

研究简报

印染废水处理系统中的主要细菌群体和功能

张 娥 盛 玲 玲

(云南省微生物研究所)

云南印染厂位于昆明西郊滇池畔,排放的印染废水经生化处理后汇入滇池,使水体受到污染。为此,我们对云南印染厂活性污泥处理系统中主要微生物类群及功能进行了研究,为进一步改善处理系统结构,增强净化功能提供依据。

一、材料与方法

1. 样品来源

活性污泥采自云南印染厂废水处理装置,染色废水直接取自该厂染色排水。

2. 培养基

高泽一号分离放线菌,土豆汁琼脂分离真菌。

加活性污泥抽出物的普通琼脂培养基分离细菌:蛋白胨 0.04%、牛肉膏 0.012%、NaCl 0.02%、酵母膏 0.004%、活性污泥抽出物 40%。按 Prakasam 的方法^[1]制备污泥抽出物。

3. 微生物的分离和鉴定

把活性污泥置于装有玻璃珠的无菌锥形瓶中,以 0.01% 焦磷酸钠溶液作解絮凝剂^[2],震荡破碎菌胶团。采用平板涂布法分离。按文献 [3, 4] 将分离出来的细菌菌株鉴定到属。

4. 摇瓶试验

在容量为 500ml 的三角瓶内装 200ml 染色废水,按实验设计要求调整 pH 值,附加营养液,加入纯菌液 8—12% 及活性污泥悬浮液 8%,置于 28—30℃ 振荡培养。色度测定采用稀释倍数法。

二、结果和讨论

1. 活性污泥中的主要细菌类群

在三次采集的污泥样品中共分离到 75 株细菌,5 株放线菌,2 株真菌。可见细菌所占数量最大,经鉴定有 14 个属(表 1),其中占优势的细菌类群有:假单胞菌属 (*Pseudomonas*)、动胶菌属 (*Zoogloea*) 和黄杆菌属 (*Flavobacterium*)。三次采样分离结果,假单胞菌属的细菌在数量上均占绝对优势。

2. 活性污泥中细菌的脱色功能

活性污泥是由多种不同类型的微生物组成,能有效地吸附和分解废水中的各种有机物。因此,本试验通过活性污泥加纯菌培养液混合处理染色废水,来研究活性污泥中微生物的功能。

从活性污泥中分离得到的 42 株菌的试验结果表明,短杆菌属、黄杆菌属和假单胞菌属的大部分菌株,是废水处理过程中的积极参与者,这三属中多数菌株投加入活性污泥能使脱色率增高(表 2)。

菌株 C₂₈ (*Proteus sp.*) 和 A₁₀ (*Flavobacterium sp.*) 对凡兰及大红两种偶氮染料废水,均有明显增加脱色率的作用(表 3)。

3. 环境因素对废水脱色的影响

从微生物生态的角度来看,废水脱色受多种条件的综合影响,采用多因素正交法,选择与废水脱色关系较大的五个因素,以 L₁₆ (4¹ × 2⁵) 正交表安排试验(表 4),对凡兰染料废水的两次重复试验结果及方差分析见表 5。

表 1 活性污泥中的主要细菌类群

主要细菌类群	取样次数和结果					
	第一次		第二次		第三次	
	菌株数	占总菌数的百分比	菌株数	占总菌数的百分比	菌株数	占总菌数的百分比
假单胞菌属 (<i>Pseudomonas</i>)	7	30.43	5	27.78	6	20.0
动胶菌属 (<i>Zoogloa</i>)	3	13.04	3	16.67	3	10.0
黄杆菌属 (<i>Flavobacterium</i>)	4	17.39	1	5.56	3	10.0
芽孢杆菌属 (<i>Bacillus</i>)	2	8.7	2	11.11	2	6.67
微球菌属 (<i>Micrococcus</i>)	2	8.7	2	11.11	0	0
微杆菌属 (<i>Microbacterium</i>)	1	4.35	2	11.11	3	10.0
分枝杆菌属 (<i>Mycobacterium</i>)	1	4.35	1	5.56	1	3.33
短杆菌属 (<i>Brevibacterium</i>)	0	0	2	11.11	2	6.67
无色细菌属 (<i>Achromobacter</i>)	1	4.35	0	0	3	10.0
拜叶林克氏菌属 (<i>Beijerinckia</i>)	1	4.35	0	0	1	3.33
葡萄球菌属 (<i>Staphylococcus</i>)	1	4.35	0	0	1	3.33
生丝单胞菌属 (<i>Hyphomonas</i>)	0	0	0	0	1	3.33
产碱菌属 (<i>Alcaligenes</i>)	0	0	0	0	1	3.33
变形菌属 (<i>Proteus</i>)	0	0	0	0	1	3.33
未定属的革兰氏染色阳性菌	0	0	0	0	2	6.67
合计	23	100.00	18	100.00	30	100.00

