模拟条件下胶质芽孢杆菌对含钾矿物分解效果的研究

吴迎奔, 贺月林, 曾 艳, 尹红梅, 靳 磊, 陈 薇

(湖南省微生物研究所, 湖南 长沙 410009)

摘 要: 通过模拟土壤环境, 研究了干燥、湿润和淹水条件对胶质芽孢杆菌降解钾长石和云母能力的影响。结果表明: 在湿润和淹水条件下, 胶质芽孢杆菌在 28℃, 10 d 使钾长石和云母中的速效钾分别增加了 226%和 219%, 而可溶性硅分别增加了 169%和 153%, 但是干燥条件却无菌生长, 因而均没变化。试验证明: 胶质芽孢杆菌能有效提高土壤中速效钾, 生产上使用硅酸盐菌剂有利于减少施肥量, 改善土壤微环境。

关键词: 胶质芽孢杆菌; 溶解钾; 可溶性硅

中图分类号: S154.39 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-060X (2011) 13-0026-03

Decomposition Effect of Potassium-containing Minerals by *Bacillus mucilaginosus* under Simulation Conditions

WU Ying-ben, HE Yue-lin, ZENG Yan, YIN Hong-mei, JIN Lei, CHEN Wei

(Hunan Institute of Microbiology, Changsha 410009, PRC)

Abstract: The influences of dry condition, wet condition and submerging condition on decomposition of potash feldspar and mica by *Bacillus mucilaginosus* were studied through simulating soil environment. The results indicated that under wet condition and submerging condition, using *Bacillus mucilaginosus* to decompose potash feldspar and mica at 28℃ for 10 days, the content of available potassium in potash feldspar and mica increased by 226% and 219% respectively, and the content of available silicon in potash feldspar and mica increased by 169% and 153% respectively; under dry condition, there were no changes in potash feldspar and mica for no *Bacillus mucilaginosus* living in dry soil. Therefore, *Bacillus mucilaginosus* can effectively increase content of available potassium in soil; using silicate bacteria preparation in production can reduce fertilizer rate and improve soil micro-environment.

Key words: *Bacillus mucilaginosus*; dissolved potassium; soluble silicon

钾是植物生长过程中的主要营养元素之一, 对农作物的生长起重要作用。由于我国可利用的钾资源较少, 钾肥产量不足, 致使大面积耕地普遍缺钾。然而, 我国钾长石资源非常丰富, 广泛分布于云南、贵州、四川、湖南、湖北等 19 个省区[1]。因此, 从钾长石中提钾一直受到我国重视。化学法研究已有很多报道[2-4], 但皆因成本、环保等原因一直未能实现大规模工业化生产。胶质芽孢杆菌 (*Bacillus mucilaginosus*) 俗称硅酸盐细菌[5], 是土壤中一种重要功能菌, 它能分解长石、云母等铝硅酸盐类的原生态矿物, 使土壤中络合性钾、难溶性硅等转变为可溶性供植物生长利用[6], 同时还可以产生多种生物活性物质促进植物生长[7]。大量试验表明以胶质芽孢杆菌为主要成份的生物钾肥在缺钾土壤上对各种农作物表现出较好的增产效果[8-10]。胶质芽孢杆菌解钾、硅作用是受多种因素制约的, 使其功能发挥的前提条件是要筛选出优良的菌株。纽旭光等[11-13]研究发现不同的菌株解钾能力存在较大差异; 已有的研究表明胶质芽孢杆菌在摇瓶条件下表现出较强的分解硅酸盐矿物的能力[14-15]。要使生物钾肥充分发挥高效、稳定的解钾功能, 必须研究模拟自然环境中菌株的解钾性能。为此, 在静置条件下, 模拟自然界客观存在的干燥、湿润和淹水条件来研究胶质芽孢杆菌对含钾矿物的分解作用, 以期为硅酸盐菌剂的科学应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试菌株: 胶质芽孢杆菌, 由湖南省微生物研究所分离筛选。供试矿物: 钾长石 (K 100 g/kg, SiO_2 591 g/kg) 和云母 (K 118 g/kg, SiO_2 452 g/kg),

