

# 耐冷细菌的筛选及对畜禽废水处理研究

刘 婧 陈 强\* 王文跃 刘德金 蒋青玲 税 娟

(四川农业大学资源环境学院 四川 雅安 625014)

**摘 要:** 从若尔盖高原湿地采集沼泽土, 驯化后分离获得了 14 株对畜禽废水具有降解能力的耐冷细菌, 对供试菌株 6°C 的生长代时、对畜禽废水 COD<sub>cr</sub> 去除能力进行了测定。结果表明, 供试菌株的代时介于 4.9 h~11.6 h 之间, 据此选取了生长代时在 4.9 h~6.5 h 的 9 株耐冷细菌(NLJ1、NLJ6、NLJ7、NLJ9、NLJ10、NLJ11、NLJ12、NLJ13 和 NLJ14)用于畜禽废水处理。在 6°C~9°C 条件下, 单个菌株对畜禽废水 COD<sub>cr</sub> 去除率存在差异, 其中, 6 株耐冷细菌 NLJ6、NLJ7、NLJ9、NLJ10、NLJ11 和 NLJ13 的 COD<sub>cr</sub> 去除率约为 60%~70%, 其余菌株的 COD<sub>cr</sub> 去除率小于 50%。因此, 用这 6 个菌株混合接种处理灭菌畜禽废水 6 h, 其 COD<sub>cr</sub> 去除率达 85.42%。进而, 将来自雅安、都江堰和成都等地污水处理厂的活性污泥混合接种上述 6 株耐冷细菌后处理畜禽废水 6 h, 其 COD<sub>cr</sub> 平均去除率分别为 81.67%、76.32%和 70.56%; 方差分析表明, 不同处理间 COD<sub>cr</sub> 去除率无显著差异, 说明这 6 株耐冷细菌对活性污泥的适应性较好。

**关键词:** 耐冷细菌, 沼泽土壤, 畜禽废水, COD<sub>cr</sub>

## Screening of Psychrotrophic Bacteria and Their Application to Treatment of Livestock Wastewater

LIU Jing CHEN Qiang\* WANG Wen-Yue LIU De-Jin JIANG Qing-Ling SHUI Juan

(College of Resource and Environmental Sciences, Sichuan Agricultural University, Yaan, Sichuan 625014, China)

**Abstract:** Fourteen psychrotrophic bacteria were isolated from swamp soil collected in Ruorgai plateau wetland, and their generation time and degrading ability of livestock wastewater COD<sub>cr</sub> was determined. The results showed that the generation time was within 4.9 h to 11.6 h. Based on the generation time, 9 psychrotrophic strains (NLJ1, NLJ6, NLJ7, NLJ9, NLJ10, NLJ11, NLJ12, NLJ13 and NLJ14), whose generation time was within 4.9 h to 5.6 h, were chosen to treat livestock wastewater. The results suggested that these 9 strains had different COD<sub>cr</sub> disposal ability when treating livestock wastewater singly at 6°C for 6 h, and strains NLJ6, NLJ7, NLJ9, NLJ10, NLJ11 and NLJ13 had good ability to degrade livestock wastewater, the COD<sub>cr</sub> degrading rate was about 60%~70%, hence, they were used as high efficient strains; However, the COD<sub>cr</sub> degrading rate of the other strains was less than 50%. After inoculating mixture culture of these six strains into the distilled livestock wastewater, after 6 h's treating, the COD<sub>cr</sub> degrading rate reached to 85.42%. Furthermore, activated sludge collected from Yaan, Dujiangyan and Chengdu were inoculated by the mixture culture of those six strains, and used to treat livestock wastewater for 6 h. The results showed

that the average  $COD_{cr}$  degrading rate was 81.67%, 76.32% and 70.56%, respectively; Variance analysis showed that there was no significant differentiation between each treatment, which revealed that those six psychrotrophic strains had good adaptability to different source of activated sludge.

