

表 4 不同流域生长的粮食样中的镍含量 (ppm)

流 域	作 物	样品数	分布类型	平均值	标准差	变异系数	全距范围	95%置信区间
永定河	小麦	14	正态分布	0.100	0.028	0.27	0.066—0.146	0.045—0.155
	玉米	7	对数正态分布	0.081	1.53	0.45	0.045—0.168	0.035—0.188
洹 河	小麦	4	正态分布	0.085	0.019	0.23	0.060—0.100	0.047—0.123
	玉米	8	正态分布	0.076	0.020	0.26	0.054—0.114	0.036—0.116
拒马河	小麦	2		0.067	0.007	0.11	0.062—0.072	
	玉米	2		0.074	0.017	0.23	0.057—0.091	
温榆河	小麦	15	正态分布	0.064	0.011	0.17	0.046—0.080	0.042—0.086
	玉米	14	正态分布	0.060	0.035	0.51	0.017—0.158	0.001—0.140
	水稻	9	正态分布	0.125	0.051	0.40	0.056—0.200	0.024—0.227
潮白河	小麦	19	对数正态分布	0.085	1.46	0.39	0.050—0.195	0.040—0.182
	玉米	11	正态分布	0.064	0.015	0.23	0.036—0.083	0.034—0.094
	水稻	9	正态分布	0.214	0.119	0.56	0.071—0.384	0.024—0.453

量明显高于玉米中的镍含量 ($\alpha = 0.05$)。

2. 对小麦,生长在褐土和潮土上的,其镍含量没有显著性差异;生长在不同流域的,其镍含量高低顺序是:永定河>潮白河≈洹河>拒马河≈温榆河。

3. 统计检验表明,生长在褐土上的玉米比生长在潮土上的镍含量高,但生长在不同流域土壤上的玉米,其镍含量虽有差别,但这种差异在统计上则是不显著的 ($\alpha = 0.05$)。

参 考 文 献

- [1] 陈代中,任尚学,李继云,环境中若干元素的自然背景值及其研究方法,第110—114页,科学出版社,1982年。
- [2] 农业环境背景值协作组 Cu、Zn、Pb、Cd、Ni 专题研究组,农业环境保护研究资料,第一集,第125页,1982年。
- [3] 秦建侯、邓勃,余广健,周晓惠,土壤中污染元素背景值的计算机处理,第一届全国计算分析会议报告,(51号)(1985年9月,合肥)。
- [4] 袁丙、叶兆杰,简明环境统计学,第三章,浙江农业大学、农牧渔业部能源环保办公室。
- [5] 高玉堂,环境监测常用统计方法,第33页,原子能出版社,1980年。

沱江干流底栖动物调查及水质生物学评价

杨 昌 述

(自贡市环境科研监测所)

底栖动物大部分终生生活在水体里,水体环境的变化直接影响着它们群落结构的改变,如种类的增减或更替、个体数量的变动等。利用这些变化,可以监测水体,评价水质。

本文报道了1983年11月和1984年4月沱江底栖动物的种群结构及其变动情况,并根据调查获得的生态学资料应用 Beck 生物指数、经作者修正的 Trent 生物指数和 Shannon 多样性指数对沱江干流水质进行生

