

# 水產養殖系統中之細菌組成

趙維良 林美俐 譯

東吳大學 微生物系

## 緒 論

近年來本省由於工業的快速成長，人口大量向都市集中，造成農村勞力缺乏，工資上漲，使得農作物成本提高。因而部分農家紛紛把生產力較差的農田改闢為池塘，從事水產生物的養殖。有些養殖戶更利用寬闊的池堤飼養豬、雞或在池中飼養鵝、鴨，從事漁牧綜合經營，於是養殖面積直線上升，但往往因管理的不善而造成重大的虧損。影響養殖事業成敗的因素很多，其中以微生物所造成的問題最為重要，如最近的牛蛙污染與西施舌事件。本文即探討水產養殖系統中的細菌，這些細菌雖然祇占微生物界中極小的一部分，但它們却是土壤與水中的常客。

水中有很多屬 (genus) 的細菌，尤其能在有機物含量高的水中大量繁殖，根據文獻顯示，魚體上的細菌相與水中的微生物相有直接的關係，而且養殖池中水質惡化等不正常的狀況，往往可由細菌數目或種類的改變來測知，使我們得以預先防範或改善，但是養殖池中微生物相的重要性遲遲未受到人們的重視。

## 水中的細菌

菌的類別：在自然界裡，無論淡水或鹹水，都含有許多不同的微生物，水中細菌以異營性為主，亦存有化學自營菌和光合菌 (Fletcher 1979)，這些微生物可分為二群：(1)原有微生物，它們在水中可以生長繁殖，(2)外來微生物，它們來自其他的地方，除了在特殊條件外，在水中不能生長繁殖 (Alexander 1971)。

菌與水環境：微生物會改變環境，也受環境因素的影響，如溫度的變化、輻射量、pH 值、水中化學物質的改變，以及微生物間的拮抗作用等。此外，水中養分的循環，生物的消長，氧的排除和惡臭皆與微生物息息相關 (Stevenson 1978)，而微生物的種類與數量變化，正可以當作水質好壞的指標。

### 一、淡水系

淡水中的菌數隨優養化的程度而改變。由於常有土壤、有機質和外來的水沖入內陸水中，很難將真正存於水中的菌和土壤菌分開 (Rheinheimer 1976)；一般在地下水和泉水中的菌量較少，約  $10^2/\text{ml}$ ，可能因土壤的過濾作用造成有機養分減少之故 (Rheinheimer 1976)；在未受污染之湖泊中好氧之異營性菌量隨季節而改變，即春天和夏末初秋之際，菌量最多，(Jones, 1973) [而不論季節如何，其最大值和最小值分別為  $1.3 \times 10^8/\text{ml}$  和  $2.6 \times 10^2/\text{ml}$ ]；當含有浮游生物時，菌量約  $10^5 \sim 10^6/\text{g}$  (Kimura et al. 1978)，此值可與 Jones (1978)，在優養化湖水中測得之最大值相比 ( $10^6 \sim 7 \times 10^6/\text{ml}$ )。

河水中類似的菌量，可達  $10^6$ /ml (Carney et al. 1975; Geldreich 1977; Spencer & Ramsay 1978; Geesey & Costerton 1979; Bell et al. 1980)，而在水中沈積物，可測得菌量則達  $10^9$ /g (Kusnezov 1959)。

