷作内标,计数值经计数效率校正后,再换算成 ^{14}C -TNT 含量。

(四) 水样的制备和测量

吸取 0.5 毫升水样,加到 5 毫升 0.5% PPO 的甲苯闪烁液(每升甲苯中加入 5 克 PPO, 0.4 克 POPOP, 50 克萘)中,为使互溶,再加入 2 毫升甲醇和 2.5 毫升乙二醇醚作助溶剂。样品于 FJ-2101 双道液体闪烁计数器中测量,经计数效率校正后,换算成 ^{14}C -TNT 含量。

(五) 回收率的测定

50 毫克非放射性的各种生物组织粉末,经燃烧后,在混合吸收液中加入 1 微克标准 ^{14}C -TNT 溶液,用同样方法测得计数值 B dpm,根据下式即可算出回收率。

$$\text{回收率}(\%) = \frac{A_{\text{dpm}}}{B_{\text{dpm}}} \times 100\%$$

二、结果和讨论

(一) 生物体对水体中 ^{14}C -TNT 的富集
将测得干样中 ^{14}C -TNT 浓度换算成鲜样的浓度。现将所得的鲜、干样中浓度及浓

表 1 生物体对水体中 ^{14}C -TNT 的富集量和浓缩系数

生物种类	^{14}C -TNT 浓度 (ppm)	采样时间* (day)							浓缩系数 K^{**}	
		0.5	1.0	5	10	20	30		以鲜重计	以干重计
							以鲜重计	以干重计		
非洲鲫鱼	0.5	10.9	16.1	18.2	18.3	18.9	19.1	67.2	60	210
螺 蛳	0.5	7.7	7.7	9.5	11.9	12.4	12.9	54.9	40	171
水 浮 莲	0.5	9.0	16.1	19.8	23.5	24.3	24.4	372.7	70	1165
	10.0	—	78.9	234.9	322.7	322.7	332.9	4938	95	1415
金 鱼 藻	0.5	—	—	—	—	—	26.6	522.4	83	1632
	10.0	—	—	—	—	—	360.7	7078	103	2030

* 表中 20 天前的富集量以鲜重计, 30 天则分鲜重计和干重计。单位为 ppm。表中“—”表示未采样。

$$** K = \frac{\text{生物体中 } ^{14}\text{C-TNT 浓度}}{\text{水体中 } ^{14}\text{C-TNT 浓度}}$$

水体中 ^{14}C -TNT 浓度为采样时所测的浓度, 见表 3。

缩系数列于表 1。由表 1 可以看出:

1. 非洲鲫鱼、螺蛳、水浮莲和金鱼藻, 不论在低浓度 (0.5ppm ^{14}C -TNT) 还是在高浓度 (10ppm ^{14}C -TNT) 下都能从水体中吸收 ^{14}C -TNT 并在其体内富集。但富集程度不同, 30 天采集的生物体样品中 TNT 含量, 在低浓度下, 以鲜样计达 12.9—26.6ppm, 以干样计可达 54.9—522.4ppm; 在高浓度下, 以鲜样计达 332—360ppm, 以干样计可达 4930—7078ppm。 ^{14}C -TNT 含量在生物体中的顺序为: 金鱼藻 > 非洲鲫鱼 > 螺蛳。

生物体中 ^{14}C -TNT 的积累量随着水体中 ^{14}C -TNT 浓度的增高而增加。

2. 生物体对水体中 ^{14}C -TNT 的富集在开始的头几天较快, 经 5—10 天后, 体内的富集程度就趋于饱和。如非洲鲫鱼, 0.5 天时为 10.9ppm, 1 天为 16.1ppm, 5 天为 18.2ppm, 以后就增加不多了。螺蛳和水浮莲在 10 天以后增加极少。

3. 从供试的各种生物对 TNT 的浓缩系数来看也不一样, 以鲜重计算约在 40—100 倍之间, 其顺序为: 金鱼藻 > 水浮莲 > 非洲鲫鱼 > 螺蛳。若以干重计算, 金鱼藻和水浮莲的 K 值都可高达 10^3 数量级, 非洲鲫鱼和螺

