

# pH 值与温度智能控制系统在生物肥发酵中的应用

刘仲汇<sup>1</sup>, 冯东<sup>1</sup>, 冯德荣<sup>1</sup>, 周万里<sup>1</sup>, 毕春元<sup>1</sup>, 韩德强<sup>2</sup>, 徐英普<sup>2</sup>

(1. 山东省科学院生物研究所生物传感器重点实验室, 济南 250014; 2. 山东百奥生物有限公司, 山东平原 253100)

**摘要:** 发展生物肥是实施农业可持续发展战略的重要举措。发酵是生物肥生产的关键工序, 但目前绝大部分企业仍使用简单仪表检测, 人工操作, 波动大, 质量不稳定。为此山东省科学院生物研究所研制了 SBA-P1 发酵在线 pH 值与温度智能控制系统。在山东百奥公司生物肥发酵使用过程中, 通过该系统分析 pH 值的变化曲线, 研究发酵规律, 控制发酵周期, 及时处理异常发酵; 同时温度实现自动控制, 为菌种的生长繁殖提供了稳定适宜的生长环境, 提高了菌种的生长繁殖速度, 缩短了发酵周期。因此, 非常适合在生物肥生产企业中应用。

**关键词:** 生物肥; 发酵; 智能控制; pH 值; 温度

**中图分类号:** TP29

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2005)08-0187-03

刘仲汇, 冯东, 冯德荣, 等. pH 值与温度智能控制系统在生物肥发酵中的应用[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 187-189.

Liu Zhonghui, Feng Dong, Feng Derong, et al. Application of pH-temperature intelligent control system for fermentation of bio-fertilizer [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(8): 187-189. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

生物肥是根据植物营养生理学和根际土壤微生物生态学原理, 以多功能微生物活性菌为核心, 以优质肥料型有机质为载体, 采用生物发酵工程技术加工而成的高含菌量的生物制剂<sup>[1]</sup>。生物菌施入土壤后很快繁殖, 形成菌群。这些菌群吞噬有害菌类, 分解无机元素, 变成作物可吸收利用的有用成分, 起到解磷、解钾、固氮作用, 具有增进土壤肥力, 抑制病虫害, 刺激和调控农作物生长, 增加产量, 改善品质, 保护生态环境等功效<sup>[2]</sup>。发展生物肥是改善环境, 实施农业可持续发展战略的先决条件<sup>[3-5]</sup>。国外对此非常重视, 据报道, 到 20 世纪末, 欧洲的生物肥使用已达到农业用肥的 45%~60%, 美国则达到 60%~70%<sup>[6,7]</sup>。近年来, 国内在生物肥的研究开发和推广应用方面发展也非常迅速。2002 年, 国家科技部“863”计划将“新型多功能肥料研究与开发”列为一个研究项目<sup>[8-10]</sup>。

目前国内大部分生物肥企业还刚刚起步, 设备简陋, 经营粗放。特别是发酵工序问题较多。发酵是生物肥生产的关键环节。在发酵过程中需严格控制温度和 pH 值, 才能使生物菌正常繁殖生长。但目前绝大部分企业都是使用简单仪表检测, 人工控制, 检测误差大, 调控水平低, 人为干扰因素多, 造成生产率低, 质量不稳定。迫切需要引入先进的计算机信息管理及自动控制技术。为此, 山东省科学院生物研究所研制了 SBA-P1 发酵在线 pH 值与温度智能控制系统。

山东百奥生物有限公司是专业生产生物菌肥的企业。原发酵罐上安装的是指针式温度检测仪表, pH 值检测采用定时取样分析测定, 工艺参数全部采用人工调节。前述生物肥生产企业存在的问题在该企业表现地比较突出。2003 年 10 月 SBA-P1 发酵在线 pH-温度智能控制系统在该公司投入运行。经过四个多月的连续运行, 不但完善和稳定了产品质量, 还缩短了发酵周期, 产生了明显的经济效益。

## 1 温度智能控制系统的特点及总体结构

### 1.1 系统特点

收稿日期: 2004-08-17 修订日期: 2005-03-28

作者简介: 刘仲汇(1957-), 女, 湖北洪湖人, 高级工程师, 从事发酵工业智能控制研究。济南市科院路 19 号 山东省科学院生物研究所生物传感器重点实验室, 250014。Email: sw\_s2605384@yahoo.com.cn

