

39-47

9076(51)

应用草型塘模型生态系统研究 化学品的整体生态效应*

黄玉瑶 高玉荣 曹宏 任淑智 朱江
(中国科学院动物研究所, 北京, 100080)

Q145
Q141

A

摘要 本文叙述草型塘模型生态系统的结构、功能及应用用于评价化学品引起生态效应的可能性。模型塘由8个3m×1m×1m(V=3m³)的玻璃缸水槽组成。每个缸的底部铺设10cm厚的带有水生生物种子、孢子和卵子的河泥,灌注自来水,添加一定量的KNO₃和NaH₂PO₄,使起始氮、磷含量达到中-富营养水平。在室外自然光照条件下培养,实验历时4个多月。经1个多月的培养,各槽即形成结构复杂的沉水植物群落,除各种常见的沉水植物外,尚有多种藻类、浮游动物、底栖动物及微生物,各群落之间的相似性较好,藻类、浮游甲壳类及底栖动物多样性指数变异系数分别为17.7%、18.0%和36.0%。群落功能稳定,9月中旬各槽群落总产氧量平均为5.75±0.30g/m²·d, P/R比值平均为1.26±0.07,二者的变异系数分别为5.2%和5.6%。经单甲脒农药污染影响实验,本模型生态系统中的群落结构及功能产生一系列明显反应。说明草型塘模型生态系统结构、功能比较复杂,稳定,可比性较强,对药物污染反应灵敏,是生态系统水平上生态效应评价的良好工具。

关键词: 模型生态系统, 草型塘, 群落结构, 群落功能, 生物评价, 化学品,

根据室内单一毒物对单种生物的毒性实验结果评价化学品对自然水域生态系统的影响,常常存在较大的偏差⁽¹⁾,直接研究毒物对复杂的自然生态系统的效应,往往也很难得到明确的结论。因此,近年来不少生态学家和生态毒理学家强调应用模型生态系统的途径研究评价化学物质的行为及整体生态效应。Odum认为规模较大、结构较完整、功能较稳定的中宇宙(mesocosm)是室内实验与野外现场之间的桥梁⁽²⁾, Cairns强调应当把生态学概念引入到生态毒理学研究中来,中宇宙是今后生态毒理学的主攻方向⁽³⁾。短短的几年中,这方面的研究工作已取得很大进展⁽⁴⁾。

模型水生生态系统有多种类型,其中以池塘模型生态系统最为简便,最易模拟,因此研究得也最多⁽⁵⁾。有的池塘模型生态系统规模较小,在室内普通水族箱中进行⁽⁶⁾。有的规模较大,或直接在池塘中进行围隔实验,结构、功能均较复杂稳定,还放养少量鱼类,有的已取得接近自然实际的研究结果⁽⁷⁻¹⁰⁾。模型生态系统效应的终点或指标体系是什么,规模多大最为合适,仍有待进一步研究。Bloesch建议中宇宙体积在1—1000m³之间⁽¹¹⁾。Taub等探讨微宇宙标准方法⁽¹²⁾,规模较小,仅在室内进行,重现性好,真实性仍嫌不足。国内这方面工作很少^(13,14)。

以沉水植物为主体的草型塘模型生态系统的研究不多。为此,选择中等规模草型塘模型生态系统进行实验研究,以期探讨一套比较简便、灵敏、接近自然实际的研究方法和途径。现将初

* 国家自然科学基金资助项目。文中微生物资料由中国科学院微生物所杨惠芳、贾省芬同志提供,赵忠亮、陈伊梅同志也参加一部分实验工作,特此一并致谢。

步结果报告于后。

1 材料与方法

模型塘由 8 个长方形玻璃钢水槽组成。每个槽的体积为 3m^3 ($3\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$)。各槽底部均匀铺设 10cm 厚的干河泥。河泥取自北京颐和园出水口附近的长河,为深灰色、粘性土。其中含有多多种水生生物种子、孢子或卵。分几次逐步注入自来水,1 周内灌满。稳定 1 周后,测定各槽水中氮、磷含量,并添加一定量的 KNO_3 , NaH_2PO_4 及可溶性淀粉,用小型潜水泵将水混匀,使起始氮、磷含量达到中-富营养水平。实验槽置于室外,在自然光照条件下培育。光照时间一般在 6:00 至 14:00 之间,计 8h;14:00—18:00 时为虚光。各槽光照强度基本一致。

