

能、通透性能都较好;以最终细胞浓度为 2% (w/v) 时的细胞剩余活力为最高(可达 96%);固定化的 pH 条件较广,通常以 pH7.0 时为宜。

2. 混合脱色菌固定化细胞对印染废水的脱色反应条件与其自然细胞相似,最适温度为 30—40℃,脱色率可维持在 85% 左右;最适 pH 为 7.0,脱色率可达 84%;并且具有较好的热稳定性,经过 50℃ 以上温度的处理,其活力才显著下降。

3. 混合脱色菌固定化细胞在连续一个月对印染废水的脱色处理过程中,水力停留时

间大多在 2.5—2.9h 范围内,脱色率可维持 70—80%,达到了对印染废水的脱色处理要求,说明具有较高的实际应用价值。

参 考 文 献

- [1] Thomas, Z. et al., *Arch. Microbiol.*, **138**, 37 (1984).
- [2] Kulla, H. G. et al., *Arch. Microbiol.*, **135**, 1(1983).
- [3] 刘志培等,微生物学报, **29**(6), 418(1989).
- [4] Chibata, I. et al., *Appl. Microbiol.*, **27** (5), 878 (1974).
- [5] 黄武华等,环境科学学报, **2**(4), 293(1982).
- [6] 韩树琴等,环境科学学报, **8**(1), 93(1988).
- [7] 李彤等,环境科学, **11**(5), 41(1990).

植物激素“802”对凤眼莲耐寒及去污能力的影响*

黄 道 兵

(湖南常德市环境监测站,常德 415003)

丘昌强 孙兴湘 周元祥

(中国科学院水生生物研究所,武汉 430072)

摘要 叶面喷施“802”能提高凤眼莲耐寒和去污能力,“802”的喷施浓度以 100mg/l 为宜。但“802”不能提高凤眼莲对水温的极端忍受限,水温低于 5℃ 时凤眼莲仍会死亡。

关键词 凤眼莲,植物激素“802”。

利用高等水生植物净化污水在国内外广泛采用,同时也在大力开展试验研究。雨久花科的凤眼莲 (*Eichhornia Crassipes*) 以其速生高产、耐污和去污力强等特点在污水处理工程中倍受重视。目前报道的用凤眼莲进行污水净化试验,大都利用凤眼莲的天然去污潜力。我们采用植物激素“802”进行凤眼莲的叶面喷施试验,试图强化凤眼莲的生理活性,提高凤眼莲对营养物质和太阳能的利用率,通过促进其生长增强去污能力和耐寒能力,为污水净化与资源化系统设计提供必要的参数和科学依据。

一、材料与方 法

(一) 试验材料

凤眼莲:取自常德市郊水塘。

试验用水:为常德市护城河污水,污水泵至沉淀池,然后抽到高位槽,在高位槽里适当加入经 20 目化纤布过滤的稀人粪尿以使污水 COD 在 150mg/L 左右。

植物激素:“802”,又名广增素,桂林临桂综合化工厂生产。使用时用蒸馏水配制成

* 本研究为“七五”科技攻关项目。

收稿日期:1991 年 5 月 6 日

表 1 动态模拟试验各阶段情况

试验阶段	喷药日期 (日/月)	试验日期 [日/月(d)]	平均水温 (°C)	pH 变动范围
1	10/10	10/10—19/10(10)	19.85	6.5—7.5
2	20/10	20/10—29/10(10)	19.87	6.5—7.5
3	30/10	30/10—14/11(16)	15.53	6.5—7.5
4	15/11	15/11—29/11(15)	9.35	6.5—7.5

50、100、500、1000mg/L 的喷施液,每次喷施量均为 90ml/m²。

(二) 试验时间

1989 年 10 月至 12 月。

(三) 试验方法

试验在室外五个规格一致的水泥模拟池里进行,水泥池长度 1.75m,宽度 0.80m,深 0.60m,容积 0.84m³。水池布置最左边为试验对照,从左至右依次是喷药浓度为 50、100、500、1000mg/l 的试验池。

