



## 研究简报

# 养虾池底质中硫存在形态与环境的关系\*

许金树 李亮歌

(福建海洋研究所, 厦门, 361012)

近年来浅海和滩涂养虾业发展很快, 有些虾池养殖密度及投放饵料不合理, 底质“老化”问题特别突出, 直接影响虾产量。底质中硫的变化是“老化”的症结所在, 目前国内尚缺乏这方面的研究报道。本文对硫的存在形态及其变化进行探讨, 着重讨论对生物毒害最大的酸溶硫化物(含  $H_2S$ )。

## 一、样品采集与分析

在同安县赵厝、洪塘、西柯等村养虾池中于 1988 年 6 月 3 日(放苗期)、8 月 26 日(高温期)、10 月 11 日、11 月 3 日(开始收成), 从长毛对虾放苗至养成成虾共采集沉积物样、水样 4 次。对沉积物泥样测定硫酸根( $SO_4^{2-}$ )<sup>[2]</sup>、酸溶硫化物 ( $S^{2-}$ ,  $H_2S$ )<sup>[4]</sup>、元素硫( $S^0$ )<sup>[4]</sup>、有机质<sup>[1]</sup>、 $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  等<sup>[3]</sup>; 对水样测定硫化氢 ( $H_2S$ )、pH、盐度等。

## 二、结果与讨论

### 1. 养殖过程硫酸盐的变化

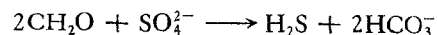
养虾池沉积物中的硫酸盐 ( $SO_4^{2-}$ ) 来自水体。养殖过程中水的排放与纳入是交替进行的, 这样沉积物中始终存在着硫酸盐。当底质为还原环境时,  $SO_4^{2-}$  处于还原为  $S^{2-}$  的过程中,  $SO_4^{2-}$  消减的速度取决于①有机质的含量, ②环境还原性的强度(以  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  值表示), ③硫酸盐还原菌的作用。试验结果表明, 沉积物中硫酸根-硫含量与  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  值呈正相关(如图 1a)。

因此, 养虾时应使底质较接近氧化性或弱还原性的环境, 需合理投饵, 防止过剩有机物变质腐败, 减少养虾池底质中  $SO_4^{2-}$  的消耗以控制产生硫化物。

### 2. 硫化物-硫含量、有机质、氧化还原环境三者的关系

首先, 沉积物中硫化物含量与有机质积累有关。有机质的堆集是引起沉积环境恶化的根本原因。有机质经细菌分解还原  $SO_4^{2-}$  产生  $S^{2-}$ , 反应过程如下<sup>[3]</sup>:

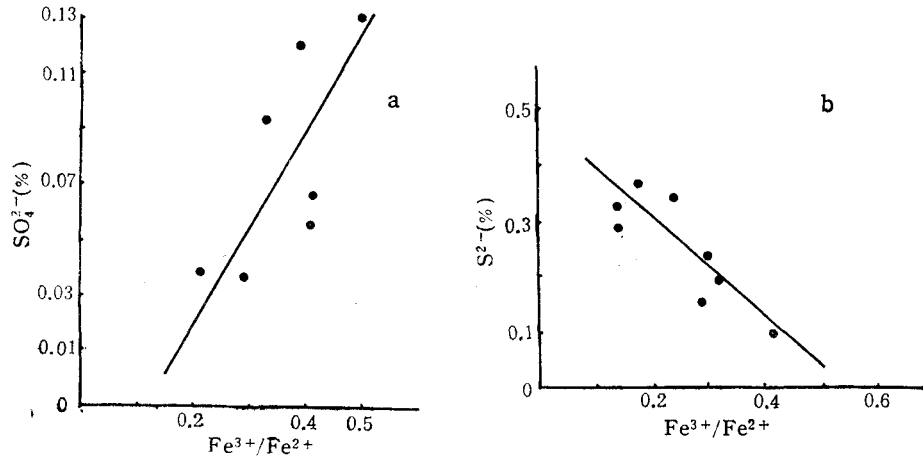
对碳水化合物:



