

矽藻類引起的虱目魚塢黃水現象

郭世榮·丁雲源

Yellow water Phenomenon Caused by Diatoms in Milkfish Ponds

Shih-Rong Kuo and Yun-Yuan Ting

The causative factors in producing yellow water in milkfish ponds are numerous, and their effect on the water quality and the growth of milkfish is various. In this experiment, *Nitzschia acicularis* and *N. lorenziana*, of diatoms were found to cause the yellow water phenomenon in milkfish ponds at Tu-Cheng, Tainan.

In the milkfish ponds with the yellow water has the following features: 23.6-31.5°C water temperature, 22-30‰ salinity level, 14-19 cm transparency level, 8.55-9.70 pH level, containing 0.3-16.3 ppm of dissolved oxygen, 0.04-0.12 ppm of ammonium-N, 0.002-0.009 ppm of nitrite-N, and a level of 126-225 ppm total alkalinity.

Daily variation of water temperature in milkfish ponds is very large, with its maximum value at 5.3°C. Daily variation of dissolved oxygen is also very large, the low dissolved oxygen period (<1 ppm) occurring 4 to 6 hours a day.

前 言

虱目魚 (*Chanos chanos* Forskal) 是本省最重要的經濟養殖魚類之一。養殖形態有三百年來傳統的淺坪式養殖 (shallow-water pond culture system) 和近年來發展成功的深水式養殖 (deep-water pond culture system) 兩種類型⁽¹⁾。截至民國 76 年為止，本省虱目魚養殖面積有 8,310.44 公頃，其中包括鹹水魚塢 (淺坪式) 6,958.84 公頃，和淡水魚塢 (深水式) 1,351.60 公頃⁽²⁾。雖然深水式魚塢單位產量可達淺坪式魚塢的 4-5 倍⁽¹⁾，但傳統的淺坪式魚塢仍然是本省虱目魚養殖的主流。

本省淺坪式的虱目魚塢大致分佈在北緯 23°40' 以南的西南沿海一帶⁽³⁾，包括台南市、高雄縣、嘉義縣、雲林縣和屏東縣等地區，其中以台南縣市的產量最多。

淺坪式養殖是利用有機肥料如米糠、雞糞、水肥和太陽能，使坪底產生一層藻床 (底藻) 來作為虱目魚餌料的養殖方法⁽⁴⁾。據陳⁽⁵⁾ 研究指出，淺坪式虱目魚的養殖年度可分為兩期：第 1 期為 11 月至翌年 2 月，屬於準備時期，其工作目的為恢復魚塢的生產能力。第 2 期為 3 月至 10 月，屬於飼養時期，其工作目的為獲致最大的生產量。3 月至 5 月初旬，魚塢中藻類 (底藻) 生長茂盛，可供虱目魚攝

食，故不需給餌。但隨著養殖期間的進行和虱目魚的逐漸長大，底藻就會逐漸減少。當每年的8月以後，某些底藻已遭破壞的魚塢，浮游生物異常繁殖，魚塢水色往往會變成黃濁，不僅會使虱目魚成長停頓，嚴重者甚至會發生泛地，使漁民蒙受莫大的損失。有關這方面的報告主要有：1954年，艾⁽⁷⁾指出細菌、矽藻會使魚塢引起黃色水華（water bloom）；1968年，林⁽⁸⁾指出黃水魚塢存在有黃色浮游生物，主要是原生動物，如 *Carteria*，*Chlamydomonas* 和 *Chilomonas* 等；1969年，趙⁽⁹⁾從水產試驗所台南分所的虱目魚塢分離出12株黃水細菌；1987年，張⁽⁶⁾認為台南土城某黃水虱目魚塢係因大量鞭毛藻類所引起；同年，陳⁽¹⁰⁾指出虱目魚塢黃酸水主要為金黃色鞭毛藻所形成，其優勢種類有 *Chlamydomonas*、*Hymenomonas*、*Rhodomonas*、*Chilomonas* 和 *Pavlova* 等。