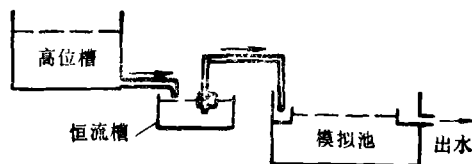


图 1 试验系统流程

试验设计停留时间为 7 天,由此计算出各池进水流量为 83mL/min。试验开始时,各池注满混匀的试验用水,然后将生长正常、个体较一致的经自来水冲洗干净的风眼莲放入试验池,培养一周。各池放入风眼莲量为 4kg,放养密度为 2.86kg/m²。对照池风眼莲不喷药,其他 4 池按 50、100、500、1000mg/L 的浓度分别进行叶面喷施,各池喷药量每次均为 90mL/m²。

整个试验分为 4 个阶段,基本以喷药周期为准(表 1)。

(四) 测定方法

每 2 天测 1 次各池进出水 COD_{Cr}; 每 5 天测 1 次各池进出水 BOD₅(生化培养法); 每 5 天或 10 天测 1 次各池风眼莲叶片叶绿

素含量(80% 丙酮萃取,于 663nm 和 645nm 处分光比色); 每 5 天或 10 天从各池中捞出增重的风眼莲,称重后取样分析或弃去。此外,每天早晚测定各池水温及 pH,并经常观察、检查进水流量,保持进水流量恒定。

二、结果与讨论

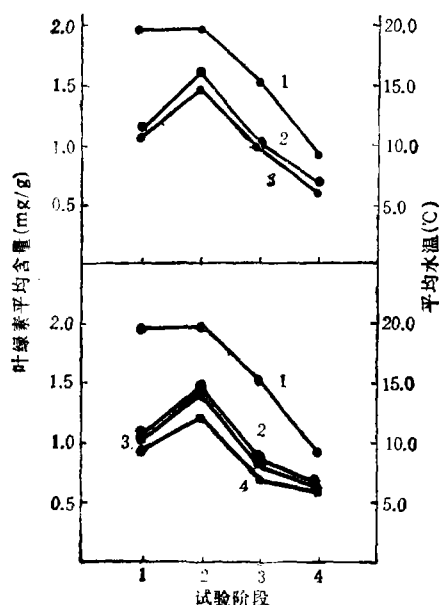
(一) “802”对风眼莲耐寒能力的影响

据国内外有关报道,适宜于风眼莲生长的水温是 27—30℃,当水温低于 20℃,风眼莲生长受抑,低于 10℃ 时植株停止生长,低于 5℃ 时死亡。本研究的对照试验结果与此相符。前两个阶段水温大都在风眼莲的较宜生长范围,风眼莲生长良好,叶绿素含量和增重量均较高,去污能力较强。第二阶段水温降至 20℃ 以下,对照组风眼莲叶绿素含量及增重指标明显下降,比前一阶段分别下降 42.01% 和 65.91%。第四阶段即 11 月 15 日以后水温降至 10℃ 以下,风眼莲不再增重,叶绿素含量出现又一个转折,比第二阶段下降 51.34% (图 2)。

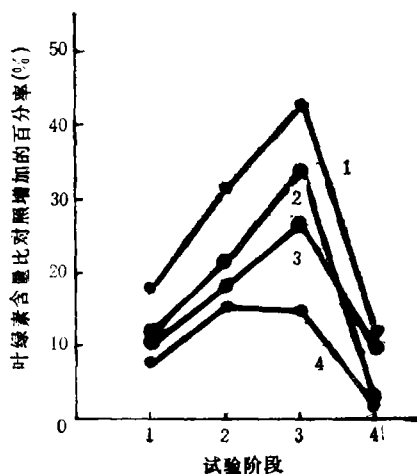
图 2、图 3 及图 4 的叶绿素含量试验结果表明,喷施“802”的风眼莲叶绿素含量在各阶段都高于对照,特别是水温较低的后两个阶段,喷施“802”的风眼莲叶绿素含量仍有较高水平,而且浓度越高,叶绿素含量水平越高。在第三阶段,“802”浓度为 500、1000mg/L 的风眼莲叶绿素含量仍在 0.9—1.1mg/g 之间,相当于对照组第一阶段的水平。水温降至 10℃ 以下的 11 月 15 日,喷药浓度为 100、500 和 1000mg/L 的叶绿素含量仍分别达到 0.962、0.984 和 1.004mg/g,增重指标也