**Keywords:** Psychrotrophic bacteria, Swampy soil, Livestock wastewater,  $COD_{cr}$

畜禽废水(Livestock wastewater)具有量大、有机物、悬浮物和氨氮浓度高、处理困难等特点<sup>[1]</sup>, 通常采用厌氧发酵结合好氧曝气工艺处理。在寒冷季节, 由于气温较低<sup>[2]</sup>, 即使在南方, 1 月份畜禽废水处理池温度通常为  $6^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ , 因而冬季废水处理效果不佳。为了提高冬季畜禽废水处理效果, 常采用降低污泥负荷、增加污泥回流量、增加水力停留时间等措施, 甚至采取保温或升温的办法<sup>[3]</sup>, 但效果欠佳或处理成本增加较多。因此将耐冷微生物用于污水处理具有重要意义。

冷适应微生物可分为嗜冷菌(Psychrophiles)和耐冷菌(Psychrotrophs)两类<sup>[4]</sup>。耐冷菌比嗜冷菌更能忍受温度波动, 其生态分布也比嗜冷菌更广泛, 因此筛选耐冷菌更适用于污水处理<sup>[5]</sup>。

若尔盖高原地处青藏高原东部, 位于东经  $101^{\circ}36'\sim 103^{\circ}30'$ , 北纬  $32^{\circ}20'\sim 34^{\circ}00'$ , 海拔 2447 m~4480 m。若尔盖高原属大陆性高原气候, 年均温度  $0.7^{\circ}\text{C}\sim 1.1^{\circ}\text{C}$ , 是我国高原湿地和高寒湿地生态系统的典型代表, 现有湿地总面积  $16.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 其生态系统结构完整, 是我国生物多样性关键地区之一<sup>[6,7]</sup>。该区域为传统牧区, 大量牛羊粪便进入土壤, 因此, 沼泽土壤中蕴藏着大量低温降解性畜粪便的微生物类群。

本实验以若尔盖高原湿地沼泽土壤为材料, 经过驯化、分离纯化获得 14 株耐冷细菌, 筛选出在  $6^{\circ}\text{C}\sim 9^{\circ}\text{C}$  条件下对畜禽废水具有较高的处理能力的 6 株耐冷细菌, 对其生长特性和废水处理能力进行了研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

从四川省若尔盖高原(海拔 3400 m~3480 m)采集沼泽土, 样品带回实验室后于  $4^{\circ}\text{C}$  冰箱保存。畜禽废水取自四川农业大学教学科研园区污水处理站经气浮塔处理后的废水( $COD_{cr}=720 \text{ mg/L}$ )。

### 1.2 方法

**1.2.1 耐冷菌驯化:** 分别称取 10 g 沼泽土样(编号为

4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>、10<sup>#</sup>、13<sup>#</sup>、28<sup>#</sup>、29<sup>#</sup>和 38<sup>#</sup>), 作为活性污泥接种剂, 接入 7 只盛有 2000 mL 灭菌畜禽废水的小桶中,  $6^{\circ}\text{C}\sim 9^{\circ}\text{C}$  连续曝气 6 d。测定曝气后畜禽废水的  $COD_{cr}$ , 将  $COD_{cr}$  去除率高的土样作为分离材料。

**1.2.2 耐冷菌株分离和保藏:** 菌种分离纯化采用稀释平板法, 培养基为牛肉膏蛋白胨固体培养基<sup>[8]</sup>。 $6^{\circ}\text{C}$  条件下培养至单菌落出现, 将单菌落划线, 镜检后获得纯菌株, 斜面保藏于  $4^{\circ}\text{C}$  冰箱备用。

**1.2.3 耐冷菌生长曲线测定:** 250 mL 三角瓶内装 100 mL 液体培养基, 灭菌备用。按 10% 接种供试菌株,  $6^{\circ}\text{C}$  振荡培养(150 r/min)。从 0 h 开始, 每隔 4 h 取样用 7230 型分光光度计于 600 nm 处测定吸光值<sup>[9]</sup>。

### 1.3 耐冷细菌对畜禽废水降解效果测定

**1.3.1 耐冷细菌对畜禽废水降解能力筛选:** 1) 接种单个菌株的废水  $COD_{cr}$  降解效果<sup>[10]</sup>。将供试菌株培养至对数生长期, 6000 r/min 离心 5 min, 倾去上清液, 菌体用磷酸缓冲液稀释至  $OD_{600}=0.4$ , 以 10%(V/V) 接种于 100 mL 灭菌畜禽废水,  $6^{\circ}\text{C}\sim 9^{\circ}\text{C}$  条件下, 连续曝气 48 h, 每隔 8 h 测定上清液  $COD_{cr}$ 。曝气装置见图 1。

