

巨大芽孢杆菌对含钾矿物解钾作用的研究

杨艳梅¹,袁向芬²,钟艳¹,谢承卫^{1*}

(1. 贵州大学化学与化工学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州师范学院, 贵州 贵阳 550018)

摘要: 针对我国可溶性钾资源严重短缺,但不溶性钾矿资源极为丰富。利用巨大芽孢杆菌(ACCC10011)作用钾矿,提取矿物中的不溶性钾,并研究了矿物粒径、干湿条件、接菌量、体系pH、培养时间等因素对矿物解钾效果的影响。研究发现:当钾矿过200目,接菌量为 $6.9 \times 10^{14} - 1.74 \times 10^{15}$ cfu/g, pH为7.5,时间为1天的条件下,矿物中的速效钾含量比原矿增加1.43倍。

关键词: 钾矿; 巨大芽孢杆菌(ACCC10011); 速效钾

中图分类号: S144.9 文献标识码: A 文章编号: 1674-7798(2015)03-0032-03

DOI:10.13391/j.cnki.issn.1674-7798.2015.03.009

Study on potassium releasing from potassium-bearing minerals by *Bacillus megaterium*

YANG Yan-mei¹, YUAN Xiang-fen², ZHONG Yan¹, XIE Cheng-wei^{1*}

(1. School of Chemistry and Chemical Engineering, Guizhou University, Guiyang, Guizhou, 550025;

2. Guizhou Normal College, Guiyang, Guizhou 550018)

Abstract: In view of the serious shortage of soluble potassium resources and the abundant insoluble potassium in China, we use *Bacillus megaterium* (ACCC10011) affect potassium ore to extract insoluble potassium from the minerals, and we analyze the factors which influence on potassium releasing from potassium-bearing minerals such as the mineral particle size, dry and wet conditions, the inoculation amount, pH of the system and incubation time. The results indicate that the content of rapidly-available potassium will increase 1.43 times when the potash are 200 mesh, the inoculation quantity is $6.9 \times 10^{14} - 1.74 \times 10^{15}$ cfu/g, pH 7.5, and the time provided is one day.

Key words: potassium ore; *Bacillus megaterium*(ACCC10011); rapidly-available potassium

钾资源按其水溶性可分为水溶性钾盐资源和非水溶性含钾矿物^[1]。我国是一个可溶性含钾资源极为缺乏的国家,钾总资源量约11.95亿吨,钾盐储量4.57亿吨,仅占世界的2.6%,然而我国不溶性钾矿资源却十分丰富,如贵州省含钾岩石矿点就有近百个,有十余个矿点的储量上千万吨,仅铜仁矿带的储量就超过50亿吨^[2,3]。目前多采用火法^[4]、硫—氟混酸低温分解法^[5]、加压浸取法^[6]、硫酸加助剂低温分解法^[7]、高温烧结水浸取法^[8]及熔盐浸取法^[9]提取矿物中的钾,这些方法因能耗高,副产物多,污染大,对设备要求高等因素而未能推广使用。因此,寻找一种操作简便,节能高效的方法是开发不溶性钾矿的关键。

巨大芽孢杆菌是一类具有解钾解磷功效的细菌^[10,11],可将矿物中不溶性钾转化为可被作物吸收利用的速效钾。本实验尝试利用巨大芽孢杆菌处理钾矿,高效地提取矿物中的不溶性钾,提高钾矿利用率,为提取不溶性钾资源提供了新的可行方法,实现了资源的优化配置。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 实验矿物 实验所需的钾矿取自贵州铜仁,钾矿中主要成分含量见表1。由表1可知钾矿中钾含量很高,高效地提取其中的钾元素,可大大提高钾矿的利用率。

收稿日期:2014-12-13

基金项目:贵州大学引进人才科研项目,贵大人基合字(2013)55号。

作者简介:杨艳梅(1989-),女,贵州大学化学与化工学院2012级硕士研究生,研究方向:无机材料化学。

* 通信作者:谢承卫,副教授, E-mail: cwxi@gzu.edu.cn

表1 钾矿中的主要成分

样品	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	有机质	烧失量
钾矿	52%	15.82%	6.58%	3.23%	3.69%	11.79%	0.71%	0.051%	0.94%	1.35%	5.14%

