

从表 2 看出,生成硫酸根的时间一般为几十分钟到三百分钟,最短时间为九分钟,这说明通常在 1—5 分钟的雨滴降落过程中是不可能完成硫酸根的充分转化的,将上述时间换算成小时,除燎原 82.7.16 样品外,其余均在 1—5 小时,这与重庆地区云雾在空气中存在的时间通常是 2—5 小时是相一致的,因而可认为重庆地区的云雾中二氧化硫液相催化氧化反应是硫酸根生成的重要贡献者。

4. 实验结果表明雨水样品的催化反应速度介于臭氧和锰离子催化反应之间,非催化、锰离子催化、雨水样品的催化、臭氧氧化和过氧化氢氧化化的比反应速度相对量为 10^{-4} : 10^{-3} : 10^{-2} : 10^{-1} : 10^0 。因此远离城市的非污染区高空云雾中臭氧和过氧化氢对 SO_2 的氧化

起主导作用,但城市云雾中二氧化硫的液相催化氧化可能是主要途径。

徐渝同志等提供重庆地区雨水样品,牟世芬、陈乐恬同志等在离子色谱分析中给予支持,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 陈宗良,环境科学,4(4),63(1983).
- [2] Detlev mller, *Atmosph. Enviro.*, 14, 1067(1980).
- [3] Pennett, S. A. et al., *Atomoph. Enviro.*, 13, 123(1979).
- [4] ibid. 13, 139(1979).
- [5] G. N. 许劳策编,“均相催化中的过渡金属”,中国科学院化学研究所络合催化组译,125 页,科学出版社,1976.

处理含氰废水白色生物膜丝状菌类的研究

谢淑敏* 陈庆涛 张国伟

谢树华 韩树琴 孙曾美

(中国科学院微生物研究所)

工业废水的处理方法很多,但其中处理水量最大、最经济的方法之一是生化法。因此,对生化处理废水中的一些基础理论问题进行研究是十分必要的。

丙烯腈工业废水是一种毒性大的工业废水。它含有氰氢酸、乙腈、丙烯腈、丙烯醛及乙醛等有毒物质,其中,氰氢酸剧毒,当废水中总氰量超过 0.5 毫克/升时,就会使水中生物中毒,甚至死亡,而微生物却对氰有很高的解毒能力。我们将人工筛选的高效脱氰菌白地霉等加入活性污泥中,可处理总氰浓度高达 30—50 毫克/升的丙烯腈工业废水,并达到国家规定的排放标准。微生物对这种剧毒氰化物的解毒机理被认为是将氰作为碳源及氮

源利用。放射性同位素示踪实验^[1]也说明生物膜净化氰的机制是微生物分解,代谢了大量的氰化物,而不是累积了氰化物,从而指明含氰废水能持续受到净化的原因。但是,净化含氰废水的生物膜是由哪些菌类组成,尚不清楚。

本文在过去工作的基础上^[2],进一步研究人工筛选高效脱氰菌与活性污泥混合接种于塔氏生物滤池后,形成的白色生物膜,研究它的菌类组成及某些生态现象。人工筛选菌加入活性污泥后使之形成一种有色的生物膜,这种现象很少见到。了解白色脱氰生物

* 现在中国科学院生态学研究中心工作。

膜的菌群结构有助于了解活性污泥小生态系的生物平衡机制。这些菌的属名、种名在筛选高效脱氰菌时可作为有目标的扩大筛选菌源的参考。

生物膜中的微生物有成千上万株，本文只选择其中的丝状菌*作为研究对象。这是因为人工筛选的脱氰酵母菌白地霉主要与丝状菌类形成白色生物膜，并且丝状菌类附着力强，易形成生物膜，去毒能力也强。

试 验 方 法

将处理废水生物膜的菌类以稀释法分离。用 5 种培养基(马丁培养基、马铃薯葡萄糖琼脂培养基、高氏淀粉培养基、麦芽汁琼脂培养基、牛肉汁琼脂培养基)、两个处理(即在培养基中加 30 ppm CN^- 与不加 CN^-) 同时进行分离。