為探討淺坪式虱目魚塢發生黃水現象的原因，以作為提高養殖技術的參考，筆者選定曾經發生黃水現象的台南土城地區魚塢，從事黃水魚塢水質及其日變化，和藻類組成及比例等試驗研究工作。希望這些研究結果，對虱目魚塢黃水現象的防治，能夠有所助益。

材料與方法

一、調查採樣：

76年10月至11月間，在台南市土城地區，選定A池（4.2公頃）、B池（4.0公頃）和C池（0.7公頃）等3個發生黃水現象的虱目魚塢，做逢機調查採樣工作。

二、水質分析：

- (一)水溫（Water temperature）：在魚塢現場以 SUNTEX SD-60 型溶氧測定器（附測溫裝置）測定水面下10cm處之水溫。
- (二)鹽度（Salinity）：以 ATAGO S-10 型鹽度計測定。
- (三)水色（Water color）：以目視判定。
- (四)透明度（Transparency）：以直徑20cm透明度板測定。
- (五)pH：以 Corning M.103 型氧化還原電位計（附pH裝置）測定。
- (六)溶氧（Dissolved oxygen）：以 SUNTEX SD-60 溶氧測定器測定水面下10cm處之溶氧。
- (七)氨氮（Ammonium-N）：以西德Merck公司簡易水質試藥測定。
- (八)亞硝酸氮（Nitrite-N）：以西德Merck公司簡易水質試藥測定。
- (九)鐵（Iron）：以西德Merck公司簡易水質試藥測定。
- (十)總鹼度（Total alkalinity）：利用甲基橙做指示劑，以0.02N H₂SO₄ 溶液滴定測定，即MO鹼度⁽¹¹⁾。

三、藻類鑑定分析：

以採集網採集藻類樣本，經固定液（Lugol's solution）固定後，送請中央研究院植物研究所鑑定、分析。

結果與討論

一、黃水魚塢水質基礎資料：

有關虱目魚塢水質方面的資料，迄今尚不多見⁽⁸⁾⁽⁹⁾；而黃水虱目魚塢的水質資料，則更感缺乏，僅有水溫、溶氧、鹽度、硝酸鹽、總氮量、碘消費量等的測定⁽⁶⁾。因此，在本試驗中除利用水質環境因素來探討發生黃水的原因以外，也着手朝著建立虱目魚塢水質環境基礎資料的方向而努力。

從台南土城地區發生黃水現象的3個虱目魚塢所測得的水質基礎資料如表1～表3。

表1 A池水質基礎資料

Table 1 Fundamental data of water quality in Pond A.

組別 Water quality	日期 Date	Oct.13	Oct.24	Oct.27	Oct.30	Nov.3
測定時間 Time		10:00	15:40	15:10	14:00	15:30
水溫 Temperature (°C)		30.5	23.6	28.9	31.5	29.8
鹽度 Salinity (‰)		22	29	25	26	29
水色 Water color		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow-green
透明度 Transparency (cm)		15	15	14	-	19
pH		9.35	8.84	8.87	9.01	9.29
溶氧 D. O. (ppm)		7.2	7.3	8.9	1.7	9.4
氨氮 Ammonium-N (ppm)		-	0.04	0.05	0.04	0.08
亞硝酸氮 Nitrite-N (ppm)		0.002	0.003	0.002	0.002	0.006
鐵 Fe (ppm)		-	0.45	0.38	-	0.25
總鹼度 Total alkalinity (ppm)		-	184	200	216	225

表2 B池水質基礎資料

Table 2 Fundamental data of water quality in Pond B.

組別 Water quality	日期 Date	Oct. 13	Oct. 24
測定時間 Time		10:20	15:20
水溫 Water temperature (°C)		30.7	23.9
鹽度 Salinity (‰)		27	30
水色 Water color		Yellow	Yellow
透明度 Transparency (cm)		17	16
pH		8.55	9.01
溶氧 D. O. (ppm)		6.0	8.7
氨氮 Ammonium-N (ppm)		0.06	0.05
亞硝酸氮 Nitrite-N (ppm)		0.002	0.002

表3 C池水質基礎資料

Table 3 Fundamental data of water quality in Pond C.

