

# 人为因素导致的盐度变化对 Kinneret 湖水细菌种群的影响

胡章立<sup>1,2,3</sup> T. Bergstein Ben-Dan<sup>3</sup> D. Wynne<sup>3</sup> 刘永定<sup>2</sup>

(1 深圳大学生物工程系, 深圳 518060);

(2 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072);

(3 IOLR, The Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory, Tiberias, Israel)

**摘要:** 由于 Kinneret 湖周围的诸多盐泉被人为地导入其下游的约旦河, 使得 Kinneret 湖水的盐度逐渐下降, 这对作为主要工农业用水和饮用水资源的 Kinneret 湖来说是非常有价值的。然而, 对湖水中的细菌来说则可能产生不同的影响。作者通过实验研究发现, 湖水盐度的变化导致细菌种群的改变, 从而使我们观察到盐度与细菌之间的关系。这些结果表明: 盐度变化对湖水水质保护对策和将来一段时间内湖水管理政策的制定都具有重要的意义。

**关键词:** Kinneret 湖, 盐度; 细菌种群; 水质保护

**中图分类号:** Q931.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2000)04-0326-05

Kinneret 湖是以色列唯一的天然淡水湖。目前, 它供应着整个国家大约 30% 的淡水需求。每年从湖中泵出约  $5.5 \times 10^8 \text{ m}^3$  湖水用于饮用、灌溉以及工业生产, 因此, 湖水的水质是人们非常关心的问题。本世纪初, Kinneret 湖水的盐度可能低于  $250 \mu\text{g/L}$ , 而到六十年代初期, 则达到  $380\text{--}400 \mu\text{g/L}$ <sup>[1]</sup>。研究者认为, 湖水盐度增加的来源主要有三个方面: (I) 湖周围的盐泉和河流; (II) 湖下的泉水; (III) 湖底的地下水流。其中, 湖周围的盐泉是造成湖水盐度增加的主要因素。然而, 盐度超过  $250 \mu\text{g/L}$  的湖水是不能用于灌溉农作物的。六十年代后期, 在 Kinneret 湖的西岸沿线建立了一条干渠以用于转移来自周围盐泉的盐水 ( $2200 \mu\text{g/L Cl}^{-1}$ ) 进入下游的约旦河, 从而逐渐降低了 Kinneret 湖水的盐度, 到 1988 年, 湖水盐度下降到  $208 \mu\text{g/L}$ 。这种盐度的变化, 大大地影响了湖水中细菌的生态环境, 从而导致了细菌种群的变化。并且, 在将来一段时间内, Kinneret 湖水的盐度还有变化的趋势, 因此, 了解盐度与湖水细菌种群之间的关系就显得非常重要。作者通过实验室模拟盐度变化下湖水细菌种群变化, 探讨两者间的相互关系, 从而为 Kinneret 湖的管理与水质保持提供理论参数。

## 1 材料与方法

**1.1 样品采集** 所有水样均来自 Kinneret 湖生态 A 站<sup>[2]</sup>, 利用采水瓶收集离湖面 1m 深处的

收稿日期: 1998-05-28; 修订日期: 1999-09-12

作者简介: 胡章立, 男, 湖南澧县人, 1997 年在中科院水生所获水生生物学专业博士。

湖水供实验用。

**1.2 水样处理** 将采集的水样与一定量的 Ami's salt solution ( $\text{NaCl}$   $8700\mu\text{g/L}$ ,  $\text{KCl}$   $350\mu\text{g/L}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   $7000\mu\text{g/L}$ ,  $\text{CaCl}_2$   $197\mu\text{g/L}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$   $77\mu\text{g/L}$ ) 或约旦河水 (先用 GF/c 玻璃纤维滤膜过滤, 再用  $0.2\mu\text{m}$  滤膜过滤) 混合, 以构成不同的盐度梯度。