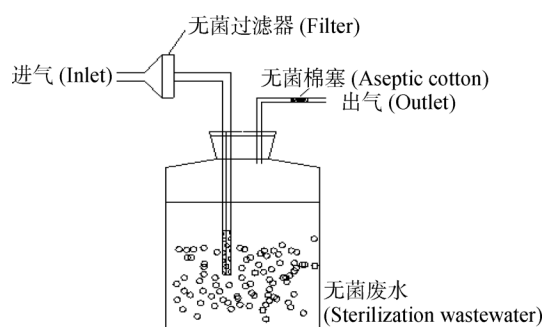


图 1 废水处理反应器

Fig. 1 Wastewater disposal reactor

2) 混合菌株  $COD_{cr}$  去除效果。根据单个菌株  $COD_{cr}$  去除率, 选取  $6^{\circ}\text{C}\sim 9^{\circ}\text{C}$  条件下去除效果较好的处理。将其混合, 澄清后倾去上清液, 沉淀即为混合菌株, 向其中重新接入 100 mL 灭菌畜禽废水, 曝气 6 h, 其间每隔 2 h 测定废水  $COD_{cr}$ 。

**1.3.2 低温条件下耐冷细菌对畜禽废水的实际处理效果:** 1) 活性污泥驯化。从四川农业大学农业科技园污水处理站CASS池、都江堰市某污水处理厂好氧池和成都市某污水处理厂好氧池分别采集活性污泥, 记为A、B和C。接入耐冷细菌的处理为 1(A1、B1和C1), 耐冷细菌按 1%(V/V)投加到各反应器; 不接耐冷细菌处理为对照(A0、B0和C0)。用于活性污泥驯化的畜禽废水 $COD_{cr}$ 为 680 mg/L~720 mg/L, 初始阶段将原水稀释 1 倍后加入到各反应器中, 6°C~9°C 条件下曝气 18 h, 沉淀 1 h后排出上清液, 静置 1 h, 进入下一个周期<sup>[11]</sup>, 驯化后期曝气时间减少至 8 h, 驯化时间为 28 d。

2) 低温条件下耐冷细菌对畜禽废水处理效果。按活性污泥与废水 1:2 比例加入畜禽废水, 保持各反应器内的DO值为 1 mg/L~2 mg/L, 6°C~9°C曝气 6 h, 静置 2 h, 倾出上清液后重新加入等量畜禽废水, 同法曝气处理。每隔 3 d取上清液测定 $COD_{cr}$ , 连续测定 5 次, 同时测定了活性污泥中耐冷细菌的数量变化。

**1.3.3 数据测定:** 化学需氧量( $COD_{cr}$ )采用重铬酸钾氧化法<sup>[12]</sup>; 污泥沉降比(SV)为混合液在量筒内静置 30 min后所形成的沉淀污泥与原混合液的体积比, 以%表示; 混合液悬浮固体浓度(MLSS)测定采用过滤后的沉淀在 105°C烘干至恒重, 冷却后称重<sup>[13]</sup>; 细菌菌落数量测定采用稀释平板菌落计数法<sup>[8]</sup>。

**1.3.4 数据处理:** 所有数据采用 Excel 软件处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 样品驯化及耐冷菌的分离

在灭菌畜禽废水中接入高原湿地沼泽土壤进行曝气, 以驯化获得降解畜禽废水的耐冷细菌, 各处理中畜禽废水 $COD_{cr}$ 去除情况如图 2 所示。

从驯化结果可以看出, 在 24 h内, 除接种第 5<sup>#</sup>和第 10<sup>#</sup>土样的处理, 其废水 $COD_{cr}$ 略有上升外, 其余处理 $COD_{cr}$ 逐渐下降, 24 h后所有样品的 $COD_{cr}$ 均减少, 表明这些土壤中均含有降解有机物的耐冷细菌, 但不同处理间存在差异。其中, 曝气 144 h后, 接种第 10<sup>#</sup>和 13<sup>#</sup>土样处理的畜禽废水 $COD_{cr}$ 去除率分别为 61.94%和 61.39%, 效果较好, 接种其它土样的处理, 废水 $COD_{cr}$ 去除率低于 50%。