实验开始后,未再加入任何营养物质。雨季前因蒸发量大,各槽添加 1 次自来水,其后一律由雨水补给,水位涨落 10cm 左右。

各槽水生生物均系自然长出,未进行任何其它人工接种。整个实验从 6 月底开始至 10 月底结束,共持续 4 个多月。

各槽培育 1 个月后,定期检查分析水草、浮游藻类、浮游动物、底栖动物、微生物及水化学成分。水草仅记录种类,实验结束时,放水收割地上部分,称取全槽水草湿重,并在 60°C 烘干,称其干重。浮游藻类取 1L 混合水样碘液固定,浓缩计数。浮游甲壳类取 10L 混合水样过滤后浓缩至 50ml,5% 福尔马林固定,取 5ml 重复计数。底栖动物用采泥器取 2 个样方混合筛洗,实验结束排水后,再用样框挖取泥样,筛洗挑拣全部大型底栖无脊椎动物样品,70% 酒精固定。微生物种群取水、泥样品,用稀释三管法(MPN)和菌落形成单位法(CFU)测定。

9 月中旬,应用氧气昼夜变化的方法测定群落代谢^[15-18],测溶氧水样取自水槽中部上、下水层,用 Winkler 氏法测定。pH 值用便携式 pH 计(美国 Cole-parmer 产品)直接在水槽中测定。氮、磷、硬度、碱度等测定方法参考文献[19]进行。

应用 $S = (2C/A + B) \times 100$ 公式检验群落相似性。式中 A、B 各为两群落的种类数,C 为两群落的共有种数^[20]。变异系数采用 $CV\% = (SD/\bar{X}) \times 100$ 的公式进行计算, \bar{X} 为平均数,SD 为标准差^[21]。

实验后期选择 4 个水槽,其中 3 个加入 25% 单甲脒农药水剂,规定浓度分别为 12.5、25 和 50mg/L,另 1 个作为对照,观测模型生态系统结构、功能对农药污染的反应情况。

2 结果与讨论

2.1 模型生态系统的结构

2.1.1 理化环境 光照时间在 6:00—14:00 点之间,中午 11:00 左右太阳辐射最强。最高时照度达 70000 lx。各槽水温一致,最大温差 <

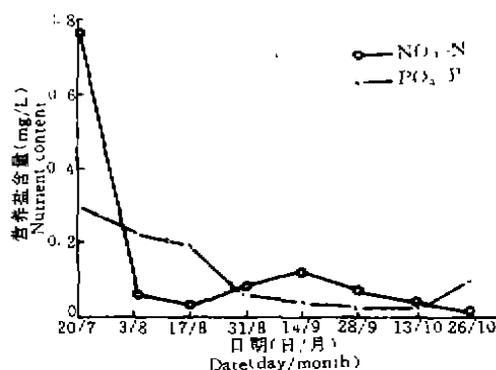


图 1 模拟塘中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的变化趋势

Fig. 1 Variations of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ in simulation tanks

0.5 $^\circ\text{C}$ 。7 月底最高水温达 29 $^\circ\text{C}$ 。透明度大,水清彻见底。

实验开始阶段,pH 值在 8.3 左右,碱度在 0.55mol/L,硬度在 1.35mol/L 左右,属中等硬度偏碱性水。水中营养盐开始阶段较高, $\text{NO}_3\text{-N}$ 0.70mg/L, $\text{PO}_4\text{-P}$ 0.30mg/L,属中-富营养水体。以后随水草的生长,光合作用旺盛,营养盐类明显下降,至 10 月中旬, $\text{NO}_3\text{-N}$ 0.04mg/L,

PO₄-P 0.02mg/L(图1)。

各槽溶解氧充沛,一般均在100%饱和度以上,光合作用最旺盛的午后表层溶解氧饱和度可达180%。晴朗天气,可见植株上有串珠状小气泡冒出水面。随着沉水植物群落的发展和旺盛的光合作用,水中的pH值逐步升高,到8月底达到高峰,最高时pH可达11左右,以后则逐步回落,至10月中旬时降至pH9.5左右(图2)。