1) 该系统抓住温度和 pH 值这两个对微生物生长繁殖至关重要的环境因素进行自动控制, 既解决实际问题, 系统又不至于复杂, 可靠性高, 经济实用。

2) 为了解决生物肥发酵工业生产条件差, 环境恶劣, 人员素质相对较低, 技术力量比较薄弱的现实, 采用金属电极对发酵液的 pH 值进行在线检测。这种电极能够耐受 130 的高温灭菌, 抗干扰能力强, 坚固耐用, 易于维护, 非常适于工业发酵。

3) 发酵是一个具有严重的非线性和滞后, 同时兼有生物、化学、物理变化的复杂过程, 无法建立精确的数学模型, 因而不能采用普通的 PD 控制模式。故该系统采用仿人工智能控制策略, 即在充分考虑非线性及大滞后、考虑现场环境的变化因素及操作者经验的基础上, 建立一套模糊控制模式, 从而保证发酵过程中 pH 值、温度的平稳, 为生物菌的生长代谢提供稳定适宜的生长环境。

4) 利用该系统对 pH 值、温度连续记录及曲线显示, 不但可以掌握发酵规律, 及时发现处理异常发酵, 还可以进一步研究改进发酵工艺; 同时通过计算机数据管理对生产调度具有非常重要的指导意义。

### 1.2 系统构成

该系统由传感器、执行器、发酵在线 pH-温度智能控制仪、工业计算机等部分组成。控制仪采用高性能单片计算机做主控制器, 对 pH 值、温度进行实时在线检测及控制; 采用人工智能控制策略, 有效地克服工业发酵大罐 pH 值、温度变化的严重非线性和滞后的影响。联机的计算机监控管理系统, 完成对 pH 值、温度、发酵时间等数据的实时显示、存储记录、报表曲线查询、历史数据浏览、报警监视等功能。

## 2 应用结果

该系统自 2003 年 10 月在山东百奥生物有限公司投入运行以来, 产生了明显的效果。

1) 利用该系统在线实时监测 pH 值的功能, 通过连续记录 pH 值的变化曲线, 可以了解生物菌生长繁殖的变化规律, 用于指导生产。

通过分析 pH 值的变化曲线, 控制发酵周期。以往该公司在生产上控制发酵终点一般采用取样分析, 镜检观察来确定。由于顾及染菌及菌液损失等因素, 不可能频繁取样, 因而发酵终点的控制比较粗略, 一般在 25~30 h 之间, 并且经常出现生物菌老化的情况。安装该系统后, 发现按以往经验结束发酵之前 pH 值曲线出现一个由低到高的变化拐点, 这意味着生物菌已经进入

衰减期,不再消耗底物,pH 值开始上升,此时生长已经停止,并且随着时间推移开始死亡。因此应该将发酵终点时间控制在变化拐点之前。通过镜检也证明,在 pH 值由低到高变化之前结束发酵,生物菌的数量及生长情况都大大优于在变化拐点之后结束发酵,能够达到最佳效果,从而找到一种控制发酵终点简便有效的方法。

根据记录的 pH 值变化曲线及发酵规律及时处理异常发酵。在 2004 年 2 月 28 日进行的第 15 批发酵中,发现接种后 pH 值比正常情况偏高,很快又发现这次 pH 值的变化规律一反常态,该升时降,该降时反而升。通过分析查找原因,发现是磷酸二氢钾原料有假,并及时采取补救措施,才使发酵正常进行。正常发酵 pH 值曲线见图 1,异常发酵 pH 值曲线见图 2。

通过实时在线监测发酵液的 pH 值变化情况,可以减少生产过程中的取样次数,这样减少了染菌机会及菌液的损失,还减少了分析人员的工作量。

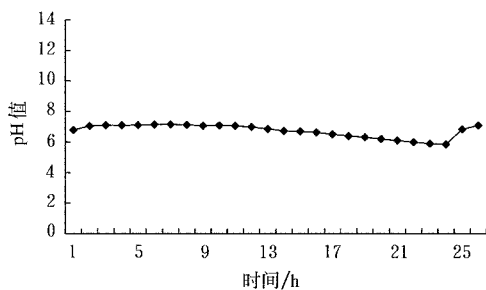


图 1 正常发酵 pH 值曲线

Fig 1 pH values for normal fermentation

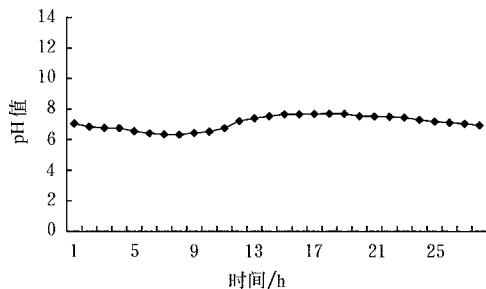


图 2 异常发酵 pH 值曲线

Fig 2 pH values for abnormal fermentation

2) 该系统对发酵过程的温度实现智能控制,为生物菌的生长繁殖提供了稳定适宜的生长环境,大大提高了生物菌的生长繁殖速度,从而缩短了发酵周期。

通过对 2003 年 11 月至 2004 年 3 月期间采用温度自动控制的 4 号发酵罐的发酵周期与没有采用温度自动控制的 1 号、3 号发酵罐的发酵周期进行对比,在菌种、接种量、培养条件完全相同的情况下,前者比后者缩短 4 h,缩短发酵周期 11%,对比数据