組別 Water quality	日期 Date	Nov. 3	Nov.16	Nov.20
	測定時間 Time		15:30	13:20
水溫 Water temperature (°C)		28.6	28.8	26.7
鹽度 Salinity (%)		24	27	29
水色 Water color		Yellow	Yellow	Yellow
透明度 Transparency (cm)		15	15	14
pH		9.70	8.91	9.43
溶氧 D. O. (ppm)		14.2	10.4	16.3
氨氮 Ammonium-N (ppm)		0.1	0.12	0.1
亞硝酸氮 Nitrite-N (ppm)		0.008	0.009	0.004
鐵 Fe (ppm)		0.12	-	0.13
總鹼度 Total alkalinity (ppm)		154	-	126

水溫是影響虱目魚生長最重要的環境因子之一。據林⁽³⁾測定，虱目魚正常活動的溫度是19.5~34.0°C。本試驗的3個池子，水溫分佈在23.6°C~31.5°C之間，屬於虱目魚正常活動的溫度範圍。

鹽度也是影響魚類生長最重要的環境因子之一。因為虱目魚係廣鹽性的魚類，所以在淡水及高鹽分下都可生存，據林⁽⁴⁾之研究，虱目魚適合生長的鹽分濃度的經驗值為5~30%。本試驗的鹽度分佈在22~30%之間，也在虱目魚適合生長的鹽分濃度範圍內。

在水色方面，A、B、C池均呈黃色。其中A池在11月3日採樣時轉為黃綠色，同時池中的*Nitzschia acicularis*大量減少。雖然藻類、動物性浮游生物和細菌等都可能改變水色，但從A池*N. acicularis*大量減少使水色變為黃綠色來看，應可推定A池的黃水現象是*N. acicularis*造成的。

透明度與水中的浮游生物量有很大的關係。據筆者調查本省南部四種類型魚塢的結果⁽⁵⁾，發現黃水虱目魚塢和止水式養鰻池、魚鴨綜合經營池的透明度都是屬於較低的。本試驗池水的透明度分佈在14~19cm之間，如以一般虱目魚塢水深在30~45cm來看，這種較低的透明度對虱目魚塢底藻的正常生長是比較不利的。

在pH方面，本試驗測得之pH分佈在8.55~9.70之間。它和魚生長之適當pH範圍(pH6.5~9.0)⁽⁶⁾比較的話，黃水魚塢的pH值是偏高的。探討pH偏高的原因，除了測定時間大多在下午3點多以外，這和南部地區虱目魚塢土壤的pH偏高⁽⁶⁾可能也有關係。

在溶氧方面，A池的溶氧大抵在7.2~9.4ppm之間，但10月30日却降到1.7ppm，如配合藻類相(請參閱結果與討論三)和水色變化來看，即可推斷它可能和10月30日前一、二天*N. acicularis*大量死亡，使水中溶氧消耗殆盡有關。B池的溶氧在6.0~8.7ppm之間，C池的溶氧較高，分佈在10.4~16.3ppm之間，它可能和藻類的繁盛有關。

在氨氮和亞硝酸氮方面，A、B、C池的含量都不高。氨氮在0.04~0.12ppm之間；亞硝酸

氮在 0.002 ~ 0.009 ppm 之間。

在總鹼度方面，A 池在 184 ~ 225 ppm 之間；C 池在 126 ~ 154 ppm 之間。

二、黃水虱目魚塢水質的日變化：

本試驗是從 1987 年 11 月 3 日上午 6 時起至 4 日上午 6 時止。試驗期間天氣晴朗，氣溫在 21.2 ~ 30.6°C 之間，平均風力 4.6 公尺/秒，約 3 級風⁽¹⁷⁾。試驗地點為台南土城地區發生黃水現象的 2 個虱目魚塢（A 池和 C 池），試驗進行中每隔 2 ~ 3 小時測定水溫、pH、溶氧各 1 次，所測得的結果如表 4 和圖 1 ~ 圖 3。