在滤池顶部、滤池的上、中、下四层中，在二级串联构筑物生物转盘的前、中、后部位分别取样，每部位各取 5 个点。

结 果 与 讨 论

一、白色生物膜外观

人工筛选脱氰菌白地霉等菌液与活性污泥混合后，接入生物滤池，滤池填料表面形成

一层雪白的粉状生物膜(见图 1)。同一个试验中，只用活性污泥接种的生物滤池的生物膜为暗色。

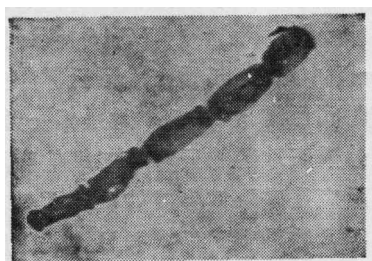


图 2 微白链霉菌金属色泽变种直孢子的表面光滑孢子电子显微镜照片 10,000 $\times$

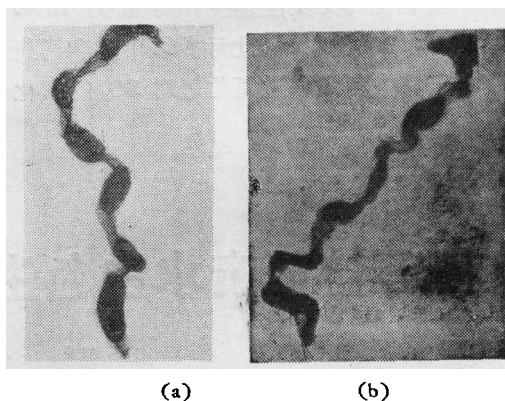


图 3 微白链霉菌金属色泽变种孢子丝电子显微镜照片 9,000 $\times$



图 1 本实验形成的生物滤池白色生物膜

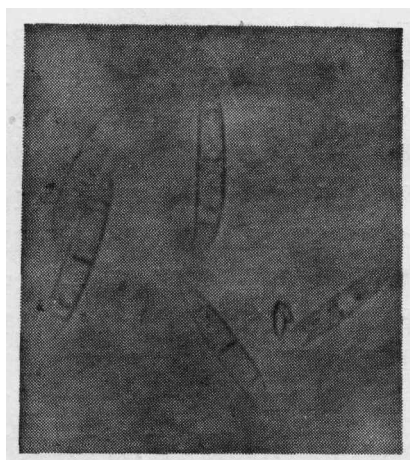


图 4 茄病镰刀菌的大型分生孢子 720 $\times$

* 泛指霉菌、放线菌及细胞成链的酵母菌等。

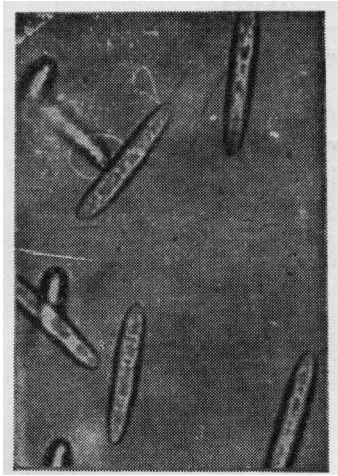


图5 茄病镰刀菌蓝色变种的大型分生孢子 780×



图8 白色生物膜中的镰刀菌

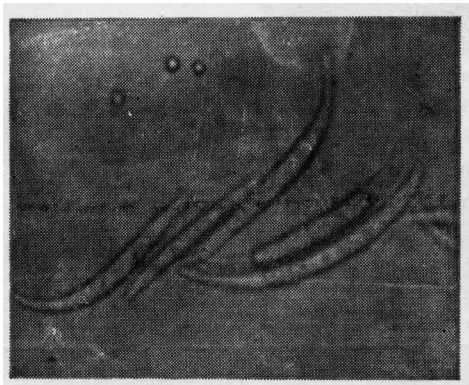


图6 木贼镰刀菌大型分生孢子 1200×



图7 尖孢镰刀菌大、小分生孢子 1200×

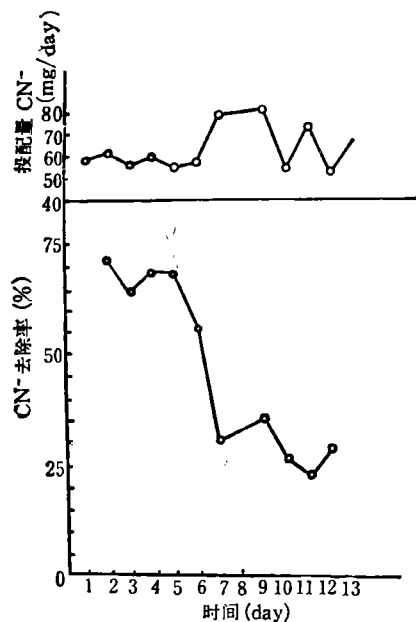


图9 茄病镰刀菌氰分解活性下降曲线

在 5 种培养基内,加 CN^- 与不加 CN^- 的两种培养条件下,从生物滤池、生物转盘的生物膜中分离,得到微生物 461 株,对其中 147 株丝状菌进行了鉴定,鉴定结果见表 1。构成白色生物膜的丝状菌类有 11 个属、25 个种、2 个变种 (其中 1 个是新变种)。命名的微白链霉菌金属色泽新变种见图 2—3。从表 1 看出:

二、生物膜菌种的分离和鉴定

表 1 生物处理含氰废水新菌簇平衡中的丝状菌类

微白链霉菌金属色泽变种	<i>Streptomyces albidus</i> var. <i>metalloides</i> n. var. Yan. et Zhang.
栗褐链霉菌	<i>Streptomyces badius</i> Gause et al.
球孢链霉菌	<i>Streptomyces globisporus</i> Krass.
禾粟链霉菌	<i>Streptomyces gramineus</i> Berestnev
灰色链霉菌	<i>Streptomyces griseus</i> Waksman & Henrici
鲁特介斯链霉菌	<i>Streptomyces rutgersensis</i> Waksman & Cortis
珊瑚色诺卡氏菌	<i>Nocardia corallina</i> Waksman & Henrici
互隔交链孢霉	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler
灰绿曲霉群	The <i>Aspergillus glaucus</i> group