表 2 不同阶段各组凤眼莲增重量及比对照增加的百分率(增重量单位: g 鲜重/m²·d)

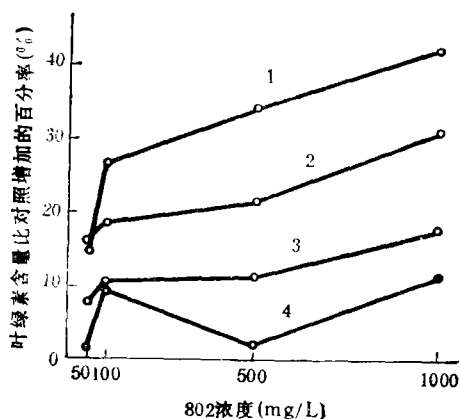
试验阶段	浓度 (mg/L)	对照增重量	50		100		500		1000	
			增重量	比对照增%	增重量	比对照增%	增重量	比对照增%	增重量	比对照增%
1		399.16	462.18	15.79	462.18	15.79	484.43	21.36	484.43	21.36
2		392.86	407.14	3.63	407.14	3.63	411.76	4.81	423.53	7.81
3		133.93	178.57	33.33	178.57	33.33	220.59	64.71	231.62	72.94
总平均		282.76	324.66	14.82	324.66	14.82	350.70	24.03	358.65	26.84

图 2 试验阶段各组凤眼莲叶绿素平均含量
与水温变化曲线

1. 水温 2. 1000mg/L 3. 500mg/L 4. 100mg/L
5. 50mg/L 6. 对照

图 3 不同试验阶段各组凤眼莲叶绿素平均
含量比对照增加的百分率

1. 1000mg/L 2. 500mg/L 3. 100mg/L 4. 50mg/L

图 4 不同喷药浓度下各阶段叶绿素平均含量
比对照增加的百分率

1. 第三阶段 2. 第二阶段 3. 第一阶段 4. 第四阶段

有类似结果,从叶绿素含量与增重指标来看,喷施“802”能缓冲低温对凤眼莲生长的不良影响,喷施 50、100 mg/L 的比对照组延迟 15—20 天凋谢期,500 和 1000mg/L 的比对照组延缓 20 天以上。总之,经“802”喷施的凤眼莲其耐低温和抗寒能力明显加强,其理由是施“802”后植株在较低温度下的生理指标(如叶绿素、生长量等)维持较高水平。

试验期间观察到的表观症状也说明了这一点。试验初期各池凤眼莲生长良好,各喷药组的凤眼莲的生长情况比对照组更佳,其叶片比对照大些,叶片颜色更青翠,根部稍

长。对照组凤眼莲在 11 月 30 日左右出现明显枯叶现象,12 月中旬几乎全部死亡。经“802”喷施的各组凤眼莲比对照组迟一周左右出现枯叶,直到 12 月 22 日出现雨加雪天

气才渐渐死亡。

从图 2 中注意到如下现象,即第一、二阶段水温相近,但这两个阶段凤眼莲叶绿素含量各自并不相同,第二阶段明显高于第一阶段。究其原因可能有两个,一是在试验运转初期的第一阶段,各池凤眼莲因前段搬运、洗涤除萍操作的影响,植株的生长情况虽逐渐好转,但并未达到其最佳生长状态。图 2 中,前两阶段对照组叶绿素含量亦是第二阶段高于第一阶段,也证明了这一点。二是用植物激素对植株进行处理时,植物激素对植株产生细胞水平或分子水平的作用,这种作用是逐渐释放的,表现在植株生理生化及表观症状方面的差异要经过一定的滞后期。在试验的第二阶段,前次喷施的“802”有一部分与本次喷施的“802”一起对凤眼莲产生累加强化作用,对凤眼莲的生长产生了更大的影响,从而使叶绿素含量较高。