在水溫的日變化方面，由於淺坪式虱目魚塢為了保持底藻的正常生長，一般水深都在 30 ~ 45 cm 左右，是屬於水深最淺的魚塢之一，因而它的水溫受氣溫的影響也比較顯著，所以水溫的日變化很大。在 A 池中，水溫最低是上午 6 時的 24.5°C，最高是下午 3 時半的 29.8°C，水溫相差 5.3°C。在 C 池中，水溫相差也有 4.5°C，這和曾文水庫氣溫差 8 ~ 10°C，但水溫幾乎保持一定⁽¹⁸⁾真是天壤之別，這是淺坪式虱目魚塢特有的現象。

在 pH 的日變化方面，吾人都知道 pH 是水質很重要的因子之一。pH 的日變化主要是受池中植物性浮游生物的影響，白天因為進行光合作用，消耗水中二氧化碳，pH 就逐漸增高；晚間因為不能進行光和作用，僅有呼吸作用，所以二氧化碳逐漸增加，使 pH 逐漸降低。因此，每天到了下午水中的 pH 往往會增加到最高點，而於翌日早晨再降低到最低點。在 A 池中，以下午 3 時半的 pH 9.29 最高，以翌日凌晨 6 時的 pH 8.82 最低。C 池也有相似的結果。

溶氧也是日變化相當顯著的水質環境因子之一，它主要是受水中浮游生物的種類（動物性或植物性）和數量來決定⁽¹⁴⁾，此外光照的多少和風力的大小等，都會影響到水中的溶氧。在本試驗的 A 池中，溶氧以下午 3 時半的 9.4 ppm 最高，翌日凌晨 3 時即降低至 0.9 ppm，至凌晨 6 時降至最低的 0.37 ppm。在 C 池中，以下午 3 時半的 14.2 ppm 最高，至深夜 12 時降至 1.1 ppm，至翌日凌晨 3 時再降至 0.4 ppm，至凌晨 6 時則降至最低的 0.3 ppm。

由圖 3 也可看出，A 池溶氧降至 1 ppm 以下的時間，長達 4 小時左右；而 C 池溶氧降至 1 ppm 以下的時間，更長達 6 小時左右。

據林⁽³⁾研究，虱目魚的耗氧量因魚體的大小而有異，致死濃度約 0.11 ml/l 至 0.25 ml/l 之間。另據湯⁽¹⁵⁾指出，池魚長時間處在溶氧 1.0 ~ 5.0 mg/l 水中時，魚雖能活存，但生長慢；池魚長時間處在溶氧 0.3 ~ 1.0 mg/l 水中時，魚會斃死；若池魚在 0 ~ 0.3 mg/l 水中時，魚僅能暫時活存。在本試驗中，A 池和 C 池溶氧在 1 ppm 以下的時間長達 4 ~ 6 小時，這可能就是黃水魚塢池魚生長停滯的原因。假如魚塢養殖環境繼續惡變，溶氧更為降低，則池魚浮頭死亡的情形即有可能發生。

二、黃水虱目魚塢的藻類相：

採自台南土城 A 池和 C 池的池水，經鑑定、分析結果如表 5。

從表 5 中，發現本次發生黃水現象的虱目魚塢池水的藻族群有：藍綠藻類的色球藻（*Chroococcus*）、微囊藻（*Microcystis*）、顛藻（*Oscillatoria*）；矽藻類的小環藻（*Cyclotella*）、*Cymbella*、*Navicula*、*Nitzschia*、*Rhopalodia*；裸藻類的陀螺藻（*Strombomonas*）、囊裸藻（*Trachelomonas*）；綠藻類的綠藻（*Chlorella*）、卵囊藻（*Oocystis*）；渦鞭毛藻類的褐色鞭毛藻（*Cryptomonas*）等。

在 A 池中，從 10 月 27 日至 11 月 3 日間變化最顯著的藻類是矽藻類的 *Nitzschia acicularis*。它的數量百分比從 10 月 27 日的 32.3 降到 11 月 3 日的 1.4。這時候藍綠藻類的 *Chroococcus* 和綠藻類的 *Oocystis* 却大量增加，這可能就是 A 池 10 月 27 日水色黃色但 11 月 3 日轉為黃綠色的原因。由此，我們發現造成 A 池黃水現象的藻類主要就是 *Nitzschia acicularis*。而 A 池的溶氧在 10

表4 虱目魚塢水溫、酸鹼度、溶氧之日變化 (1987.11.3-4).