2.1.2 生物群落 各模型槽中生长有多种生产者生物、消费者生物(无脊椎动物)及分解者生物,构成一个比较复杂、完整和有代表性的生物体系。

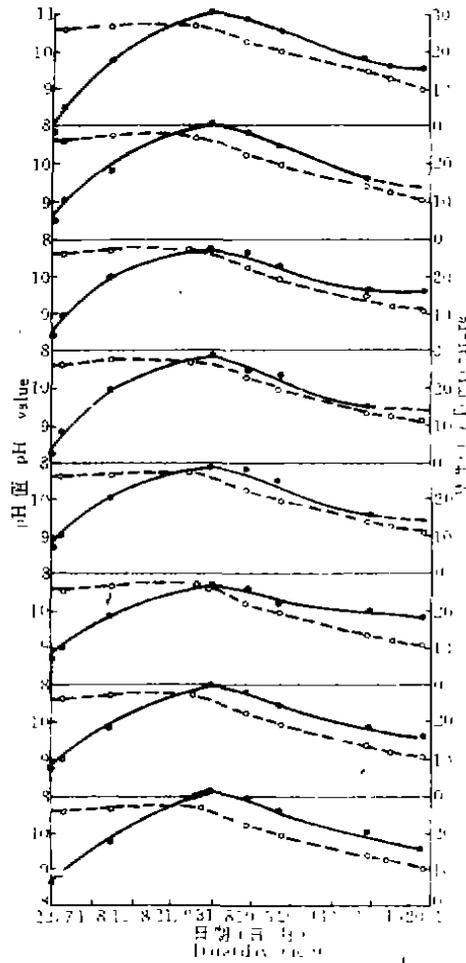


图2 模拟槽pH值及水温的逐月波动(图中实线为pH值,虚线为水温,均为10±00表层的数据)

Fig. 2 Monthly dynamics of pH values and water temperature in simulation tanks (Solid—pH values, Dot—temperature, Data were measured from surface at 10±00)

表1 模拟槽水生植物种类分布及相对丰度

Table 1 Species distribution and relative abundance of macrophytes in simulation tanks

植物名称 Species of plants	1	2	3	4	5	6	7	8
沃藻 <i>Najas major</i>	++	++	++		++	+	++	+
草沃藻 <i>N. graminea</i>	++	++	++		++	+	+	+
篦齿眼子菜 <i>Potamogeton pectinatus</i>	++	++	++	++	++		+	++
马来眼子菜 <i>P. malainus</i>								+
高菹草 <i>P. crispus</i>	+	++	++	++			++	++
等角次藻 <i>Zannichellia patustris</i>							+	-
植轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	+++	+++	++	+++	+++	++	+++	++
物苦草 <i>Vallisneria spiralis</i>	++	++	++	++	++	++	++	++
聚草 <i>Myriophyllum spicatum</i>							-	
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>		+						
布氏轮藻 <i>Chara braunii</i>	+						+	
藻钝节拟丽藻 <i>Nitellopsis obtusa</i>	++	++	++	++	++	+++	++	++
种类数 Species	8	8	7	5	6	6	9	9
生物量 (kg/m ² · W, W)	4.0	2.9	4.3	2.5	3.3	2.9	3.6	3.1
生物量 (g/m ² · D, W)	153	171	251	117	198	153	204	164

2.1.2.1 生产者生物 大型水生植物 经过 1 个月左右的培育,各模拟槽中沉水植物繁茂生长,覆盖整个水槽,并达到水表,构成沉水植物群落的主要特征。每槽有 5—9 种植物,以轮叶黑藻、苦草、茨藻、草茨藻、菹齿眼子菜及菹草等占优势,分布普遍;此外还有少量马来眼子菜、角次藻、聚草及金鱼藻。轮藻门的钝节拟丽藻分布也较普遍,尤其在第 6 号槽占有优势。至 8 月中旬,水草普遍开花、结果。分布情况及生物量见表 1。各槽植物种类相似性系数在 66.7%—93.3% 之间。生物量在 117—251kg/m² 干重之间。变异系数为 22.9%。

浮游藻类 开始阶段,各槽藻类发展很快,至 7 月底其密度最高达 200 万个/L 以上。其后由于水草的繁茂生长,营养物质下降,遮阴及其相互作用,藻类数量迅速下降。8 月底以后一直维持在较低的水平上(<20 万个/L,图 3)。

藻类种类一般在 20 属左右,以清水的硅藻,绿藻占优势,其它种类很少。除 3 号槽密度较多外,其它各槽藻类种类数、密度及多样性指数相近。多样性指数的变异系数为 17.7%(表 2)。

