

# 造纸废水污灌对土壤微生物数量动态的影响\*

丁 成

(盐城工学院 化学工程系,江苏 盐城 224003)

**摘 要:**初步研究造纸废水污灌对土壤理化性质的影响以及土壤中细菌、放线菌、丝状真菌等微生物数量的变化,分析了土壤理化性质与土壤微生物数量的关系。结果表明:污灌后土壤的含水率与有机质含量提高、钠离子含量下降是导致土壤微生物数量发生不同程度变化的主要原因。

**关键词:**造纸废水;土壤;微生物

中图分类号:X502

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2003)04-0009-03

土壤是微生物最好的天然培养基,土壤中微生物的数量很多,主要有细菌、放线菌和真菌等<sup>[1]</sup>。滩涂土壤微生物是滨海滩涂生态系统的主要分解者,在滩涂的物质循环和能量流动中起着重要的推动作用<sup>[2]</sup>。不仅如此,滩涂土壤微生物对于滨海污染物的降解、环境净化和生态平衡的保持也具有重要意义,其数量、生物多样性与代谢活动等可以作为滩涂土壤质量评价和滨海环境监测的生物学指标<sup>[3-4]</sup>。滩涂土壤中分布的微生物以细菌占绝对优势<sup>[3]</sup>,而土壤中放线菌和丝状真菌在 3 大类群微生物中所占的比例,不同文献报道的不一致,有的是放线菌多于丝状真菌<sup>[5]</sup>,有的相反<sup>[6]</sup>,这与特定的生活环境有关。因此滩涂土壤微生物的研究对于保护和合理开发滨海滩涂资源具有重要的理论和现实意义。

笔者于 2001 年 7 月至 2003 年 8 月对双灯浆纸有限公司的废水灌溉芦苇生态处理系统中经历了 0.5 a、1 a、1.5 a 和 2 a 污灌时期以及没有污灌的土壤进行了土壤理化性质和微生物分析,并且分析了土壤微生物数量与 8 种生态因子之间关系,旨在为废水污灌的科学管理和退化土壤的治理提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料(样地生态环境)

试验土样采自双灯公司废水生态处理场,表 1 显示各采样点的不同生态环境。表 2 为污灌时的废水水质。

表 1 样地生境

Table 1 Environment Sample

土壤样品	土壤采集地点
1	生态处理场 7 号实验田,盐箭光滩,未污灌地表土壤
2	生态处理场 2 号苇地,苇滩 9 a,污灌 0.5 a,地表土壤
3	IV 号稳定塘东北,污灌 1 a 地表土壤
4	生态处理场 2 号苇地,污灌 1.5 a,地表土壤
5	生态处理场 4 号苇地,污灌 2 a 地表土壤

表 2 污灌废水水质

Table 2 Irrigation wastewater quality

	mg/L					
pH	COD <sub>Cr</sub>	Na <sup>+</sup>	TP	Fe	Cu	Mn
8~9	900~1400	600~900	20~45	0.6	0.05	1

### 1.2 研究方法

微生物数量的测定方法:稀释平板法。

细菌培养基:牛肉膏蛋白胨培养基培养<sup>[7]</sup>;

放线菌培养基:高氏 1 号培养基<sup>[7]</sup>;

真菌培养基:马丁氏培养基<sup>[7]</sup>。

土壤含水率、pH、总磷、总氮、钠离子、有机质含量、Mn 和土壤密度等 8 种生态因子均按标准方

\* 收稿日期:2003-10-11

作者简介:丁 成(1971-),男,盐城工学院讲师,东南大学在读博士,研究方向为环境科学与工程。

法<sup>[6]</sup>进行测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 污灌后土壤微生物数量的变化

滩涂盐碱地中有机质的含量低,土壤结构差,土壤溶液浓度高,微生物缺乏赖以生存的物质基

础和环境条件,所以盐碱地中微生物普遍数量少。表 3 中总菌数的变化显示,采用造纸废水污灌后其微生物的数量呈几何级数增加,说明草浆废水污灌后不仅没有对土壤产生危害作用,反而促进了土壤中微生物的生长和繁殖。