在试验的后两个阶段,各喷药组凤眼莲叶绿素含量虽然具有较高水平,但仍与对照组一样以较大幅度下降,其变化趋势与同期的水温变化趋势相似,原因是这时虽仍存在着“802”的累加强化作用,但温度对凤眼莲的抑制作用表现得更加强烈,从而在一定程度上“掩盖”了“802”的作用。可见,植物激素“802”只能在凤眼莲适宜或较适宜的温度条件下影响其生长,并不能改变恶劣的温度条件对凤眼莲植株的强烈抑制作用。从后期试验结果看,当水温达到或低于 5℃ 时凤眼莲最终仍死亡,也说明了此点,即植物激素“802”并不能提高凤眼莲对水温的极端忍受限。

(二) “802”对凤眼莲去污能力的影响

凤眼莲的天然去污能力是较强的,从对照组试验结果看,不喷药的凤眼莲对 COD_{Cr} 去除率在 50% 以上, BOD_5 去除率大于 90%。

试验结果(表 3—4, 图 5—7)表明,四个喷药组凤眼莲的 COD_{Cr} 、 BOD_5 去除率都比

对照组高,而且随喷药浓度的增加, COD_{Cr} 、 BOD_5 去除率增加。50、100、500、1000mg/L 时 COD_{Cr} 平均去除率分别比对照高 9.10%、18.80%、25.22% 和 30.02%; BOD_5 平均去除率分别比对照高 0.48%、1.20%、1.70% 和 4.91%。喷药组各池的 BOD_5 去除率比对照组增加的百分率较 COD_{Cr} 低,是因为对照组的 BOD_5 去除率已经很高,平均达 90.24%,在这样高的处理基础上再增加处理效率已很困难。

COD_{Cr} 平均去除率与“802”浓度之间存在一定关系,根据试验结果求得各阶段的数学表达式分别为:

$$\text{第一阶段: } \frac{1}{y} = 0.011734 + \frac{0.33605}{x + 50}, \\ r = 0.9896;$$

$$\text{第二阶段: } \frac{1}{y} = 0.012599 + \frac{0.19612}{x + 50}, \\ r = 0.9862;$$

$$\text{第三阶段: } \frac{1}{y} = 0.011824 + \frac{0.11014}{x + 50}, \\ r = 0.9566;$$

$$\text{第四阶段: } \frac{1}{y} = 0.012103 + \frac{0.14635}{x + 50}, \\ r = 0.9314;$$

$$\text{各阶段平均: } \frac{1}{y} = 0.012091 + \frac{0.18752}{x + 50}, \\ r = 0.9846.$$

对于 $H_0: B_k = 0 (k = 1, 2)$ 的显著性检验,求得 $F_i = (45.91, 55.01, 14.55, 11.22, 65.31) \quad i = 1, 2, 3, 4, 5$

查表 $F(0.01) = 30.80; F_{(0.05)} = 9.80$

可知: 否定原假设,即模型精度很高。

根据以上 COD_{Cr} 与 BOD_5 试验结果与数学分析,“802”的叶面喷施浓度以 100mg/l 为宜(表 3、表 4、图 5、图 6、图 7)。

图 7 中 COD_{Cr} 去除率各阶段变化情况与图 2 中叶绿素变化情况有所不同。叶绿素含量高峰期在第二阶段,随后随水温的下降而降低;而 COD_{Cr} 去除率在第三阶段仍很

表 3 不同阶段各试验组 BOD₅ 去除率情况(%)