物学评价,为合理利用和科学开发沱江水资源提供参考。

一、工作方法

(一) 采样站的设置

沱江流经四川腹地人口稠密区,为长江一级支流,流经绵阳、成都、内江、自贡、泸州等八地市,全长 600 多公里。沱江是四川很重要的水资源之一。

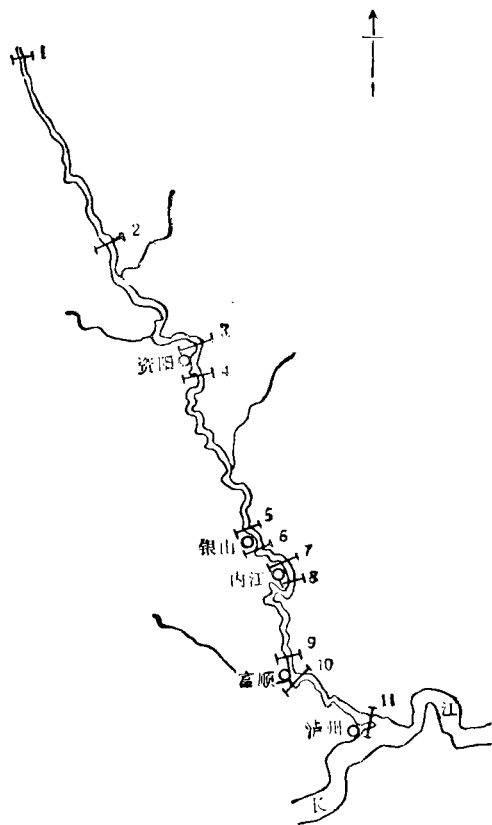


图 1 沱江底栖动物采样站分布示意图

- 1 绵远河清平 2 宏缘 3 资阳新渡口
4 资阳大桥下 5 银山镇上 6 银山镇
下 7 内江棉纺厂 8 内江三元渡口
9 富顺二中 10 李家湾 11 泸州观音阁

根据沱江干流沿岸工业布局、城镇分布、主要支流及重点污染源等资料,共设置 11 个采样站(图 1),其中沱江上游的绵远河清平站为对照站。采样站设置尽可能与水质理化

分析采样断面重合。

(二) 样品采集

沱江流域全年雨量分配不均,沱江水量随时期不同,丰、枯变化极大,水质污染状况亦随之发生很大差异。据此,分别于 1983 年 11 月和 1984 年 4 月进行了两次底栖动物采样调查,分别代表平水期和枯水期。

根据沱江底质主要为砂石结构的特点,采用“样方采样法”和“人工基质采样法”(挂笼)。每个站位采集两次,样品在现场筛洗固定,带回实验室镜检分类,分别统计各采样站的种类和数量,计算种群密度。

二、底栖动物种群结构特点

两次调查共采集到底栖动物 63 种。其中水生昆虫 52 种,软体动物 5 种,水栖寡毛类 1 种,其它 5 种(表 1)。各采样站进行了同期水质理化分析(表 2)。

从表 1 中可以看出,沱江底栖动物种类是很丰富的。尤其是水生昆虫种类繁多,占全部底栖动物种类总数的 82% 以上,占个体总数的 90% 以上,在各采样站的种类出现率为 100%。软体动物和寡毛类也有一定分布,其种类出现率分别为 81.8% 和 72.7%。

