科学通报
第41卷 第4期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1996年2月

我国趋磁细菌的分布及其磁小体的研究*

范国昌 李荣森 李小刚 高梅影
(中国科学院武汉病毒研究所，武汉 430071)
贾蓉芬
(中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640)

关键词 趋磁细菌 分布 磁小体

1975年，美国生物学家 Blakemore 首次发现趋磁细菌(Magnetotactic bacterium)[1]. 随后一些学者不断从各地的淡水池塘、河流、海洋沉积物表层及潮湿的草原土壤中分离到各种形态的趋磁菌(球形、杆形、弧形、螺旋形)[2]. 在北半球分离到的趋磁菌会向地理北极(即地磁南极S)游动；在南半球趋磁菌则趋向地理南极(即地磁北极N)泳动；在赤道附近则既有趋向S极，也有趋向N极的[3]. 趋磁菌为微好氧菌，革兰氏染色阴性(G^-)，生有端生或丛生鞭毛，其对磁场的反应敏感是由于体内含有排成链状或散列的磁小体(magnetosomes)[2]. 这些磁小体具有重要的应用价值[4]. 近年来，美、英、德、日本等国的学者竞相开展研究，1991年日本的Matsunaga等人又分离出好氧生长的趋磁细菌[5]. 目前在我国趋磁细菌的研究很少，国内外更无黄土趋磁细菌的报道. 本文就我国淡水湖泊及西安段家坡黄土等土壤中趋磁菌的分布、生物学及培养特征、磁小体的特性作一报道.

1 材料和方法

1.1 土样采集

西安段家坡黄土剖面：L_2 黄土层，S_1 古土壤层，共土样61个.

辽宁盖县棕壤5～10 cm的表土层土样9个；吉林镜泊湖淤泥样10个；武汉东湖底淤泥样8个，水深4～5 m, pH6.5

1.2 富集培养

称取10 g土样放入装有100 mL富集培养基[6]的135 mL血清瓶中；湖底淤泥放入血清瓶后加入富集培养基，使泥与水的比例为1:5，血清瓶用棉塞松松塞住，室温(20～25℃)静置于暗处一个月后进行趋磁细菌的收集.

1.3 趋磁细菌的收集

从富集瓶中泥水界面处用无菌吸管吸取泥水样放入10 mL的小杯中至满，用2层灭菌滤纸盖住(不留有气泡)，其上加一灭菌铁网、网眼用无菌水填满，特制的趋磁菌收集器(参照文

1995-06-13收稿，1995-08-10收修改稿
*国家自然科学基金和中国科学院生物分类区系项目经费资助课题

献[7])中注满无菌水，亦用2层灭菌滤纸盖住，倒置于铁网上，将一根条形磁铁放在收集器上端，S极向下，并设N极向下和不放磁铁的二对照．趋磁菌将穿过滤纸滤孔向S极泳动并聚集在S极附近．2 h后，关闭收集器下端可旋活塞，从上端取样孔吸取菌收集液．

1.4 接种

在18 mm×180 mm的试管中装入12 mL半固体生长培养基[6]，灭菌后静置过夜，使氧气在试管中呈一梯度，随即从上述取样孔接种2 mL后，用橡皮塞塞紧试管，28℃静置培养5～8 d.

1.5 趋磁菌及磁小体形态的电子显微镜观察

从试管中趋磁细菌生长区域轻轻吸取少许菌样滴在喷有碳膜的铜网上，干燥，即可于H-7 000FA型电子显微镜下进行观察；或者干燥后用3%戊二醛固定，7%磷钨酸(pH7.2)负染20 min;或者用铂投影5 min. 菌体内的磁小体对电子束不透明，在电子显微镜下呈黑颗粒状．

1.6 磁小体成分能谱分析

用于能谱分析的样品不染色，不投影．铜网置于直径0.25 μm的电子束下分析60 s，测试使用H-600 SEM/EDAX-PV9 100型能谱分析透镜，于2万倍75 kV下操作．

2 结果

2.1 趋磁菌的培养特征

接种2 d后，所有试管内距液面2～3 cm处的微氧层出现0.5 cm厚的白色生长区域，对照管也出现0.2 cm厚的白色区域．6 d后，磁棒S极向下收集的接种试管内在白色区域上方出现一薄层棕黄色，且偏向试管向北的一侧；N极向下收集的接种管及不放磁铁收集的对照管内都无此现象(图1)．

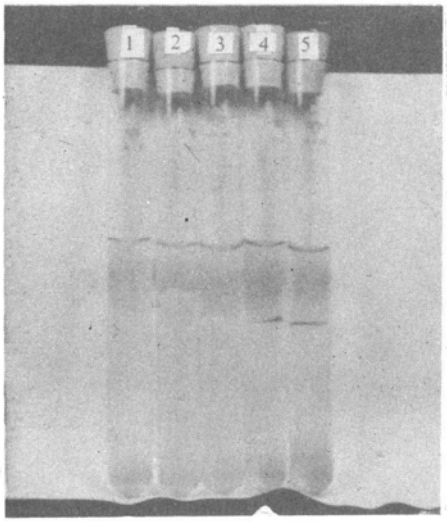

图1 黄土来源趋磁细菌的培养特征
1为不接种；2为收集时不放磁铁；3为收集时磁棒N极向下；4,5为收集时S极向下；4为试管侧面观，示棕黄色层偏向北侧；5为4的正面观