1.1.2 实验菌株 实验所用的巨大芽孢杆菌从中国农业科学院微生物保藏中心购得。其菌落形态如图1左所示,单个菌落呈乳白色圆形小突起,边缘整齐,常形成皱褶。经革兰氏染色,可观察其显微形态如图1右所示,菌体为杆状,末端圆,单个或呈短链排列,革兰氏阳性菌。

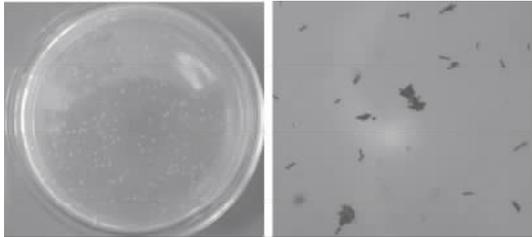


图1 巨大芽孢杆菌(ACCC10011)菌落形态(左)、显微形态(右)

1.2 实验方法

1.2.1 巨大芽孢杆菌的培养 将32g营养琼脂溶于1000mL去离子水中,并调节pH为7.0-8.0。将配好的培养基和平皿置于121℃高压灭菌锅中灭20min,然后在超净化灭菌平台进行平板接菌,放入28℃~30℃恒温箱中培养17小时。

1.2.2 菌悬液的制备 将培养好的巨大芽孢杆菌用无菌生理盐水冲入无菌三角瓶中,塞紧瓶塞,放入30℃、180r/min恒温振荡摇床,振荡30min,混匀待用。

1.2.3 样品的制备 称取一定粒径的自然风干的钾矿10g于培养皿中,加入一定量的菌悬液,搅拌均匀,用1mol·L⁻¹的稀NaOH溶液和1mol·L⁻¹的稀HCl溶液调节pH,然后放入30℃的恒温箱中培养一段时间,将样品放入80℃烘箱中烘干,测定样品中速效钾的含量。

1.2.4 样品的测定 样品中速效钾含量采用NH₄OAc浸提火焰光度法测定。

2 结果与讨论

2.1 钾矿的粒径对解钾效果的影响

称取过20目、40目、60目、100目、120目、140目、160目、200目筛的钾矿10g,分别加入等量的菌液,放在30℃恒温箱中培养,烘干,测量样品中速效钾的含量。结果如图2所示:随着矿物粒径的减小,巨大芽孢杆菌解离出矿物中的速效钾含量越高。这是由于巨大芽孢杆菌解钾主要作用于矿粒表面,粒径越小,表面积越大,速效钾含量越高。但粒径越小,矿物间隙的氧含量越少,不利于细菌的代谢作用,使解钾效果增加缓慢。综合考虑,选择过200目的钾矿。

2.2 干湿条件对解钾效果的影响

在处理矿物时,考虑到体系湿度对细菌解钾

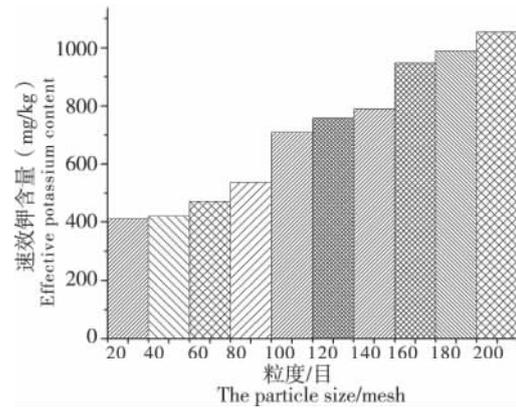


图2 钾矿粒度与样品速效钾含量关系

的影响,设计干燥(含水量小于20%)、湿润(含水量20%-50%)、淹水(含水量大于50%)三种条件。准确称取10g的过200目的钾矿于培养皿中,加入0.00mL、2.00mL、8.00mL的无菌水,模拟三种条件,再分别加入5mL菌液,放在30℃恒温箱中培养,烘干,测量样品中速效钾的含量。结果如图3所示:在设计三种条件下速效钾的含量相差不多,因此体系的湿度对细菌解钾几乎没有影响。

