

一株可溶性有机磷去除菌的分离及其生物学特性

黄志华^{1△} 曹海鹏^{1△} 杨先乐^{1*} 李熙² 王炼³ 安健¹ 龚雨州¹

(1. 上海海洋大学 国家水生动物病原库 上海 201306)

(2. 长沙市动物防疫监督站 湖南 长沙 410006)

(3. 四川省水产学校 重庆 401520)

摘要: 以甘油磷酸钠(Sodium Glycerophosphate, 以下简称 NaGly)作为外源可溶性有机磷, 从富营养化的养殖池污泥中分离到 5 株可溶性有机磷去除菌株, 通过除磷率比较, 筛选出一株最为高效的菌株 D2, 其对初始浓度为 5 mg/L 甘油磷酸盐磷(Phosphorus Glycerophosphate, 以下简称 GP-P)的去除率可达 99.0%。此外, 对其进行了 16S rRNA 基因序列测定, 并进一步研究了其生长特性与除磷特性。试验结果表明, 菌株 D2 为肠球菌(*Enterococcus* sp.), 与屎肠球菌(*Enterococcus faecium*)菌株 KT4S13 (登录号: AB481104)和 CICC6078 (登录号: DQ672262)的 16S rRNA 基因序列相似性近 100%; 其生长周期为: 0-4 h 为生长迟缓期, 4-8 h 为对数生长期, 8-28 h 为稳定期, 28 h 以后为衰亡期; 且在 15°C-40°C、pH 4.0-9.0 以及 5-40 mg/L GP-P 条件下均能够生长, 其中菌株 D2 最适生长的温度范围和 pH 范围分别为 30°C-35°C、6.0-7.0, 而且 20-30 mg/L GP-P 能显著促进菌株 D2 生长。此外, 菌株 D2 在进入衰亡期之前随着作用时间的延长, 对 20 mg/L GP-P 的除磷率逐渐升高, 在进入衰亡期后的 28-32 h 内对 20 mg/L GP-P 的除磷效果趋于稳定, 其在 15°C-40°C、pH 4.0-9.0 以及 5-40 mg/L GP-P 条件下均具有除磷作用, 其最适除磷温度范围、pH 范围和 GP-P 浓度范围分别为 25°C-35°C、6.0-7.0 和 5-10 mg/L。

关键词: 可溶性有机磷, 肠球菌, 分离, 生物学特性

Isolation of a Dissolved Organic Phosphorus-removing Strain and Its Biological Characteristics

HUANG Zhi-Hua^{1△} CAO Hai-Peng^{1△} YANG Xian-Le^{1*} LI Xi²
WANG Lian³ AN Jian¹ GONG Yu-Zhou¹

(1. Shanghai Ocean University State Collection Center of Aquatic Pathogen, Shanghai 201306, China)

(2. Changsha Animal Epidemic Prevention and Supervision Station, Changsha, Hunan 410006, China)

(3. Sichuan Provincial Fisheries School, Chongqing 401520, China)

Abstract: The study was conducted to screen and isolate dissolved organic phosphorus removal bacteria in soils taken from the eutrophic pond by adopting sodium glycerophosphate (NaGly) as exogenous

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金项目(No. nycytx-49-17); 上海高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金项目(No. ssc-07006); 农业部水产种质资源与利用重点开放实验室资助(No. KFT2008-5); 对虾养殖管理信息系统研究与建立项目(No. nyhyzx07-042); 淡水鱼类出血性疾病综合防治技术集成示范项目(No. 200803013)