表 3 各位点的土壤微生物数量及比率表

Table 3 Animalcule number and percentage of each point soil

(个/克干土)

样品号	总菌数		细菌		放线菌		丝状真菌	
	数量 × 10 <sup>3</sup>	数量 × 10 <sup>3</sup>	比率 (%)	数量 × 10 <sup>3</sup>	比率 (%)	数量 × 10 <sup>3</sup>	比率 (%)	
1	72.2	31.3	43.35	24	33.24	16.9	23.41	
2	530.3	448	84.48	66.3	12.50	16	3.02	
3	837.6	686.2	81.92	71.4	8.52	80	9.56	
4	1454.6	1098.4	75.51	70.4	4.84	286	19.66	
5	1557.6	1200	77.04	56.6	3.63	301	19.32	

未污灌的滩涂土壤中细菌、放线菌和丝状真菌的数量分别为  $31.3 \times 10^3$ 、 $24 \times 10^3$  和  $16.9 \times 10^3$  个/g 干土,其数量总体来讲在同一个数量级,其中以细菌的数量最多,放线菌次之。经过一定时期的污水灌溉后,土壤中的微生物的数量和各种类所占的比例均发生了不同程度的变化,其中以细菌的数量变化最大,污灌 0.5 a、1 a、1.5 a 和 2 a 后的数量分别为  $448 \times 10^3$ 、 $686.2 \times 10^3$ 、 $1098.4 \times 10^3$  和  $1200 \times 10^3$  个/克干土,其数量随污灌时间的延长大幅宽增长,在 3 种微生物中所占的比例也大幅度增加。从图 1 可看出这种变化趋势在污灌 1.5 a 后明显减弱,从污灌 1.5 a 至 2 a 的区间中,其增幅仅为 9.2%,而在此之前每半年的增同最少为 49.2%。

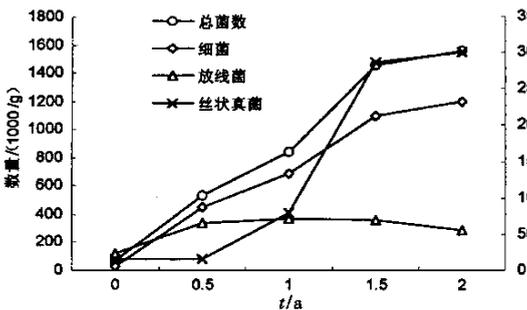


图 1 微生物数量随污灌时间变化曲线

Fig.1 Curve of animalcule quantity variety with irrigation time

放线菌的数量在经历了第一阶段的快速增长后,其数量保持一个相对稳定并略有下降的现象,

在细菌的数量大幅度增加后,放线菌的数量在微生物总数的比例中呈明显下降的趋势。丝状真菌的数量随污灌时间的延长出呈明显增加的趋势,其数量的变化以污灌 1 a 至 1.5 a 之间,半年中其数量的增量达 2.5 倍,其后的半年则变化减弱,这种变化趋势可能样品采集的时间有关,也可能是其它原因,尚需进一步分析研究。

### 2.2 废水污灌对土壤理化性质的影响

由表 4 可知,污灌前土壤的 pH 值为 8.45,污灌半年后土壤的 pH 值提高为 8.60,1 年后提高为 8.84,经过污灌后的土壤碱性有一定的提高。污灌 2 年后为 8.75,比一年前略有下降。因造纸综合废水的 pH 为 8-9,而土壤背景值为 8.45,经过一定时期的污灌后,其 pH 值必然会有所上升,但是上升到一定的数值后,则会相对稳定,土壤的碱性不会无限制的增加。造纸废水中的主要污染物质是有机成分,其中大量的有机物在经过生态处理后被降解,但土壤对有机物又有明显的吸附作用。表 4 显示,土壤有机质含量有明显上升的趋势,经过半年时间的污灌即使土壤的有机质含量增加了 47.2%,以后呈现逐年增长的趋势。土壤有机质的增加可以有效的提高土壤的肥力,对提高芦苇产量和实现生态系统的良性循环具有重要的作用。污灌后土壤中 N、P 的含量也有不同程度的上升,N、P 是微生物和芦苇生长所必需的重要营养物质,为其提供了营养物质。土壤中 Na<sup>+</sup> 含量过高时,对微生物的生长有危害或导致土壤 Ca<sup>2+</sup>、