蛳也可达 10^2 数量级。值得注意的是水生生物, 水浮莲特别是金鱼藻, 不论在高浓度还是低浓度下, 都能大量地富集水体中的 TNT。

4. ^{14}C -TNT 在鱼体各部位的分配: 把在 0.5ppm ^{14}C -TNT 水体中 30 天采得的鱼样分为鳃、内脏和肉(骨)三部分, 测定其放射性, 结果如表 2。可以看出: (1) 内脏器官中 ^{14}C -TNT 的浓度最高, 达 465.18ppm, 其积累量占鱼体总积累量的 41.93%; 而鳃中的浓度仅 16.75ppm, 其积累量仅占总量的 1.0%。(2) 鱼肉(包括骨)中的浓度远没有内脏高, 只有 39.1ppm, 但其积累量占鱼体总积累量的 57.07%。因此, 要严格防止含 TNT 废水对渔业水体的污染。

表 2 ^{14}C -TNT 在鱼体各部位的分配

部 位	^{14}C -TNT 浓度 (ppm)	干重 (g)	含 量 (μg)	各部位所占份额 (%)
鳃	16.71	0.070	1.17	1.00
内脏	465.14	0.105	48.84	41.93
肉(骨)	39.10	1.700	66.47	57.07

(二) ^{14}C -TNT 在水体中消失和残留

^{14}C -TNT 在水相模拟生态系中由于被生物不断富集, 水体中 ^{14}C -TNT 的浓度随之减

表 3 ¹⁴C-TNT 在水相模拟生态系中的残留量 (ppm)

水相浓度 \ 经过时间(day)	0	1	5	10	20	30
1.5ppm	0.5	0.36	0.34	0.34	0.34	0.32
10.0ppm	10.0	7.62	6.79	6.00	4.46	3.49

少。经不同时间间隔,取水样分析,其结果如表 3。低浓度下,在 5 天以内,水体中 ¹⁴C-TNT 浓度明显下降,5 天以后下降缓慢。这是因为生物在头 5 天内富集迅速,5 天以后逐渐趋于饱和。高浓度下,¹⁴C-TNT 在水体中的残留浓度 A 可用指数函数来表示。

$$A = 7.8e^{-0.027t} \quad (t \geq 1 \text{ 天})$$

由此式可得残留半衰期为 25.7 天。

在高浓度下 ¹⁴C-TNT 下降很快,如水浮莲在 10 天内对 ¹⁴C-TNT 吸收量激增,从 0 增至 322.7ppm,而 10 天后增加得很慢。但水体中 ¹⁴C-TNT 仍以指数形式消失,除了被生物体吸收和因通气而挥发损失外,还可能与环境因素有关。如我们在试验期间,发现缸底有相当数量的有机物,如鱼粪、水浮莲的断根等形成絮状物,它们可能吸附和沉淀一

部分 ¹⁴C-TNT。另外,水体中微生物也能吸收分解,使 ¹⁴C-TNT 继续下降。

参 考 文 献

[1] Walsh, J. T. et al., *Anal. Chem.*, **45**, 1215 (1973).
 [2] Pereira, W. E. et al., *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **21** (4/5), 544 (1979).
 [3] Sax, N. I., *Dangerous Properties of Materials*, Reinhold Publ. Corp., New York, 1957.
 [4] Won, W. D. et al., *Appl. and Environ. Microbiol.*, **31**, 576 (1976).
 [5] Won, W. D. et al., *Appli. Microbiol.*, **27**, 513 (1974).
 [6] Dobbs, H. E., *Anal. Chem.*, **35** (7), 783 (1963).

用生物发光计测定污染水体生物毒性

顾宗谦 谢思琴 吴留松 陈基硕 张宗侯

(中国科学院南京土壤研究所)

一、前 言

Y. T. Tchen* (詹耀曾)等曾作出生物发光计(photobioluminometer)测定环境中残留的对光合作用有破坏效应的除草剂^[1-2],该法的理论基础是基于取代脲类除草剂对藻的光合放氧有抑制作用,从而使对氧敏感的 T₃ 菌的发光度随之呈线性改变,间接测出除草剂的浓度。本法则依据有生物毒性的污染物

(如重金属离子、农药等)对 T₃ 菌的直接毒害作用,凭借在一定条件下前者浓度与 T₃ 菌发光度呈线性关系,用该仪器测定污染水体的生物毒性。

二、材料和方法

(一) 发光菌 为 Y. T. Tchen 提供的

* Y. T. Tchen (詹耀曾)教授系澳大利亚,悉尼大学微生物系主任。曾对本研究指导帮助,特此致谢。