△ 共同第一作者

* 通讯作者: Tel: 86-21-61900453; E-mail: xlyang@shou.edu.cn

收稿日期: 2009-12-29; 接受日期: 2010-03-05

© 中国科学院微生物研究所期刊联合编辑部 <http://journals.im.ac.cn>

dissolved organic phosphate. By comparing dissolved organic phosphorus removing abilities between five isolated bacteria, the most effective dissolved organic phosphorus removal bacterium named D2 was chose. In liquid media contained 5 mg/L phosphorus glycerophosphate (GP-P), the phosphorus-removal ratio of the strain D2 could reach 99.0%. Based on the 16S rRNA analysis, the strain D2 exhibited high similarity (Almost 100%) with *Enterococcus faecium* KT4S13 (Accession number: AB481104) and CICC6078 (Accession number: DQ672262), so it was identified as *Enterococcus* sp.. The growth characteristics and phosphorus removing abilities of the strain D2 were measured. The growth curve of the strain D2 was as follows: lag phase was 0–4 h, log phase was 4–8 h, stationary phase was 8–28 h, decline phase was after 28 h. Additionally, the phosphate-removal ratio of the strain D2 increased gradually before decline phase, and it could maintain the phosphate removal effect stability for 4 hours after the decline phase. Results also exhibited that the strain D2 could grow normally with temperature ranging from 15°C to 40°C, pH from 4.0 to 9.0 and initial GP-P concentration from 5 mg/L to 40 mg/L, meanwhile the optimal temperature and pH for growth varied from 30°C–35°C and 6.0–7.0. Moreover, the GP-P could significantly promote the growth of the strain D2 when its concentration was from 20 mg/L to 30 mg/L. In addition, the 20 mg/L GP-P removing capability was found gradually increased with extension of action time before the coming of decline phase and keep stability from 28 h to 32 h after entry of decline phase. The D2 had the phosphorus removal ability at the condition of temperature of 15°C–40°C, pH of 4.0–9.0 and concentration of 5–40 mg/L. The optimal range of temperature, pH and initial GP-P concentration for the dissolved organic phosphorus removing capability ranged from 25°C–35°C, 6.0–7.0 and 5–10 mg/L, respectively.

Keywords: Dissolved organic phosphorus, *Enterococcus*, Isolation, Biological characteristics

随着外源性磷的不断输入, 水体中磷污染日趋严重。已有研究^[1]证实, 除了可溶性无机磷酸盐外, 一些自然水体中大量存在的可溶性有机磷物质也能促进铜绿微囊藻等有害藻的生长, 进而引起“水华”。如赵艳芳等^[2]研究发现中肋骨条藻和东海原甲藻等有害藻更倾向于利用可溶性有机磷化合物进行生长繁殖; 邹迪等^[3]、杨维东等^[4]证实甘油磷酸钠(Sodium glycerophosphate, 以下简称 NaGly)是铜绿微囊藻、利玛原甲藻等有害藻生长所需的磷源。因此, NaGly 等可溶性有机磷在水体富营养化过程中存在着潜在危害性, 是引起水体富营养化的罪魁祸首之一。如何去除环境中 NaGly 等可溶性有机磷已经是解决水体富营养化的重大战略课题。目前有关磷的去除方法有化学法和生物法, 但化学法的处理费用较高, 需投加化学药剂且有大量污泥产生, 对环境造成了二次污染; 而生物除磷工艺因其具有经济性和可持续发展性等优势受到了人们的青睐^[5]。具有除磷功能的微生物主要有不动杆菌(*Acinetobacter* sp.)和假单胞菌(*Pseudomonas* sp.)等^[6–7], 但这些微生物主要用于去除可溶性无机磷, 而对 NaGly 等可溶性有机磷去除微生物的研究却极少涉及。本试

验以 NaGly 作为外源可溶性有机磷, 从养殖污泥中分离了 5 株具有可溶性有机磷去除功能的细菌, 并通过除磷率的比较进一步筛选出了一株高效好氧可溶性有机磷去除菌 D2, 其对 5 mg/L 甘油磷酸钠磷(Phosphate Glycerophosphorus, 以下简称 GP-P)的除磷率可达 99.0%。此外, 还研究了其生长特性与除磷特性, 旨在丰富去除可溶性有机磷的微生物资源, 为生物去除可溶性有机磷技术的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

养殖污泥, 采集于杭州水祥水产养殖场。LB 培养基(1 L): 蛋白胨 10 g, 牛肉膏 3 g, NaCl 5 g, pH 7.0。YG 培养基^[8](1 L): 酵母浸出物 1 g, 葡萄糖 1 g, MgSO₄ 0.2 g, pH 7.0。

1.2 除磷菌的分离、纯化及筛选

将少许污泥溶于 150 mL 无菌生理盐水中, 与此同时加入 NaGly, 使 GP-P 浓度为 120 mg/L, 30°C 温育过夜, 然后取少量在含 20 mg/L GP-P 的 YG 培养基平板上进行涂布分离, 30°C 恒温培养。待菌落长