\* 本研究为福建省自然科学基金资助课题。

收稿日期: 1989年3月28日。

1) 国家海洋局编, 1975年。  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  比值测定, 海洋调查规范, 第四分册, 39—41页。

图 1  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{S}^{2-}$  与  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  的关系Fig. 1 The relationship of  $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{S}^{2-}$ - $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 

对氨基酸:

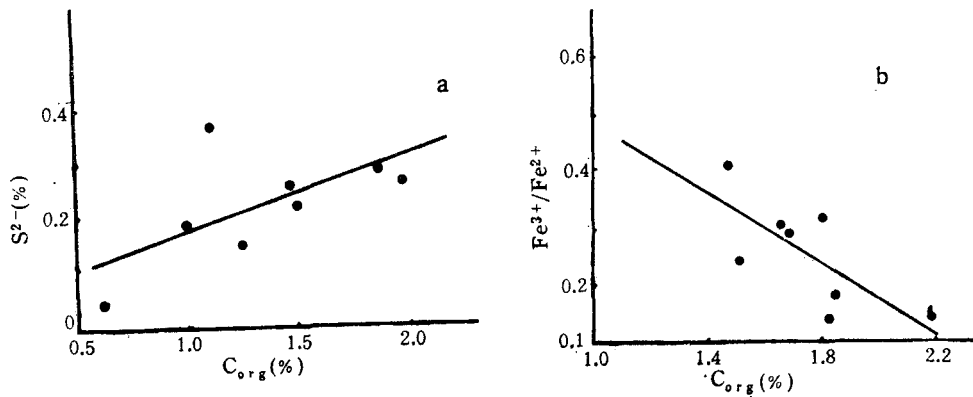


如果有有机质含量增加,上述反应加剧进行, $\text{S}^{2-}$ 增多,所以有机质含量与 $\text{S}^{2-}$ 含量呈正相关,相关系数为 $r = 0.60$ (图 2a)。

其次, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 值可反映沉积物有机质含量,随着有机质含量的增加, $\text{H}_2\text{S}$ 浓度提高,使得环境的还原性进一步加强,这样作为衡量氧化还原环境尺度的 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比值变小。所以有机质与 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 的关系,呈负相关, $r = -0.72$ (图 2b)。

第三, $\text{S}^{2-}$ (包括 $\text{HS}^-$ )含量与氧化还原状态有关。如果环境的还原性较强,有利于生成 $\text{H}_2\text{S}$ 的反应进行,说明 $\text{S}^{2-}$ 含量与氧化还原状态密切相关(图 1b)。

综上所述,造成底质环境恶化的主要原因是有机质积累,导致产生 $\text{S}^{2-}$ 和 $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ 被消耗, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 值变小(见图 3)。

图 2  $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  与有机质关系图Fig. 2 Correlation of  $\text{S}^{2-}$ - $\text{C}_{\text{org}}$  and  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ - $\text{C}_{\text{org}}$

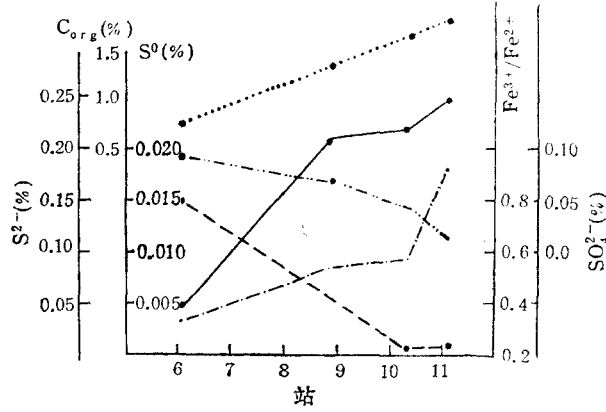


图3  $C_{org}$ ,  $S^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $S^0$ ,  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  的变化  
 Fig. 3 Variations of  $C_{org}$ ,  $S^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $S^0$ ,  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$   
 ..... $C_{org}$ ; —— $S^{2-}$ ; ..... $SO_4^{2-}$ ; ---- $S^0$ ; ---- $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 。