表 2 染色废水的脱色菌株

废水 细菌类群	硫化黑废水(硫化类)		凡兰废水(偶氮类)		大红废水(偶氮类)		实验菌数
	菌株编号	占该类菌的百分比	菌株编号	占该类菌的百分比	菌株编号	占该类菌的百分比	
假单胞菌属	C ₁₁ , C ₂₂ , C ₂₃ , D ₂	33.3	C ₁₁ , C ₂₂ , C ₂₃ , D ₂	33.3	C ₂₃ , D ₂	16.7	12
芽孢杆菌属					A ₁₃ , A ₁₇ , B ₄ , B ₁₅ , D ₆	62.5	8
黄杆菌属	A ₁₉ , B ₁₂ , B ₁₃ , C ₁₄ , C ₂₀	71.4	A ₁₉	14.3	A ₁₉	14.3	7
短杆菌属	C ₂₆	25	C ₂₆	25	B ₁ , C ₂₄ , C ₂₆	75	4
微球菌属			A ₆	25			4
动胶菌属	C ₂₉	33.3			C ₂₃	33.3	3
微杆菌属	A ₂₃ , C ₂₁	66.7	A ₂₃	33.3			3
变形菌属	C ₂₈		C ₂₈		C ₂₃		1

* 表中所列仅包括实验中脱色率比活性污泥对照组高 5% 以上的菌株。

方差分析表明,五个因素的变化对废水色度去除率均有高度显著影响,根据离差大小,影响最大的因素是废水 pH 值,其余因素按其重要性依次为:废水 COD 值>菌株>活性污泥和外加营养。各个因素影响大小的直观分析见图 1。

图 1 中的平均脱色率是由 5 个因素综合作用得出的平均值,而单因子试验中的脱色

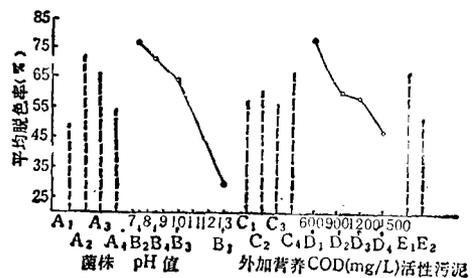


图 1 L₁₆(4×2⁵) 试验结果与 A、B、C、D、E 五因素的关系

表 3 C_{28} 和 A_{19} 的脱色作用

脱色效果 试验组	凡兰废水(偶氮类)					大红废水(偶氮类)				
	脱色率(%)									
	2 小时	6 小时	10 小时	20 小时	24 小时	2 小时	6 小时	10 小时	20 小时	24 小时
C_{28} + 活性污泥	19.8	40.5	80	89.9	90.4	30.8	42.9	45	48.2	50
A_{19} + 活性污泥	15.3	25.3	42	75	85.7	21.6	30.6	32.6	46.2	50
活性污泥对照	10.1	20.2	30.5	40.8	52	12.1	25	25	31.6	31.6
废水色度	257					512				
废水 pH	7.5					7				
活性污泥浓度	1.3g/L					0.7g/L				
废水 COD	908mg/L					1087.8mg/L				

表 4 $L_{16}(4^4 \times 2^3)$ 试验中因素及水平的安排⁽¹⁾

因素	A	B	C	D 废水 COD 值 (mg/L)	E
水平	菌株 ⁽²⁾	废水 pH 值	外加碳、氮量 ⁽³⁾	值 (mg/L)	活性污泥 ⁽⁴⁾
1	20ml C_{28} + 9ml A_{19}	13	(50mgC + 5mgN)/L	600	20ml
2	20ml C_{28}	7.5	(100mgC + 5mgN)/L	950	0
3	20ml C_{28} + 3ml A_{19}	10	(50mgC + 50mgN)/L	1500	
4	20ml C_{28} + 6ml A_{19}	8.5	5mgN/l	1200	

(1) 因素及水平的安排通过随机化决定。

(2) 所加菌液浓度为 $228 \times 10^7 - 282 \times 10^7$ 个/ml。

(3) 外加碳源为葡萄糖 ($C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$)，氮源为硫酸铵 $[(NH_4)_2SO_4]$ 。