出,经过3次纯化后接种到无菌LB培养基中,于30℃、200 r/min条件下振荡培养24 h后制成浓度为 1.7×10^6 CFU/mL的菌悬液。以1%的接种量将分离菌株菌悬液分别接种于含20 mg/L GP-P的YG培养基中,30℃、200 r/min振荡培养24 h后于4℃、6000 r/min离心,采用钼酸铵分光光度法^[9]测定上清液中总磷含量,计算除磷率。此外,采用吕氏美兰染色法^[10]染色观察除磷菌株多聚磷酸盐颗粒(poly-P)。

1.3 除磷菌的16S rRNA基因序列与系统发育分析

将除磷菌株接种于无菌营养肉汤中扩大培养,然后用DNA快速提取试剂盒(TaKaRa公司,货号DV810A)提取基因组DNA,以基因组DNA为模板,采用PCR扩增试剂盒扩增16S rRNA。其中正向引物为8F:5'-AGAGTTTGATC2CTGGCTCAG-3';反向引物为1492R:5'-GGTACCTTGTTACGACTT-3'。PCR扩增条件:94℃ 3 min;94℃ 1 min,60℃ 1 min,72℃ 1 min,共35个循环。PCR产物的纯化与测序由上海生工生物工程有限公司完成。将测定序列用DNAMAN软件编辑后,在NCBI中利用BLASTn软件与GenBank基因库中已知的16S rRNA序列进行同源性比较。

2 结果

2.1 高效除磷菌的分离与鉴定

从养殖污泥中分离出5株除磷菌,分别暂命名为D1、D2、D4、E1、C2。通过对各分离菌株在含20 mg/L GP-P的YG培养基中除磷率进行比较后发现,菌株D2的除磷效果最好,对20 mg/L GP-P的去除率可达80%。菌株D2经吕氏美兰染色后,菌体呈浅蓝色,poly-P呈深蓝色(图1),表明其具有明显的聚磷功能。通过NCBI网站对菌株D2(登录号:GU216700)的16S rRNA序列与数据库中各种菌的16S rRNA序列进行同源性比较后发现,菌株D2的16S rRNA序列与GenBank基因库中肠球菌属菌株的16S rRNA序列有99%–100%的高度同源性。且菌株D2与屎肠球菌(*Enterococcus faecium*)菌株KT4S13(登录号:AB481104)和CICC6078(登录号:DQ672262)的亲缘关系最近。由此初步确定菌株D2为肠球菌(*Enterococcus* sp.)。

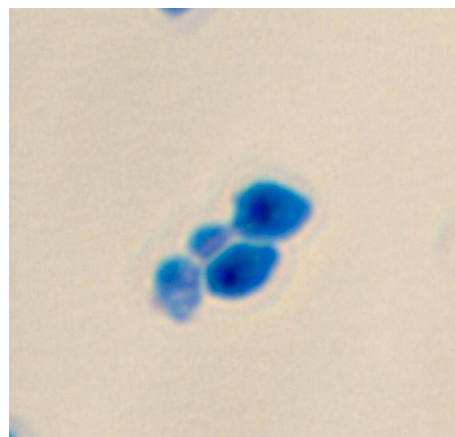


图1 吕氏美兰染色菌株D2菌体($\times 1000$)

Fig. 1 Strain D2 staining with Loeffler's methylene ($\times 1000$)

2.2 菌株D2的生长曲线与除磷曲线

以1%接种量将初始浓度为 1.7×10^6 CFU/mL的菌株D2菌悬液接种于LB培养基中,30℃、200 r/min条件下摇床培养,每2 h测定OD值(600 nm)^[7],绘制其生长曲线;同时以相同接种方式将该菌悬液接种于含20 mg/L GP-P的YG培养基中,于相同条件下摇床培养,每2 h测定培养物中菌株D2的除磷率,绘制除磷曲线。

试验结果(图2)表明,菌株D2的生长周期为:0–4 h为生长迟缓期,4–8 h为对数生长期,8–28 h为稳定期,28 h以后为衰亡期。此外,其在进入衰亡期之前的时间内随着时间的延长对20 mg/L GP-P的除磷率逐渐升高,在进入衰亡期后的28–32 h内对20 mg/L GP-P的除磷效果趋于稳定,其对20 mg/L GP-P的除磷率最高可达79.0%。