地下水和泉水中多為格蘭氏陰性菌，包括 *Achromobacter*、*Flavobacterium*、*Caulobacter*、*Gallionella*、*Hyphomicrobium* 和 *Pseudomonas*。(Fletcher 1979) 及少數的 *Cytophaga*，亦含有格蘭氏陽性菌 *Micrococcus* 和 *Nocardia*。當水中養分增加，菌種亦增多，如在鐵濃度較高的泉水中，鐵菌 *Crenothrix dolyspora*、*Gallionella ferruginea* 和 *Leptothrix ochracea* 存在較多；硫濃度較高之泉水中，硫菌亦較多；而隨著優養化程度之增加，*Bacillus*、*Enterobacteriaceae* 和 *Pseudomonas* 菌數增加，但 *Achromobacter* 和 *Flavobacterium* 却相對地減少 (Rheinheimer 1976)。湖泊和池塘中，則含較多的 *Achromobacter*、*Acinetobacter*、*Aeromonas*、*Bacillus*、*coryneforms*、*Cytophaga*、*Flavobacterium*、*Micrococcus*、*Moraxella* 和 *Pseudomonas* (Jones 1973; Kimura et al. 1978)；其中菌種亦有季節性的變化，例如：夏天時，湖水富含出芽菌和帶鞘的菌 (Stanley et al. 1980)。而區域性的環境變化對菌種亦有很大的影響，Jones (1978) 提出優養化湖泊中之浮游菌種多為 *Leptothrix*、*Metallogenium*、*Naumanmiella*、*Ochrobium* 和 *Planctomyces* spp. 而在底部厭氧層多含有非色素硫細菌：*Thioploca*、*Thiospira* 和 *Thiothrix* spp. 甲烷氧化菌：*Pseudomonas methomica*。化學自營菌：*Nitrobacter* 和 *Nitrosomonas* spp. 及厭氧菌：*Clostridium* 和 *Desulphovibrio* spp. (Rheinheimer 1976)。在河水中亦可發現類似菌種 (Geldreich 1977)。而在污水中，菌種之變動，主要則為 *Escherichia*、*Klebsiella*、*Proteus* 和 *Salmonella* spp. (Rheinheimer 1976)。

## 二、海 水 系

一般而言，海水中的菌量約  $10^3 \sim 10^7$ /ml，其數量受季節、區域、污染程度和偵測技術的影響而有增減。(Ishida & Kadota 1975; Dudley et al. 1977; Simidu et al. 1977; Patrick 1978; Kaneko et al. 1978; Shiba & Taga 1980; Kogure et al. 1980)，在海水沈積物中，所含菌量較高，可超過  $10^6$ /g (Kaneko et al. 1978)，而在海岸區域，菌種包括耐鹽菌和土壤菌，如 actinomycetes, *Achromobacter*、*Acinetobacter*、*Alcaligenes*、*Alteromonas*、*Bacillus*、*Beggiatoa*、*Corynoforms*、*Photobacterium*、*Planctomyces*、*Pseudomonas*、*Spirillum*、*Thiobacillus* 和 *Vibrio* spp. (Watson 1963; Wood 1965; Pfister & Burkholder 1965; Hirsch & Rheinheimer 1968; Hendrie et al. 1970; Baumann et al. 1972; Rheinheimer 1976; Boeye & Aerts 1976; Simidu et al. 1977; Austin et al. 1979; Martin & Bianchi 1980; Shiba & Tage 1980)。

## 魚 的 病 原 菌

淡水和海水魚的病原菌約有25屬，如 *Aeromonas salmonicida* 和 *Renibacterium salmoninarum* 可引起魚的癩癩病和細菌性腎疾病 (McCarthy 1977; Fryer & Sanders 1981)。大多數的病原菌為水生菌，而疾病的發生多因不當的管理和惡劣的水質造成的，它們會導致魚衰弱，並使魚易受微生物感染，如由 *Yersinia ruckeri* 引起之腸紅口症即因水質不良造成的 (Ewing et al. 1978)；而若魚群過於擁擠，會使水中氨和代謝廢物濃度增高，及氧濃度減低，造成流行病的盛行 (Bullock & Snieszko 1975)，且於受污染的水源中，會使魚鰭腐壞症更加惡化 (Bullock & Snieszko 1970; Ziskowski & Muschelano 1975, Minchew & Yarbrough 1977; Rodsaether et al. 1977)，此外，Collins (1970) 亦證實湖水的優養化程度和引起疾病的 *Flexibacter columnaris*