沱江底栖动物在种类及数量分布方面具

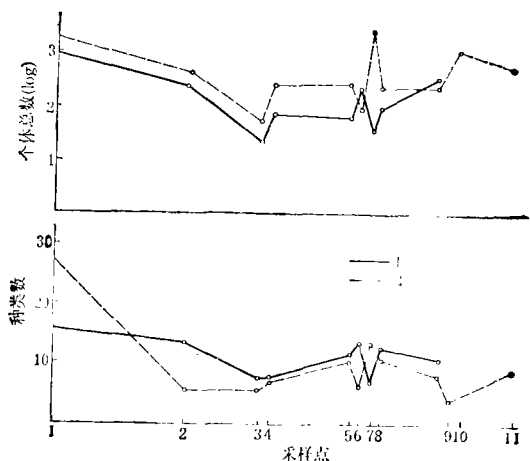


图 2 沱江各采样站底栖动物种类及数量沿程变化
1. 1983 年 11 月采样 2. 1984 年 4 月采样

表 1 沱江底栖动物种类名录及出现率

种 类 名 录	出现次数		出现率(%)	
	83.11	84.4	83.11	84.4
石蝇科 Perlidae	36	15	11	9
短尾石蝇科 Nemouridae	4	11	11	9
黑石蝇科 Capniidae	6	0	11	0
石蛾科 Phryganeidae	0	1	0	9
原石蛾科 Rhyacophilidae	126	8	11	9
网栖石蛾科 Hydropsychidae	32	0	11	0
多距蛾科 Polycentropodidae	5	5	22	9
蜉蝣科 Ephemeraeidae	15	2	44	18
扁蜉科 Ecdyuridae	238	15	33	9
二尾蜉科 Siphonuridae	0	2	0	9
小蜉科 Ephemereilidae	2	31	11	9
小裳蜉科 Leptophlebiidae	10	1	22	9
四节蜉科 Baetidae	11	41	22	9
细蜉科 Caenidae	2	0	22	0
箭蜓科 Gomphidae	2	1	22	9
划蝽科 Corixidae	1	1	11	9
潜水蝽科 Naucoridae	0	4	0	9
隐翅虫科 Staphylinidae	0	5	0	9
鼓虫科 Gymnidae	2	0	11	0
沼蚬科 Hyalodidae	1	0	11	0
泥蚬科 Dryopidae	1	0	11	0
长角泥蚬科 Elmidae	0	18	0	27
牙虫科 Hydrophilidae	0	8	0	27
沼梭科 Haliplidae	0	7	0	18
大蚊科 Tipulidae	0	138	0	54
毛蠓科 Psychodidae	0	586	0	18
虻科 Tabanidae	0	1	0	9
耐虻科 Rhogionidae	0	8	0	18
摇蚊科 Chironomidae	9	36	33	54
环足摇蚊属 <i>Cricotopus</i>	153	90	56	54
内摇蚊属 <i>Endochironomus</i>	15	146	22	36
隐摇蚊属 <i>Cryptochironomus</i>	13	2	44	18
斑点摇蚊属 <i>Stictochironomus</i>	3	45	11	45
多足摇蚊属 <i>Polypedilum</i>	59	6	78	45
根腹摇蚊属 <i>Felopia</i>	0	1	0	9
流水长跗摇蚊属 <i>Rheotanytarsus</i>	6	0	22	0
直突摇蚊属 <i>Orthocladius</i>	0	91	0	27
流环足摇蚊属 <i>Rheocricotopus</i>	1	17	11	18
拟摇蚊属 <i>Parachironomus</i>	3	0	11	0
微摇蚊属 <i>Microtendipes</i>	0	2	0	9
五脉摇蚊属 <i>Pentaneura</i>	44	2	33	0
毛突摇蚊属 <i>Chaetocladius</i>	15	0	22	0
小突摇蚊属 <i>Micropectra</i>	0	2	0	9
前突摇蚊属 <i>Procladius</i>	2	0	22	0
哈氏摇蚊属 <i>Harnschia</i>	1	0	11	0
心形突摇蚊属 <i>Cardiocladius</i>	0	2	0	9

表 1 (续)

种 类 名 录	出现次数		出现率(%)	
	83.11	84.4	83.11	84.4
枝突摇蚊属 <i>Calopsectra</i>	7	0	11	0
雕翅摇蚊属 <i>Glyptotendipes</i>	1	0	11	0
长跗摇蚊属 <i>Tanytarsus</i>	10	0	11	0
棒脉摇蚊属 <i>Corynoneura</i>	6	0	11	0
光辉摇蚊属 <i>Brillia</i>	1	0	11	0
雪募角摇蚊属 <i>Diamesa</i>	0	1	0	9
椎实螺科 <i>Lymnaeidae</i>	3	1	33	9
扁卷螺科 <i>Planorbidae</i>	1	0	11	0
蜆科 <i>Corbiculidae</i>	3	12	22	9
球蜆科 <i>Sphaeriidae</i>	2	54	22	45
贻贝科 <i>Mytilidae</i>	2	16	11	36
颤蚓科 <i>Tubificidae</i>	64	122	78	54
钩虾 <i>Gammaridae</i>	3	5	11	27
水蜘蛛 <i>Hydracarina</i>	9	4	33	27
线虫纲 <i>Nematoda</i>	1	0	11	0
真涡虫属 <i>Planaria</i>	16	18	11	9
蛭纲 <i>Hiradinea</i>	4	1	22	9