试验阶段 \ 浓度组	对照	50mg/l	100mg/l	500mg/l	1000mg/l
1	92.23	94.11	95.31	96.30	96.98
2	92.26	93.92	93.71	94.42	96.07
3	90.23	90.51	90.81	89.98	91.66
4	84.76	81.75	83.12	84.02	93.25
总 平 均	90.24	90.67	91.32	91.77	94.67

表 4 各喷药组 BOD₅ 去除率与对照的差值及比对照增加的百分率

试验阶段 \ 试验组	50 mg/l		100mg/l		500mg/l		1000mg/l	
	去除率 差值	比对照 增加%	去除率 差值	比对照 增加%	去除率 差值	比对照 增加%	去除率 差值	比对照 增加%
1	1.88	2.04	3.08	3.34	4.07	4.41	4.75	5.15
2	1.66	1.80	1.45	1.57	2.16	2.34	3.81	4.13
3	0.28	0.31	0.58	0.64	-0.25	-0.28	1.43	1.58
4	-3.01	-3.55	-1.64	-1.93	-0.74	-0.87	8.49	10.02
总平均	0.43	0.48	1.08	1.20	1.53	1.70	4.43	4.91

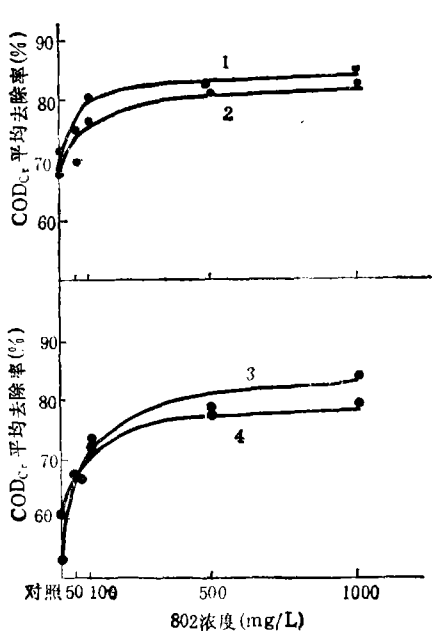


图 5 COD 平均去除率与 802 浓度的关系曲线
1.第三阶段实测值 2.第四阶段实测值
3.第一阶段实测值 4.第二阶段实测值

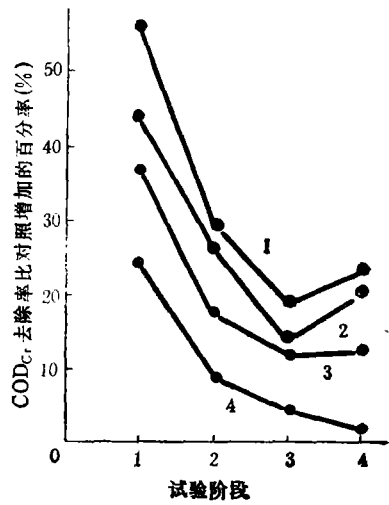


图 6 各喷药组不同阶段 COD_{cr} 去除率
比对照增加的百分率
1.1000mg/L 2.2500mg/L 3.100mg/L 4.50mg/L

高,在水温更低的第四阶段才有所降低。造成此现象的原因是第三阶段的水温大多在抑制凤眼莲生长的范围,所以其叶绿素含量受

到影响而下降,但这时的水温对水池中的微生物(含凤眼莲的根系微生物)的活动尚未造成很大的影响,而且第三阶段较低的水温对凤眼莲生理方面的不良影响要经过一定的滞后期才会反映到它的根部去污能力上来,所以第三阶段水温虽降至 15℃ 左右,但凤眼莲的总去污能力不但不会下降,反而因“802”的