见表 1。发酵周期的缩短,提高了设备利用率,节能降耗,减少生产成本,提高经济效益。在生产旺季会有更加显著的效果。

表 1 发酵周期对照表

序号	1号罐(无自控) 发酵周期/h	3号罐(无自控) 发酵周期/h	4号罐(自控) 发酵周期/h
1	26	34	25
2	24.5	29	24
3	24	24	23.5
4	26	25	26
5	26.5	27	24
6	37	26.5	21.5
7	25	27.5	22
8	27	26.5	22
9	25.5	25	21.5
10	25	24.5	21.5
11	25	25	21
平均发酵周期	26.5	26.7	22.9

### 3 结 论

经过工业现场实际运行证明,SBA-P1 发酵在线 pH-温度智能控制系统运行稳定可靠,操作简单,使用方便;特别是抓住了发酵生产中 pH 值和温度这两个关键的环境因素进行控制,系统不致过于复杂庞大,投资小,见效快,实用性强,非常适合在生物肥生产企业中推广应用。

#### [参 考 文 献]

- [1] 冯福海,陈东升,冯艳辉.生物复合肥生产工艺与设备[J].现代化农业 2002,3: 44- 45.
- [2] 安树义,李广中,周育中,等.浅谈生物肥的特点应用技术及前景展望[J].农业环境与发展,2001,2: 43- 44.
- [3] 王玉时,李宏松,胡茶根.试论生物有机肥与农业可持续发展[J].安徽农学通报,2003,9(2): 67- 68.
- [4] 方颖,卞新民.我国有机农业健康发展的对策研究[J].环境导报,2003,2: 34- 35.
- [5] 马光庭.生态有机肥与农业可持续发展[J].中国生态农业学报,2004,7: 191- 193.
- [6] 李华,王光龙,陈万仁.生物肥料生产的工业性试验[J].磷肥与复肥,1999,2: 20- 21.
- [7] 黄传荣,甘世凡,张怀东.国内外生物复肥的研究现状和进展[J].化肥工业,1999,1: 32- 33.
- [8] 姜瑞波,张晓霞,吴胜军.生物有机肥及其应用前景[J].磷肥与复肥,2003,7: 62- 63.
- [9] 杨朝新,罗颖,赵书军.有机生物肥的特性及施用效果[J].湖北农业科学,2001,2: 38- 39.
- [10] 王素英,陶光灿,谢光辉,等.我国微生物肥料的应用研究进展[J].中国农业大学学报,2003,8(1): 14- 18.

## Application of pH-temperature intelligent control system for fermentation of bio-fertilizer

Liu Zhonghui<sup>1</sup>, Feng Dong<sup>1</sup>, Feng Derong<sup>1</sup>, Zhou Wangli<sup>1</sup>, Bi Chunyuan<sup>1</sup>, Han Deqiang<sup>2</sup>, Xu Yingpu<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Biosensor, Biology Research Institute of Shandong Academy of Sciences,  
Jinan 250014, China; 2 Shandong Bai'ao Biology LTD, Pingyuan, Shandong 253100, China)

**Abstract** The research of bio-fertilizer is an important step in carrying out the strategy of sustainable development of agriculture. Fermentation is the key in the process of producing bio-fertilizer. However, in current production, most factories use simple manually-operated instrument to measure pH values and temperature; thus fluctuation and unstable quality become severe problems. In order to solve these problems, SBA-PI Fermentation Online pH-Temperature Intelligent Control System was developed by Biology Research Institute of Shandong Academy of Sciences. This system was applied to the fermentation process in Shandong Bai'ao Co. During the working process, the system draws pH value varying curves for the study of fermentation rules, controls the cycle of fermentation, and deals with abnormal fermentation timely. At the same time, auto-control of temperature could provide the bacteria with stable and suitable environment, increase the speed of growth and reproduction, and shorten the fermentation cycle. Therefore the pH-Temperature Intelligent Control System is very much suitable for the application in bio-fertilizer producing enterprises.

**Key words:** bio-fertilizer; fermentation; intelligent control; pH value; temperature