2.1.2.2 消费者生物 各槽生长多种原生动物、轮虫、浮游甲壳动物及大型底栖无脊椎动物。原生动物及轮虫未见详细观察。浮游甲壳动物种类不多,每槽各有 3—4 种,主要为秀体溇,卵形盘肠溇及温剑水溇。种类分布均匀,相似性系数在 75% 以上。各种浮游甲壳动物数量变化较大,多样性指数在 1.09—1.59 之间,变异系数为 18.0%(表 3)。

底栖动物仅取样 2 次。有环节动物、软体动物及水生昆虫等共十余种。环节动物包括苏氏尾鳃蚓,水丝蚓和颤蚓 3 种,其中苏氏尾鳃蚓分布最普遍,数量也较多。软体动物包括环棱螺,纹沼螺和扁卷螺 3 种。实验后期软体动物逐步消失。昆虫幼虫种类较多,主要有摇蚊幼虫,浮游幼虫和蜻蜓幼虫,此外还有少量龙虱幼虫和半翅目昆虫。

表 2 模拟槽浮游藻类种类、数量及多样性指数*

Table 2 Species, density and diversity index of algae in simulation tanks

项 目 Items	1	2	3	4	5	6	7	8
种数(属) Number of genus	17	20	21	15	22	23	23	24
密 度 Density (10 ⁴ cell/L)	38.70	29.45	235.01	41.73	38.90	32.57	22.89	32.79
绿 藻 Green algae(%)	26.50	19.63	42.51	17.54	25.03	19.24	14.84	21.53
硅 藻 Diatom(%)	61.26	42.51	54.48	67.10	66.42	62.64	76.36	66.11
多样性指数 Diversity index(\bar{d})	2.86	3.47	3.14	2.49	3.76	3.99	4.10	4.17

* 据 8 月份 3 次分析结果平均,多样性指数(\bar{d})据 Margulef(1958)公式^[2]计算。

All data were averaged from 3 times investigations in August. Diversity index was calculated by Margalef's equation.

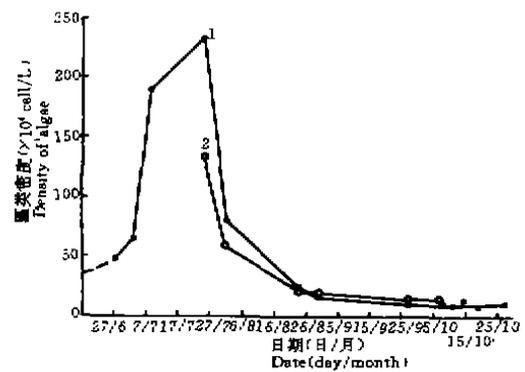


图 3 模拟槽浮游藻类密度的变化

(1—1 号槽, 2—8 个槽平均)

Fig. 3 Variation of phytoplankton density in simulation tanks(1—tank 1, 2—average of 8 tanks)

表 3 模拟槽浮游甲壳动物数量及多样性指数*

Table 3 Species, density and diversity index of zooplankton in simulation tanks

种 类 名 称 Species	1	2	3	4	5	6	7	8
长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuckenbergianum</i>	977	260	140	127	225	715	510	995
大洋洲壳腺溞 <i>Latonopsis australis</i>	0	22	0	10	3	0	4	14
老年低额溞 <i>Simocephalus vetulus</i>	8	0	0	0	0	0	0	0
圆形盘肠溞 <i>Chydorus sphaericus</i>	387	521	46	243	382	263	195	301
等刺温剑水溞 <i>Thermocyclops kawamurai</i>	62	158	115	306	245	150	53	63
数量 Number(ind./10L)	1434	961	301	686	855	1128	762	1373
种类数 Species number	4	4	3	4	4	3	4	4
多样性指数 Diversity index(H')	1.13	1.54	1.46	1.59	1.57	1.02	1.20	1.09

*表中数据为1992年9月7日、22日及10月6日3次统计的平均值;多样性指数(H')根据Shannon-Weaver计算^[22]。

Data were mean values of 3 times samplings on 7 and 22, Sept. and 6, Oct. 1992. Diversity index was calculated by Shannon-Weaver's equation.

