

初始条件对生物制氢反应器中顶极群落的影响

刘 敏¹,任南琪²,刘艳玲³,陈 滢¹

(1. 四川大学 建筑与环境学院,成都 610065, lium@inscu@163.com; 2 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 哈尔滨 150090; 3 海南省政府办公厅,海口 570000)

摘 要: 在生物制氢反应器中,研究了启动初期的容积负荷、pH和 ORP对顶极群落形成的影响.在某一发酵类型的稳定生态系统未建立之前,容积负荷快速及频繁变动是导致细菌种群发生演替和发酵类型转型的直接影响因子;启动初期建立的 pH和 ORP与进行丁酸型发酵或乙醇型发酵种群所需生态位相似将使其在初期生态系统中就成为优势种群;在不同发酵类型变化过程中,单一生态因子适宜于某一种群时不一定能使这类细菌占优势,只有生态因子的综合效应才会引发优势种群的变迁,最终形成不同的顶极群落.

关键词: 初始条件; 发酵类型; 顶极群落

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 0367 - 6234(2009)06 - 0194 - 03

Effect of initial conditions on climax community in hydrogen bio-production reactor

LIU Min¹, REN Nan-qi², LIU Yan-ling³, CHEN Ying¹

(1. College of Architecture & Environment, Sichuan University, Chengdu 610065, China, lium@inscu@163.com;

2. School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;

3. Government Office of Hainan Province, Haikou 570000, China)

Abstract: Different fermentation types were confirmed by different climax communities in the hydrogen bio-production reactor(HBPR). The effects of initial volume loading rates, pH and ORP on climax communities were studied in HBPR. The results indicate that the frequent change of volume loading rates could lead to the succession of community and the change of fermentation types, and it is the most important ecological factor in the startup period before the steady special fermentation type ecosystem was established. When the initial pH and ORP are propitious to the ethanol fermentation or butyric acid fermentation type microbial population, they will dominant in the reactor. During the change of different fermentation types, the climax community was formed by all the ecological factors and a single factor could not make a population dominant even it is the optimal niche.

Key words: initial conditions; fermentation type; climax community

运行中的生物制氢反应器(CSTR)本身就是一个人工微生物生态系统,有机废水在反应器中厌氧降解生成醇、挥发酸、H₂和CO₂等的过程是由多种微生物类群完成,各类微生物具有其特殊的功能,进行着特殊的生化反应.在运行稳定期形成的相对稳定且持久的群落称为顶极群落.反应

器中群落的组成是随着外部生态因子的变化而变化的,当群落经过一定的发展期及生境内生态因子的改变,从一个群落类型转变为另一类型的顺序过程,或者是在一定区域内群落的彼此替代^[1],就是生态演替.

在生物制氢反应器中,发酵类型可分为四类,即丁酸型、丙酸型发酵^[2],以及混合酸发酵和乙醇型发酵^[3].有机质通过不同种群的作用降解转化为小分子的有机酸和醇,同时产生氢气.因此,产酸相中存在的是种群间或种间适应生境的生存

收稿日期: 2006 - 04 - 25.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50608052).

作者简介: 刘 敏(1972—)男,博士,副教授;

任南琪(1959—)男,特聘教授,博士生导师.

竞争以及随着生态因子改变的微生物演替;影响发酵类型形成的主要生态因子有污泥负荷和容积负荷, pH 和 ORP 也是影响产酸相不同顶级群落形成及定向演替的限制性生态因子^[4,5]。

1 材料和方法

1.1 实验材料和方法

试验装置如图 1 所示,高效产酸反应器有效容积 9.8 L,温度控制在 37 ± 1 ,运行中以人工配制的糖蜜废水 (COD N P = 1000 5 1) 为底物连续进水,进水量 $Q = 50 \text{ L/d}$

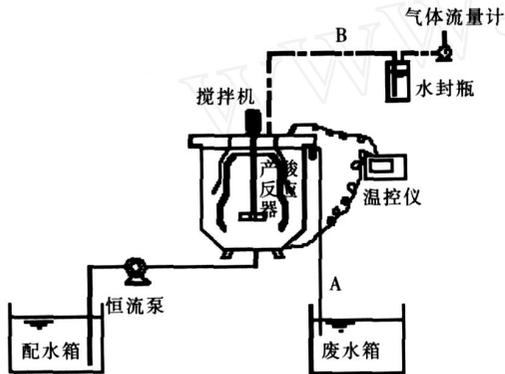


图 1 实验装置示意图

1.2 分析方法

COD:重铬酸钾法; pH: pHS-25型酸度计;碱度:中和滴定法(以 CaCO_3 计); ORP: pHS-25型酸度计 + ORP测定装置。

有机酸组成及含量用气相色谱仪 (GC-122型) 分析,取混合液 5 mL,加酸值化, 11000 r/min 高速离心 10 min (离心机: TGL-16 G),取上清液测试乙醇、乙酸、丙酸、丁酸和戊酸浓度。