注: ①1983 年 11 月李家湾和泸州观音阁样品缺。②出现率 1983 年 11 月以 9 个采样站计, 1984 年 4 月以 11 个采样站计。

表 2 沱江水质主要污染项目理化指标

项目 结果 监测断面	色度(度)		NH ₃ -N		COD		BOD ₅	
	平水期	枯水期	平水期	枯水期	平水期	枯水期	平水期	枯水期
绵远河清平	10.0	—	0.06	0.04	1.70	3.10	0.40	0.60
宏 缘	7.3	11.7	0.65	4.25	3.94	4.67	3.24	5.11
资阳新渡口	7.0	17.3	0.14	4.33	5.13	8.33	0.84	4.28
资阳大桥下	7.0	15.0	0.22	8.41	7.36	23.33	1.00	8.49
银山镇上	9.3	21.6	0.07	2.64	4.53	10.67	0.60	5.31
银山镇下	8.3	23.3	0.17	2.94	5.58	17.33	1.26	7.19
内江棉纺厂	8.3	26.7	0.14	3.22	5.32	18.00	0.85	6.41
内江三元渡口	8.7	23.3	0.10	3.05	8.63	15.60	1.74	9.32
富顺二中	10.0	27.3	0.01	1.43	5.40	17.30	0.57	5.23
李 家 湾	8.3	29.3	0.31	1.64	6.10	17.70	1.06	5.16
泸州观音阁	15.7	23.3	0.04	1.39	5.57	14.00	0.60	5.93

注: 表中为底栖动物调查同期水质理化分析数据。未注明单位者均为 mg/L。

有如下特点: 随采样站位不同, 种类及数量变化较大; 同时, 随平、枯水期不同也有一定差异。一般说来, 平水期较之枯水期各采样站底栖动物种类数较多而每种个体数量较

少; 多数采样站底栖动物总个体数则是平水期少于枯水期(图 2)。

沱江上游绵远河清平对照站, 基本处于自然生态, 两次调查底栖动物种类数均居于

各采样站的首位,并以襁翅目、毛翅目、蜉蝣目和涡虫等污染敏感种类形成优势种群。其中襁翅目和涡虫为该站特有种类,其它各站未再出现。

沱江干流各采样站,因沿岸接纳了以制糖、造纸、酿造及化工等工业废水和城镇生活污水,使水质受到不同程度污染。底栖动物种类数较之对照站普遍减少,种群结构亦发生较大变化。

平水期沱江水量充沛,各采样站底栖动物种类较丰富,一些污染敏感种类如网栖石蛾、蜉蝣等在宏缘、银山镇上、富顺二中等站均有出现,但未能形成优势种群。各站位主要以摇蚊幼虫为主,还出现少量寡毛类。摇蚊幼虫多为不耐缺氧的非红色种类,寡毛类多为尾鳃蚓。

枯水期沱江水量少,各采样站污染敏感种类基本消失,以耐缺氧的红色摇蚊幼虫、其它双翅目幼虫、软体动物及寡毛类形成优势种群。如宏缘站颤蚓达 376 个/米²,资阳大桥下球蚬达 152 个/米² 内江棉纺厂毛螺幼虫

高达 1536 个/米²。

三、沱江干流水质生物学评价

根据调查获得的生态学资料,计算出三种生物指数值,作为评价沱江水质污染的主要依据,综合评价沱江水质。三种生物指数值为:

$$1. \text{Beck 生物指数: } I = 2n_I + n_{II}$$

(n_I : 不耐污种类; n_{II} : 中度耐污种类)