底栖动物种类分布比较均匀,相似性系数一般均在80%以上。由于水草生长茂密,定量取样比较困难,现将排水刈草后样框取样分析结果列于表4。第2、4、5号槽因加入单甲胺农药,未在此参加统计和比较。从表4可见,11月初底栖动物主要是环节动物和摇蚊幼虫两类,尤以苏氏尾鳃蚓、前突摇蚊和直突摇蚊数量较多,分布较普遍。各槽底栖动物种类数,个体数均有较大差异,其多样性指数变异系数为36.0%。

表 4 模拟槽底栖动物定量分布(1992 11 04)

Table 4 Density of benthos in simulation tanks

种 类 名 称 Species	1	3	6	7	8
苏氏尾鳃蚓 <i>Branchiura sowerbyi</i>	878	506	655	491	491
颤蚓 <i>Tubifex</i> sp.	49	15	30	30	
带丝蚓 <i>Lumbriculus</i> sp.	40				
前突摇蚊幼虫 <i>Procladius</i> sp.	580	30	179	164	357
直突摇蚊幼虫 <i>Orthotricha</i> sp.	342		119	417	253
摇蚊幼虫 <i>Tendipes</i> sp.	491	15		15	
二翼蚌幼虫 <i>Cloa</i> sp.	45		15	30	15
大蚊科幼虫 <i>Tipulidae</i>			45		
总 数(ind./m ²) Total number	2425	566	1088	1147	1116
种类数 Species number	7	4	7	6	4
多样性指数 Diversity index(H')	2.21	0.65	1.83	1.81	1.62

2.1.2.3 分解者生物 水层中微生物数量不多,主要有好氧异养菌及少量真菌,硝化菌未检出,属比较清洁水体(表5)。底泥中好氧及厌氧菌群较水层为多(表6)。

表 5 模拟槽水层中微生物数量(1992 09 01)*

Table 5 Density of microorganisms in water column of simulation tanks

类 群 Taxa	1	2	3	4	5	6	7	8
好氧异养菌 (cell/ml) 表	3×10^2	3×10^2	2×10^2	2×10^4	1×10^4	1×10^4	1.1×10^2	1.1×10^2
<i>Heterotrophic aerobe</i> 底	2.5×10^1	2.5×10^1	4.5×10^1	4.5×10^1	2.5×10^1	2.5×10^1	2×10^2	2×10^2
真 菌 (cell/ml) 表	2×10^1	2×10^1	0	0	0	0	0	0
<i>Fungi</i> 底	1.5×10^1	1.5×10^1	1×10^1	1×10^1	0	0	0	0

* 硝化菌未检出

Nitrobacteria were not detected out in water column.

表 6 底泥中好氧及厌氧微生物种群分布(1992 09 01)

Table 6 Density of aerobic and anaerobic microorganisms in sediments of simulation tanks

类 群 Taxa	1	2	4	5
好氧异养菌 <i>Heterotrophic aerobe</i> (cell/g)	7.5×10^6	1.9×10^7	8.4×10^6	3.4×10^6
真 菌 <i>Fungi</i> (cell/g)	1.8×10^3	1.4×10^3	2.2×10^3	4.3×10^2
硝化菌 <i>Nitrobacteria</i> (cell/g)	1.8×10^3	4.4×10^3	2.8×10^4	7.7×10^3
厌氧菌 <i>Anaerobe</i> (cell/g)	3.3×10^5	2.6×10^5	4.6×10^5	7.7×10^4
反硝化细菌 <i>Denitrifying bacteria</i> (cell/g)	2.5×10^5	1.3×10^5	2.8×10^5	1.3×10^5
硫酸盐还原菌 <i>Sulfate-reducing bacteria</i> (cell/g)	1.6×10^5	7.8×10^5	1.8×10^5	1.6×10^5

2.2 模型生态系统的代谢

2.2.1 DO、pH 值与群落代谢 前已述及,各模型生态系统溶解氧充沛,pH 值偏高,且有一定的纵向波动。

9月中旬,测定了各水槽溶解氧及 pH 值的昼夜变化,可看出二者表现出明显的昼夜波动节律:6:00 左右,DO 及 pH 值最低,以后随光合作用而逐步升高,14:00 左右达最高峰,然后逐步回落,到翌日凌晨 6:00 降到最低值。表层 DO 和 pH 值高于底层,中午差异最大,早晨无明显差异。但 6 号槽情况与之相反,中午时分底层 DO 和 pH 值高于表层(图 4),因为该槽纯节拟丽藻占优势,该藻分布在水槽的下层,上层无水草。这说明群落的格局对 DO 和 pH 值有明显影响。