根据废水 $COD_{cr}$ 去除率, 本实验选择了第 10<sup>#</sup>

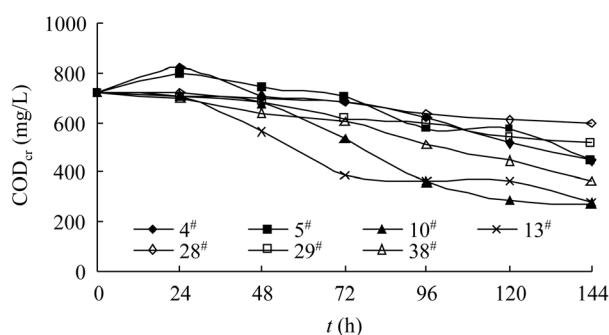


图 2 耐冷细菌驯化结果

Fig. 2 COD disposal rate of different treatments

和 13<sup>#</sup>土样进行耐冷菌株的分离。采用稀释分离法, 6°C培养, 分离得到 14 株耐冷菌, 分别编号为 NLJ1~NLJ14。

### 2.2 耐冷菌在低温下生长曲线的测定

图 3 为 14 株耐冷细菌在 6°C 条件下的生长曲线。经计算, 这 14 株耐冷细菌的生长代时可分为两类, 第 1 类耐冷细菌代时在 4.9 h~6.5 h 之间, 如 NLJ1、NLJ6、NLJ7、NLJ9、NLJ10、NLJ11、NLJ12、NLJ13 和 NLJ14 的代时分别为 6.5 h、5.1 h、5.8 h、5.1 h、6.0 h、5.3 h、5.3 h、4.9 h 和 6.5 h; 第 2 类耐冷细菌的代时在 9.2 h~11.6 h 间, 如 NLJ2、NLJ3、NLJ4、NLJ5 和 NLJ8 的代时分别为 9.2 h、11.6 h、10.4 h、9.8 h 和 8.9 h。其中, NLJ13 代时最短, NLJ3 代时最长。生长曲线中, 第 1 类耐冷细菌在 24 h 左右进入对数生长期, 而第 2 类耐冷细菌 32 h 左右进入对数生长期。

同其他报道相似<sup>[14]</sup>, 耐冷菌在低温时生长都较为缓慢, 迟缓期较长。根据耐冷细菌代时的长短, 本研究选取了图 3A、3B 和 3C 中的 9 株耐冷细菌进一步处理畜禽废水。

### 2.3 耐冷细菌对畜禽废水的降解效果

**2.3.1 耐冷细菌对畜禽废水降解能力筛选:** 1) 接种单个菌株的废水 $COD_{cr}$ 降解效果。实验结果表明, 单个耐冷细菌在低温(6°C~9°C)条件下具有较好的 $COD_{cr}$ 去除能力(图 4), 低温下各细菌降解率的高低与其生长曲线是相对应的<sup>[15]</sup>。在初始阶段, 由于生长速率较慢, 以及对废水水质的适应, 前 16 h 的去除率很低, 去除效果较差, 随着活性的逐渐提高, 代谢能力加强, 对畜禽废水 $COD_{cr}$ 去除能力也增强, 最后趋于稳定。但不同的菌株, 其 $COD_{cr}$ 去除能力存在差异。