指数值 >20, 清洁; 11—19, 轻污染; 6—10, 中污染; 0—5, 重污染。

2. 修正 Trent 生物指数: 原 Trent 生物指数存在的主要缺点是未将耐中度污染的重要底栖动物类群——软体动物列入关键类群,作者将软体动物列入 Trent 生物指数表六类关键生物类群中的钩虾栏内(表3)。经沱江水质评价实际应用表明,经修正后的 Trent 生物指数能更客观地反映水质污染状况。

指数值 >VIII, 清洁; VII—VIII, 轻污染; V—VI, 中污染; III—IV, 重污染; 0—II, 严重污染。

表 3 修正 Trent 生物指数

出现的生物种群总数 Trent 生物指数		0—1	2—5	6—10	11—15	16 以上
关键生物及出现种类数	超过两种		VII	VIII	IX	X
	仅一种		VI	VII	VIII	IX
襁翅目昆虫幼虫及蛹 (plecoptera)	超过两种		VI	VII	VIII	IX
	仅一种		V	VI	VII	VIII
蜉蝣目昆虫幼虫及蛹 (ephemeroptera)	超过两种		V	VI	VII	VIII
	仅一种	III	IV	V	VI	VII
毛翅目昆虫幼虫及蛹 (Trichoptera)	超过两种	III	IV	V	VI	VII
	仅一种	III	IV	V	VI	VII
钩虾 (Gemmarus) 所有上述种均无		III	IV	V	VI	VII
栉水虱 (Asellus), 所有上述种均无		II	III	IV	V	VI
水蛭蚓或(和)摇蚊幼虫, 所有上述种均无		I	II	III	IV	V
所有上述种均无, 有不需溶氧而生存种类如蜂蝇 (Eristalus tenax)		0	I	II		

表 4 沱江各采样站生物指数及水质评价

采样站	采样时间 (年、月)	Beck 生物指数		修正 Trent 生物指数		Shannon 多样性指数		水质综合评价
		指数值	水质级别	指数值	水质级别	指数值	水质级别	
1	83.11	26	清洁	X	清洁	2.33	轻污	清洁
	84.4	40	清洁	IX	清洁	3.73	清洁	清洁
2	83.11	20	清洁	VIII	轻污	2.72	轻污	轻污
	84.4	7	中污	V	中污	0.46	重污	中污
3	83.11	8	中污	V	中污	2.40	轻污	中污
	84.4	6	中污	V	中污	2.27	轻污	中污
4	83.11	8	中污	V	中污	1.79	中污	中污
	84.4	8	中污	V	中污	1.75	中污	中污
5	83.11	14	轻污	VII	轻污	3.02	清洁	轻污
	84.4	11	轻污	V	中污	2.66	轻污	轻污
6	83.11	17	轻污	VIII	轻污	2.96	轻污	轻污
	84.4	6	中污	V	中污	1.91	中污	中污
7	83.11	7	中污	V	中污	2.37	轻污	中污
	84.4	14	轻污	VI	中污	1.52	中污	中污
8	83.11	14	轻污	VII	轻污	2.39	轻污	轻污
	84.4	12	轻污	VII	轻污	2.74	轻污	轻污
9	83.11	13	轻污	VII	轻污	1.94	中污	轻污
	84.4	8	中污	V	中污	1.63	中污	中污
10	84.4	4	重污	II	重污	0.71	重污	重污
11	84.4	9	中污	V	中污	1.07	中污	中污

3. Shannon 多样性指数:

$$S \cdot I = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

[S: 种类数; N: 总个体数; n_i : 第 i 种 ($i = 1, 2, 3 \cdots S$) 的个体数]