**1.3 细菌培养** 取少许在不同盐度的人工湖水中培养一定时间后的水样, 涂布在 PCA (Plate Count Agar, 购于 OXOID 公司) 平板上, 在  $37^\circ\text{C}$  下培养 48h。

**1.4 细菌记数** 采用 PCA 平板计数和 DAPI 染色法直接计数<sup>[3]</sup>。

**1.5 菌种鉴定** 由武汉大学中国典型培养物保藏中心微生物研究室鉴定。

## 2 结果

### 2.1 人为提高 Kinneret 湖水盐度对细菌数量的影响

在 4 个三角瓶 (无菌) 中分别装入 1000mL Kinneret 湖水水样 (新鲜水样, 采于 1996 年 6 月 13 日), 并分别加入 0 mL、10 mL、15 mL 和 30 mL 的 Ami's Solution, 使湖水的盐度分别达到  $200\mu\text{g/L}$ 、 $287\mu\text{g/L}$ 、 $370\mu\text{g/L}$  和  $460\mu\text{g/L}$ , 并置于光照培养箱中在温度  $22^\circ\text{C}$ , 光周期 12h:12h (L:D), 光强  $30\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的条件下培养。

用 DNA 荧光染料 DAPI 对细菌染色, 在 Olympus 荧光显微镜下对不同盐度的湖水中细菌数计数, 结果表明, 人为增加湖水的盐度, 湖水中细菌总数增加明显, 培养到第四天, 细菌总数变化趋于稳定, 且高盐度湖水中的细菌数仍高于对照 (图 1)。

取经实验室保温 4d 后的不同盐度的湖水涂布 PCA 平板, 培养 48h 后挑取单个菌落分别鉴定, 并对 *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Cardiobacterium* 和 *Vibrio* 分别计数。结果发现: 总体而言, 盐度增加能导致 4 类细菌的生物量不同程度的增加。对于 *Cardiobacterium* 来说,  $287\text{—}370\mu\text{g/L}$  可能是其最适合的盐度范围; 而 *Acinetobacter* 的最适盐度是  $370\mu\text{g/L}$ ; *Pseudomonas* 和 *Vibrio* 的最适盐度皆是  $460\mu\text{g/L}$  (图 2)。

### 2.2 人为降低 Kinneret 湖水盐度对细菌种群的影响

将约旦河水先经 GF/c 玻璃纤维滤膜过滤, 再用  $0.2\mu\text{m}$  滤膜过滤后, 取 1.5L 与 Kinneret 湖水 (新鲜水样, 1996 年 7 月 27 日采于 A 站湖面以下 1m 处) 按 1:1 比例混合成 3L 盐度为  $100\mu\text{g/L}$  的人工湖水, 装入三个三角培养瓶, 并分别加入 0mL、6mL、12mL 的 Ami's Solution, 使其盐度分别为约  $100\mu\text{g/L}$ 、 $150\mu\text{g/L}$ 、 $200\mu\text{g/L}$ 。并置于光照培养箱中在温度  $22^\circ\text{C}$ , 光周期 12h:12h (L:D), 光强  $30\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的条件下培养。

用 DNA 荧光染料 DAPI 对细菌染色, 在 Olympus 荧光显微镜下对不同盐度的人工湖水中细菌计数, 结果如图 3 示: 在现有 Kinneret 湖水盐度以下, 随着湖水盐度的下降, 其细

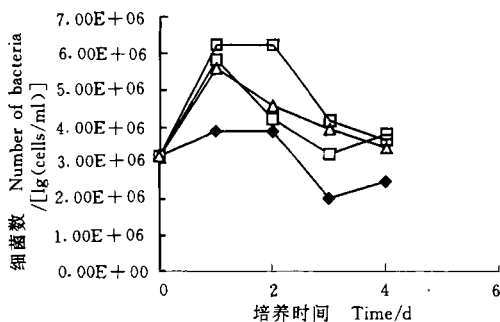


图 1 人为提高 Kinneret 湖水盐度对细菌总数的影响  
Fig.1 Effect of artificially-increased salinity on the total number of bacteria in Lake Kinneret