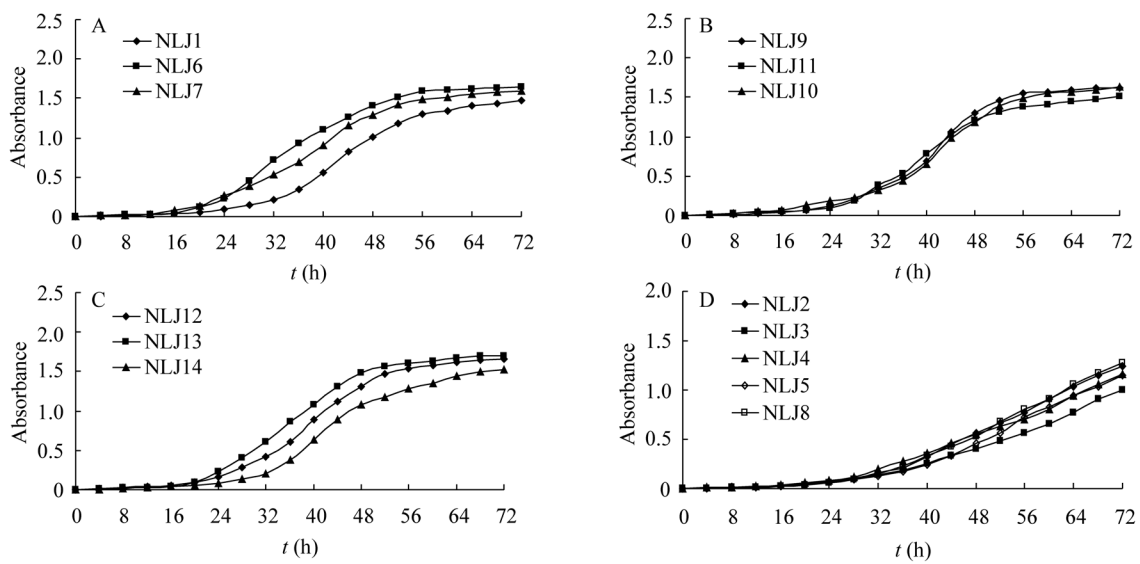


图 3 供试菌株生长曲线  
Fig. 3 Growth curve of the tested strains

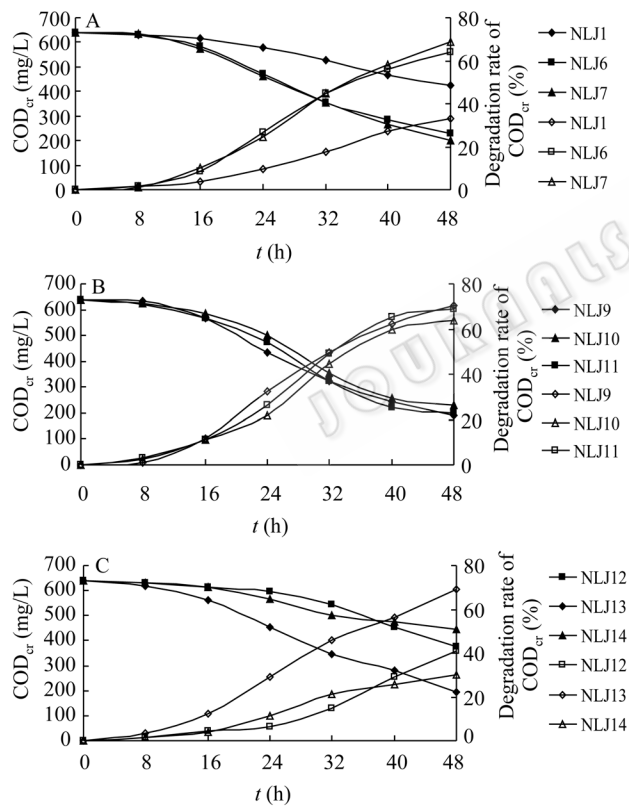


图 4 耐冷细菌低温条件下对畜禽废水COD<sub>cr</sub>降解情况  
Fig. 4 Degradation effect of a tested strains in cold temperature during 48 h

由图 5 可见, 在低温(6℃~9℃)条件下, 全部 9 个菌株中, NLJ6、NLJ7、NLJ9、NLJ10、NLJ11 和 NLJ13 等 6 株耐冷细菌的COD<sub>cr</sub>最终去除率高于 60%, 以NLJ9 处理效果最好, 去除率达 70.47%; 其余 3 株

菌的COD<sub>cr</sub>最终去除率相对较低, 如接种NLJ12 的处理, 废水COD<sub>cr</sub>最终去除率最高为 40.94%。尽管这 3 株细菌在 6℃~9℃时生长较快, 但因其降解畜禽废水中有机物的能力较弱, 据此本研究选取了 NLJ6、NLJ7、NLJ9、NLJ10、NLJ11 和NLJ13 作为优良菌株, 开展后续实验。

2) 混合菌株对灭菌畜禽废水COD<sub>cr</sub>的去除率。对筛选出的 6 株耐冷细菌进行了拮抗实验, 彼此之间无拮抗现象(结果未列出), 因此将 6 个菌株混合接种进行废水处理。将接入单个菌种曝气 48 h 的反应液静置、倾去上清液, 沉淀混匀作为接种剂。加入已灭菌的畜禽废水, 6℃~9℃曝气 6 h, 测定废水 COD<sub>cr</sub>(图 6), 结果表明, COD<sub>cr</sub>由初始值 679 mg/L 减少为 99 mg/L, 其去除率达到了 85.42%, 比接种单个菌种COD<sub>cr</sub>去除率提高了 15%~21%, 可见混合菌株的去除效果优于单个菌株。

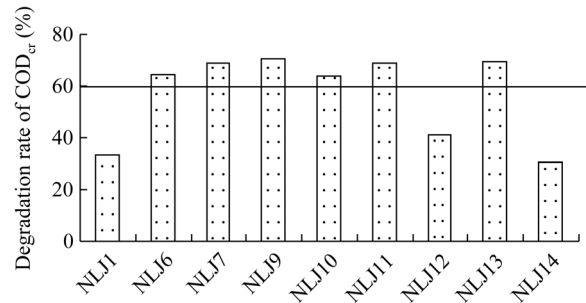


图 5 单个菌株COD<sub>cr</sub>最终去除率  
Fig. 5 The final degrading rate of COD<sub>cr</sub> by single strain