(4) 活性污泥浓度为 8.4g/L, 加到处理液中浓度为 0.76g/L。

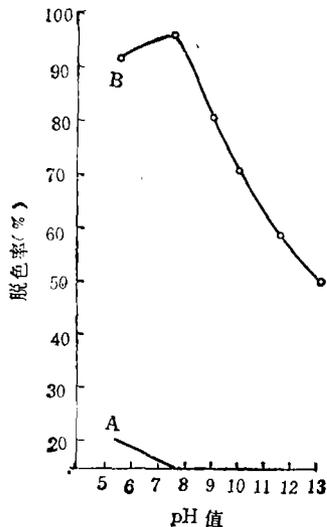


图 2 pH 值对脱色作用的影响(废水 COD = 600mg/L)

A 无菌对照的脱色率曲线

B 废水含菌量 C_{28} ($20.7 \times 10^7 - 25.6 \times 10^7$ 个/ml)

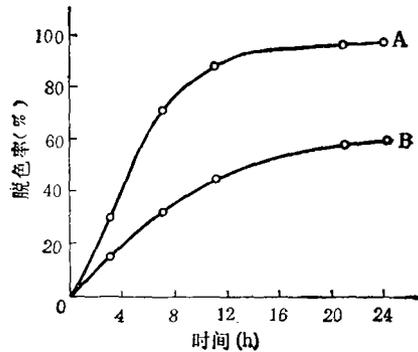


图 3 最适条件下的脱色率

A. C_{28} ($19 \times 10^7 - 23.5 \times 10^7$ 个/ml) + 活性污泥 (0.7g/L)

B. 活性污泥 (1.4g/L) 对照的脱色率曲线

率高于正交试验的结果。如 pH 值单因子试验 (图 2), 当 $pH = 10$ 时, 脱色率为 70.7%; 而在正交试验中, 当 $pH = 10$ 时, 平均脱色率为 63.9%。在废水处理实际过程中, 往往是多种因素共同影响净化作用, 某些筛选出来

表 5 $L_{16}(4^4 \times 2^3)$ 试验结果及分析

试验号		试验结果 ⁽¹⁾															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
脱色率(%)	第一次	42.7	56.3	29	71.9	40.8	75	91.6	84	24.7	81	70.3	86	25.7	96.3	60.4	42.7
	第二次	35	50.1	29.5	71.9	30.9	74	90	82	20	82	77.7	85.6	19	88	62.7	39.2
	合计	77.7	106.4	58.5	143.8	71.7	149	181.6	166	44.7	163	148	171.6	44.7	184.3	123.1	81.9

方 差 分 析

方差来源	偏差平方和	自由度	均方和	F 值	显著性 ⁽²⁾	最适水平	离差(S ²) ⁽³⁾
A(菌株)	$S_A = 2613.4$	3	871.13	31.2	**	A ₂	81.6
B(pH 值)	$S_B = 10142.6$	3	3380.87	121.2	**	B ₂	315.9
C(外加营养)	$S_C = 514.7$	3	171.57	6.1	**	C ₄	16
D(COD 值)	$S_D = 3734.7$	3	1244.9	44.6	**	D ₁	116.6
E(活性污泥)	$S_E = 1788.02$	1	1788.02	64.1	**	E ₁	56.3
误差 e ₁	$S_{e_1} = 25.6$	2	12.8	0.43			
误差 e ₂	$S_{e_2} = 476.5$	16	29.8				
总误差(e = e ₁ + e ₂)	$S_e = 502.1$	18	27.9				
总计	$S_T = 19295.5$	31					

$F_{0.05}(2,16) = 3.63$ $F_{0.01}(3,18) = 5.09$ $F_{0.01}(1,18) = 8.09$.

- (1) 脱色率指 24 小时后的测定结果。
- (2) **表示因素对试验结果有高度显著影响。

(3) $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{T} - \bar{X})^2$.