根据图 4(A),将 DO 和 pH 值及水温关系绘于图 5,二者呈很好的相关关系。因光合作用旺盛,DO 增加,使水中 HCO_3^- 减少, CO_3^{2-} 增多,从而影响 pH 值升高。pH 值较低时,可据以估计 CO_2 含量^[19]。本实验条件下 pH 值较高,无游离 CO_2 存在,但 pH 值变化也可粗略反映群落呼吸代谢的变化情况。

2.2.2 群落代谢的测定 根据 1992 年 9 月 17—18 日各槽溶解氧的昼夜变化测定资料,参考 McConnell (1962)^[17] 及 Whitworth 等 (1969)^[18] 的方法,计算各模拟槽中群落代谢情况。由于实验场地两边杨树的遮挡,午后 14:00 以后已无光线直接辐射,因此以 14:00 作为日落时间

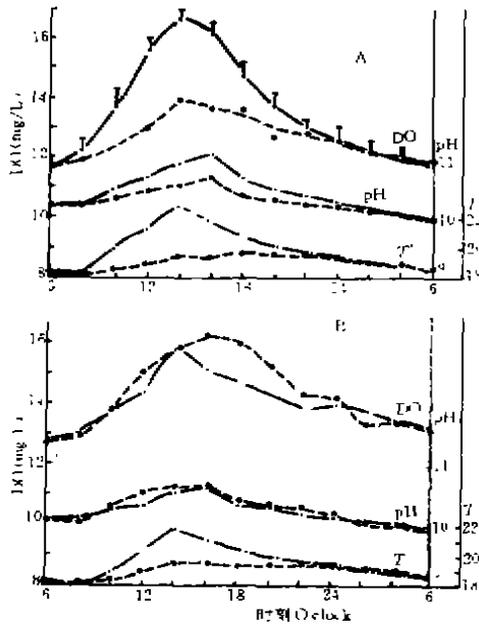


图4 模拟槽 DO、pH 值及水温的昼夜变化 (A——7 个水槽平均, B——6 号槽, 实线为表层, 虚线为底层)

Fig. 4 Diurnal changes of DO, pH values and temperature in simulation tanks (A——mean of 7 tanks, B——Tank 6, Solid——surface, Dot——bottom.)

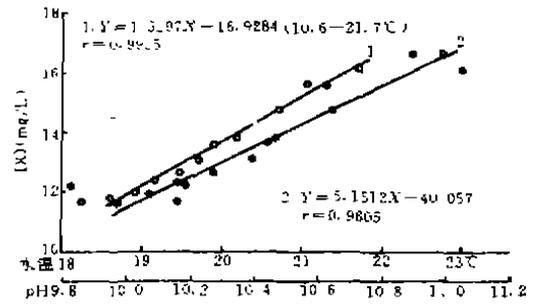


图5 模拟槽表层 DO 与水温及 pH 值的关系 (1——水温, 2——pH 值)

Fig. 5 Correlation between DO and temperature and pH values in simulation tanks (1——temperature, 2——pH values)

计算, 其时 DO 最高; 早上 6:00 为日出时间, 其时 DO 最低。氧气扩散系数按 $0.1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$ 计^[17,18,23], 结果列于表 7。从表 7 可以看出, 除 6 号槽以外, 其余各槽代谢强度相近, 其产氧量、呼吸量及 P/R 比值变异系数 < 10%, 这和一些文献报道的结果相近似^[5,23-26]。

2.3 模型生态系统灵敏性实验

10 月上旬, 选择 3 个模拟槽加入不同剂量 25% 单甲脒农药水剂, 定期观测水质、生物种类、数量及群落代谢, 历时 3 周。结果发现处理

表 7 模拟槽的群落代谢(1992 09 17-18)

Table 7 Community metabolisms in simulation tanks

项 目 Items	1	2	3	4	5	6	7	8	CV%
群落总产氧量($\text{gO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{d}$) Community gross production	5.84	6.06	5.64	6.21	5.56	5.42	5.49	5.22	4.61
群落呼吸量($\text{gO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{d}$) Community respiration	4.79	4.94	4.46	5.21	4.58	4.01	3.99	10.07	2.92
P/R 比值 P/R ratio	1.22	1.23	1.27	1.19	1.21	1.35	1.37	5.56	1.59