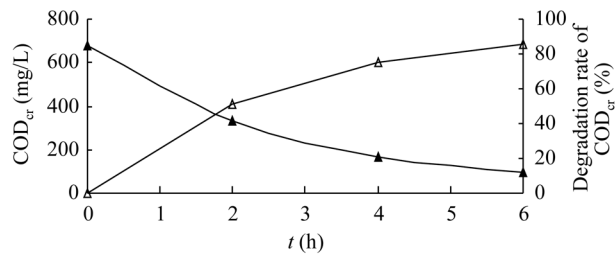


图 6 混合菌株对废水COD<sub>cr</sub>降解情况  
Fig. 6 COD<sub>cr</sub> degrading rate by mixed bacteria

2.3.2 耐冷细菌对畜禽废水的实际处理效果：为了探明筛选的耐冷细菌在实际废水处理过程中的作用,在驯化筛选的基础上,将混合菌株接种至含有不同来源活性污泥的废水处理反应器中,进水COD<sub>cr</sub>为 720 mg/L, NH<sub>3</sub>-N为 180 mg/L,测定了其COD<sub>cr</sub>去除率、NH<sub>3</sub>-N的去除率、耐冷细菌数量变化及处理后废水的沉降效果。

1) 畜禽废水COD<sub>cr</sub>去除率：混合菌株在反应器经过约 28 d驯化,其COD<sub>cr</sub>的去除率达到 75%以上, NH<sub>3</sub>-N的去除率达到 70%以上,表明驯化效果良好。

由图 7 可见, 6℃~9℃条件下接入耐冷细菌, 15 d内COD<sub>cr</sub>平均去除率分别为A1 处理 81.67%, B1 处理 76.32%、C1 处理 70.56%, 最高值分别达到

92.88%、85.75%和 74.05%, 可见这 6 株耐冷细菌对不同来源的活性污泥适应能力以及与活性污泥中原有微生物群落的共存情况都较好, 其中A1 处理效果最好。研究结果还表明, 接入了耐冷细菌后, 各处理的COD<sub>cr</sub>去除率平均值明显高于对照, 分别提高了 31.58%、34.46%和 29.05%, 也说明耐冷细菌去除水中有机物的能力较强, 在低温下对畜禽废水的处理能力比普通活性污泥高<sup>[16]</sup>。

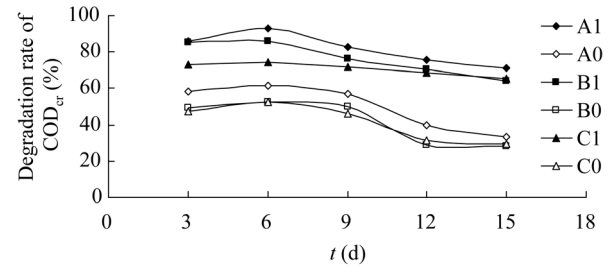


图 7 低温条件下(6℃~9℃)混合菌对COD<sub>cr</sub>降解情况  
Fig. 7 COD<sub>cr</sub> degrading rate by mixed strains at 6℃~9℃

2) 不同来源活性污泥对COD<sub>cr</sub>去除率的影响：在不同来源活性污泥中接种耐冷细菌, 其COD<sub>cr</sub>去除率结果见表 1。从表 1 数据可以看出, A1 处理第 6 天时的COD<sub>cr</sub>去除率最高, 为 92.88%, 而B1 处理第 15 天时的COD<sub>cr</sub>去除率最低, 为 64.29%。将数据进行单因素方差分析, 分析结果见表 2。可以看出, 取

表 1 种耐冷菌的不同来源活性污泥对COD<sub>cr</sub>去除率  
Table 1 Degrading rate of COD<sub>cr</sub> by different activated sludge

处理 Treatment	COD <sub>cr</sub> 去除率(%) COD <sub>cr</sub> degrading rate (%)					平均值 (%) Average (%)
	3 d	6 d	9 d	12 d	15 d	
A1	85.79	92.88	82.75	75.52	71.43	81.67
B1	84.96	85.75	76.33	70.29	64.29	76.32
C1	73.26	74.05	71.85	68.36	65.29	70.56

表 2 不同来源活性污泥COD<sub>cr</sub>去除率方差分析  
Table 2 Analysis of variance from different activated sludge

差异源 Differences source	平方和 SS	自由度 df	均方差 MS	F 值 F	P 值 P-value	F <sub>0.05</sub>
活性污泥 activated sludge	308.83	2	154.42	2.71	0.11	3.89
误差 Error	684.89	12	57.07			
总计 Total	993.72	14				

显著性水平 $\alpha=0.05$  时,  $F=2.705546 < F_{0.05}(2,12)=3.885294$ , 在 3 种不同来源活性污泥中接种耐冷细菌, 对废水 $\text{COD}_{\text{cr}}$ 去除率影响不显著。说明筛选出的 6 株耐冷细菌对活性污泥的适应性较好, 有较好的应用潜力。