收稿日期: 2011-05-09

基金项目: 湖南省农业厅"一化四体系"建设项目 (湘农业函[2008]107 号); 湖南省科技厅重大专项 (2009 FJ1005); 湖南省生猪产业技术体系生猪产业规模养殖与环境控制岗位项目资助

作者简介: 吴迎奔 (1981-), 男, 湖南长沙市人, 硕士研究生, 助理研究员, 主要从事环境与土壤微生物方面的研究。

通讯作者: 贺月林

经研磨成粉状,过 100 目筛,用去离子水洗去水溶性钾、硅等离子,阴干,备用。培养基:菌株培养、计数与解钾试验所用培养基配方[10-11]。钾源培养基组成为:葡萄糖 10 g/L、Na_2HPO_4 0.2 g/L、$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2 g/L、NaCl 0.2 g/L、$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 0.2 g/L、$CaCO_3$ 0.1 g/L、钾源粉(钾长石或云母) 10 g/L,pH 值 7.0~ 7.2,蒸馏水 1 000 mL。

1.2　方　法

1.2.1　胶质芽孢杆菌对钾矿物的分解作用　在 100 mL 三角瓶中加入 10 g 钾矿物(钾长石或云母)和 2 g 石英砂的混合物。模拟 3 种自然界的干燥、湿润和淹水条件,干燥、湿润和淹水 3 种条件下加入的缺 K 培养基分别为 0、10 和 30 mL,使钾矿物与石英砂混合物的含水量分别为 0、420.6 g/kg 和 1240 g/kg。考虑到静止培养期间水分挥发,在培养期间内不时地加入无菌水以维持每个处理原来所模拟的 3 种自然界的环境条件。接种量为每瓶接 2 mL 菌悬液(菌悬液用无菌生理盐水洗去培养基,用无菌水稀释成 1×10^8 cfu/mL 菌悬液用于接种),同时设不接菌作为 CK 组,试验设 3 个重复,30℃静止培养,培养 0、10、20、30 d 取样分析。

1.2.2　测试方法　对于干燥和湿润处理的样品,一部分采用 1 mol/L 中性草酸—草酸铵溶液提取,硅钼蓝比色法测定发酵液中硅的含量。另一部分参照采用火焰光度法测定发酵液中的钾含量[16];对于淹水处理的样品,一部分用于培养液中草酸的测定,草酸的测定方法见文献[17]。另一部分先进行真空浓缩,再用上述同样方法测定钾含量。样品在处理前测 pH 值,以及采用平板计数法测定活菌数。

2　结果与分析

2.1　环境条件对胶质芽孢杆菌释钾作用的影响

干燥条件下,由于胶质芽孢杆菌不能正常生长,几乎不能分解含钾矿物并释放其中的钾元素;而湿润和淹水的环境条件有利于供试菌株对钾矿物的分解作用,且湿润和淹水条件对供试菌株的解钾作用无显著差异(表 1)。由于钾长石是一种含钾的原生矿物,较易分解,云母是一种含钾的造岩矿物,较难分解,胶质芽孢杆菌菌株对钾长石的分解效果均好于对云母的分解效果。例如湿润条件下,28℃恒温静置培养 30 d 后,胶质芽孢杆菌从矿物中释放的钾比 CK 分别增加 14.35 mg/L (云母) 和 16.14 mg/L (钾长石),其增加比例分别达 219% (云母) 和 226% (钾长石)。

表 1　不同条件对胶质芽孢杆菌释 K 作用的影响　(mg/l)

处　理		云　母				钾长石			
		0 d	10 d	20 d	30 d	0 d	10 d	20 d	30 d
CK	干燥	6.51	6.48	6.51	6.53	7.12	7.11	7.10	7.08
	湿润	6.53	6.49	6.51	6.46	7.04	7.12	7.05	7.03
	淹水	6.52	6.44	6.51	6.52	7.11	7.11	7.06	7.12
接种	干燥	6.48	6.88	6.89	6.92	7.11	7.42	7.47	7.48
	湿润	6.51	11.86	18.72	20.81	7.06	13.58	20.69	23.17
	淹水	6.45	12.46	19.12	21.36	7.12	14.01	21.38	24.49