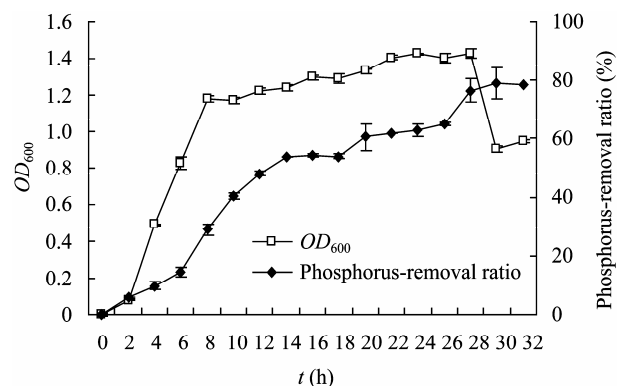


图2 菌株D2生长和除磷曲线

Fig. 2 Growth and phosphate-removal curve of strain D2

2.3 温度对菌株 D2 生长及除磷的影响

温度分别设置为 15℃、20℃、25℃、30℃、35℃ 和 40℃, 将初始浓度为 1.7×10^6 CFU/mL 的菌株 D2 菌悬液, 在每个温度条件下以 1% 接种量分别接种于 LB 培养基中, 恒温摇床振荡培养 24 h 后测定 OD 值(600 nm)^[7]。同时以相同方法将该菌悬液接种入含 20 mg/L GP-P 的 YG 培养基中, 于同样条件下摇床培养 24 h 后测定培养物中菌株 D2 的除磷率。

试验结果(图 3)表明, 菌株 D2 在 15℃–40℃ 范围内均能够生长, 其中菌株 D2 的最适生长温度范围是 25℃–35℃, 其 OD 值最高可达 1.391。此外, 菌株 D2 在 15℃–40℃ 范围内对 20 mg/L GP-P 均具有除磷作用, 其中菌株 D2 的最适除磷温度范围也是 25℃–35℃, 在此范围内其对 20 mg/L GP-P 的除磷率均可达 76.0% 以上。

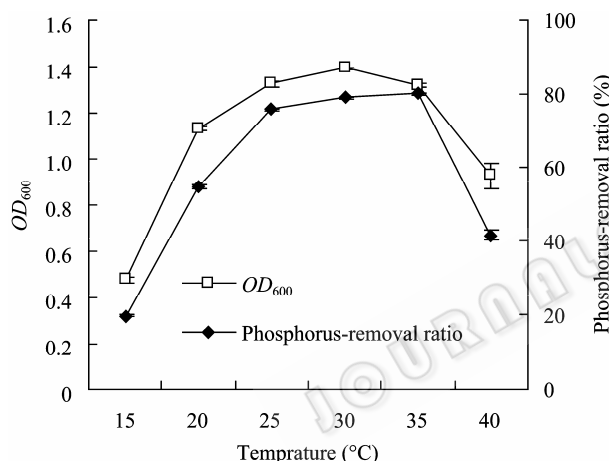


图 3 温度对菌株 D2 生长及除磷的影响

Fig. 3 Effect of temperature on growth and phosphate-removal ratio of strain D2

2.4 初始 pH 对菌株 D2 生长及除磷的影响

pH 分别设置为 4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、9.0, 将初始菌浓度为 1.7×10^6 CFU/mL 的菌株 D2 菌悬液在每个 pH 条件下以 1% 接种量分别接种入 LB 培养基中, 30℃ 恒温振荡培养 24 h 后测定 OD 值(600 nm)^[7]。同时以相同方法将该菌悬液接入含 20 mg/L GP-P 的 YG 培养基中, 同样条件下摇床培养 24 h 后测定培养物中菌株 D2 的除磷率。

试验结果(图 4)表明, 菌株 D2 在 pH 4.0–9.0 范围内均能够生长, 其中菌株 D2 的最适生长 pH 范围是 6.0–7.0, 在最佳生长范围内, 其 OD 值最高可达 1.490。此外, 菌株 D2 在 4.0–9.0 范围内对 20 mg/L

GP-P 均具有除磷作用, 其中菌株 D2 的最适除磷 pH 范围也是 6.0–7.0, 在此范围内其对 20 mg/L GP-P 的除磷率均可达 75.0% 以上。