Mg<sup>2+</sup> 的缺乏和其他营养失调。造纸废水中的钠离子浓度虽然较高(600~900 mg/L),但是相对于滩涂湿地土壤中的钠离子浓度来讲,还是一个相对较低的数值。分析表明,未污灌土壤的钠离子含量为 1450 mg/kg,经历了 0.5 a、1 a 和 2 a 污灌后,其含量分别为 1232 mg/kg、1262 mg/kg、1105 mg/kg,分别较背景值降低了 15.1%、12.9%、24.5%,说明利用造纸废水灌溉,土壤中的钠离子不仅不会增加,而且会对土壤有冲淡洗盐的作用。其原因一方面是因为废水中的钠离子浓度远低于土壤溶液中的含量,废水中可溶解一部分钠离子;另一方面,由于钠离子可溶性高,有部分的钠离子随水

下渗的过程中渗透到下层土壤中。造纸废水中的金属锰的含量较高,在综合废水中的浓度为 1 mg/L 左右。受试土壤中金属锰的背景值含量为 1241.9 mg/L,经历了 0.5 a、1 a、1.5 a 和 2 a 污灌后,其含量分别为 1344.7 mg/kg、1472.3 mg/kg、1498.9 mg/kg、1557.5 mg/kg,分别较背景值增加了 8.3%、18.5%、20.69%、25.4%,其增长速度较快,金属含量增加对土壤理化性质有较大影响。对土壤的密度和容重的分析表明,经历了 0.5 a、1 a 和 2 a 污灌后,土壤的密度比背景值分别提高了 3.4%、2.5% 和 3.1%,污灌 2 a 后土壤容重增加了 3.8%,其物理性质也发生了一定程度的改变。

表 4 土壤生态因子分析结果

Table 4 Analyzing results of the soil ecological factors

指标	样品				
	未污灌	污灌 0.5 a	污灌 1 a	污灌 1.5 a	污灌 2 a
含水率(%)	8.50	17.60	16.80	19.50	18.50
pH	8.46	8.91	8.74	8.81	8.82
TP(mg/kg)	0.49	0.57	0.65	0.60	0.55
TN(mg/kg)	66.00	68.10	58.00	65.10	73.10
有机质(g/kg)	10.80	15.90	16.80	16.80	17.20
Na <sup>+</sup> (mg/kg)	1450.60	1232.70	1262.50	1176.40	1105.30
Mn(mg/kg)	1241.90	1344.70	1472.30	1498.90	1557.50
密度	0.85	0.88	0.87	0.87	0.87

### 2.3 土壤微生物数量与 8 种生态因子的相关分析

8 种土壤生态因子(表 4)中,土壤含水量和活性有机质变化与土壤细菌数量的变化一致,水分和活性有机质含量的提高都有利于细菌的生长繁殖。土壤含水率、pH、总磷、总氮、有机质含量、Mn 和土壤密度与细菌的数量呈正相关,相关系数分别为 0.7354、0.4156、0.2288、0.07、0.7357、0.9412 和 0.5012,其中以土壤锰含量与细菌数量的变化关系最为显著,土壤含水率、有机质含量与细菌的数量相关性也较为明显。土壤钠离子含量的变化趋势与细菌数量变化正相反,呈负相关,其相关系数 -0.8729,说明在沿海滩涂土壤中钠离子的含量是细菌生长的重要制约因素,其含量越低越有利于细菌的生长,这也说明废水污灌对滩涂盐碱地有淋盐改土作用,为细菌的生长提供了更适宜的环境。

土壤含水率、pH、总磷、总氮、有机质含量、Mn 和土壤密度与放线菌的数量的相关系数分别为 0.8394、0.7416、0.8011、0.0658、0.8485、0.4709 和 0.7863,其中土壤含水率、土壤有机质与放线菌数

量的变化关系较为显著。另外 pH 与放线菌的变化系数也有一定的相关性,这与放线菌适宜在偏碱性环境中生长有关,在一定 pH 值范围内,pH 值增加有利于放线菌的生长与繁殖。土壤钠离子含量与放线菌的数量的相关性不明显。