的优良菌种，在使用过程中往往没有实验室的应用效果好，部分原因是由于实验室条件终究没有净化装置的条件复杂。因而应用多因素正交法设计实验，可以反映综合作用结果，较接近实际情况，这对研究水处理微生物学，模拟自然条件，有一定实用价值。

图 1 表明，当 pH 值大于 10 时，脱色率明显下降。pH 值通过影响酶的活性及废水中有害物质的溶解度，影响到微生物的生命活动，从而对脱色率产生影响。云南印染厂生化处理时遇到脱色效果极差的情况，可能与该厂废水 pH 值偏高有极大关系。废水 COD 值对脱色率的影响也很大。废水浓度增高时，废水中有害物质浓度也随之增高，对微生物的生命活动会产生抑制和毒害作用。

微生物之间的相互作用对脱色率也有极

大影响。从因素 A 的影响可见，只加 C₂₈ 菌液时 (A₂)，脱色效果最好；而随着混合菌液中 A₁₉ 菌液量的增加，平均脱色率逐渐减小。然而，当 C₂₈ 与 A₁₉ 两株菌分别接入废水中，二者都起到增加脱色率的作用(表 3)。可见有机物的转化作用，不仅受 pH 值、温度等外界环境因素的影响，也受微生物之间相互作用的影响^[9]。因而研究微生物对废水的净化作用时，不能只考虑单一菌株的性质，还要重视微生物之间的相互作用。

经方差分析得出最适条件的实验结果见图 3，与仅加活性污泥的对照组比较，投加入 C₂₈ 菌液时，24 小时后的脱色率可从 58% 上升至 98%，该结果表明，人工筛选脱色功能强的菌株，投加到处理装置中，对于增强色度去除率可能是一条行之有效的途径。在印染

废水中,不但所含有机物种类复杂,还含有一些对微生物毒性较大的有害成份^[6],以优势菌为主,辅以多种微生物的协同作用,在抗毒性及分解能力上都比单一菌株强。因此,为进一步提高生物净化率,采用人工筛选优势菌群的投加,可能是一个值得研究的方向。

参 考 文 献

[1] Prakasam, T. B. S. and N. C. Dordero, *Appl.*

Microbiol. **15**, 461 (1967).

[2] Gayford, C. G. and J. P. Richards, *J. Appl. Bact.* **33**, 342 (1970).

[3] 中科院微生物研究所细菌分类组编著,一般细菌常用鉴定方法,科学出版社,1978年。

[4] Buchanan, R. E. and N. E. Gibbons (ed.). *Bergey's manual of determinative bacteriology*, 8th ed. The Wilkins Co Boltimove, 1974.

[5] 辽宁省林业土壤研究所编译,环境污染与生物净化,224—237页,科学出版社,1976年。

[6] 余淦申编,印染废水生化处理与脱色,2页,纺织工业出版社,1979年。

(收稿日期: 1987年11月15日)

模拟酸雨对蕃茄生长影响的试验

陈玉谷 何宗英 万秀林

(中国科学院成都生物研究所)

何业秀 凌宗杰 蔡良俊

(成都市第二农业科学研究所)

酸雨是当今世界上面临的重要环境污染问题之一,酸雨对森林、农作物的影响已引起人们的关注^[1]。在我国,酸雨主要发生在长江以南,尤以四川、贵州为严重。局部地区酸雨发生频率较高,小于 pH4 的酸雨时有出现,对森林及农作物已产生一定的危害^[2,3,5,6]。笔者在研究酸雨对油菜、水稻生长影响的基础上,于 1987 年进行了酸雨对蕃茄生长影响的模拟试验,并选用不同酸度和肥力的两种土壤同时试验,以观察不同土壤上模拟酸雨对蕃茄生长影响的差异。

一、材料和方法

1. 材料

供试作物为蕃茄蓉丰 2 号,选择大小基

本一致的幼苗移栽于直径为 38cm 的盆钵内,每盆一株,盆内生育期 104—114 天,按正常管理追肥和防治病虫害。

供试土壤为灰潮土和黄泥,两种土壤的基本状况见表 1。

模拟酸雨是依据成都、绵阳地区大气降水监测中主要酸根离子的比例并参照有关资料^[4]配制的。以硫酸、硝酸为主,加入少量盐酸,三者(硫酸:硝酸:盐酸)的重量比为 8:2:1,用自来水配成原液,再用当地井水稀释成试验所需的不同的 pH 值浓度供试验用。

2. 方法

试验设 pH 2.5、3.5、4.5 和 5.6 四种处理,以 pH5.6 为对照,随机排列,重复 5 次。灰潮土和黄泥两组试验共 40 个盆钵均置于

表 1 供试土壤的 pH 值及养分状况

项目 土壤	pH 值	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	有效氮 (ppm)	有效磷 (ppm)
灰潮土	7.4	2.901	0.175	0.116	118.6	10.4
黄泥	6.2	2.270	0.160	0.049	103.7	3.1

that PSB is suitable to high load treatment. In this investigation, the principle and method for treating effluence of PSB stage has been considered. (See pp. 16—19).