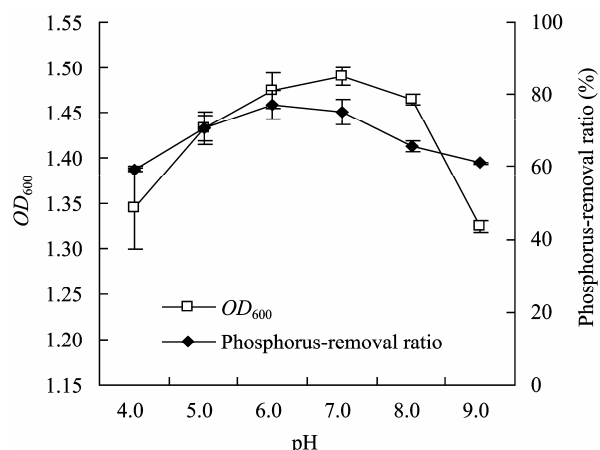


图 4 初始 pH 对菌株 D2 生长及除磷的影响

Fig. 4 Effect of initial pH on growth and phosphate-removal rate of strain D2

2.5 初始 GP-P 浓度对菌株 D2 生长及除磷的影响

将初始菌浓度为 1.7×10^6 CFU/mL 的菌株 D2 菌悬液以 1% 接种量分别接入含有不同 GP-P 浓度(5、10、20、30、40 mg/L)的 YG 培养基中, 30℃ 恒温摇床振荡培养 24 h 后测定 OD 值(600 nm)^[7], 及菌株 D2 的除磷率。

试验结果(图 5)表明, 菌株 D2 在 5–40 mg/L GP-P 中均能够生长, 其中菌株 D2 在 GP-P 浓度为 20 mg/L 时生长最好, 其 OD 值最高可达 1.359。此外, 菌株 D2 对 5–40 mg/L GP-P 均具有除磷作用, 其中菌株 D2 对 5–10 mg/L GP-P 的除磷效果最好, 对 5–10 mg/L GP-P 的去除率均可达 97.9% 以上。

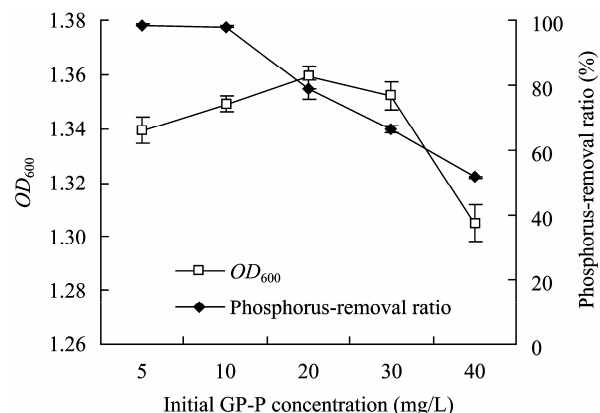


图 5 初始 GP-P 浓度对菌株 D2 生长及除磷的影响

Fig. 5 Effect of initial GP-P concentration on growth and phosphate-removal rate of strain D2

3 讨论

目前国内对可溶性有机磷的去除大多集中在物理化学方法研究上,而利用生物去除可溶性有机磷的研究却鲜见报道。如姜毅等^[11]、李艳君等^[12]、刘耀兴等^[13]分别采用硫酸改性的粉煤、活性氧化铝、水合氧化铈负载天然沸石吸附去除有机磷,贾会艳等^[14]用化学絮凝法去除有机磷。本试验从养殖污泥中分离筛选了一株高效去除可溶性有机磷的肠球菌 D2,并进一步研究了其生长特性和除磷特性,丰富了我国在可溶性有机磷生物去除研究方面的科学资料。

本试验发现,肠球菌 D2 对 GP-P 进行除磷作用后可在菌体内形成多聚磷酸盐颗粒,说明其可作为聚磷菌进行生物除磷,这与罗宁等^[15]的观点是一致的。此外,众多研究表明,肠球菌菌株不同,生长特性也有所不同。任晓燕等^[16]研究表明肠球菌在培养 6 h 后就进入对数增长期,并持续到 14 h,16–18 h 进入稳定期,18 h 后进入衰亡期;李春等^[17]试验发现肠球菌 A30 和 A31 的最佳生长条件分别为: pH 7.0 和 37℃、pH 7.0 和 39℃。本试验发现,肠球菌 D2 在培养 4 h 后就进入对数增长期,并持续到 8 h,之后进入稳定期,28 h 后进入衰亡期;其最适生长 pH 和温度分别是 7.0 和 30℃。这与任晓燕等^[16]、李春等^[17]的报道有所不同,可能与菌株差异、分离环境以及培养条件不同有关。