3) 不同处理耐冷细菌数量变化 : 图 8 为不同处理的耐冷细菌数量。总体看, 接种耐冷细菌各处理细菌总数高于对照处理, 平均分别为 A1 处理  $1.48 \times 10^7$  CFU/mL, B1 处理  $1.35 \times 10^7$  CFU/mL, C1 处理  $1.38 \times 10^7$  CFU/mL, 比对照处理高出了 3.7~5.2 倍。同时也可以看出各反应器细菌数量在逐渐减少, 可能因为每次曝气后排出上清液时部分活性污泥会流失, 造成细菌数量减少, 这也可能是各处理从第 6 天后, 废水 $\text{COD}_{\text{cr}}$ 的去除率逐渐下降的原因, 这一结果与吴迪等的报道一致<sup>[15]</sup>。因而, 在实际应用中, 尚需进一步研究污泥驯化条件, 以保证耐冷细菌在活性污泥中成为优势菌群, 并在处理过程中保持数量稳定。

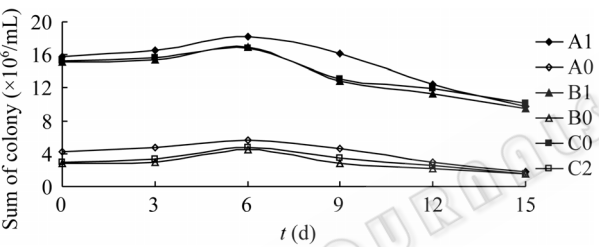


图 8 不同处理细菌数量变化  
Fig. 8 Quantity of phychrotrophic bacteria in different treatments

表 3 不同处理活性污泥沉降性能 Table 3 Settling property of activated sludge in different treatments						
测定项目 Item	对照 Control			接菌 Inoculation of bacteria		
	A0	B0	C0	A1	B1	C1
SV	22%	28%	25%	22%	28%	31%
MLSS (g/L)	2.72	3.04	2.63	2.56	2.89	3.04
SVI	81	92	95	86	97	102

4) 不同处理活性污泥沉降性能 : 对不同处理活性污泥沉降性能的研究表明, 接入耐冷菌后, A1 处理与B1 处理的SV 值变化不大; MLSS略有降低, 说明这两种处理的活性污泥产生量较小些; 接种耐冷细菌后, 各处理中废水SVI虽有所上升, 但不会影响

活性污泥的沉降性能<sup>[13]</sup>。

3 讨论

本实验从若尔盖湿地土壤中分离驯化得到 14 株耐冷菌, 通过测定其在低温下的生长速度, 其生长代时介于 4.9 h~11.6 h。根据代时初步筛选出了 9 株生长较快的菌株用于畜禽废水处理, 其中 6 株对废水 $\text{COD}_{\text{cr}}$ 去除率达到了 60%~70%。将这 6 个菌株混合后投加到灭菌畜禽废水, 6℃~9℃曝气 6 h后, 废水 $\text{COD}_{\text{cr}}$ 去除率达到 85.42%。将耐冷细菌加入不同来源的活性污泥, 驯化后应用于畜禽废水的实际处理, 结果表明, 加入耐冷细菌后, 废水 $\text{COD}_{\text{cr}}$ 平均去除率分别为 81.67%、76.32%和 70.56%, 比对照最高可增加 34.46%。6 个耐冷细菌对不同来源的活性污泥适应性较好, 在四川省不同地区应具有良好的应用前景。

虽然供试菌株低温处理畜禽废水效果较好, 但是随着处理时间延长, 废水 $\text{COD}_{\text{cr}}$ 平均去除率有所下降, 因此, 实际应用中可尝试采用固定化技术避免菌体直接投加的缺陷<sup>[15]</sup>。

本实验从若尔盖湿地土壤分离获得耐冷细菌, 将其应用于畜禽废水处理, 取得了较好效果, 可见某些土著微生物对某些环境污染的生物修复具有相当大的潜力<sup>[17,18]</sup>。本研究结果为进一步找寻和探索广泛来源的微生物用于污染环境治理提供一定的思路和方法借鉴。

参 考 文 献

[1] 陈素华, 孙铁珩, 耿春女. 我国畜禽养殖业引致的环境问题及主要对策. 环境污染治理技术与设备. 2003, 4(5): 5-8.

[2] 黎  强, 叶  进. 近中温厌氧发酵工艺在畜禽养殖场废水治理中的应用. 可再生能源, 2005, 120(2): 34-36.

