

不同条件下硅酸盐细菌对含钾矿物分解作用的研究

盛下放 冯 阳

(南京农业大学生命科学院 南京 210095)

DISSOLUTION OF POTASSIUM-BEARING MINERALS BY SILICATE-DISSOLVING BACTERIA UNDER DIFFERENT CONDITIONS

SHENG Xia-fang FENG Yang

(College of Life Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

摘 要 研究了淹水、湿润和干燥条件下接种与未接种对含 K 矿物钾长石和页岩分解作用的影响。结果表明,在干燥条件下,硅酸盐细菌不能分解供试矿物释放出其中的 K 和 Si;湿润或淹水条件下,硅酸盐细菌能显著加快供试矿物的分解而释放出 K 和 Si,其中硅酸盐细菌 NBT 菌株分解矿物释放 K 的效果好于 NFT-2 菌株,而 NFT-2 菌株释放 Si 的效果优于 NBT 菌株。淹水条件下,28 恒温静置培养 40 天后,NBT 菌株从矿物中累积释放的 K 量占矿物中 K 含量的 7.3% (钾长石)和 10.2% (页岩),分别比对照组 K 释放量增加 221% (钾长石)和 232% (页岩);NFT-2 菌株从矿物中累积释放的 Si 量占矿物中 Si 含量的 11.6% (钾长石)和 13.2% (页岩),分别比对照组 Si 释放量增加 170%和 190%。硅酸盐细菌分解含 K 矿物的作用与其代谢活性有关。

关键词 硅酸盐细菌;含钾矿物;矿物分解;钾;硅

中图分类号 Q93, S14

钾是作物生长必需的大量元素之一, Si 素营养在作物生长及抗逆性方面发挥着重要的作用^[1]。K 已成为继 N、P 元素之后限制农作物产量和品质的第 3 种大量元素^[2]。但我国可溶性 K 肥资源十分匮乏,然而含 K 岩石却十分丰富^[3]。研究如何将含 K 矿物中的 K、Si 释放出来作为作物吸收利用,具有重要的理论与实际意义^[4]。硅酸盐细菌 (Silicate-dissolving Bacteria) 能释放由硅酸盐组成的岩石矿物中的 P、K、Si 等元素,直接供给植物生长利用,同时亦有固氮功能^[5]。Monib 等^[6]的研究发现,硅酸盐细菌可促进正长石和云母粉中 K 和 Si 的溶解。已有的研究表明硅酸盐细菌在摇瓶条件下表现出较强的分解硅酸盐矿物的能力^[7-9]。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硅酸盐细菌对含 K 矿物的分解作用,以期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:硅酸盐细菌 NBT 菌株和 NFT-2 菌株,由本课题组分离筛选。

供试矿物:钾长石 (K 100 g/kg, SiO₂ 591 g/kg) 和页岩 (K 116 g/kg, SiO₂ 550 g/kg),经研磨成粉状,过 100 目筛,用去离子水洗去水溶性 K、Si 等离子,阴干,备用。

培养基:菌株培养、计数与解 K 试验所用培养基配方见文献[8]。

1.2 方 法

1.2.1 硅酸盐细菌对钾矿物的分解作用 在 50 ml 三角瓶中加入 10 g 钾矿物 (钾长石或页岩) 和 2 g 石英砂的混合物。模拟 3 种自然界客观存在的干燥、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、5 和 15 ml,使钾矿物与石英砂混合物的含水量分别为 0、416.70 和 1250 g/kg。考虑到静止培养期间水分会慢慢地挥发,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 种自然界的客观条件。接种量为每瓶接 1ml 菌悬液 (菌悬液用无菌生理盐水洗去培养基,

用无菌水调成 5.4×10^7 个/ml 菌悬液用于接种), 同时设不接菌 CK, 试验设 3 个重复, 28 静止培养, 培养 0、10、20、30、40 天后取样分析; 对于干燥条件处理的样品, 在培养 0、40 天后取样分析。