2.2 电子显微镜下趋磁菌及磁小体的形态

吉林镜泊湖底淤泥中分离到的趋磁菌呈棒杆状、靴形、球形(图2-1～3)；菌体内磁小体呈圆球形、长方形，有1至多颗；东湖趋磁菌有椭球形(图2-4)、杆形(图2-5)，磁小体有10颗以上，呈链状散列．

西安段家坡黄土剖面L_2黄土层仅发现少量稍弯曲短杆状趋磁菌及弧形趋磁菌，而且每个菌体内仅有2颗磁小体(图3-1, 2)；S_1古土壤层发现有大量的趋磁杆菌，两端钝圆，其内磁小体有15颗以上，沿细胞纵轴排列(图3-3)；辽宁盖县棕壤土中的趋磁菌也为弧形、杆形，磁小体2至4颗不等(图3-4)．

2.3 磁小体的成分

图4为上述图3-3细胞内磁小体区域和非磁小体区域的能谱分析图．从图中可以看出磁小体内含量最多的元素为铁(Fe)、钴(Co)，而铁钴都是构成磁性材料的成分．

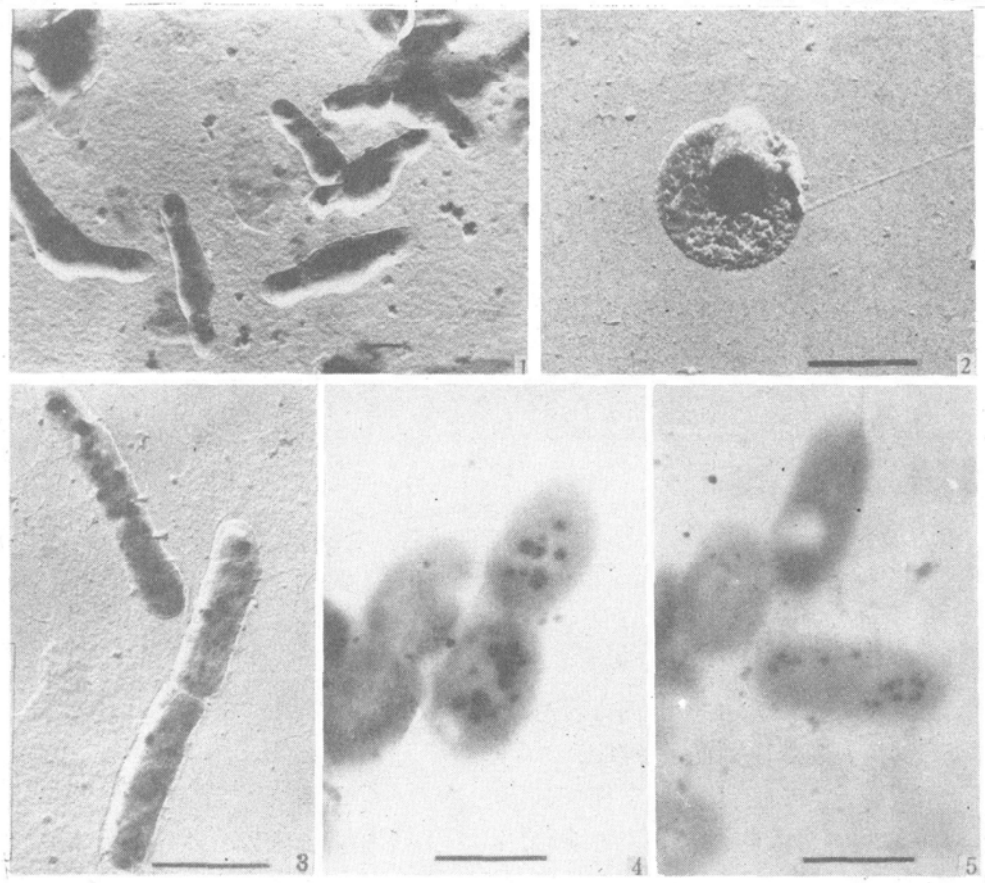

图 2　镜泊湖与东湖趋磁菌及磁小体形态

1～3 为镜泊湖趋磁细菌; 4, 5 为东湖趋磁细菌. —— 代表 1 μm

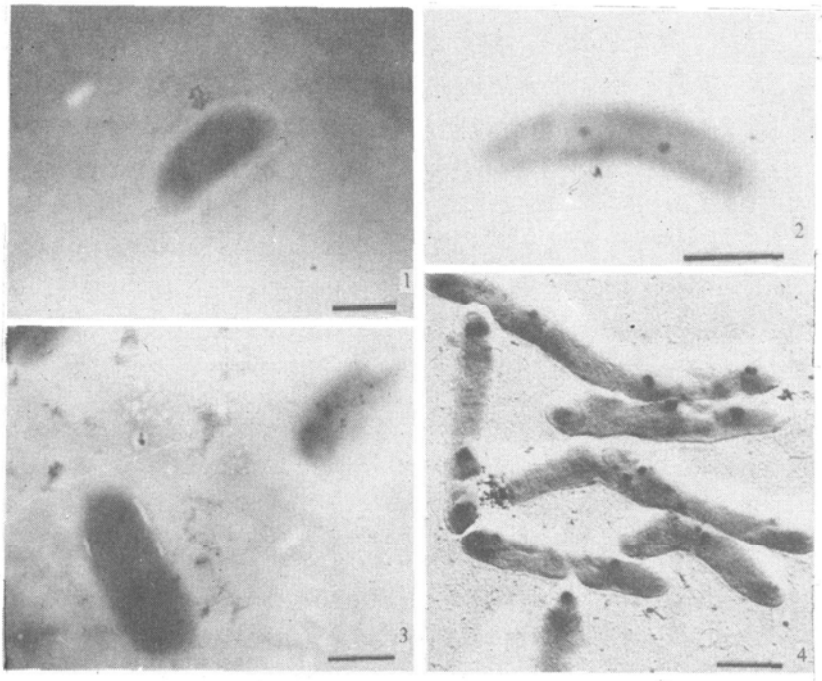

图 3　黄土及棕壤土中趋磁细菌及磁小体形态

1, 2 为黄土 L_2 层的趋磁细菌; 3 为黄土 S_1 层的趋磁细菌; 4 为盖县棕壤的趋磁细菌. —— 代表 1 μm

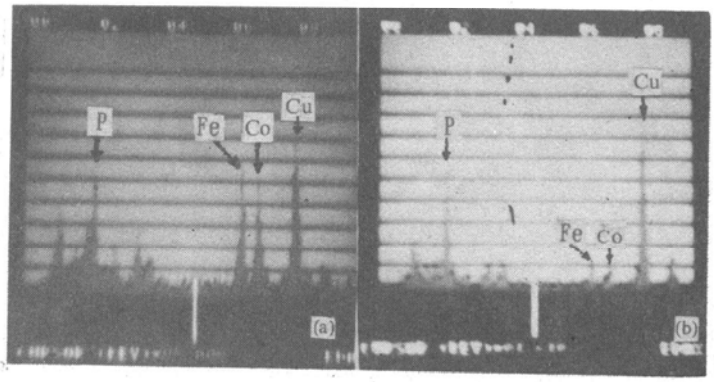

图4 磁小体的能谱分析图

(a)磁小体 X射线能谱图,示铁钴的高峰; (b)非磁小体区域的X射线能谱图. 两图中的铜峰来自铜网,磷来自菌体细胞

3 讨论

从以上结果可以看出,在我国南北淡水湖泊及两种土壤中均分离出了有趋磁特性的细菌. 我国处于北半球,分离到的趋磁细菌趋向磁S极泳动,与文献报道类似[3]. 同时我们研究的趋磁菌是G^-菌,生有鞭毛,微好氧性生长,菌体有球形、杆形、弧形,磁小体成链状排列或散列. 这些特点都与国外报道的趋磁菌相同[2]. 但是我们发现在有些菌体内仅有2个磁小体,且间距较大;磁小体内钴的含量仅次于铁,迄今为止,尚未见国外有关磁小体内含有钴的报道,它的来源、形成过程及化合方式等还有待进一步探索.