* 6 号未计在内。

表 8 单甲脒农药对模型塘生态系统的影响

Table 8 Effects of monoformamidine insecticide on model pond ecosystems

项 目 Items	0 mg/L	12.5 mg/L	25 mg/L	50 mg/L
水温 Temperature(°C)	12.7	12.8	12.8	12.6
DO (mg/L)	10.98	7.32	3.56	2.39
pH 值	9.54	8.68	7.85	7.69
CO_3^{2-} ($\text{CaCO}_3/\text{mg/L}$)	76.27	61.05	42.75	53.35
HCO_3^- ($\text{CaHCO}_3/\text{mg/L}$)	49.54	42.24	67.76	72.45
TN (mg/L)	0.25	0.77	1.22	2.45
TP (mg/L)	0.133	1.726	2.225	2.991

(续表 8)

项 目 Item	0 mg/L	12.5 mg/L	25 mg/L	50 mg/L
藻类 种类 Algae Species	21	6	5	0
密度 Density (10^4 cell/L)	10.0	5.4	3.4	0
多样性指数 Diversity index (H')	4.00	1.06	0.88	0
浮游动物 种类 Zooplankton Species	4	1	1	0
密度 Density (ind/10L)	367	113	60	0
多样性指数 Diversity index (H')	1.44	0	0	0
底栖动物 种类 Benthos Species	6	3	3	1
密度 Density (ind/m ²)	2425	1027	209	15
多样性指数 Diversity index (H')	2.13	0.89	0.74	0
好氧异养菌 Heterotrophic aerobic (cell/mL)	2.5×10^3	6×10^4	1.3×10^5	7.8×10^5
产氧量 Production (g/m ² · d)	3.61	1.88	1.65	0.93
呼吸量 Respiration (g/m ² · d)	3.38	2.67	3.56	5.08
P/R 比值 P/R ratio	1.07	0.70	0.46	0.13

* 底栖动物为处理后 3 周的数据,其余为处理后 1 周的测定结果。
Benthos data were collected after treatment 3 weeks. All others were 1 week.

组维管束植物受到不同程度的损伤与破坏,藻类、浮游动物、底栖动物种类、数量及多样性指数明显下降,有的种类完全消亡。而水层中的好氧异养菌却明显增加,高浓度组的增加尤为显著。与此同时,群落产氧量减少,耗氧量增加,群落代谢功能失调,由自养型变成为异养型水体。水中溶解氧、pH 值下降,氮、磷明显增加,碳酸盐及重碳酸盐也发生相应的变化(表 8)。实验结果表明,这种草型塘模型生态系统对外来有毒化学品的干扰所产生的整体生态效应是灵敏的,与文献报道一些类似研究结果相一致^(9,10,27)。

参 考 文 献

- 1 Pratt J R *et al.* Effects of chlorine on microbial communities in naturally derived microcosms. *Environ. Toxicol. Chem.*, 1988, 7(9): 679-687
- 2 Odum E P. The mesocosm. *BioScience*, 1984, 34(9): 558-562
- 3 Cairns Jr J. Putting the eco in ecotoxicology. *Regulat. Toxicol. Pharmacol.* 1988, 8(2): 226-238
- 4 Crossland N O & La Point T W. The design of mesocosm experiments. *Environ. Toxicol. Chem.*, 1992, 11(1): 1-4
- 5 Giddings J M. Types of aquatic microcosms and their research applications. (In) Giesy J P (ed.), *Microcosms in ecological research*, National Technical Information Center, Springfield, 1980, 242-266
- 6 Brockway D L *et al.* Development, replicability and modeling of naturally derived microcosms. *Int. J. Environ. Stud.*, 1979, 13(2): 149-158
- 7 Temple E C *et al.* Effects of Tebuthiuron on aquatic productivity. *Hydrobiologia*, 1991, 224(2): 117-127
- 8 Heimbach F & Pflueger W. Use of small artificial pond for assessment of hazards to aquatic ecosystems. *Environ. Toxicol. Chem.*, 1992, 11(1): 27-34
- 9 Webber E C *et al.* Ecosystem-level testing of a synthetic pyrethroid insecticide in aquatic mesocosms. *Environ. Toxicol. Chem.*, 1992, 11(1): 87-105
- 10 Lozano S J *et al.* Effects of esfenvalerate of aquatic organisms in littoral enclosures. *Environ. Toxicol. Chem.*, 1992, 11(1): 35-47
- 11 Bloesch J. Mesocosm studies. *Hydrobiologia*, 1988, 159(3): 221-222
- 12 Taub F B *et al.* Results of interlaboratory testing of the standardized aquatic microcosm protocol. (In) G. W. Suter I and M. A. Lewis (ed.), *Aquatic Toxicology and Environmental Fate*, 11th Volume, ASTM STP 1007, Am. Soc. for Testing and Materials, Philadelphia, 1989, 368-394
- 13 金洪钧, 孙丽伟. 模拟水生生态系统及其在环境研究中的应用. *应用生态学报*, 1990, 1(4): 356-363
- 14 国家海洋局第三海洋研究所海洋生态系围隔实验组. 铜、镉、汞、铅和锌混合污染对海洋围隔生态系中浮游生物的影响. *海洋学报*, 1989, 11(2): 203-206
- 15 Odum H T. Primary production in flowing waters. *Limnol. Oceanogr.* 1956, 1(1): 102-117