1.2.2 测试方法 对于干燥和湿润处理的样品, 一部分采用 1mol/L 中性草酸-草酸铵溶液提取, 硅钼蓝比色法测定发酵液中 Si 的含量。另一部分参照文献[4], 采用火焰光度法测定发酵液中的 K 含量。对于淹水处理样品, 一部分用于培养液中草酸的测定, 草酸的测定方法见文献[10], 另一部分先进行真空浓缩, 再用上述同样方法测定 K 和 Si 含量, 样品在处理前测 pH 值和活菌数, 活菌数采用平板计数法。

2 结果与讨论

2.1 环境条件对硅酸盐细菌释 K 作用的影响

干燥条件下, 由于硅酸盐细菌不能正常生长, 几乎不能分解含 K 矿物释放出其中的 K 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 K 作用无显著差异(表 1)。由于页岩是一种含 K 的次生矿物, 易于分解, 而钾长石是一种含 K 的原生矿物, 较难分解, 无论是 NBT 菌株还是 NFT-2 菌株, 对页岩的分解效果均好于对钾长石的分解效果。另外, NBT 菌株分解矿物释放 K 的效果好于 NFT-2 菌株, 淹水条件下, 28 恒温静置培养 40 天后, NBT 菌株从矿物中释放的 K 比 CK 增加 221 % (钾长石) 和 232 % (页岩); 由表 2 可以看出, 无论是 NBT 菌株还是 NFT-2 菌株, 接入含 K 矿物的培养基中, 在 0~10 天内, 细胞数量均逐渐增加, 培养 10~20 天, 细胞数量维持稳定, 20 天后细胞数量开始下降; 随着培养时间延长, 培养液中的 pH 也随之下降(表 2)。由以上分析可以看出, 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 K 矿物释放出其中的 K 元素。

表 1 不同条件对硅酸盐细菌释 K 作用的影响

培养时间 (天)	接菌比 CK 增加的 K (%)							
	NBT+F		NBT+S		NFT-2+F		NFT-2+S	
	湿润	淹水	湿润	淹水	湿润	淹水	湿润	淹水
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	80	82	93	95	83	81	90	91
20	171	154	170	183	144	108	163	161
30	196	199	202	205	166	152	185	189
40	212	221	225	232	195	187	208	214

注: F 为钾长石; S 为页岩。

表 2 淹水条件对硅酸盐细菌代谢活性的影响

培养时间 (天)	细胞数量 ($\times 10^6$ 个/ml)				pH			
	NBT+F	NBT+S	NFT-2+F	NFT-2+S	NBT+F	NBT+S	NFT-2+F	NFT-2+S
0	3.4	3.4	3.4	3.4	7.5	7.5	7.5	7.5
10	210.0	223.0	168.8	201.8	5.6	5.4	5.8	5.7
20	198.5	194.5	161.2	190.5	5.4	5.2	5.5	5.6
30	19.8	21.2	15.6	24.7	5.3	5.2	5.4	5.3
40	7.1	12.4	5.8	10.6	5.3	5.3	5.4	5.3

2.2 环境条件对硅酸盐细菌释 Si 作用的影响

硅酸盐细菌分解含 K 矿物释放 Si 的作用与释 K 作用相似(表 3)。NBT 菌株从矿物中释放 K 的能力比 NFT-2 菌株强(表 1), 但 NFT-2 菌株从矿物中释放 Si 的能力比 NBT 菌株强(表 3)。NFT-2 菌株

从矿物中释放的 Si 比 CK 增加 176 % (钾长石) 和 190 % (页岩)。NFT-2 菌株释放的 Si 比 NBT 菌株释放的 Si 增加 11 %~32 % (钾长石) 和 16 %~41 % (页岩)。研究表明, 草酸对 Si 有很强的络合能力, NFT-2 菌株有较强的释 Si 作用与其代谢过程中产生

表 3 不同条件对硅酸盐细菌释 Si 作用的影响

培养时间 (天)	接菌比 CK 增加的 Si (%)							
	NBT+F		NBT+S		NFT-2+F		NFT-2+S	
	湿润	淹水	湿润	淹水	湿润	淹水	湿润	淹水
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	88	92	89	95	102	103	114	111
20	105	106	110	109	137	143	147	144
30	119	121	121	132	156	161	165	161
40	135	138	141	149	167	170	187	190