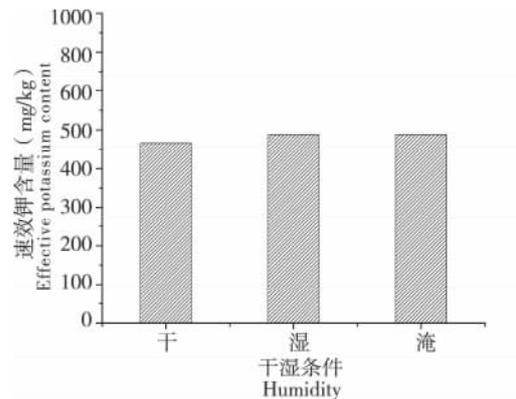


图3 干湿条件与样品速效钾含量关系

2.3 接菌量对解钾效果的影响

控制菌液浓度,以 2.3×10^{13} - 5.8×10^{13} cfu/g为基准,准确称取10g过200目的钾矿于培养皿中,分别加入接菌量为0.00mL、5.00mL、10.00mL、15.00mL、20.00mL、25.00mL、30.00mL、35.00mL、40.00mL、50.00mL菌液,放在30℃的恒温箱中培养,烘干,测量样品中速效钾的含量。结果如图4所示:随着菌液浓度增加,速效钾含量逐渐增加,但当接菌量大于30.00mL时,速效钾的含量降低。这是因为随着接菌量增加,矿物中的钾被充分分解,但当接菌量过大时,底物中的营养物质不足,导致部分细菌死亡,造成菌液浪费,解钾不充分。因此,控制接菌量为30.00mL,即 6.9×10^{14} - 1.74×10^{15}

cfu/g 时 细菌解钾效果最佳。

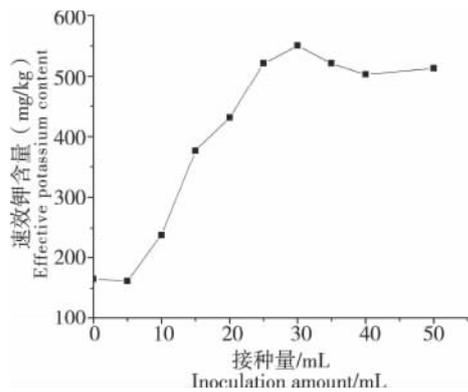


图4 接种量与样品速效钾含量的关系

2.4 体系 pH 对解钾效果的影响

准确称取 10g 过 200 目的钾矿于培养皿中,加入 30.00mL 菌液,并将体系的 pH 用 $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀 NaOH 溶液和 $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的稀 HCl 溶液分别调节为 5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8.0、8.5、9.0,放在 30℃ 的恒温箱中培养,烘干,测量样品中速效钾的含量。结果如图 5 可知:随着体系 pH 增加,肥料中速效钾的含量不断增加,当体系 pH 大于 7.5 时,速效钾含量随着 pH 增加而降低。这是因为体系 pH 偏酸或偏碱时都会影响细菌的生长,从而影响细菌分解矿物中的钾。因此,体系 pH 为 7.5 时,细菌解钾效果最佳。