Table 4 Daily variations of water temperature, pH and dissolved oxygen in milkfish ponds.

Water quality		Time									
		0600	0900	1200	1530	1730	2100	2400	0300	0600	
Tw (C)	Pond A	24.5	26.3	29.6	29.8	27.1	25.6	24.8	24.9	24.7	
	Pond C	24.4	25.9	28.9	28.6	26.7	25.4	25.0	24.7	24.5	
pH	Pond A	8.85	8.98	9.18	9.29	9.21	9.05	8.86	8.83	8.82	
	Pond C	9.06	9.39	9.58	9.70	9.49	9.21	9.08	8.99	8.97	
D.O. (ppm)	Pond A	0.37	4.9	8.4	9.4	6.5	3.2	2.0	0.9	0.45	
	Pond C	0.34	7.1	12.5	14.2	8.9	3.5	1.1	0.4	0.3	

(Tw: water temperature; D. O. : Dissolved oxygen)

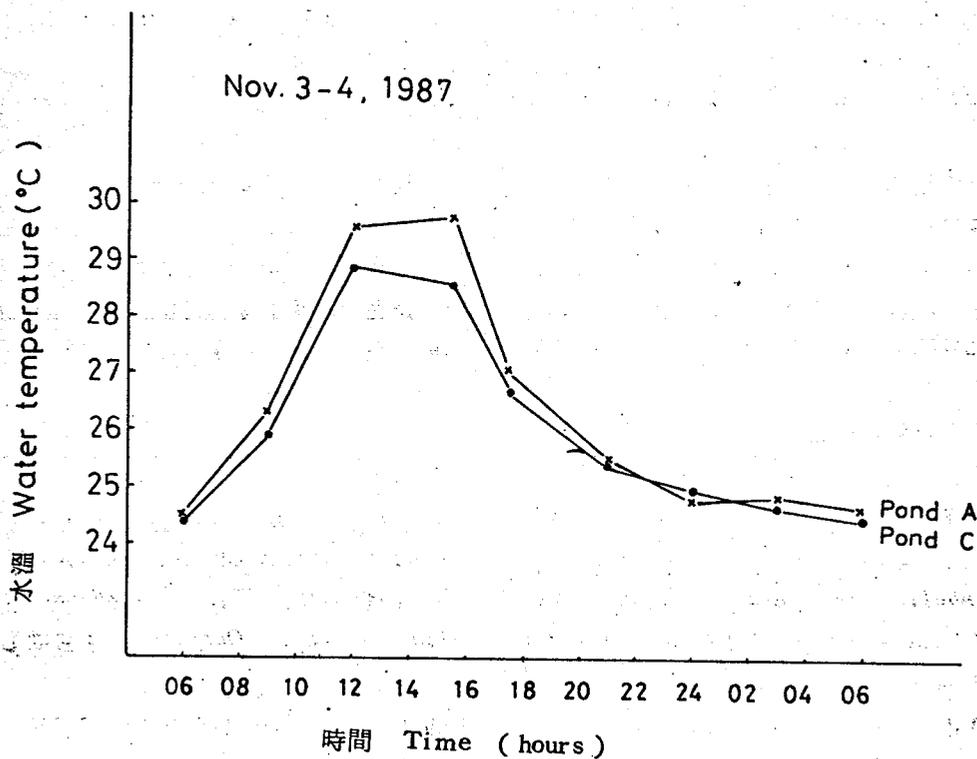


圖1 虱目魚塢水溫日變化

Fig. 1 Daily variation of water temperature in milkfish ponds.