[3] 季亚选, 焦瑞虎, 张晓玲, 等. 低温耐冷菌在寒冷地区生活污水处理中的应用. 应用科技, 2007, 34(4): 63-66

[4] Morita RY. Psychrophilic bacteria. *Bacterial Review*, 1975, 39(2): 146-167.

[5] Akla G, Chandra TS. A novel cold-tolerant *Clostridium* strain PXYL1 isolated from a psychrophilic cattle manure digester that secretes thermolabile xylanase and cellulose. *FEMS Microbiology Letters*, 2003, 219: 63-67.

[6] 田应兵. 若尔盖高原湿地不同生境下植被类型及其分

- 布规律. 长江大学学报(自科版), 2005, 2(2): 1-5.
- [7] 柴 岫. 若尔盖高原的沼泽. 北京: 科学出版社, 1965.
- [8] 周群英, 高廷耀. 环境工程微生物学. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [9] 周子元, 罗 屿, 马文漪, 等. 太湖中 4 种细菌的分离、鉴定及生长曲线的测定. 湖泊科学, 1998, 10(4): 60-61.
- [10] 姜安玺, 孟雪征, 曹相生, 等. 耐冷菌的分离及在低温污水处理中的应用研究. 哈尔滨工业大学学报, 2002, 34(4): 563-569.
- [11] 谢 冰, 徐亚同. 废水生物处理原理和方法. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [12] 国家环保局. 水和水质监测分析方法. 第三版. 北京: 中国环境科学出版社, 1987.
- [13] 李亚峰, 佟玉衡, 陈立杰. 实用废水处理技术. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [14] Margesin R, Schinner F. Biodegradation of the anionic surfactant sodium dodecyl sulfate at low temperatures. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 1998, 41: 139-143.
- [15] 李亚选, 焦瑞虎, 张晓玲, 等. 低温耐冷菌在寒冷地区生活污水处理中的应用. 应用科技, 2007, 34(4): 64-66.
- [16] 吴 迪. 污水处理中脱氮除磷低温微生物的筛选研究. 沈阳农业大学硕士学位论文, 2006.
- [17] Margesin R. Potential of cold-adapted microorganisms for bioremediation of oil-polluted Alpine soils. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2000, 46: 3-10.
- [18] Philipp Bergauer, Pierre-Alain Fonteyne, Nicole Noland, et al. Biodegradation of phenol and phenol-related compounds by psychrophilic and cold-tolerant alpine yeasts. *Chemosphere*, 2005, 59: 909-908.

## 编辑部公告

### 中国科学院微生物研究所期刊广告部成立

中国科学院微生物研究所期刊广告部于 2007 年 3 月正式成立, 已取得北京市工商行政管理局正式批准的广告经营许可证(京海工商广字第 8107 号)。广告部代理《生物工程学报》、《微生物学报》、《微生物学通报》、《菌物学报》四个期刊的广告经营业务, 此四种期刊均为中国自然科学核心期刊, 国内外公开发行, 主要报道微生物学和生物技术领域的最新研究成果和研究动态, 已被美国化学文摘(CA)、生物学文摘(BA)、医学索引(MEDLINE)、俄罗斯文摘杂志(AJ)及《中国学术期刊文摘》、《生物学文摘》等国内外著名数据库和检索期刊收录, 是促进国内外学术交流的重要科技期刊。

广告刊登内容主要包括大型生化仪器(如显微镜、离心机、色谱仪、无菌操作台、大、中、小型发酵罐)、设备耗材(如 PCR 仪、细胞生物反应器、微量移液器、离心管、杂交膜)及生化试剂(如各种酶、载体、试剂盒)等的产品宣传信息, 也可以发布生物技术人才招聘信息、会议消息、以及与生命科学有关的各类服务信息。广告部以严谨、诚信为原则, 愿与从事生物技术产品生产与销售的各类厂商和公司精诚合作, 共同发展。如有刊登广告的需要, 欢迎与我们电话或 email 联系获取各刊版位及报价信息! 也可以登陆各刊网站, 了解更多详情。

**提示:**从 2007 年起, 各公司与此四刊签订的广告费用请汇入以下新账号:

收款单位: 中国科学院微生物研究所

开户银行: 中国工商银行北京分行海淀西区支行

帐 号: 0200004509089117425

中国科学院微生物研究所·期刊广告部

联系电话: 010-64807336; 010-64807521

联系人: 武 文 王 闵

电子信箱: gg@im.ac.cn

网 址: <http://journals.im.ac.cn>