Major Bacterial Populations and Their Function in Printing-Dyeing Wastewater Treatment System

Zhang E and Sheng Lingling (Yunnan Institute of Microbiology, Kunming)

This paper deals with an investigation of the bacteria populations which were isolated from activated sludge from wastewater of the Yunnan Printing-Dyeing Mill and had the function of purifying wastewater. 75 strains of bacteria, 5 strains of actinomyces and 2 strains of fungi were isolated, and identified to genus, 14 genera in total, among which some strains of *Pseudomonas*, *Zoogloca* and *Flavobacterium* were predominant. *C2s* (*Proteus* sp.) has strongly decolorizing effect on the wastewater containing azo dyes, when it is used simultaneously with activated sludge, decolorizing rate can reach above 90%.

(See pp. 20—24)

Effects of Simulated Acid Rain on Growth of Tomato (*Lycopersicon esculentum*)

Chen Yugu et al. (Chengdu Institute of Biology, Academia Sinica, Chengdu, Sichuan Province)

Results of the experiment showed that growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) could be affected by simulated acid rain in two soils (fluviogenic soil and acid yellow soil). The pH values of the simulated acid rain were 4.5, 3.5, 2.5 and 1.6 (ck) respectively. There appeared visible injurious symptoms (chlorosis and necroses) on the leaves of tomato after the simulated rain of pH 2.5 was sprayed. However, at pH 4.5, the symptoms were slight. Owing to increases of acidity of 4.5, 3.5 and 2.5, the fresh of tomato fruit weighed decreasingly by 13.8%, 34% and 38.2% in fluviogenic soil respectively and 3.5% (pH 4.5) and 28.8% (pH 2.5) in acid yellow soil.

(See pp. 24—28)

Accumulation and Depletion of the Pesticide Fenitrothion in Fish Sampled from Paddy Field

Lou Genlin, Zhang Zhongjun et al. (Institute of Plant Protection, Sichuan Academy of Agriculture, Chengdu)

The behavior of fenitrothion in the aquatic ecosystem of paddy field was presented in this paper. Field experiment was performed during 1986—1987 near Chengdu City. The results showed that the pesticide was absorbed moderately by fish in 24 hours and decreased rapidly after

one day. Half-life (HF₅₀) of it was about two days. Residue of fenitrothion in fish viscera was more than in fish meat. The pesticide residue in fish will thus be depleted as the polluted fish is short-termly cultured in clean water. (See pp. 28—33)

A Research on the Discharge Standard of Maximum Permissible Concentration of Cadmium in Shanghai Sewerage System

Chen Boqi (Shanghai Municipal Centre of Environmental Monitoring, Shanghai)

By simulated tests of activated sludge process with toxicant cadmium (Cd) in the laboratory, the results showed that to a certain concentration of Cd, biological treatment of wastewater was gradually depressed as its concentrations increased. Cd residue in effluent increased as its concentration in influent got high, and decreased as sustained time of sludge increased. Cd concentration in mixed liquid had not a tangible impact on sludge in second sedimentation tank. Based on the results, the author offered a proposal for reviewing the discharge standard of maximum permissible concentration of Cd in Shanghai sewerage system (See pp. 33—37)

Studies on Treatment of Beiyin Smelter Process Effluent and Its Utilization

Ni Dong (Beijing Design-Research Institute of Non-ferrous Metallurgy, Beijing)

Beiyin Smelter is a large-scale copper smelter built in early 1950s. The metallurgical gas from the Smelter is utilized to produce sulphuric acid and other products. The waste process effluents contain a lot of acid, arsenic, copper, bismuth, lead, selenium and mercury etc, which are mainly concentrated in the effluents obtained from scrubbing of acidmaking gas. The acidic effluent with a high content of arsenic and copper is not only very harmful to the lower reaches of the river, but also causes big loss of valuable material.

It is showed through studies that the sulphide agent (sodium sulphhydrate and sodium sulphide solution of S²⁺-containing waste solution), in the presence of acid, can be directly added to precipitate mercury, copper and arsenic in the form of sulfides for recovery, also the impurities, such as lead and dust etc in the acidic effluents are settled down efficiently, so that the acidic effluents after treated, can be utilized too, for instance, for making phosphate fertilizer.

It is indicated that by use of the multi-stage sulfidization process, copper and arsenic etc could be separated from the precipitate for recovery or storage. By adoption of a new equipment for sulfidizing and mixing reaction