到目前为止,国外发现的趋磁菌都存在于水底表层淤泥中及潮湿的草原土壤里,而本研究发现我国棕壤和黄土中也含有趋磁菌. 更有意义的是,在L_2黄土层中趋磁菌含量少、磁小体数量也少;而在S_1古土壤层中则含有大量的趋磁杆菌,且磁小体数量也多. 资料表明,S_1古土壤层的磁化率明显高于L_2黄土层[8],由此说明趋磁菌的存在与土壤磁化率有相关性,这在第四纪黄土形成过程及分层研究中有着重要的意义.

参 考 文 献

1 Blakemore R P. Magnetotactic bacteria. Science, 1975, 190(4 209): 377～379
2 Blakemore R P, Blakemore N A, Bacylinski D A. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 1989, 3: 1 882～1 889
3 Matsunaga Tadashi. Applications of bacterial magnets. Tibtech-March, 1991, 9(2): 91～95
4 刘 信. 向磁微生物的开发与应用. 微生物学通报, 1991, 18(3): 188～189
5 Matsunaga Tadashi, Sakaguchi Toshifumi, Tadokoro Fumihiko. Magnetite formation by a magnetic bacterium capable of growing aerbically. Appl Microbiol Biotech, 1991, 35(5): 651～654
6 Blakemore R P, Maratea D, Wolfe S. Isolation and pure culture of a freshwater magnetic spirillum in chemically defined medium. J Bacteriol, 1979, 140(2): 720～729
7 卫扬保,张洪侠. 趋磁细菌的分离纯化及生理特性的研究. 武汉大学学报(自然科学版), 1994, 40(148): 115～127
8 林本海,刘荣谟. 最近800Ka黄土高原夏季风变迁的稳定同位素证据. 科学通报, 1992, 37(18): 1 691～1 693