色谱分析条件:配置 $2 \text{ m} \times \phi 5 \text{ mm}$ 不锈钢螺旋柱,内装 2% H_3PO_4 处理过的 GDX-103担体 (60~80目),载气流量 37 ml/min,燃气流量 30 ml/min,助燃气流量 360 ml/min,柱温 190,汽化室 220,检测温度 220。

2 结果和分析

两次乙醇型发酵启动与运行 (如图 2) 和两次丁酸型发酵的启动与运行试验 (如图 3) 证明,启动初期,如果受进水 COD 和进水流量制约的容积负荷选择适当,保持启动时的负荷不变,一般经过 20~30 d 左右驯化,在反应器中就能形成稳定的乙醇型或丁酸型发酵,此时进行丁酸型或乙醇型发酵的种群已在与其他种群的竞争中获得优势地位而成为优势种群。这时再转入逐渐提高负荷的阶段对乙醇型发酵没有转型的影响,即使后期运

行的负荷高达 $80.1 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{d}$ 时乙醇型发酵种群的优势地位都没有发生改变。丁酸型发酵当负荷提到 $30 \sim 45 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{d}$ 时产物中乙醇的含量随负荷提高而增加,但生物相监测发现在初始生态系统中就获得优势地位的优势种群丁酸梭状芽孢杆菌的主导地位并没有发生改变。

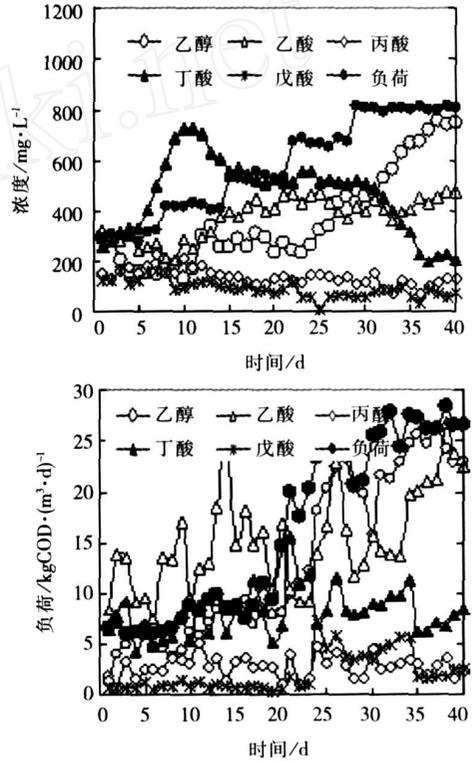


图 2 乙醇型发酵的两次启动过程

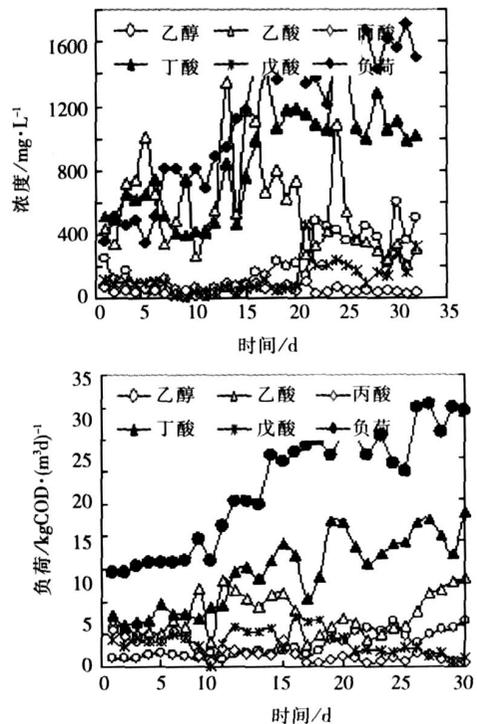


图 3 丁酸型发酵的两次启动过程

从图 2 图 3 看到,当启动负荷高于 10 kgCOD/m³. d 时,最终易于形成丁酸型发酵类型,而起动负荷在 8 kgCOD/m³. d 左右时,易于形成乙醇型发酵类型. 启动初期由于各类菌群生长但均未占优势,呈现混合酸型发酵,随着容积负荷提高,ORP 和 pH 均降低,当降低速度较慢时,丁酸型发酵的种群发生丁酸型发酵;当降低速度非常快时,丁酸型发酵种群受抑制,而比较耐酸的乙醇型发酵种群快速繁殖并与丁酸型发酵种群形成竞争,最终以拟杆菌属种群成为优势种群,整个发酵类型表现为乙醇型.