本试验结果表明,肠球菌 D2 的除磷条件不是非常严格,在 pH 4.0–9.0、温度 15℃–40℃ 范围内对 GP-P 均具有较好的除磷效果。如菌株 D2 在 pH 4.0 时对 GP-P 的除磷率也高于 60%,而且对初始浓度为 5–10 mg/L GP-P 的除磷率可达 95% 以上。此外,肠球菌 D2 对甘油磷酸钠的除磷效果在一定程度上优于一些可溶性无机磷去除菌株对正磷酸盐的除磷效果。如马放等^[7]分离的菌株 H19 和 H24 对 4.45 mg/L $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 的除磷率只有 88% 和 86%,汤桂兰等^[18]分离的菌株 K1 和 K2 对 10 mg/L $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 的除磷率也只有 74.1% 和 84.3%,均低于肠球菌 D2 对同等可溶性磷浓度的除磷效果。由此说明,本试验分离的菌株 D2 具有较好的应用前景。然而,目前微生物对可溶性无机磷与可溶性有机磷优先利用的研究主要集中在铜绿微囊藻等藻类上,一般认为正磷酸盐是促进藻类生长的最佳磷形态^[19],

而至于肠球菌等细菌优先利用可溶性无机磷还是可溶性有机磷,还有待于进一步研究。此外,包凌晟等^[20]研究表明,粪肠球菌(*Enterococcus faecalis*)等肠球菌菌株能够产甘油磷酸氧化酶,可以专一性地催化 α -磷酸甘油的氧化生成磷酸二羟丙酮和过氧化氢。至于肠球菌 D2 对 GP-P 的作用机理,是否也是通过产甘油磷酸氧化酶进行酶解反应还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] Cembella AD, Antia NJ, Harrison PJ. The utilization of inorganic and organic phosphorous compounds as nutrients by eukaryotic microalgae: a multidisciplinary perspective: part I. *CRC Cr Rev Microbiol*, 1984, **10**(4): 317–391.
- [2] 赵艳芳,俞志明,宋秀贤,等. 不同磷源形态对中肋骨条藻和东海原甲藻生长及磷酸酶活性的影响. *环境科学*, 2009, **30**(3): 693–699.
- [3] 邹迪,肖琳,杨柳燕,等. 不同形态磷源对铜绿微囊藻与附生假单胞菌磷代谢的影响. *环境科学*, 2005, **26**(3): 118–121.
- [4] 杨维东,钟娜,刘洁生,等. 不同磷源及浓度对利玛原甲藻生长和产毒的影响研究. *环境科学*, 2008, **29**(10): 2760–2765.
- [5] 刘晖,孙彦富,崔英德,等. 一株短程反硝化除磷菌的鉴定与生物学利用. *化工学报*, 2009, **60**(7): 1758–1766.
- [6] Starkenburg W Van, Rensink JH, Rijs GBJ. Biological P-removal: state of the art in the Netherlands. *Water Sci Technol*, 1993, **27**(6): 317–323.
- [7] 马放,王春丽,王立立. 高效反硝化聚磷菌株的筛选及其生物学特性. *哈尔滨工程大学学报*, 2007, **28**(6): 631–635.
- [8] Tomohiro M, Tomohiro Y, Junichi K, *et al.* A method for screening polyphosphate accumulating mutants which remove phosphate efficiently from synthetic wastewater. *Bioscience and Bioengineering*, 2003, **95**(6): 637–640.
- [9] 中华人民共和国国家标准. 水质总磷的测定. 钼酸铵分光光度法. GB/T 11893–1989.
- [10] Serafim LS, Lemos PC, Levantesi C, *et al.* Methods for detection and visualization of intracellular polymers stored by polyphosphate-accumulating microorganisms. *J Microbiol Methods*, 2002, **51**(1): 1–18.
- [11] 姜毅,曾炎林,吕永涛,等. 改性粉煤灰去除城市景观水中磷的试验研究. *西安建筑科技大学学报: 自然科学版*, 2009, **41**(1): 106–111.