### 3. 硫化物-硫的堆积与养殖时间的关系

从测定结果看, 6月3日虾池刚放苗, 即养殖初始, 几个虾池底质中硫化物含量平均值是 0.05%; 8月26日硫化物平均含量急剧上升为 0.21%; 10月11日和11月3日硫化物含量呈继续上升趋势, 但各池变化规律不同, 如赵厝虾苗放养密度较低, 投放饵料较适宜, 底质硫化物含量变化较小; 洪塘虾池硫化物含量有升有降; 西柯池由于虾苗密度过大, 饵料剩余较多, 底质硫化物大量积累, 硫化物-硫含量达 0.47%。可见, 随着养殖时间

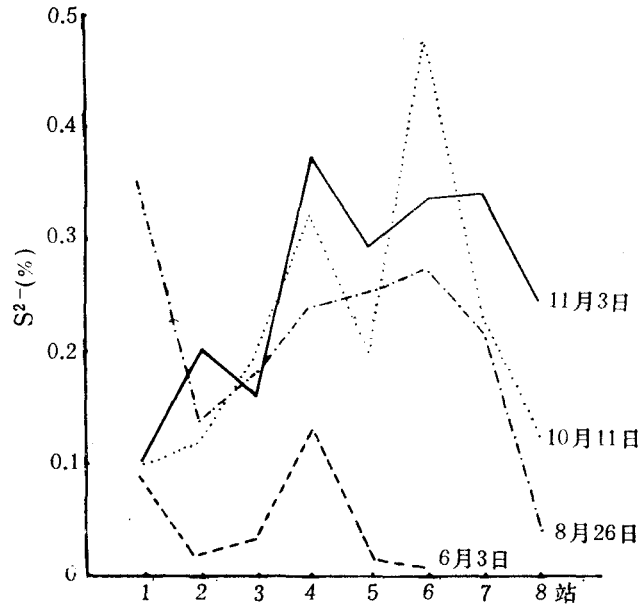
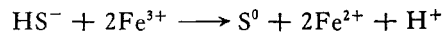


图4  $S^{2-}$  含量与时间的关系  
 Fig. 4 The relationship between time and  $S^{2-}$

推移, 虾池底质有机质积累, 致使环境的还原性由弱变强, 沉积物中  $S^{2-}$  含量增加, 这样又使得环境还原性进一步加强, 恶性循环 (图 4)。

#### 4. 元素硫的积累

在缺氧沉积物中  $S^{2-}$  仍然可能受  $Fe^{3+}$ ,  $NO_3^-$  和水体中氧气的氧化作用。反应如下:



由图 4 可见, 随着放养时间的延长, 元素硫不断积累。6 月 3 日硫含量近似于零, 至 11 月 3 日测达 0.20%。图 5 表明元素硫含量与  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  值呈负相关。元素硫在有机质沥青化和腐殖化过程中可能与有机组分形成有机硫衍生物, 部分元素硫可能被高铁细菌利用或被  $NO_3^-$  氧化产生硫酸盐, 还有部分会被异养细菌还原成  $S^{2-}$ 。总之, 缺氧沉积物中元素硫可能作为硫转化过程中的中间产物。

#### 5. 水体 $H_2S$

水体中  $H_2S$  主要来自底质, 其含量与以下两方面因素有关。

(1)  $H_2S$  含量与气温有关 气温高时, 若有机物含量较大, 则产生大量  $H_2S$ 。沉积物中硫化物、 $H_2S$  丰富导致水体中  $H_2S$  含量增加。10 月 11 日水温较高 ( $25^\circ C$ ), 测得大部分养虾池水体中总  $H_2S$  含量超过  $0.1 \times 10^{-6}$ , 其中赵厝高达  $2.9 \times 10^{-6}$ 。11 月 3 日气温下降, 水温为  $20^\circ C$ , 大部分虾池总  $H_2S$  含量小于  $0.1 \times 10^{-6}$ , 赵厝仍达  $1.36 \times 10^{-6}$ 。这可能是由于细菌分解有机质的速度减慢, 即  $SO_4^{2-}$  还原为  $S^{2-}$  的速度减慢, 这样由底质供给水体的  $H_2S$  减少所致。