对丝状菌数量与 8 种生态因子的相关分析表明,除金属锰含量的相关系数为 0.7194,钠离子含量与丝状菌数量呈一定的负相关外,其它的生态因子与丝状菌的数量均无明显的相关性。

### 3 结论

细菌、放线菌、真菌,由于其生态属性不同,它们的数量及其在微生物总数中所占的比例对其栖息的生态条件有一定的指示意义。利用造纸废水污灌滩涂土壤,其水质状况影响了土壤理化性质,也影响了土壤微生态环境。从以上分析可以看出,土壤有机质的增加为微生物提供了丰富的食物来源,故细菌,放线菌,真菌的数量都有明显增加。滩涂盐碱地中过高盐分的含量是土壤微生物生长和繁殖的最主要制约因素,由于废水中的盐分含量相对较低,故对盐碱地有淋(下转第 32 页)

变压器为该负荷所能提供的最大有功功率

$$\Delta P = \Delta S \cos \varphi_0 = 99 \times \cos 0^\circ = 99 \text{ kW}$$

电路总的功率因数

$$\cos \varphi = \frac{P + \Delta P}{S_1} = \frac{210 + 99}{320} = 0.9656$$

由本例可见,当新增负载为纯电阻性负载时,整个电路的功率因数将得到提高。

参考文献:

- [1] 谭恩鼎. 电工基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [2] 苏文成. 工厂供电[M]. 第2版. 北京: 机械工业出版社, 1990.

#### 4 结束语

由以上分析可知,配电变压器在低压侧无功补偿后增加的负载容量与新增负载的功率因数有关,而不是仅仅取决于补偿后电路的视在功率。另外,在增加新的感性负载后,为了保持功率因数不变,需增加无功补偿容量。

## Research on the Transformer Allowance to Increasing the Load Capacity after Reactive Compensation

XI Zhong-da

(Huai'an College of Information Technology, Jiangsu Huai'an 223001, China)

**Abstract** Distribution transformer adds power factor correction capacitor in the secondary side to collect compensate, so as to advance power factor and augment the load capacity of transformer. The article discusses the transformer allowance to increase the load capacity after reactive compensation and some correlative questions.

**Keywords** transformer; reactive compensation; load capacity; add

(上接第 11 页)盐改土作用,降低了土壤中盐分的含量,为微生物提供了有利的生存空间,也是实现生态系统良性循环的基础。但是污灌对土壤的负面影响也很明显,污灌后的土壤均有不同程度的

板结与碱化,造纸废水中的微量重金属是否会在土壤中积累,有机物是否会对地下水构成污染等方面需要做进一步研究。

参考文献:

- [1] 无锡轻工业大学. 微生物学[M]. 第2版. 北京: 中国轻工业出版社.
- [2] 陈华奎, 李埠棣, 陈文新, 等. 土壤生物学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981.
- [3] 赵其国, 张桃林. 土壤质量与持续环境[J]. 土壤, 1997(5): 225 - 234.
- [4] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [5] 庄铁成, 林鹏. 红树林凋落叶自然分解过程中土壤微生物的数量动态[J]. 厦门大学学报(自然科学报), 1993, 33(3): 365 - 370.
- [6] Nriagu JO. Human influence on the global cycling of trace metals[A]. In: Farmer JG ed. Heavy Metals in the Environment. Edinburgh: CEP Consultants Ltd, 1991. 1 - 15.
- [7] 李西平. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983.

## Influence on the Wetland Soil Ecological Environment with Straw Pulp Wastewater Irrigating

DING Cheng

(Department of Chemical Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, China)

**Abstract** This paper preliminary studied the influence on the soil physics and chemistry characters, and the amounts of bacteria, actinomyce and filamentous fungi with straw pulp wastewater irrigating. The relationship between soil characters and the amounts of animalcule was studied also. Result enunciation that it is the rising of soil moisture organic matter and the and the decreasing of natrium ion that caused the transformation of the amounts of bacteria.

**Keywords** pulp wastewater; soil; animalcule

万方数据