指数值 >3 , 清洁; $2-3$, 轻污染; $1-2$, 中污染; $0-1$, 重污染。

根据两次调查结果, 分别评价沱江水质污染(表 4)。

从评价结果可以看出, 对照站两次调查均为清洁级。

沱江干流各站位, 生物指数值随平、枯水期和采样站位不同呈较有规律的变化, 并与主要污染物如氨氮、化学耗氧量、生化需氧量

等的变化有较密切的关系。平水期污染物浓度低, 生物指数值一般较高, 多数江段属轻污染水体; 枯水期污染物浓度高, 生物指数值一般偏低, 多数江段属于中污染水体。

同一水期, 离污染源较远的站位指数值较高, 污染较轻, 如银山镇上、富顺二中等; 离污染源较近的站位指数值偏小, 表示污染加重, 如银山镇下、内江三元渡口等。

四、讨 论

(一) 用生物指数评价水质污染, 既简单又直观, 便于比较和应用。

从沱江干流水质评价结果看, 对同一站位的底栖动物样品, 计算出的三种指数值全

部指示为同一水质级别或相邻水质级别, 具有较好的可比性。同时, 生物学评价结果和水体主要污染物变动情况基本一致。因此, 用 Beck 生物指数、修正 Trent 生物指数和 Shannon 多样性指数综合评价沱江水质是适用的。

(二) 用底栖动物评价水质污染, 除合理布设采样站, 还应保持各站位底质、水深、流速及水温等条件尽量一致, 其结果才有可比性。本次调查中, 李家湾站的沙质底质与其它各站的砂石底质结构差别较大, 可能是导致该站生物指数值偏小, 评价结果水质偏劣的原因之一。

(三) 从沱江底栖动物种群结构与水质污染的关系来看, 毛翅目、蜉蝣目、非红色摇蚊幼虫多分布于轻污染江段, 可作为轻度污染的指示生物。颤蚓、软体动物、红色摇蚊幼虫、大蚊幼虫多分布在中污染江段, 可作为中度污染的指示生物。

(四) 沱江水质污染程度随水量变化差异很大, 因此, 分不同时期分别评价沱江水质更能反映出水质污染现状。

(五) 从评价结果可以看出, 沱江干流枯水期水质污染重于平水期。为保护沱江水资源, 尤其在枯水期应对排入沱江的污染物进行严格的总量控制, 以减轻沱江水质污染。

致谢: 四川省环保科研所陈达平同志参加该项工作; 承蒙中国科学院水生生物研究所王士达同志、南京师范大学尤大寿教授鉴定疑难标本, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 刘保元等, 环境污染与生态学文集, 194 页, 江苏科学技术出版社, 1981 年。
- [2] 颜京松, 环境污染与生态学文集, 42 页, 江苏科学技术出版社, 1981 年。
- [3] 刘保元等, 环境科学学报, 1(4), 338 页(1981)。
- [4] 黄玉瑞等, 环境污染与生态学文集, 141 页, 江苏科学技术出版社。

北京地区几种主要土壤的性质 和汞的临界含量的关系*

白 英 张 祖 锡

(北京农业大学)

土壤性质明显地影响土壤汞的临界含量, 土壤交换量、土壤质地即土壤细土粒含量与汞在土壤中的富集在多因素逐步回归分析中呈显著正相关, 与土壤汞的迁移量即麦粒汞含量呈显著负相关。土壤质地直接影响其汞的临界含量。北京地区砂壤、中壤和重壤等三种质地土壤中汞的富集量与迁移量之间呈曲线相关, 其相关模型为 $y = ax^b$ 和 $y = x/a + bx$, 并均呈极显著的正相关关系。土

壤中汞的临界含量分别为 0.083、0.359 和 0.433ppm。土壤中物理粘粒的成倍增多导致土壤汞临界含量提高 4—5 倍。

试验设计和方法

1982 年 3 月—1984 年 6 月连续以陶质盆装不同性质的土壤 5—6 种作汞的模拟盆

* 参加本项工作的同志还有郁明谦、孟筠、张小威、马兰等。