菌數相關，由這些結果，可知水質與魚病有重要的關係。

### 淡水魚池 (rainbow trout) 中的細菌

#### 一、定量分析

由水塘式養殖池 (reservoir fishery) 中分離出之好氧異營性細菌，在冬天時，菌數最低，而於四月至九月，菌數則無明顯的季節性變化，一般而言，池水中與未受污染河水中的細菌族群 (population) 大小沒有顯著差異。

和菌數不同的是：水塘式養殖池中之物理和化學指標有明顯的季節性變動；如水溫在九月最高，在二月最低；溶氧量在春夏最低，在冬天較高；混濁度在二月最高，七月最低，但算是相當恒定的；硝酸鹽含量在冬天較高，夏天較低；而做為水質指標的腸菌數在春夏較低，在九月和二月較高，由簡單的統計分析無法看出菌量和理化指標間任何的關係。

在河川養殖池 (river fishery) 中，菌量有些微的季節性變動，養殖池中較排放水中含較多菌數。

由上述結果，可知淡水魚池並未嚴重影響自然環境中的菌量，甚至，這些菌數仍位於正常淡水菌量範圍內，此外水塘式養殖池的菌數與清潔湖泊中的菌數相近 (Jones 1973; Rheinheimer 1976)，其養殖池的水來自清潔的水源 (其清潔程度足可供為飲用水)，所以這種結果並不令人訝異。

#### 二、定性分析

淡水養殖池中一般皆含有 *Acinetobacter* spp., *Aeromonas hydrophila*, *Moraxella* spp. 和 *Pseudomonas* spp. 而有些菌種的數目則受區域性或時間性的限制，如在癩瘡大流行時，才能從垂死的魚體上發現大量 *Aeromonas salmonicida*；而 *Bacillus* spp. 只能在沈積物中發現。

在八月時，排放水中含較少的 *Alcaligenes faecalis* 和 *Erwinia stewartii*，除此之外，養殖池和排放水中的菌種並沒什麼差別，而且，其中菌種與清潔淡水中的菌種相同。(Rheinheimer 1976; Thurmer & Busse 1978; Hazen et al. 1978; Holder-Franklin et al. 1981; Lee et al. 1981)。

### 海水魚池中的細菌

#### 一、定量分析

池水中的菌數亦有季節性的變動，冬天最低，夏天最高 (Austin, 1983)，除了夏天時菌量特別高外，其他時節的菌量與未受污染海水中菌量的最大值相近 (Oppenheimer 1955; Patrick 1978)；若以發電廠排放水養殖比目魚，Gilmour et al. (1976 a. b) 測出其引用水菌量約  $10^3/\text{ml}$ ，此值遠低於在養殖池中的菌數，可證實海水養殖池中的菌數較天然環境中為高，造成這種菌數變動的因子是複雜的。目前已知環境中養分和理化因子的變動，往往可由部分細菌的消長，而予以測出。

#### 二、定性分析

海水魚場中的菌種變化較大，粘菌如：*Cytophaga/Hexibacter* spp., *Hyphomicrobium vulgare* 和 *Hyphomonas polymorpha* 存在較普遍，此外某些菌的棲所很特定，如：*Alcaligenes faecalis*, *Bacillus* spp., *Photobacterium angustum* 和 *Pseudomonas fluorescens* 只能從健康的比目魚表面取得，而 *Alteromonas halophanktis* 只能從垂死魚的病變組織中分離出。

比較流入水和排放水中的菌種，發現亦有顯著的不同，排放水中 *Acinetobacter calcoaceticus*, *Hyphomicrobium*, *Hyphomonas*, *Micrococcus*, *Photobacterium*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* 和 *Vibrio* spp. 數目減少，而 *Bacillus* spp., coryneforms, *Enterobacteriaceae* 和 *Prosthecomicrobium* 却相對地增加。格蘭氏陽性菌則普遍存於沈積物中。*Enterobacteriaceae* 多與排泄物的污染有關，毫無疑問地，這是造成排放水中菌數增加的原因。