从图 4 中可以看出,四次启动初期的 pH 不同,丁酸型发酵第一次和第二次启动初期的 pH 分别为 6.3 和 5.3,乙醇型发酵启动初期的 pH 在 6.2 和 4.8 左右,但随着驯化时间的推移及负荷的提高,pH 均不断下降,在 20 d 左右丁酸型发酵或乙醇型发酵末端产物形成稳定时,丁酸型发酵和乙醇型发酵所建立的 pH 初始生态位分别在 5.3、4.6 和 4.8、4.4 左右,说明优势种群的定向形成与 pH 密切相关. 由图 4 可见,最终形成乙醇型发酵的启动过程 pH 很快下降到 4.5 左右,而最终形成丁酸型发酵的启动过程 pH 降低速度较慢. 因此,要在较短的时间里获得乙醇型发酵需要在启动初期采取一些手段促使 pH 下降.

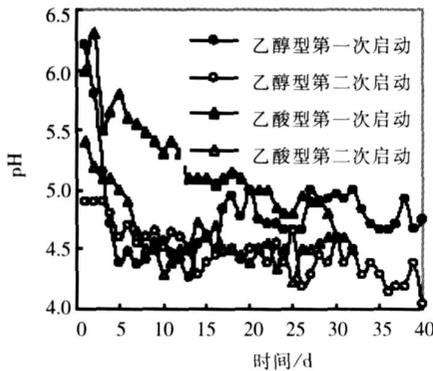


图 4 不同发酵类型启动期间 pH 值变化情况

从图 5 中可见,四次启动初期的 ORP 有所不

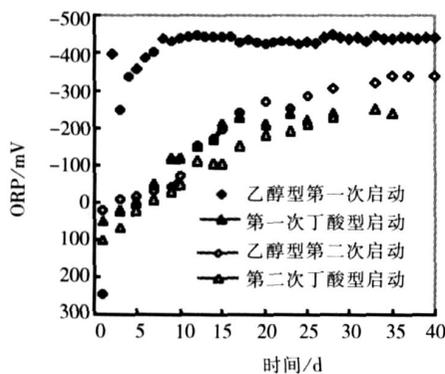


图 5 不同发酵类型启动期间 ORP 变化情况

同,经过 20 d 左右的驯化丁酸型发酵和乙醇型末端发酵产物相对稳定时,建立的 ORP 初始生态位分别在 -220、-180 mV 和 -420、-270 mV 左右. 最终形成乙醇型发酵的启动过程中,ORP 明显低于丁酸型发酵启动过程,而且 ORP 值降低速度较快. 因此在启动初期,通过外加还原剂等方法促进 ORP 的下降速度可促进获得乙醇型发酵.

从图 4、图 5 中可见,ORP 或 pH 相同时也会形成不同的发酵类型,可见在产氢发酵过程中,仅当某一生态因子适宜于某一种群时不一定能使这类细菌占优势,只有各个生态因子的综合效应引发优势种群变迁才能形成不同的顶极群落.

3 结 论

1) 在启动初期,负荷的快速及频繁变动是导致细菌种群发生演替和发酵类型转型的直接影响因素,反应器中的其他生态因子如 pH、ORP、碱度等和负荷一起共同引发不同的发酵类型.

2) 在产氢发酵过程中,某一个生态因子适宜于某一种群时不一定能使这类细菌占优势,只有各个生态因子的叠加效应才会引发优势种群的变迁,从而形成不同的顶极群落.

参考文献:

[1] 赵惠勋. 群体生态学 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990

[2] COHEN A, VAN GEMERT J M, ZOETEMEYER R J, et al Main characteristics and stoichiometric aspects of acidogenesis of soluble carbohydrate containing wastewater[J]. Proc Biochem, 1984, 19(6): 228 - 232

[3] REN Nanqi, WANG Baozhen Ethanol-type fermentation from carbohydrate in high rate acidogenic reactor[J]. Biotech and Bioeng, 1997, 54(5): 428 - 433

[4] 赵丹, 任南琪, 王爱杰. pH、ORP 制约的产酸相发酵类型及顶级群落. 重庆环境科学 [J], 2003, 25(2): 33 - 38

[5] 李建政, 任南琪, 秦智, 等. 厌氧发酵产氢系统的启动与乙醇型发酵优势菌群的建立 [J]. 高技术通讯, 2004, 14(9): 90 - 94

(编辑 张 红)