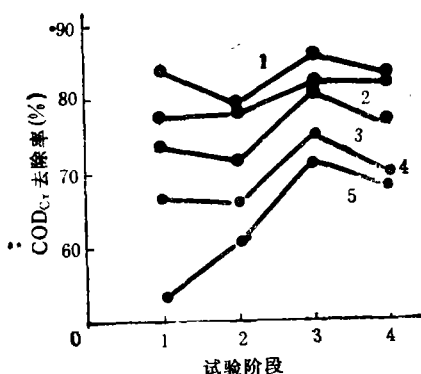


图7 不同试验阶段各组 COD_{cr} 去除率变化
1. 1000mg/L 2. 500mg/L 3. 100mg/L
4. 50mg/L 5. 对照

累强化作用使去污效果有所上升。第四阶段的水温很低,部分已达 5℃,这不仅是凤眼莲生长的极端忍受限,而且水中微生物系统的活动亦受影响,同时,第三阶段较低的水温对凤眼莲生理生化方面的不利影响也反映到其根部去污能力上来,这些因素综合作用,造成第四阶段凤眼莲总去污能力的下降。但从图7可见,即使各池凤眼莲去污能力都在下降,经“802”处理的喷药组凤眼莲去污能力相对对照组仍表现出较高水平。

植物激素“802”对凤眼莲的去污能力的影响是通过对其根部活力的强化而实现的。一方面,“802”被凤眼莲叶片吸收,提高了凤眼莲叶绿素含量和光合速率,根上部分生理

活力的加强在一定程度上影响了根系对污水中某些有机质的吸收,另一方面,“802”作为一种植物生长调节剂,能促进营养物质在凤眼莲体内的运输与代谢,运输与代谢水平的提高也使根活力增强,使污水中污染物更多地被吸收或分解,从而降低 COD_{cr}、BOD₅ 负荷。

三、结 论

1. 叶面喷施“802”对提高凤眼莲的耐低温和御寒能力有良好效果,从叶绿素含量和增重指标来看,施用“802”能延长凤眼莲在低温环境(5℃—15℃)正常生长 15—25 天,其中以 1000mg/L 效果最佳。

2. “802”能强化凤眼莲的去污能力,特别是当水温等条件适宜时,这种作用更明显。在一定范围内,“802”浓度与其强化作用呈正相关性。

3. 综合经济、环境、社会三大效益考虑,“802”的叶面喷施浓度以 100mg/L 为宜。

4. “802”不能提高凤眼莲对水温的极端忍受限,当水温达到或低于 5℃ 时,凤眼莲仍会死亡。

参 考 文 献

- [1] 丁树荣,中国环境科学,4(2),10(1984).
- [2] 吴振斌等,水生生物学报,11(2),139(1987).

(上接第 48 页)

绍的直线图解法在分析一维河流水团示踪试验数据,确定河流纵向弥散系数等参数的计算中,具有以下特点;

1. 示踪剂一级反应速率常数不论是否为零均可应用,显然拓宽了示踪试验的应用范围。

2. 在河流平均流速与示踪剂的一级反应速率常数两个参数中,只要其中一个通过其它方法求出,就可以求出另外一个,同时计算出河流纵向弥散系数。

3. 整个计算过程并不繁杂,而且可以编制成程序,在计算机上完成数据分析工作。

参 考 文 献

- [1] W. 金士博著,水环境数学模型,第 18 页,中国建筑工业出版社,北京,1987 年。
- [2] 郭建青等,环境科学,11(2),24(1990).
- [3] Wang, H. Q. et al., Journal of Hydrology, 95(1/2), 149(1987).
- [4] 傅国伟等,水污染控制系统规划,第 110 页,清华大学出版社,北京,1985 年。
- [5] 傅国伟编著,河流水质数学模型及其模拟计算,第 91 页,中国环境科学出版社,北京,1987 年。

Study on Decolorization of Dyeing Wastewater by Mixed Bacterial Cells Immobilized in Polyvinyl alcohol (PVA). Liu Zhipei, Yang Hufang, Jia Shengfeng (Institute of Microbiology, Academia Sinica, Beijing): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