- [12] 李艳君, 王莉红, 兰尧中. 活性氧化铝除磷吸附剂的试验研究. 昆明冶金高等专科学校学报, 2009, 25(1): 59-60, 65.
- [13] 刘耀兴, 郭会超, 欧阳通, 等. 水合氧化铈负载沸石对含磷废水的深度处理. 集美大学学报: 自然科学版, 2009, 14(2): 131-136.
- [14] 贾会艳, 杨云龙. 城市污水化学辅助除磷. 山西建筑, 2009, 35(14): 163-164.
- [15] 罗宁, 罗固源, 吉芳英, 等. 新型双泥生物反硝化除磷脱氮系统中微生物的组成. 中国给水排水, 2003, 29(8): 33-35.
- [16] 任晓燕, 剡根强, 周霞. 粪肠球菌生长曲线的测定. 畜牧兽医杂志, 2005, 24(6): 10-11.
- [17] 李春, 张丹, 张兰威, 等. 两株降胆固醇球菌生长条件的研究. 现代食品科技, 2005, 21(4): 28-30.
- [18] 汤桂兰, 花日茂, 孙振钧, 等. 高效聚磷菌的诱变选育及特性研究. 激光生物学报, 2006, 15(4): 413-417.
- [19] Robert HP. Phosphorus availability in lake Memphremagog and its tributaries. *Limnol Oceanogr*, 1987, 32(5): 1124-1137.
- [20] 包凌晟, 杜林方, 李海林, 等. 产磷酸甘油氧化酶菌株的鉴定及其酶学性质研究. 中国酿造, 2008(11): 15-18.

(上接 p.968)

征 稿 简 则

3.4 摘要写作注意事项

3.4.1 英文摘要:

1) 建议使用第一人称, 以此可区分研究结果是引用文献还是作者得出的; 2) 建议用主动语态, 被动语态表达拖拉模糊, 尽量不用, 这样可以避免好多长句, 以求简单清晰; 3) 建议使用过去时态, 要求语法正确, 句子通顺; 4) 英文摘要的内容应与中文摘要一致, 但可比中文摘要更详尽, 写完后务必请英文较好且专业知识强的专家审阅定稿后再返回编辑部。5) 摘要中不要使用缩写语, 除非是人人皆知的, 如: DNA, ATP 等; 6) 在英文摘要中, 不要使用中文字体标点符号。

3.4.2 关键词: 应明确、具体, 一些模糊、笼统的词语最好不用, 如基因、表达……

4 特别说明

4.1 关于测序类论文

凡涉及测定 DNA、RNA 或蛋白质序列的论文, 请先通过国际基因库 EMBL (欧洲) 或 GenBank (美国) 或 DDBJ (日本), 申请得到国际基因库登录号 (Accession No.) 后再投来。

4.2 关于版权

4.2.1 本刊只接受未公开发表的文章, 请勿一稿两投。

4.2.2 凡在本刊通过审稿、同意刊出的文章, 所有形式的(即各种文字、各种介质的)版权均属本刊编辑部所有。作者如有异议, 敬请事先声明。

4.2.3 对录用的稿件编辑部有权进行文字加工, 但如涉及内容的大量改动, 将请作者过目同意。

4.2.4 文责自负。作者必须保证论文的真实性, 因抄袭剽窃、弄虚作假等行为引发的一切后果, 由作者自负。

4.3 审稿程序及提前发表

4.3.1 来稿刊登与否由编委会最后审定。对不录用的稿件, 一般在收稿 2 个月之内通过 E-mail 说明原因, 作者登陆我刊系统也可查看。稿件经过初审、终审通过后, 作者根据编辑部返回的退修意见进行修改补充, 然后以投稿时的用户名和密码登陆我刊网上传电子版修改稿, 待编辑部复审后将给作者发送稿件录用通知单, 请作者将修改稿纸稿和签字盖章后的承诺书一并寄回编辑部, 按照稿号顺序进入排队发表阶段。

4.3.2 对投稿的个人和单位一视同仁。坚持文稿质量为唯一标准, 对稿件采取择优先登的原则。如作者要求提前发表, 请在投稿的同时提出书面报告, 说明该研究成果的重要性、创新性、竞争性和提前发表的必要性, 经过我刊的严格审查并通过后, 可予提前刊出。

5 发表费及稿费

论文一经录用, 将在发表前根据版面收取一定的发表费并酌付稿酬、赠送样刊及单行本。

6 联系我们

地址: 北京市朝阳区北辰西路 1 号院 3 号中国科学院微生物研究所《微生物学通报》编辑部(100101)

Tel: 010-64807511

E-mail: tongbao@im.ac.cn

网址: <http://journals.im.ac.cn/wwxtbcn>