### 蝦 (*Penaeus japonicus*) 池中的菌相變化

蝦是養殖在密閉的環境中，由於自身廢棄物及殘餘食物的礦化 (mineralization)，使得池中無機氮化物不斷地累積，此即造成蝦類死亡的主要原因之一。而水中氨和亞硝酸鹽的濃度可經由硝化細菌的生物氧化作用而降低。

在人工生態環境下，蝦池環境中的物理化學性質助長了自營性的硝化細菌和異營性的礦化菌叢的發展，當氨和亞硝酸鹽的氧化作用在進行時，此二類細菌間的相互關係也不斷地在改變著。養殖池水中的異營細菌群體是許多細菌的混合，這些細菌來源包括(1)注入養殖池的天然海水；(2)蝦所食用之蚌類本體及其體液；(3)蝦的消化道；(4)用以運送蝦苗的水。

雖然有許多文獻報導指出自營性硝化細菌與異營性礦化細菌在實驗室中的相互關係，却鮮有文獻探討，在不斷注入有機物質（如：食物和甲殼類排泄物等）之生態環境中，異營性生物的群體表現。而本文要探討的即在於養殖蝦 *Penaeus japonicus* 池中的細菌群體發展。

由研究結果顯示在不同的養殖池中，雖然所養蝦的數量不相同，但其中異營性細菌相的改變却顯示出相似的變化。事實上，剛開始加入的蝦量差異，即使在幾個月後，亦不足以引起不同型式的反應，由蝦苗場取得水份的兩個養殖槽在剛開始的幾天其細菌組成與其他槽不太相同，由於它們擁有一些可分解幾丁質的菌株，這些菌株在第四天消失，不過，六個月後又再重新出現，這種現象指出水份在密閉系統下轉移時，即有傳染病害的危險性產生。

在最初的12天中，異營性細菌族群在數目上大量減少，此一現象亦曾在其它密閉養殖系統及高密度的養殖池中顯現出來，在所有的情況下，一旦亞硝酸鹽濃度增加，水中異營性細菌數即減少，亞硝酸鹽對異營性細菌的抑制作用已然瞭解，只要亞硝酸鹽濃度一降低，各槽中的異營性細菌數目立即增長，由螢光 (epifluorescence) 顯微鏡顯示，在高亞硝酸濃度時，有絲狀細菌和少量桿狀、球狀細菌同時發生。

同時在亞硝酸聚積的時候，病原弧菌及腸道菌也相對地減少了，顯示出養殖前先行以人工方式促進硝化作用以控制養殖槽狀況的作法不是很理想的，同時隨著弧菌及腸道菌的減少，池中菌種的數目也隨之增加。此外，異營性細菌數目減少時，還有另一現象發生，即當群聚 (community) 數目降低時（在第5天到第19天之間），其中50~60%的菌株會需要生長素 (growth factors)，同時能利用胺基酸為單一碳源及能源者的數目降到極低。從氮氧化菌 (*Nitrosomonas* sp.) 及相同環境內一或兩種異營性細菌 (*Pseudomonas* sp. 和 *Nocardia* sp.) 間相互關係研究中可看出：在混合培養下，它們會互相刺激增加彼此的生長，其中 *Pseudomonas* 之生長需要一些胺基酸，而正好以 *Nitrosomonas* 為該胺基酸之初級生產者，而 *Pseudomonas* 顯然是自然群聚中，唯一不因亞硝酸鹽的產生而生長受到抑制者。當亞硝酸鹽濃度開始降低時，池水樣品中部分自營性細菌的數目開始增加，造成池水中細菌群聚與未被污染水中的自然群聚不同，因為前者中能以胺基酸為唯一碳源及能源的菌量較少。