—◆—  $200 \times 10^{-6}$  —□—  $287 \times 10^{-6}$  —△—  $370 \times 10^{-6}$   
—□—  $460 \times 10^{-6}$

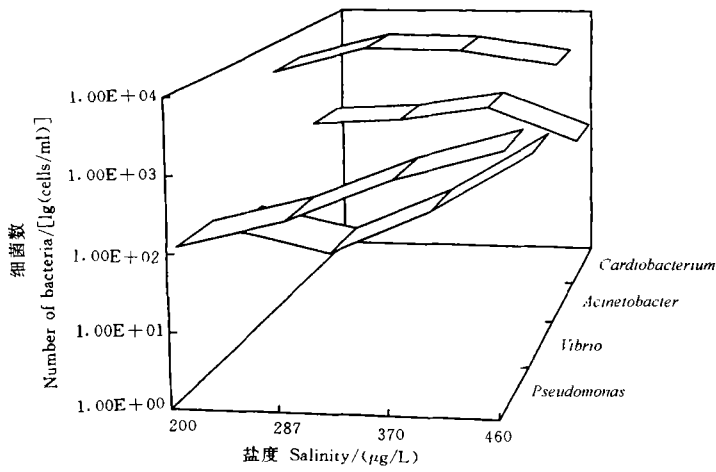


图 2 不同湖水盐度对细菌种群的影响  
Fig.2 Effect of salinity on bacterial population in Lake Kinneret

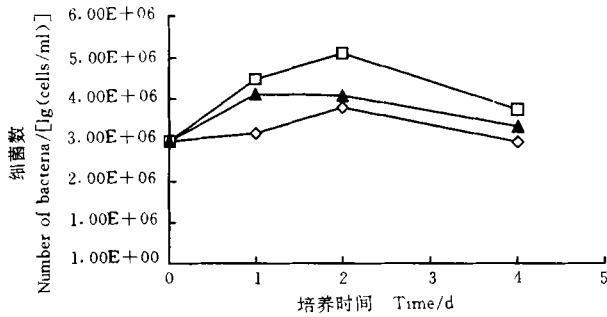


图 3 盐度下降对湖水细菌总数的影响  
Fig.3 Effect of decreasing salinity on the total number of bacteria.  
—◇—  $100 \times 10^{-6}$  —□—  $150 \times 10^{-6}$  —▲—  $200 \times 10^{-6}$

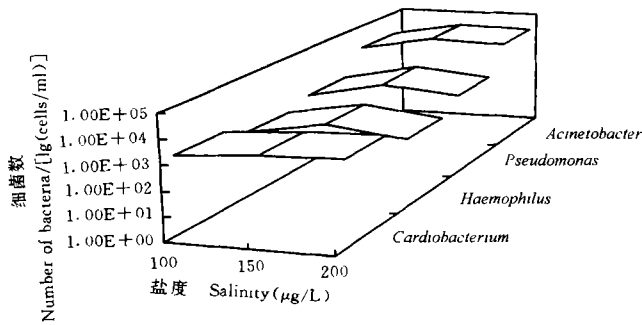


图 4 盐度下降对细菌种群的影响  
Fig.4 Effect of decreasing salinity on bacterial population

菌总数又有增加的趋势,但当盐度下降到一定程度( $100\mu\text{g/L}$ )时,其人工湖水中细菌总数则明显下降。

取经实验室保温 4d 后的不同盐度的人工湖水涂 PCA 平板,培养 48h 后进行菌种鉴定,并对 *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Cardiobacterium* 和 *Haemophilus* 分别计数,结果发现:*Acinetobacter*, *Pseudomonas* 和 *Haemophilus* 的数目在盐度  $150\mu\text{g/L}$  的人工湖水中均较  $200\mu\text{g/L}$  中高;而当湖水中盐度下降到  $100\mu\text{g/L}$  时细菌数则明显下降。*Cardiobacterium* 的情况则有所不同,其细菌数随盐度下降而不断下降(图 4)。

