

风化程度不同的黄金矿石中微生物的调查

任 涛 丁子微 林稚兰

(北京大学生命科学学院 北京 100871)

摘要 对我国广西某地尚未开采的黄金矿床中风化程度不同的黄金矿石进行微生物分离,结果分离出 6 株霉菌和 6 株细菌,未发现酵母菌、放线菌和专性厌氧菌。三种风化程度不同的矿石中均分布有蜡状芽孢杆菌和氧化亚铁硫杆菌。

关键词 风化的黄金矿石,蜡状芽孢杆菌,氧化亚铁硫杆菌
分类号 Q938

据报道,通过某些微生物的氧化、吸附作用或微生物代谢产物的溶浸作用,可以从含砷、硫金矿中浸提黄金^[1~3];亦可利用蜡状芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)对黄金特殊的敏感性和亲和力,制成探测金矿的探针^[4]。为了选出对环境有高度适应力的可用于湿法冶金的微生物,我们对尚未开采的风化程度不同的黄金矿石中微生物进行分离。

1 材料与方法

1.1 样品采集

由中国地质大学能源系张爱云、翁成敏教授惠赠。采集我国广西尚未开采的金矿中三种风化程度不同的黄金矿石:完全风化矿石(金矿石表层粉末状矿粉),部分风化矿石(金矿浅层片层状结构矿石),未见风化矿石(金矿深层坚硬核心矿石)。

1.2 微生物分离

无菌操作取样,常规方法增殖,分离纯化好氧和厌氧微生物。霉菌用马铃薯葡萄糖培养基、酵母菌用麦芽汁培养基、放线菌用高氏合成 1 号培养基、化能异养型细菌用普通营养琼脂或 LB 培养基、氧化亚铁硫杆菌用里逊(Leather)培养基、氧化硫硫杆菌用史塔克(Starkey)培养基、厌氧菌在厌氧罐中培养。

1.3 细菌鉴定

按文献 [5~7] 方法,按伯杰细菌鉴定手册

进行。

1.4 显微镜观察

采用 Olympus 光学显微镜和 JEM-100CX 型透射电镜。

2 结果与讨论

2.1 黄金矿石中的微生物类群

从三种风化程度不同的黄金矿石中重复 3 次未分离到放线菌、酵母菌、专性厌氧菌及氧化硫硫杆菌。共分离到 6 株霉菌、5 株化能异养型细菌和 1 株氧化亚铁硫杆菌。值得注意的是在三种风化程度不同的黄金矿石中共同存在的只有一种枝孢属(*Cladosporium*)的霉菌和蜡状芽孢杆菌、氧化亚铁硫杆菌(*Thiobacillus ferrooxidans*)两种细菌。我国学者黄淑惠曾报道枝孢属一株芽孢状枝孢(*Cladosporium cladosporioides*)有吸附金的能力;许多文献报道金矿石中氧化亚铁硫杆菌承担了从砷-金精矿中浸提金的主要任务;三种风化程度不同黄金矿石中均有蜡状芽孢杆菌存在,表明蜡状芽孢杆菌确实可作为金矿探找的一个指征。上述三种黄金矿石中共同存在这三种菌,可能并非偶然,提示它们在金矿的微生物探、采中可能的重要位置。