在飼養20天後，池水中氨和亞硝酸鹽濃度因硝化作用而降低，唯有硝酸鹽濃度上昇之後具極大營養需求和酵素上潛能的異營性細菌開始生長，七個月以後當養殖密度超過每平方公尺 1000 g 時，部分細菌菌叢開始佔優勢，不過，這些由池水中分離出的大量菌株均源於糞便排泄物的大量增加，這類

細菌能够減少硝酸鹽類，光靠反硝化作用（denitrification）並不能減少水中硝酸鹽濃度，在有氧的系統中，硝化作用總可受到激進，而異營性細菌的反硝化活性（denitrifying activity）却無法測得。

總而言之，在密閉的蝦池養殖系統下，自營硝化細菌和相關的異營性細菌群聚間的關係，可以三個階段來描述之。

剛開始數日，池水中細菌群聚的組成主要受其來源（天然海水，蝦苗，蚌類）的影響，當氨和亞硝酸鹽濃度皆增加時，水中的化學成分使得水中細菌群聚缺乏變異性而有非常專一的代謝特性（需要胺基酸並利用很少的有機化合物作為碳源和能源）。當初期階段（約20天）過去之後，水中細菌族群趨向平衡，猶如所有未受壓力的生態系一般，異營性族群顯現了高變異性和代謝潛能。再經長期的發展後，來自蝦排泄物和用以餵食的蚌類的細菌成為最後的優勢者。

### 水質對養殖池的影響

由漁池經營的災害，我們可推論出一些肇事原因，如：浮游生物的進入增加了生物需氧量，帶給魚群額外的壓力；化學污染源如殺虫劑和農業肥料的流入，造成魚群的死亡；目前對水溫的季節性變動尚未完全了解；而有些疾病在特殊季節較易發生，如鮭魚的癩瘡症多發生在溫暖的夏季（McCarthy 1977）；此外，有人推論漁池中的病原菌可能來自外界環境，如鮭魚的細菌性腎臟病（Fryer & Sanders 1981），首先在野生鮭魚上發現（Smith 1964），是否漁池中的病害是受野生鮭魚傳染，仍不得而知。

### 結 論

近年來本省在水產養殖技術上不斷有所創新與突破，為業者帶來大量的收入。然而隨著養殖密度的增加，在管理上如稍有不慎即會造成產量與品質的降低。由已知的文獻報告中可看出，水產生物的產量及品質與養殖系統中微生物的組成有極密切的關係。但是，目前我們對本省各種不同養殖系統中正常微生物的組成及其季節性的變化，均無資料可考，此一缺失，往往使我們無法有效預期問題之發生，而造成大量財務上的損失。故如何迅速建立本省各種養殖系統中微生物的組成及其季節性變化的基本資料，實為當急之務。

\*本文主要內容取自：

- ① "Microbial quality of water in intensive fish rearing" 原文作者為：Austin, B., 與 D. Allen-Austin. 1985. *Journal of Applied Bacteriology* 59 (Supplement): 207s-226s.
- ② "Development of a heterotrophic bacterial community within a closed prawn aquaculture system" 原文作者為 Sohier, L.P., 與 M.A.G. Bianchi. 1985. *Microb. Ecol.* 11: 353-369.

### 參 考 文 獻

1. Alexander, M. 1971 *Microbial Ecology*. New York: John Wiley.
2. Austin, B., Allen, D.A., Zachary, A., Belas, M.R. & Colwell, R.R. 1979 Ecology and taxonomy of bacteria attaching to wood surfaces in a tropical harbor. *Canadian Journal of Microbiology* 25, 446-461.