### 3 讨论

Kinneret 湖因其特别的环境条件,由于盐度从 60 年代后期的  $400\mu\text{g/L}$  下降到现在的  $200\mu\text{g/L}$  左右,使湖水中细菌的生存环境间接或直接地发生了很大的变化,从而使细菌总数明显下降<sup>[1,4]</sup>。从实验结果来看,在现有湖水盐度及细菌种群的基础上,人为增加湖水盐度,其湖水中细菌总数出现明显的增加,这与 Kinneret 湖的随盐度变化而发生的实际演变情况是一致的。特别是在盐度为  $460\mu\text{g/L}$  时,由于 *Cardiobacteriu*, *Pseudomonas* 和 *Vibrio* 等均大量繁殖,使得湖水中细菌总数达到很高的水平,由于没有 Kinneret 湖在高盐度时的细菌种群资料,因此,我们无法将本实验结果与之比较。

由于 Kinneret 湖周盐泉导流工程的实施,使得湖水盐度下降了近一倍,并且,随着时间的推移,其湖水盐度还有下降的趋势<sup>[5]</sup>,因此,对细菌种群变化的预测就显得十分必要。本实验结果表明,湖水盐度继续下降,尽管有些细菌(如 *Cardiobacterium* 等)仍会随之下降,但它们并不是湖水的优势种群,且许多细菌(诸如 *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, and *Haemophilus* 等)生物量则开始回升,从而使湖水细菌总数有所上升。只有当湖水盐度下降到  $100\mu\text{g/L}$  左右时,其湖水细菌种群量才会出现明显的下降。

### 参考文献:

- [1] Gophen M, Paz J.D. Decreased salinity effects in Lake Kinneret (Israel). [J] *Hydrobiologia*, 1992, **228**: 231—237.
- [2] Cavari B.Z., Bergstain T. Fluctuations of bacterial activity in Lake Kinneret sediments. [J] *Verh. Internat. Limnol.*, 1984, **22**:1161—1166.
- [3] Porter K.G., Feig Y.S. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora [J]. *Limnol. Oceanogr.*, 1980, **25**(5):943—948.
- [4] Bergstein-Ben Dan T. *et al.* The distribution of fecal pollution indicator bacteria in Lake Kinneret. [J] *Wat. Res.*, 1991, **25**(3):263—270.
- [5] Berman T. The Kinneret-Sea of Galilee [J]. *ARIEC*, 1994, **98**:27—43.

## THE INFLUENCE OF ARTIFICIALLY INDUCED SALINITY CHANGES ON THE BACTERIAL POPULATION IN LAKE KINNERET

HU Zhang-li<sup>1,2,3</sup>, T. Bergstein Ben-Dan<sup>3</sup>, David Wynne<sup>3</sup> and LIU Yong-ding<sup>2</sup>

(1 *Department of Biological Engineering, University, Shenzhen 518060*);

(2 *Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072*);

(3 *IOLR, The Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory, Tiberias, Israel*)

**Abstract:** Recent diversion of external salt spring has resulted in a steady decrease of the salinity in Lake Kinneret (Israel). Since Kinneret waters are primarily used for domestic purposes, the decrease in salinity is considered worthwhile but changes in salinity might be detrimental to endemic organisms in the lake. By means of experimental analysis, it was found that changes in salinity of the lake water caused a shift in the bacterial population structures. Moreover, a relationship between the salinity and the size of bacterial populations was observed. The results indicate that salinity changes are important in the preservation of water quality and for future lake managements.

**Key words:** Lake Kinneret; Salinity; Bacterial population; Preservation of water quality