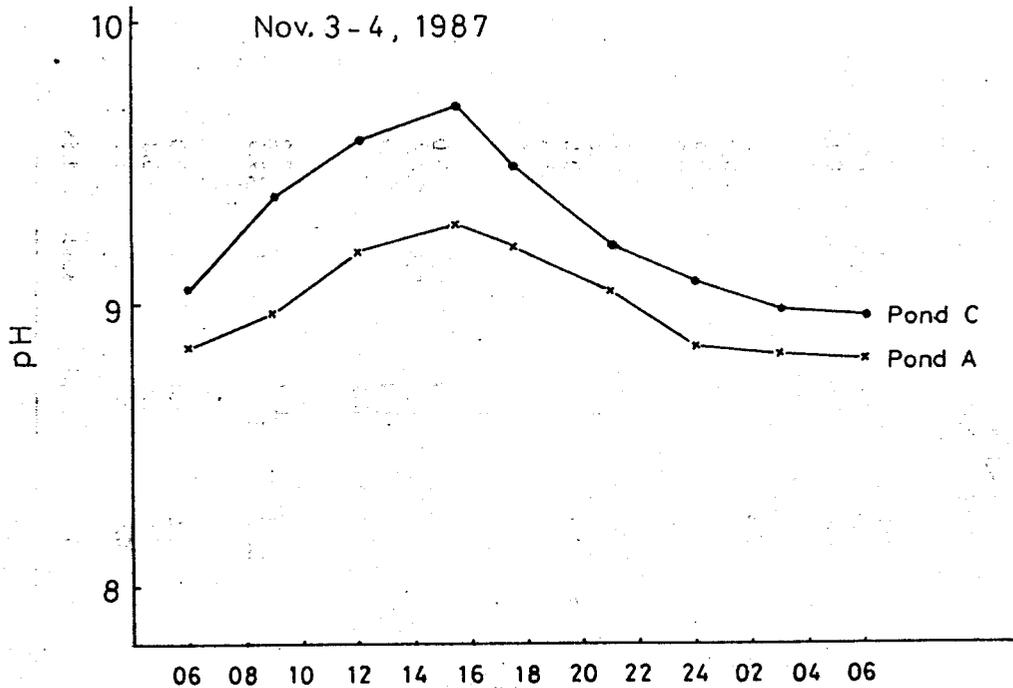


圖2 虱目魚塭 pH 值日變化 時間 Time (hours)
 Fig. 2 Daily variation of pH in milkfish ponds.