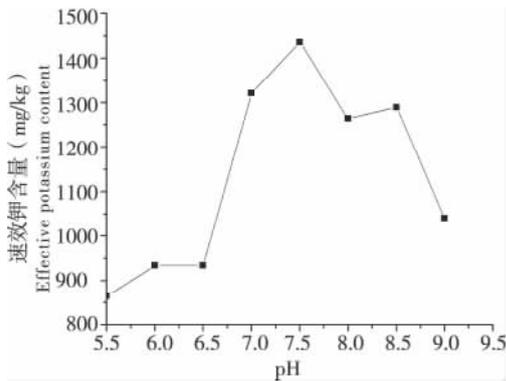


图5 体系 pH 值与样品速效钾含量关系

2.5 培养时间对解钾效果的影响

准确称取 10g 过 200 目的钾矿于培养皿中,加入 30.00mL 菌液,调节体系 pH 值为 7.5,放在 30℃ 的恒温箱中培养 1 天、2 天、3 天、4 天、5 天、6 天、7 天、8 天、9 天,烘干,测量样品中速效钾含量。结果如图 6 所示:细菌培养 1 天,速效钾含量达到最高,但随着培养时间增加反而降低。这可能因为培养时间太久,细菌为了自身生长,钾反而被吸收。因此,培养时间为 1 天时,处理矿物效果最佳。

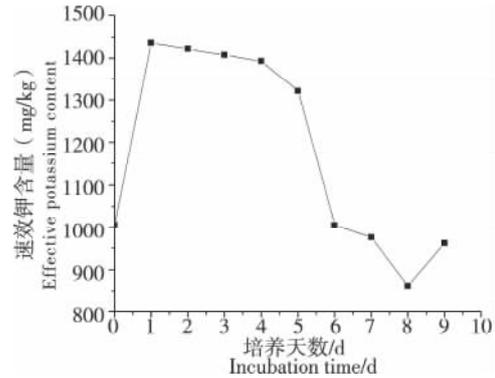


图6 培养时间与样品速效钾含量关系

量为 $6.9 \times 10^{14} - 1.74 \times 10^{15}$ cfu/g, pH 为 7.5, 时间为 1 天的最佳条件下,巨大芽孢杆菌对含钾矿物具有明显的解钾效果,其解离的速效钾含量比原矿增加 1.43 倍。而且利用本实验方法处理矿物具有操作简便,原料易得,能耗低,环境污染小等其他方法所不具备的优点,符合国家节能、降耗、减排、可持续发展的政策,有较好的工业开发前景,是未来开发不溶性含钾岩石,进行清洁生产、低碳生产的重要发展方向。

致谢: 特别感谢贵州大学疫病研究所对本实验中细菌的培养及细菌处理矿物等方面给予的大力支持!

参考文献:

- [1] 庾莉萍. 积极解决我国钾资源短缺的问题[J]. 磷肥与复肥, 2007, 22(6): 7-11.
- [2] 王斌. 低品位含钾矿物微生物转化过程与机理研究[D]. 贵州大学, 2007.
- [3] 宋娜, 杜文成. 铜仁市钾资源开发情况概述[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012, 32(7).
- [4] 乔繁盛. 我国利用钾长石的研究现状及建议[J]. 湿法冶金, 1998(2): 22-28.
- [5] 戚龙水, 马鸿文, 苗世顶. 碳酸钾助熔焙烧分解钾长石热力学实验研究[J]. 中国矿业, 2004, 13(1): 73-75.
- [6] 蓝计香, 颜涌捷. 钾长石中钾的加压浸取方法[J]. 高技术通讯, 1994(8): 26-28.
- [7] 马鸿文. 一种新型钾矿资源的物相分析及提取碳酸钾的实验研究[J]. 中国科学, D 辑, 2005, 35(5): 420-427.
- [8] 韩效钊, 金国清, 许民才等. 钾长石烧结法制钾肥时共烧结添加剂研究[J]. 非金属矿, 1997, 9(5): 27-28.
- [9] 陶红, 马鸿文, 廖它兵. 钾长石制取钾肥的研究进展及前景[J]. 矿产综合利用, 1998(1): 28-32.
- [10] 方华舟, 左雪枝. 稻田固氮解磷解钾菌筛选及其复合菌剂对土壤培肥作用[J]. 中国土壤与肥料, 2014(2): 82-87.
- [11] 吴伟, 瞿建宏, 胡庚东. 陈家长巨大芽孢杆菌对池塘微碱性水体中磷的形态和含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(4): 1508-1513.

[责任编辑: 吕娟]