(2)  $H_2S$  含量与虾池中水交换状态有关 赵厝池地势较高, 大潮时才能自然进水, 小潮时完全靠机械泵抽水进行, 这样池水交换不够充分, 所以尽管赵厝池底质恶化程度不高, 但水体中  $H_2S$  含量却很高; 而西柯、洪塘池地势较低, 大小潮均可自然灌水, 池水交换较好, 故水体中  $H_2S$  含量相对较低。但测定结果还与取样潮时有关, 退潮与满潮时取样相比, 测得的  $H_2S$  含量是不一样的。赵厝池 11 月 3 日取水样时, 刚涨潮, 池水与底质交换时间较长, 这时测得的水体  $H_2S$  含量比满潮时测得的结果偏高些。

### 三、小 结

整个养殖过程, 由于过剩饵料及排泄物积累, 底质中有机物含量增加, 在还原菌存在下, 硫酸盐还原为硫离子的作用加剧, 硫化物-硫逐渐增加, 硫酸根含量明显地减少, 结果导致底质环境还原性增强, 即  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  值变小, 沉积物的腐蚀性与毒性加重。

底质优劣与对虾生长密切相关, 为获得较好收成, 科学管理非常重要, 必须保持比较

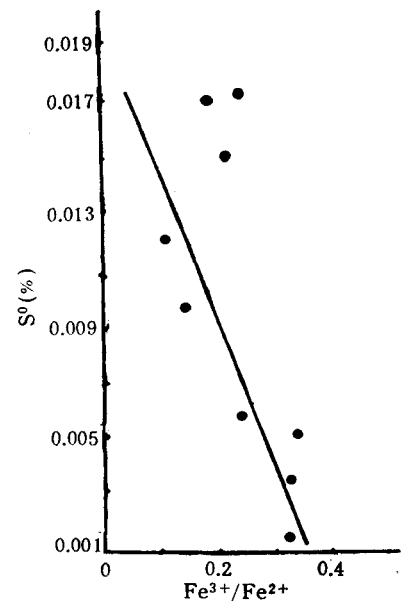


图 5  $S^0$  与  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  的关系

Fig. 5 The relationship between  $S^0$  and  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$

良好的底质环境,使其始终处于氧化性或弱还原性环境。在养殖前要翻池充分暴晒消毒,沟渠底最好要铺一层砂,水交换要充分,有条件可应用充氧机鼓气以增加水体溶解氧。到了养殖中期,高温季节,最好定期测定沉积物中硫离子含量,以便控制氧化还原环境。需要时,喷洒氧化铁、硅酸铁之类增加剂,创造适合对虾生长的良好环境。

### 参 考 文 献

- [1] 许金树、李亮歌,1984。海洋沉积物中有机碳的测定方法——湿氧化法。分析化学 12(5): 424—426。
- [2] Howarth, R. W., 1978. A rapid and precise method for determining sulfate in seawater, estuarine waters and sediment pore water. *Limnol. Oceanogr.* 23 (5): 1 066—1 069.
- [3] Ramn, A. E., D. A. Bella, 1974. Sulfide production in anaerobic microcosms. *Limnol. Oceanogr.* 19 (1): 110—118.
- [4] Остроумов, Э. А., 1980. Химический анализ морских осадков. Издательство, НАУКА, стр 5—27.

## THE FORM OF SULFUR AND ITS RELATION WITH ENVIRONMENT IN THE SEDIMENT OF THE SHRIMP CULTURE POND

Xu Jinshu and Li Liangge

(Fujian Institute of Oceanology, Xiamen, 361012)

### ABSTRACT

This paper discussed the form and variation of sulfate, sulfide (containing  $H_2S$ ), and sulfur caused by the environmental factors such as the organic matter and  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  in the sediment of the shrimp culture pond. The results show that:  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  and  $SO_4^{2-}$  are in positive correlation, while  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  and  $S^{2-}$  in negative correlation; the organic matter is in positive correlation with  $S^{2-}$ , while in negative correlation with  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ , the correlation coefficients being 0.60 and  $-0.72$  respectively. Thus, it is clear that the major reason why the environment in the sediment of the shrimp culture pond deteriorates is the large amount of sulfur caused by surplus organic matter.

+