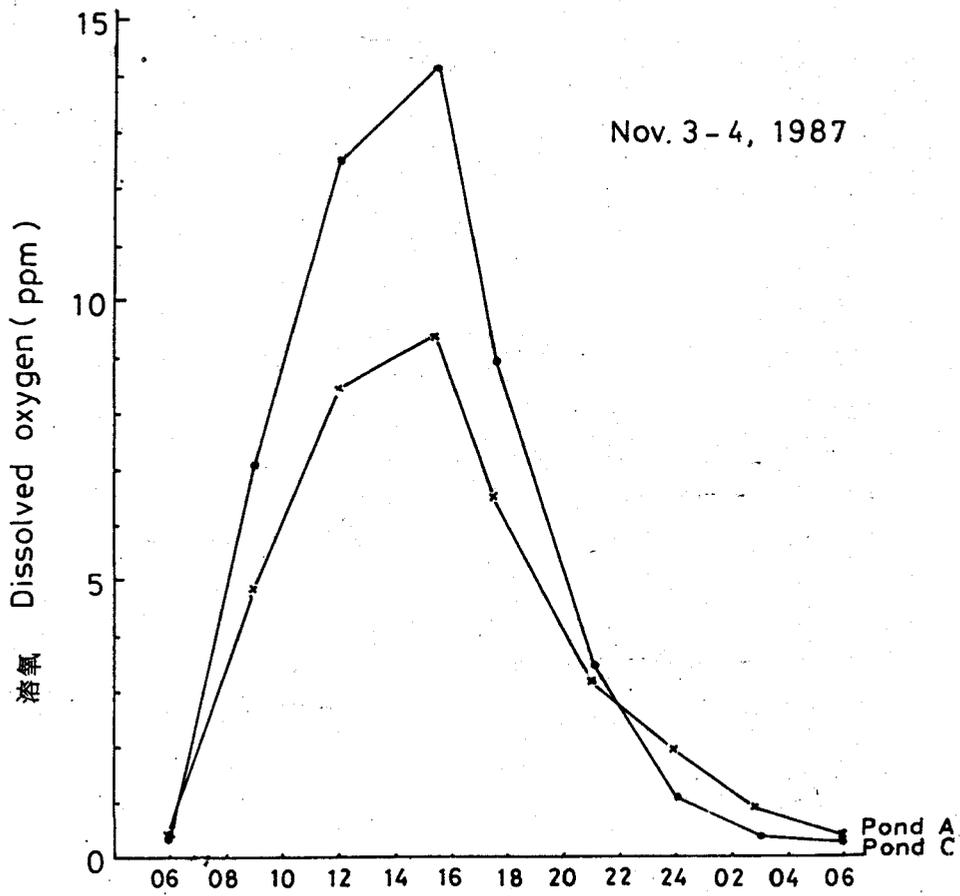


圖3 虱目魚塭溶氧日變化 時間 Time (hours)
 Fig. 3 Daily variation of dissolved oxygen in milkfish ponds.

表5 A池和C池的藻類組成及百分比
Table 5 Species composition and percentage of presence of each species found in pond A and Pond C.

TAXA	Pond A		Pond C	
	OCT.27	NOV.3	NOV.3	NOV.16
BLUE-GREENS				
<i>Chroococcus dispersus</i> Var. minor G. M. Smith	30.5	50.8	19.5	32.3
<i>Microcystis pulverea</i> Var. incerta (Lemm.) Crow	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm.	0.0	0.0	0.0	0.1
DIATOMS				
<i>Cyclotella</i> sp.-4	0.2	0.0	2.3	1.2
<i>Cymbella pusilla</i> Playf.	0.0	0.0	0.1	0.0
<i>Cymbella</i> sp.	1.5	0.8	0.3	0.6
<i>Navicula cryptocephala</i> Kutz.	0.0	0.2	0.1	0.0
<i>Navicula heufleri</i> Var. leptocéphala (Breb. ex Grun.) Petag.	0.0	0.4	0.0	0.0
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kutz.	0.3	0.0	0.0	0.0
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Sm.	32.3	1.4	1.1	0.3
<i>Nitzschia kutzingiana</i> Hillse.	0.3	0.0	0.0	0.0
<i>Nitzschia lorenziana</i> Var. incurva (Grun.)	0.1	0.3	15.9	5.4
<i>Rhopalodia graciloides</i> Hust.	0.0	0.2	0.0	0.0
EUGLENOIDS				
<i>Strombomonas fluviatilis</i> (Lemm.) Defl.	0.0	0.0	0.1	0.0
<i>Trachelomonas oblonga</i> Var. attenuata Playf.	0.0	0.6	0.8	0.0
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenb.	0.0	0.0	0.1	0.0
<i>Trachelomonas</i> sp.	0.0	0.1	0.0	0.0
GREENS				
<i>Chlorella</i> sp.	12.0	10.7	8.0	9.2
<i>Oocystis bispora</i> Kom.	22.2	31.3	47.6	49.5
DINOFLLAGELLATES				
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenbg.	0.6	1.4	0.3	0.0
<i>Cryptomonas obovata</i> Skuja.	0.0	1.6	1.1	0.1
<i>Cryptomonas</i> sp.	0.0	0.0	2.5	1.3
(x 10 ⁶) individuals/ml	3.49	2.26	3.42	4.59

(本表係中央研究院植物研究所鑑定分析)

月30日突然降到1.7 ppm，也可能就是*N. acicularis*大量死亡、消耗氧氣所導致的結果。

據Liebmann(1962)分類，*N. acicularis*是屬於 β 中腐水性(β -mesosaprobic)的藻類，它在本省南部的澄清湖也曾發現過，數量少(百分比在8%左右)¹⁰。至於*N. acicularis*在A池成爲優勢種的原因，則有待進一步研究。