3. Baumann, L., Baumann, P., Mandel, M. & Allen, R.D. 1972. Taxonomy of aerobic, marine bacteria. *Journal of Bacteriology* 110, 402-429.
4. Bell, C.R., Holder-Franklin, M.A. & Franklin, M. 1980. Heterotrophic bacteria in two Canadian rivers. 1. Seasonal variations in the predominant bacterial populations. *Water Research* 14, 449-460.
5. Boeye, A. & Aerts, M. 1976. Numerical taxonomy of *Bacillus* isolates from North Sea sediments. *International Journal of Systematic Bacteriology* 26, 427-441.
6. Bullock, G.L. & Snieszko, S.F. 1970. Fin rot, cold-water disease, and peduncle disease of salmonid fish. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Disease Leaflet 25, pp. 1-5.
7. Bullock, G.L. & Snieszko, S.F. 1975. Hagerman redmouth, a disease of the Enterobacteriaceae. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Fish Disease Leaflet 42.
8. Carney, J.F., Carty, C.E. & Colwell, R.R. 1975. Seasonal occurrence and distribution of microbial indicators and pathogens in the Rhode River of Chesapeake Bay. *Applied Microbiology* 30, 771-780.
9. Collins, V.G. 1970. Recent studies of bacterial pathogens of freshwater fish. *Water Treatment and Examination*. 19, 3-31.
10. Dudley, S., Babinchak, J.A. & Graikoski, J.T. 1977. Enumeration and distribution of bacterial populations of Long Island Sound. *Marine Pollution Bulletin* 8, 285-287.
11. Ewing, W.H., Ross, A.J., Brenner, D.J. & Fanning, G.R. 1978. *Yersinia ruckeri* sp., nov. the redmouth (RM) bacterium. *International Journal of Systematic Bacteriology* 28, 37-44.
12. Fletcher, M. 1979. The aquatic environment. In *Microbial Ecology: a Conceptual Approach* ed. Lynch, J.M. & Poole, N.J., pp. 92-114. London: Blackwell.
13. Fryer, J.L. & Sanders, J.E. 1981. Bacterial kidney disease of salmonid fish. *Annual Review of Microbiology* 35, 273-298.
14. Geesey, G.G. & Costerton, J.W. 1979. Microbiology of a northern river: bacterial distribution and relationship to suspended sediment and organic carbon. *Canadian Journal of Microbiology* 25, 1058-1062.
15. Geldreich, E.E. 1977. Microbiology of water. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 69, 1222-1244.
16. Hazen, T.G., Fliermanns, C.B., Hirsch, R.F. & Esch, G.W. 1978. Prevalence and distribution of *Aeromonas hydrophila* in the United States. *Applied and Environmental Microbiology* 36, 731-738.
17. Hendrie, M.S., Hodgkiss, W. & Shewan, J.M. 1970. The identification, taxonomy and classification of luminous bacteria. *Journal of General Microbiology* 64, 151-169.
18. Hirsch, P. & Rheinheimer, G. 1968. Biology of budding bacteria. V. Budding bacteria in aquatic habitats: occurrence, enrichment and isolation. *Archives fur Mikrobiologie* 62, 289-306.
19. Holder-Franklin, M.A., Thorpe, A. & Cormier, C. 1981. Comparison of numerical taxonomy and DNA-DNA hybridization in diurnal studies of river bacteria. *Canadian*