In preparing mixed decolorizing bacterial cells immobilized in polyvinyl alcohol (PVA) for decolorizational treatment of dyeing wastewater, the optimum concentrations of PVA and cells were 12% (w/v) and 2% (w/v), respectively. pH Value had little influence on the cell immobilization course. The immobilized cells of mixed decolorizing bacteria were similar to the native cells for their function of decolorization of dyeing wastewater. The optimum temperature and pH were 30—40°C and 7.0, respectively. The highest decolorizing activity and thermal stability were observed at pH ranging from 6.0 to 8.0 and temperature ranging from 25°C to 40°C. In the course of one month continuous decolorizational treatment of dyeing wastewater, the retention time of wastewater was found to be less than 3.0 hours and decolorization rate reached 70—80%.

Key words: mixed decolorizing bacteria, polyvinylalcohol (PVA), immobilized cells, decolorization of dyeing wastewater.

Effect of Plant Hormone "802" on the Performance of Water Hyacinth in Cool Tolerance and Pollution Control. Huang Daobing (Changde Environmental Monitoring Station), Qiu Changqiang, Sun Xingxiang, Zhou Yuanxiang (Institute of Hydrobiology, Academia Sinica): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

To sprinkle plant hormone 802 on the leaves of water hyacinth can improve its performance in cool tolerance and pollution removal. Puffy concentration of 802 on the leaves should be around 100ppm. However 802 can not improve the limit of low temperature tolerance of water hyacinth and, as a result, the water hyacinth will still die of frostbite at the temperature below 5°C.

Key words: water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), plant hormone 802.

Controlling Algal Overgrowth with Chemical Methods. Lan Zhiwen, Zhao Ming, Yin Chengqing (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

Using enclosure ecosystem bags, the control of algal overgrowth with chemical methods is studied in eutrophic Chaohu Lake. The results show that 0.20—0.30mg/l of total Cu can effectively control the overgrowth of *Microcystis* bloom. Iron salt, as synergist, can greatly enhance the effects of copper algicide.

Key words: *microcystis* bloom, algicide, synergist, enclosure ecosystem.

Research on the Technique of Stochastic Mixed Data Evaluation. Jiang Lin, Wu Zhishan, Zhao Tong (Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

It is very important to deal with qualitative and quantitative information together in the evaluation of alternative plans, such as urban and environmental plans. In this paper, a new method, the technique of stochastic mixed data evaluation is illustrated. In this method, the qualitative information is classified into three different types and all the types are described by mathematical formulas and treated by using random generator according to these formulas. Then, treated qualitative information is combined with the quantitative information to evaluate the alternatives. This new method improves the mixed data evaluation techniques which are only able to deal with partial qualitative information—ordinal information. At last, a case study is given.

Key words: quantitative information, qualitative information, ordinal information, stochastic mixed data evaluation.

Graphic Design and Programming in Regional Environmental Management Information System. Li Jiangfeng, Cheng Shengtong, Situ Wei, Zheng Bolin (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University): chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

Graphic management is one of the important and necessary parts of REMIS. On the basis of analysis of REMIS graph demands, this paper summarizes the functions of graphic system and puts forward the design principles and programming environment. It also illustrates the methods and steps of the function realization on personal computers.

Key words: REMIS, environmental graph management, computer graphics.

Determination and Analysis of Activities of the Biological Film of a Productive Four-Stage Rotating Biological Contractor. Zhou Chunsheng, Liu Changsong (Jilin Architectural and Civil Engineering Institute): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

Active parameters such as Volatile Solid (VS), Active Microorganism Number (AMN) and TTC-Dehydrogenase Activity (TTC-DHA) of the biological film of a four-stage rotating biological contractor (RBC), which was used in the treatment of waste water from the production of bioproducts, was determined, while degradation characteristics of RBC for waste pollution targets (BOD₅, COD and Volatile Phenols) being monitored. The relationship between VS, AMN and TTC-DHA and stages as well as the correlation between TTC-DHA and VS were also analysed and discussed. Results show that TTC-DHA would