2.2 黄金矿石中分离的霉菌

未风化的黄金矿石中分离到一株枝孢属

1997-07-11 收稿

表1 六株细菌形态和培养特征

菌株	菌体形态	菌体大小	芽孢	荚膜	鞭毛	革兰氏染色	PHB颗粒染色	普通营养琼脂平板	LB斜面	LB液体
1	杆状	0.7×1.5	-	-	极生	G ⁻		菌落圆形,表面光滑湿润,边缘整齐,菌落微黄色,	薄膜状	形成菌膜
2	杆状	1.1×3.2	+	-	周生	G ⁺	+	菌落圆形,表面稍干燥,边缘波状,菌落乳白色,不透明	扩展状	形成菌膜
3	杆状	0.7×1.5	-	-	周生	G ⁻		菌落圆形,表面光滑湿润,边缘波状,菌落微黄色,不透明	念珠状	产生沉淀
4	杆状	0.7×1.4	-	-	周生	G ⁻		菌落圆形,表面光滑湿润,边缘整齐,菌落乳白色,微凸,不透明	念珠状	产生沉淀
5	杆状	0.7×1.4	-	-	周生	G ⁻		菌落圆形,表面光滑湿润,边缘整齐,菌落微黄色,透明	念珠状	产生沉淀
6	杆状	0.5×1.0	-	-	端生	G ⁻		里逊平板上菌落圆形,凸起,菌落琥珀色,菌落周围有橘红色高铁沉淀	里逊培养液中28-30 振荡培养五天溶液 混浊产生桔红色沉淀	

注: - 表示没有, / 表示未检测, 2号芽孢囊不膨大, 细胞内无伴胞晶体; 6株菌在黄金矿石中分布: 完全风化矿石(2.6.1.4号菌), 部分风化矿石(2.6.1.5号菌)未风化矿石(2.6.3号菌)。

的霉菌; 部分风化和完全风化的黄金矿石中除枝孢属之外, 尚分离到5株霉菌, 分别属于青霉属(*Penicillium*)、曲霉属(*Aspergillus*)、木霉属(*Trichoderma*)。文献报道该三属中的某些菌产生的代谢产物中的氨基酸、有机酸等可与金生成水溶性螯合物来溶浸出矿石中的金, 我们分离的霉菌在溶金和吸附金方面的作用尚待证实。

2.3 黄金矿石中分离的细菌

对分离的6株细菌按《Bergey's细菌鉴定手册》等方法将细菌分类到属(2.6号分类到种)。形态和培养特征见表1所示, 生理生化特征见表2、表3。

从菌株2的形态、培养特征和生理生化特性鉴定结果, 为芽孢杆菌属的蜡状芽孢杆菌。图1所示为蜡状芽孢杆菌电镜下的细胞形态。根据菌株6的形态和培养特征及在 $FeSO_4$ 培养基上反复分离纯化、鉴别结果, 进一步确认为氧化亚铁硫杆菌。2、6号菌在三种不同风化程度的黄金矿石中均有分布。根据菌株1的形态、培养特征和生理生化特性, 鉴定为假单胞菌科(*Pseudomonadaceae*) 葡糖杆菌属(*Glucono-*

bacter), 它只分布在完全风化和部分风化的黄金矿石中。菌株3、4、5均为肠杆菌科(*Enterobacteriaceae*), 分别为欧文氏菌属(*Erwinia*)、

表2 五株细菌生理生化特性(一)

试验名称	菌 株				
	1	2	3	4	5
淀粉水解	-	+	-	+	-
卵磷脂酶	-	+	-	-	-
果胶酶	/	/	+	-	-
柠檬酸盐利用	+	+	+	+	+
葡萄糖利用	-a	+	+b	+b	+b
阿拉伯糖利用	-a	-	+b	+b	+b
甘露醇利用	-a	-	+b	+b	+b
山梨醇利用	-a	-	+b	+b	+b
肌醇利用	-	-	-	-	-
氧化乙醇为乙酸	+	/	+	+	+
氧化乙酸为二氧化碳	-	/	/	/	/
氧化乳酸为二氧化碳	-	/	/	/	/
MR试验	-	+	+	-	+
VP试验	+	+	+	+	-

注: / 表示未检测, *VP 试验接种培养后 pH 下降至 4.5~4.7; a. 永不发酵, b. 呼吸和发酵型

表3 5株细菌生理生化特性(二)