- Journal of Microbiology 27, 1165-1184.
20. Ishida, Y. & Kadota, H. 1975. A comparison between viable count and direct count of bacteria in polluted sea water. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 41, 271.
  21. Jones, J. G. 1973. Studies on freshwater bacteria: the effect of enclosure in large experimental tubes. Journal of Applied Bacteriology 36, 445-456.
  22. Jones, J.G. 1978. The distribution of some freshwater planktonic bacteria in two stratified eutrophic lakes. Freshwater Biology 8, 127-140.
  23. Kaneko, T., Roubal, G. & Atlas, R. 1978. Bacterial populations in the Beaufort Sea. Arctic 31, 91-107.
  24. Kimura, T., Yoshimizu, M. & Sannohe, H. 1978. Bacteriological study on lake as ambient water for fish. 1. Effects of the volcanic ashes after the eruption of Mt. Usu on Lake Toya, 1977. Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University 29, 363-377.
  25. Kogure, K., Simidu, U. & Taga, N. 1980. Distribution of viable marine bacteria in neritic seawater around Japan. Canadian Journal of Microbiology 26, 318-323.
  26. Lee, J.V., Shread, P., Furniss, A.L. & Bryant, T.N. 1981. Taxonomy and description of *Vibrio fluvialis* sp. nov. (Synonym Group F vibrios Group EF6). Journal of Applied Bacteriology 50, 73-94.
  27. Martin, Y.P. & Bianchi, M.A. 1980. Structure, diversity and catabolic potentialities of aerobic heterotrophic bacterial populations associated with continuous cultures of natural marine phytoplankton. Microbial Ecology 5, 265-279.
  28. McCarthy, D.H. 1977. Some ecological aspects of the bacterial fish pathogen-*Aeromonas salmonicida*. In Aquatic Microbiology (ed). Skinner, F.A. & Shewan, J.M., Society for Applied Bacteriology Symposium No.6, pp. 299-324. London: Academic Press.
  29. Minchew, C.D. & Yarbrough, J.D. 1977. The occurrence of fin rot in mullet (*Mugil cephalus*) associated with crude oil contamination of an estuarine pond-ecosystem. Journal of Fish Biology 10, 319-323.
  30. Oppenheimer, C.H. 1955. The effect of marine bacteria on the development and hatchery of pelagic fish eggs and the control of such bacteria by antibiotics. Copeia 1, 43-49.
  31. Patrick, F.M. 1918. The use of membrane filtration and marine agar 2216 E to enumerate marine heterotrophic bacteria. Aquaculture 13, 369-372.
  32. Pfister, R.M. & Burkholder, P.R. 1965. Numerical taxonomy of some bacteria isolated from antarctic and tropical seawater. Journal of Bacteriology 90, 863-872.
  33. Rheinheimer, G. 1976. Aquatic Microbiology. Chichester: John Wiley & Sons.
  34. Rodsaether, M.C., Olafsen, J., Raa, J., Myhere, K. & Steen, J.B. 1977. Copper as an initiating factor of vibriosis (*Vibrio anguillarum*) in eel (*Anguilla anguilla*). Journal of Fish Biology 10, 17-21.
  35. Shiba, T. & Taga, N. 1980. Heterotrophic bacteria attached to seaweeds. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 47, 251-258.

36. Simidu, U. & Kaneko, E. 1969. Microflora of fresh and stored flatfish, *kareius bicoloratus*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 35, 77-82.
37. Smith, I.W. 1964. The occurrence and pathology of Dee disease. Department of Agriculture and Fisheries for Scotland, Freshwater & Salmon Fisheries Research 34, 1-12.
38. Spencer, M.J. & Ramsay, A.J. 1978. Bacterial populations, heterotrophic potentials, and water quality in three New Zealand rivers. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 12, 415-427.
39. Staley, J.T., Marshall, K.C. & Skerman, V.B.D. 1980. Budding and prosthecate bacteria from freshwater habitats of various trophic states. Microbial Ecology 5, 245-251.
40. Stevenson, J.P. 1980. Trout Farming Manual. Farnham: Fishing News Books.
41. Thurner, K. & Busse, M. 1978. Numerical taxonomic studies on enterobacteria of surface water. Zentralblatt für Bakteriologie, Hygiene und Infektionskrankheiten, I Abteilung, Originale B 167, 262-271.
42. Watson, S.W. 1963. Autotrophic nitrification in the ocean. In Symposium on Marine Microbiology ed. Oppenheimer, C.H., pp. 73-84. Springfield, Illinois: Thomas.
43. Wood, E.J.F. 1965. Marine Microbial Ecology. New York: Reinhold.
44. Ziskowski, J. & Murchelano, R. 1975. Fin erosion in winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) from the New York Bight. Marine Pollution Bulletin 6, 26-28.