- 16 Talling J F. Diurnal changes of stratification and photosynthesis in some tropical African waters. *Proceeding of the Royal Society of London*—series B. 1957, 147(926): 57—83
- 17 McConnell W J. Productivity relations in carboy microcosms. *Limnol. Oceanogr.* 1962, 7(7): 335—343
- 18 Whitworth W R & Lane. T H Effects of toxicants on community metabolism in pools. *Limnol. Oceanogr.* , 1969, 14(1): 53—58
- 19 美国公共卫生协会等编著. 宋仁元等译. 水与废水标准检验法. 第 15 版. 北京: 中国建筑工业出版社. 1985
- 20 孙儒泳. 动物生态学原理, 第二版. 北京: 北京师范大学出版社, 1992
- 21 郭祖超等编. 医用数理统计方法. 北京: 人民出版社, 1965
- 22 Odum E P. *Basic Ecology*. Holt-Saunders International Editions, 1983
- 23 Welch W E. Use of modified diurnal curves for measure of metabolism in standing water. *Limnol. Oceanogr.* 1986, 13(4): 679—687
- 24 Giddings J M & Eddlemon G K. Some ecological and experimental properties of complex aquatic microcosms. *Intern. J. Environ. Stud.* , 1979, 13(2): 119—123
- 25 Giesy J P & Allred P M. Replicability of aquatic multispecies test systems. (In) Cairns Jr J (ed.), *Multispecies Toxicity Testing*. Pergamon Press, New York, 1985, 187—247
- 26 Beyers B J. The metabolism of 12 aquatic laboratory microecosystems. *Ecol. Monogr.* , 1963, 33(4): 281—306
- 27 Giddings J M & Eddlemon G K. Photosynthesis/respiration ratios in aquatic microcosms under arsenic stress. *Water Air Soil Pollut.* 1978, 9(3): 207—212

USE OF MODEL GRASSY POND OF ECOSYSTEM TO EVALUATE THE HOLISTICALLY ECOLOGICAL EFFECTS OF CHEMICAL STRESS

Huang Yuyao Gao Yurong Cao Hong Ren Shuzhi Zhu jiang

(Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing, 100080)

This paper deals with the community structure and metabolism of the model grassy pond ecosystem and the possibility of its application to evaluate the effects of chemical contamination on ecosystems. The model pond of ecosystems consisted of eight glass fiber tanks each in a dimension of $3\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ ($V = 3\text{m}^3$). Each tank was filled with tap water, together with 10cm thick river sediments containing seeds, cysts and eggs of aquatic organisms on its bottom. Some KNO_3 and NaH_2PO_4 were added to keep water nutrients close to a meso-eutrophic level. Then they were incubated under the outdoor ambient condition from June through October.

One month after incubation, a submerging community, including macrophytes, algae, zooplankton, benthos and microorganisms, was growing up luxuriantly and the community metabolism reached steady conditions. The high similarities among the communities in various tanks were found, and the variabilities of the diversity index for algae, zooplankton and benthos were 17.7%, 18.0% and 36.0%, respectively. Gross production was averaged $5.75 \pm 0.30\text{gO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, with a P/R ratio of 1.26 ± 0.07 . The variabilities of both gross production and P/R ratio were 5.2% and 5.6%, respectively.

Preliminary monitoring results indicate that this kind of mesocosm was a sensitive and useful tool for evaluating ecological effects of chemical stress on ecosystem level.

Key words: mesocosm, grassy pond, community structure, community metabolism, bioassessment.