从表 2 中可以看出,胶质芽孢杆菌接入含钾矿物的培养基中,在 0~10 d 内,细胞数量均逐渐增加,培养 10~20 d,细胞数量维持稳定,20 d 后细胞数量开始下降;随着培养时间延长,培养液中的 pH 值也随之下降。试验证明,供试菌株在湿润或淹水环境中通过本身的代谢活动来分解含钾矿物并释放出其中的 K 元素。

表 2　湿润条件对胶质芽孢杆菌代谢活性的影响

钾　源	细胞数量 ($\times10^6$ cfu/ml)				pH			
	0 d	10 d	20 d	30 d	0 d	10 d	20 d	30 d
云母	4.4	205.4	192.7	26.7	7.5	5.6	5.4	5.7
钾长石	3.5	210.6	187.3	31.5	7.2	5.4	5.8	5.6

2.2　环境条件对胶质芽孢杆菌释硅作用的影响

胶质芽孢杆菌分解含钾矿物释放 Si 的作用与释钾作用相似(表 3)。胶质芽孢杆菌从矿物中释放的硅比 CK 分别增加 7.28 mg/L (钾长石) 和 7.70 mg/L (云母),其增加比例分别达 169%和 153%。但是云母释放总量稍高于钾长石。研究表明,草酸对硅有很强的络合能力,胶质芽孢杆菌有较强的释硅作用与其代谢过程中产生较多的草酸有关。图 1 表明,培养 10 d,胶质芽孢杆菌培养液中草酸含量比对照培养液中的分别增加 107.5 mg/L (钾长石) 和 110.8 mg/L (云母)。胶质芽孢杆菌是兼性好氧菌,因此在湿润或淹水条件下都可以很好地促进钾长石与云母的释钾和解硅作用。对于胶质芽孢杆菌分解含钾矿物机理的研究已有一些报道[11]。研究表明,胶质芽孢杆菌可以通过酸解和络合作用来分解

表 3　不同条件对胶质芽孢杆菌释 Si 作用的影响　(mg/l)

处　理		云　母				钾长石			
		0 d	10 d	20 d	30 d	0 d	10 d	20 d	30 d
CK	湿润	4.41	4.32	4.39	5.11	5.16	5.05	4.49	5.11
	淹水	4.45	4.31	4.29	5.06	5.13	5.17	4.35	5.07
接种	湿润	4.31	9.67	12.10	10.63	5.03	8.23	12.73	11.59
	淹水	4.36	9.86	12.05	11.19	5.11	8.71	12.37	11.86

含钾矿物并释放出其中的钾、硅元素。

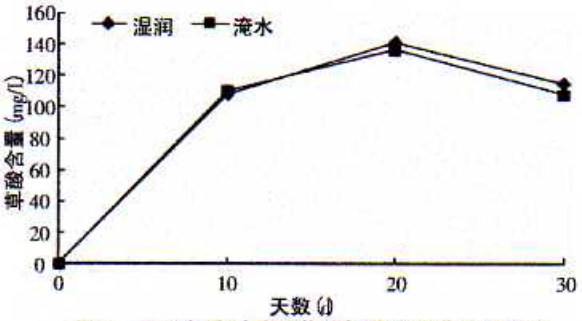


图1 不同条件对胶质芽孢杆菌产生草酸的影响

3 结 论

在干燥的条件下，胶质芽孢杆菌不能进行正常的生长、代谢，不能分解含钾矿物释放出钾和硅元素。在淹水或湿润的环境条件下胶质芽孢杆菌能正常地生长、代谢，从而分解含钾矿物并释放出其中的钾和硅元素。湿润条件下，28℃恒温静置培养10 d，胶质芽孢杆菌释放出的钾比CK增加226%，释放的硅比CK增加148%。胶质芽孢杆菌通过酸解和络合溶解作用来分解含钾矿物。因此胶质芽孢杆菌在环境条件适宜的情况下，对土壤中含钾岩石矿物的溶解起着重要的作用。

参考文献：

[1] 杜彩琼，林克惠. 硅素营养研究进展 [J]. 云南农业大学学报，2002，17 (2)：192-196.

[2] 邱龙会，金作美，王励生. 钾长石热分解生成硫酸钾的实验研究[J]. 化肥工业，2000，27 (3)：19-22.