试验名称					
明胶液化	+	+	+	+	-
石蕊牛奶	冻化	冻化	冻化	酸凝	酸凝
	产酸		产酸		
酪素水解	+	+	+	-	-
酪氨酸酶	+	+	/	/	/
吲哚产生	-	-	-	-	-
TS ₁ 培养基产H ₂ S	/	/	/	-	+
还原NO ₃ ⁻ -NO ₂ ⁻	+	±	±	+	+
苯丙氨酸脱氨酶	-	-	-	-	-
赖氨酸脱氨酶	/	-	-	-	-
赖氨酸脱羧酶	/	-	-	-	+
厌氧生长	-a	+b	+b	+b	+b
抗溶菌酶(0.001%)	+	+	+	+	+
在pH5.7培养基生长	+	+	-	+	+
在<pH4.5培养基生长	+	/	-	+	+
0.02%叠氮化钠生长	+	-	/	-	-

注: + 表示能进行分解和利用,或正反应; - 表示不进行分解和利用,或负反应; / 表示来检测。

a. 表示严格好氧, b. 表示兼性厌氧; 5株菌接触酶均为阳性, 氧化酶均为阴性, 在7%NaCl上生长, 在10%NaCl上不生长, 皆可运动。

肠杆菌属 (*Enterobacter*) 和沙门氏菌属 (*Salmonella*)。皆只在一种矿石样品中发现。即: 完全风化的黄金矿石中发现肠杆菌属细菌, 部分风化的黄金矿石中发现沙门氏菌属细菌, 未见风化的黄金矿石中发现欧文氏菌属细菌。化能异养型细菌中芽孢杆菌属 (*Bacillus*), 假单胞菌属 (*Pseudomonas*) 和肠杆菌科中的一些属的细菌

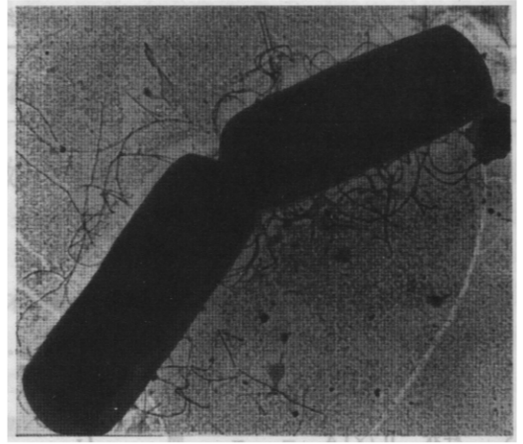


图1 蜡状芽孢杆菌细胞形态(×15.2万)

在溶金、沉淀、浓集金和金矿形成中的作用有过一些报道, 我们从不同风化程度的黄金矿石中分离出的5株化能异养型细菌在溶浸金矿、金矿形成、寻找金矿中的作用, 尚待研究。

参 考 文 献

[1] Ehrlich H L. Biotechnology and Bioengineering Symp, 1986, 16:227~237.
 [2] 黄淑惠. 微生物学通报, 1990, 17(5): 300~303.
 [3] 袁荣庆. 微生物学通报, 1995, 22(3): 180~183.
 [4] Curtin M E. Biotechnol, 1983, 1:229~235.
 [5] Holt J G 主编. 刘复今, 董今才, 魏凤鸣等译编. 简明第八版伯杰细菌鉴定手册, 济南: 山东大学出版社出版, 1988.
 [6] 中国科学院微生物研究所细菌分类组编著. 一般细菌常用鉴定方法, 北京: 科学出版社, 1978.
 [7] 张纪忠主编. 微生物分类学, 上海: 复旦大学出版社, 1990.

THE INVESTIGATION OF MICROORGANISMS FROM THE WEATHERING GOLD MINE IN DIFFERENT DEGREES

Ren Tao Ding Ziwei Lin Zhilan

(College of Life Sciences, Peking University, Beijing 100871)

Abstract Microorganisms were isolated from the unexploited gold mine in Gujiangxi province. Six strains of mold and six strains of bacteria were gotten from the weathering gold mine in different degrees, but no yeasts, actinomyces and obligate anaerobes were found. The results showed that both *Bacillus cereus* and *Thiobacillus ferrooxidans* were dispersed in all these kinds of gold mine.

Key words Weathering gold mine, *Bacillus cereus*, *Thiobacillus ferrooxidans*