较多的草酸有关。图 1 表明, 培养 10 天, NFT-2 菌株培养液中草酸含量分别比 NBT 菌株培养液中草酸含量增加 36.5% (钾长石) 和 16.4% (页岩)。硅酸盐细菌是兼性好氧菌, 因此在湿润或淹水条件下都可以很好地促进钾长石与页岩的释 K 和解 Si 作用。对于硅酸盐细菌分解含 K 矿物机理的研究已有一些报道^[9]。本研究表明, 硅酸盐细菌可以通过酸解和络合作用来分解含 K 矿物并释放出其中的 K、Si 元素。

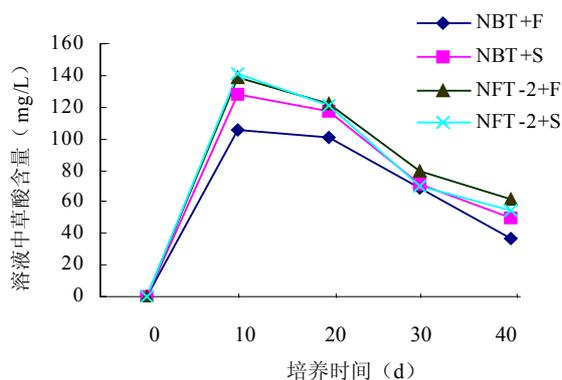


图 1 不同条件对供试菌株产生草酸的影响

3 结论

在干燥的条件下, 供试菌株 NBT 和 NFT-2 由于不能进行正常的生长、代谢, 不能分解含 K 矿物释放出其中的 K 和 Si 元素。在淹水或湿润的环境条件下, 供试菌株 NBT 和 NFT-2 均能正常地生长、代谢, 从而分解含 K 矿物并释放出其中的 K 和 Si 元素。淹水条件下, 28 恒温静置培养 40 天, 供试菌株释放出的 K 比 CK 增加 187%~232%, 释放的 Si 比 CK 增加 138%~190%; NBT 菌株释放的 K 比 NFT-2 菌株释放的 K 增加 18%~34%, 而

NFT-2 菌株释放的 Si 比 NBT 菌株增加 11%~41%。供试菌株通过酸解和络合溶解作用来分解含 K 矿物。硅酸盐细菌在环境条件适宜的情况下, 对土壤中含 K 岩石矿物的溶解起着重要的作用。

参考文献

- 杜彩琼, 林克惠. 硅素营养研究进展. 云南农业大学学报, 2002, 17 (2): 192~196
- 薛泉宏, 李素俭, 张俊宏, 沈建伟, 尚浩博. 液培条件下钾细菌对土壤养分的活化作用研究. 西北农业大学学报, 1999, 27 (2): 33~37
- 中国科学院地球化学研究所. 资源环境与可持续发展. 北京: 科学出版社, 1999, 142~143
- 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. 微生物, 1960, 2: 104~112
- 李华, 陈万仁, 王光龙. 新型胶冻样芽孢杆菌及其突变株的诱变选育. 土壤, 2003, 35 (1): 73~75
- Monib M, Zahra MK, Abdel-AL SI. Role of silicate bacteria in releasing K and Si from biotite and orthoclase. Soil Biology and Conservation of the Biosphere, 1986, 2: 733~743
- 刘光焯, 林洋, 黄昭贤. 硅酸盐细菌解钾兼拮抗活性菌株的筛选. 应用与环境生物学报, 2001, 7 (1): 66~68
- 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
- 连宾, 傅平秋, 莫德明, 刘丛强. 硅酸盐细菌解钾作用机理的综合效应. 矿物学报, 2002, 22 (2): 179~183
- Cromack K, Sollins P, Graustein WC. Calcium oxalate accumulation and soil weathering in mats of the hypogeous fungus *Hysterangium crassu*. Soil Biol. Biochem., 1979, 11: 463~468