[3] 韩效钊，胡 波，陆亚玲，等. 钾长石与氯化钠离子交换动力学[J]. 化工学报，2006，57 (9)：2201-2206.

[4] 彭清静，邹晓勇，黄 诚. 氯化钠熔浸钾长石提钾过程[J]. 过程工程学报，2002 (4)：146-150.

[5] Liu W X, Xu X S, Wu X H, et al. Decomposition of silicate minerals by Bacillus mucilaginosus in liquid culture[J]. Environmental Geochemistry and Health, 2006, 28 (2)：120-130.

[6] Monib M, Zahra M K, AbdeJ-AL S I. Role of silicate bacteria in releasing K and Si from biotite and orthoclase[J]. Soil Biology and Conservation of the Biosphere, 1986, (2)：733-743.

[7] 葛 诚. 微生物肥料生产应用基础[M]. 北京：中国农业出版社，2000：81-84.

[8] 郭勋斌，吴洪生，刘怀阿，等. 钾细菌制剂对水稻生长发育的影响[J]. 江西农业大学学报，2001，23 (3)：447-449.

[9] 孙福来，王文风，张金光，等. 硅酸盐菌剂在小麦上的应用效果[J]. 土壤肥料，2002，(3)：31-32.

[10] 盛下放，黄为一. 硅酸盐细菌NBT菌株释钾条件的研究. 中国农业科学，2002，35 (6)：673-677.

[11] 纽旭光，华秀英，何随成. 硅酸盐细菌解钾活性的研究[J]. 土壤通报，2005，36 (3)：950-953.

[12] 王 伟，李 佳，刘金淑，等. 硅酸盐细菌菌株的分离及其解钾解硅活性初探[J]. 安徽农业科学，2009，(17)：7889-7891.

[13] 闫华晓，赵 辉，朱硕斐，等. 硅酸盐细菌DMS3促进钾长石释钾及绿豆生长作用研究[J]. 安徽农业科学，2009，37 (35)：17503-17504.

[14] 刘光烨，林 洋，黄昭贤. 硅酸盐细菌解钾兼拮抗活性菌株的筛选[J]. 应用与环境生物学报，2001，7 (1)：66-68.

[15] 陈廷伟，陈华癸. 钾细菌的形态生理及其对磷钾矿物的分解能力[J]. 微生物，1960，(2)：104-112.

[16] Cromack K, Sollins Graustein W C. Calcium oxalate accumulation and soil weathering in mats of the hypogeous fungus Hysterangium crassu. Soil Biol. Biochem., 1979, 11 (5)：463-468.

[17] 连 宾，傅平秋，莫德明，等. 硅酸盐细菌解钾作用机理的综合效应[J]. 矿物学报，2002，2 (2)：179-183.

(责任编辑：高国赋)

(上接第25页)

[1] 代 鹏，等. 一株拮抗放线菌菌株JFA-001的鉴定[J]. 植物保护学报，2008，35 (1)：95-96.

[2] 汪江峰，张玲玲，黄 剑. 放线菌P3-2的抗菌活性筛选几发酵液稳定性研究[J]. 现代农业科技，2010，6：16-19.

[3] Kiyoshi Isono. Nucleoside antibiotics: strutre, biological activity, and biosynthesis. The journal of antibiotics [J]. 1988, 12 : 1711-1739.

[4] 陈文青，邓子新. 核苷类抗生素代谢工程的研究现状及展望[J]. 中国抗生素杂志，2009，34 (3)：129-141.

[5] 周德庆. 微生物学实验手册 [M]. 上海：上海科学技术出版社，1986.

[6] Wang X L, Ying A L, Wang W N, Nanofiltration of L-phenylalanine and L-aspartic acid aqueous solution[J]. J Membr Sci, 2002, 196 (1) : 59.

[7] Brites Alves A M, Morao A, Cardoso J P, et al. Isolation of antibiotics from industrial fermentation broths using membrane technol-ogy[J]. Desalination, 2002, 148: 181.

[8] Zhang W, He G, Gao P. et al. Development and characterization of composite nanofiltration membranes and their application in con-centration of antibiotics[J]. Sep Purif Technol, 2003, 30: 27.

(责任编辑：李 睿)