黑曲霉	<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem
曲霉	<i>Aspergillus</i> sp.
球二孢菌	<i>Botryodiplodia</i> sp.
木贼镰刀菌	<i>Fusarium equiseti</i> (Cda.) Sacc.
尖孢镰刀菌	<i>Fusarium oxysporum</i> Schl.
茄病镰刀菌	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.
茄病镰刀菌蓝色变种	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) App. et Wr. var. <i>Coeruleum</i> (Lib.) Bilai
腹状镰刀菌	<i>Fusarium ventricosum</i> App. et Wr.
圆弧青霉	<i>Penicillium cyclopium</i> Westling
常现青霉	<i>Penicillium frequentans</i> Westling
产黄青霉	<i>Penicillium ehrysoenum</i> Thom
草酸青霉	<i>Penicillium oxalicum</i> Currie et Thom
点青霉	<i>Penicillium notatum</i> Westling
匍枝根霉	<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb. et Fr.) Vuillemin
康氏木霉	<i>Trichoderma koningii</i> Oud.
绿色木霉	<i>Trichoderma viride</i> Pers. et Fr.
白地霉	<i>Geotrichum candidum</i> Link
皮状丝孢酵母	<i>Trichosporon cutaneum</i> (De Beurm., Gougerot et Vaucher)

1. 使生物膜呈现白色的菌是 3 个属的 10 个种, 1 个变种及 1 个新变种, 即地霉属的白地霉; 链霉菌属的栗褐链霉菌、球孢链霉菌、禾粟链霉菌、灰色链霉菌、鲁特介斯链霉菌 5 个种及微白链霉菌金属色泽变种、镰刀菌属的茄病镰刀菌、木贼镰刀菌、尖孢镰刀菌、腹状镰刀菌 4 个种及茄病镰刀菌蓝色变种 (图 4—8)。由于这些菌的气生菌丝体为白色或灰白色, 因而使生物滤池生物膜呈白色。

2. 在白色生物膜中分离到 4 个种及 1 个变种的镰刀菌, 此生态现象引人注目。

梭井报道茄病镰刀菌 (*Fusarium solani*) 分解氰的能力很强^[3], 如将氰分解酶制成不溶酶, 能一次分解 100—2000 ppm CN⁻^[4], 因而该菌是著名的氰分解菌。但是, 用茄病镰刀菌连续处理含氰废水数天后, 处理效果

日渐下降, 出现活性钝化现象, 而且是不可逆的^[5]。只有不断地补充新鲜的茄病镰刀菌菌液才能维持稳定的处理效果。我们的试验也证实了这种活性钝化现象, 在高 180 厘米, 内径 5.5 厘米的间歇投配式设备中, 用茄病镰刀菌处理丙烯腈车间含氰废水时, 氰分解酶活性随着处理时间的延长而逐渐钝化, 处理氰的效率也逐渐下降 (见图 9)。