從表5中，我們也可發現導致C池黃水現象的藻種可能是*N. lorenziana*，它在11月3日百分比佔藻類組群的15.9%，雖然11月16日降至5.4%，但因此時藻類總數從 3.42×10^6 增加到 4.59×10^6 ，增加了1.34倍，因此11月16日C池中的*N. lorenziana*數目仍然相當多，池水仍呈黃色。

由以上可知，矽藻類的*N. acicularis*和*N. lorenziana*大量繁生的結果，會使虱目魚塢發生黃水現象。

摘 要

虱目魚塢黃水現象發生的原因很多，對水質和虱目魚生長的影響也各有不同。在本試驗中，首次發現矽藻類的*Nitzschia acicularis*和*N. lorenziana*使台南土城地區的虱目魚塢發生黃水現象。

發生黃水現象的虱目魚塢，池水的水溫爲23.6~31.5°C，鹽度爲22~30‰，透明度爲14~19 cm，pH爲8.55~9.70，溶氧爲0.3~16.3 ppm，氨氮爲0.04~0.12 ppm，亞硝酸氮爲0.002~0.009 ppm，總鹼度爲126~225 ppm。

水溫的日變化很大，A池相差5.3°C，C池相差4.5°C。溶氧的日變化也很大，而且1天中溶氧降至1 ppm以下的時間長達4~6小時。

謝 辭

本試驗承蒙中央研究院植物研究所吳俊宗博士代爲分析虱目魚塢的藻類組成及百分比，在此謹致最大謝忱。

參考文獻

1. Liao, I-Chiu (1985). Milkfish culture in Taiwan. Reproduction and culture of milkfish, 164 - 184.
2. 台灣省漁業局(1988). 中華民國台灣地區漁業年報.
3. 林晃生(1969). 臺南虱目魚之生態研究。JCRF Fisheries Series, 7, 68 - 90.
4. 林明男(1982). 深水式虱目魚養殖之理論與實際(-)。漁友月刊, 4(5), 35 - 37.
5. 陳同白(1953). 臺灣虱目魚養殖月歷。中國水產, 1, 4.
6. 張朴性、丁雲源(1987). 虱目魚塢黃酸水水質調查與研究。台灣省水產試驗所試驗報告, 42, 293 - 298.
7. 艾祥生(1954). 養魚池水質變惡之原因及其處理方法。中國水產, 19, 15 - 16.
8. Lin, S.Y. (1968). Milkfish farming in Taiwan (A review of practice and problems). Fish Culture Report, 3, 36.
9. 趙乃賢(1969). 黃水細菌與虱目魚塢藻類之抗菌力研究。JCRF Fisheries Series, 8, 31 - 40.
10. 陳弘成(1987). 蝦池的管理——水色與生產量的關係。養蝦總覽, 養魚世界雜誌社發行, 117 - 123.
11. 陳建初(1981). 水質分析, 53 - 54.
12. 陳弘成、劉熾揚(1972). 虱目魚越冬溝之生態研究。JCRF Fisheries Series, 12, 35 - 49.
13. 郭世榮、丁雲源。台灣南部四種養殖池水質調查與研究。(付印中)。

14. 黃英武 (1963). 虱目魚塢之溶氧量、pH與氧壓及生物量的關係。中國水產, 130, 11 - 13.
15. 湯弘吉 (1985). 池塘水質管理。行政院農委會編印。
16. 陳勝香 (1971). 台灣省虱目魚塢土壤調查試驗報告。台灣省水產試驗所試驗報告, 19, 41 - 45.
17. 中央氣象局台南測候站資料。
18. 陳建初 (1981). 曾文水庫水族環境日變化及垂直份份之調查研究。台灣水產學會刊, 8(12), 59 - 69.
19. 環保局 (1985). 台灣地區湖沼水庫浮游生物水質污染指標研究 I、分類(2), 50.