从菌的外观上也可观察到这种变化。处理初期, 茄病镰刀菌为白色、菌体松散。处理到第 4、5 天时, 菌由白色变成淡黄, 5 天以后, 菌体由淡黄逐渐变为棕色。14 天时, 菌体萎缩成团, 下沉。此时, 需要补充新鲜茄病镰刀菌菌液才能提高处理效率。因此, 茄病镰刀菌分解氰的能力虽然很高, 分解氰的机制也研究得较深入, 但却不能在实践中应用。而我

们在白色生物膜中却分离到了茄病镰刀菌、茄病镰刀菌蓝色变种以及其它 3 种镰刀菌。这说明含氰废水中茄病镰刀菌需要和它的菌生活在一起,可能由于生物种间的协同作用 (Synergistic action) 以及对毒物的连续氧化作用 (Sequential oxidation), 才使茄病镰刀菌等的活性不被钝化而连续处理了含氰废水。这可能对有名的氰分解菌——茄病镰刀菌的生产应用指出了方向,即不能只用茄病镰刀菌的纯菌液处理含氰废水,须和其它菌一起成为混合菌液,才能使其保持高酶活性,有效地连续地处理含氰废水。

微白链霉菌金属色泽变种由阎逊初先生等命名,珊瑚色诺卡氏菌由阮继生同志鉴定,徐本源等同志参加了茄病镰刀菌除氰试验,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 中国农林科学院原子能利用研究所等,环境科学, 2, 47—49(1977).
- [2] 谢淑敏等,环境科学, 4(1), 1—5(1983).
- [3] 樱井,日本水处理生物志, 1, 23(1964).
- [4] 河合公利,日本农艺化学会讲演要旨集, 159页,日本农艺化学会,东京, (1971).
- [5] 清水达雄,石油と微生物, 7, 13—35(1972).
- [6] Raper, K. B., et al., *The Genus Aspergillus* The Williams & Wilkins Company, Baltimore (1965).
- [7] Raper, K. B. et al., *A Manual of the Penicillia*, The Williams & Wilkins Company, Baltimore (1949).
- [8] Rifai, M. A., *A revision of the genus Trichoderma*, Mycological papers No. 116 (1969), Commonwealth Mycological Institute Kew.
- [9] Lodder, J., *The Yeasts: A Taxonomic Study*, 2nd & enlarged ed., Amsterdam, North Holland, (1970).
- [10] 中国科学院微生物研究所放线菌分类组,链霉菌鉴定手册,科学出版社, (1975).

凤眼莲净化污水试验研究

谢心义 张艳茹 郎业广 刘忠阳 邹大龄

(辽宁省环境保护科学研究所)

(辽宁省盐碱地利用研究所)

1979 年至 1982 年,我们利用水生植物凤眼莲(又名水葫芦)进行了净化污水的试验研究。本文介绍凤眼莲对污水中的化学耗氧量、生化需氧量、氮、磷、钾的去除以及对污水中重金属吸收作用的研究。

采用的污水分别是城市生活污水,部分工业废水及被污染了的湖水,通过小试验和中间扩大试验证明,凤眼莲对污水中的化学耗氧量、生化需氧量及氮、磷、钾有明显的去除作用,对污水中的重金属也有吸收作用。

试验设计与方法

小试验在深 0.5 米、体积为 71.58 升的缸中进行。以三个缸作为对照,另三个缸作净

化处理。在对照和净化处理各缸中放入相同的污水。将相同重量、相同株数的凤眼莲放入净化缸中进行对比净化试验。

中间试验是在长 8 米、宽 0.5 米、深 0.6 米的对照池和长 42 米、宽 0.9 米、深 0.5—0.7 米的净化池中进行的。试验中随时测污水的水温、pH、COD、BOD、氮、磷、钾及重金属的变化情况,从而找出凤眼莲净化污水的效果和规律并进行了回归分析。

试验材料为农村的新鲜凤眼莲及本所冬季保存的凤眼莲。

参加本工作的还有贾志诚、祁国琛、张阁清、张桂娟、张祝丙、李光辉、张甜甜、周永达等同志。