

施用無機肥料對魚類增產之研究—2

邱長吉 劉嘉剛

The Effect of Phosphorus and Nitrogen Fertilizers
on Fish Production in Freshwater Pond (II)

By

Chang-jyi Chiou and Chia-kan Liu

一、引

言

淡水魚塢養魚施用磷肥（即過磷酸鈣）能大大提高單位面積魚產量是無可懷疑的事實（林書顏、陳同白1966）。但施磷外加施氮肥（硫酸或尿素）是否更能提高魚產量這是一個問題。雖然有學者專家認為魚池中供作藻類生長繁殖所需的氮，自然的來源已經足夠，不必人工施加。氮的來源有魚池中藍綠藻之 *Anabaena* 等約40種，能由大氣中固定氮。另外細菌約有18屬能固定氮。其他如水肥及所有動植物死亡腐敗後都能分解而產生氮。但有些研究者則相信，氮肥有提高藻類生產進而提高魚產的效用。因為根據實驗室內培養藍綠藻 *Senedesmus obliquus* 之結果，分析其 N、P 成份組成得知，這種藻類所含之氮為磷的7倍。在藻類的生長繁殖上，氮的需要量比磷大很多，自然的來源或有不足的情形，因此為了使藻類能充分大量發生，充作魚類的餌料，施用氮肥或許是需要的。儘管對氮肥的效果意見不一，我們認為在臺灣有作試驗來研究確定的必要。因為影響魚產的浮游生物種類、量及池底土質、水質、天候、放養魚類等因地區而有差別，某些地區不需施氮，某些地區施氮或許有所助益。

魚池施肥後池水的 pH, Alkalinity, D. O, PO₄-P, NO₃-N, NH₄-N... 等各種理化因子會有何種變化，而這些因子相互間又有什麼關係與變化。是個複雜的問題。到底何種變化最適於藻類生長進而促進魚產，而我們又如何能夠根據所得資料去做水（Conditioning of water）而達到增產的目的是淡水魚塢施肥養魚的目標。以下是試驗的另一部份，希望這些基礎的資料能夠對養魚的目標有所助益。

二、材料與方法

詳見中國水產第二二期 (CHINA FISHERIES MONTHLY NO. 212 August 1970 p.2~12)。

三、結果與討論

(1)pH (hydrogen ion concentration)：空氣中的CO₂溶於水變成H₂CO₃，而H₂CO₃常解離成H⁺及HCO₃⁻再解離成CO₃⁻，其變化以反應式示之如下：

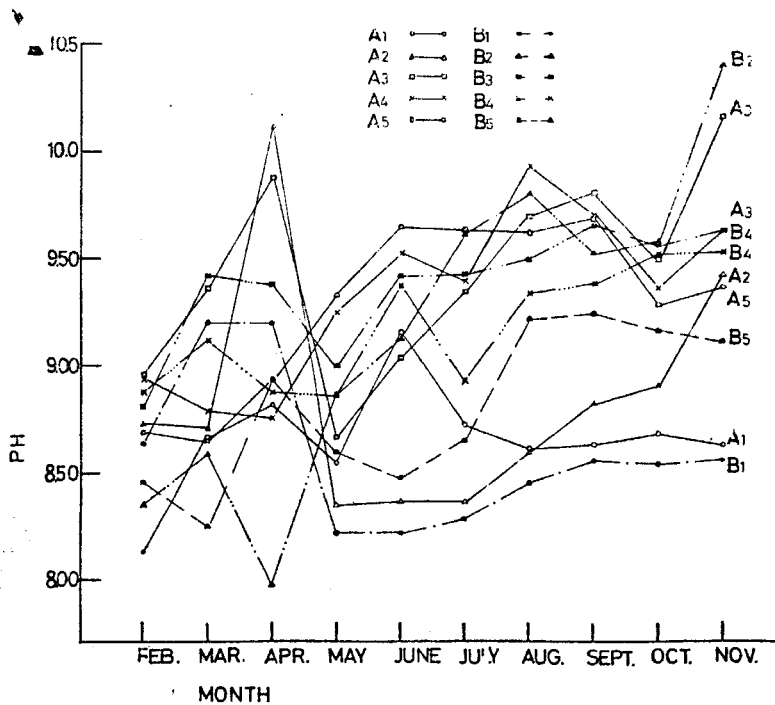


而pH = -log[H⁺]。如果水中H⁺ (hydrogen ion) 離子濃度在10⁻⁷時 pH = 7 為中性。H⁺濃度在10⁻⁵時 pH = 5 為酸性；在10⁻⁹時，pH = 9 為鹼性。也就是水中氫離子濃度愈高時水愈呈酸性；愈低時愈呈鹼性，表一及圖1，是10個試驗池pH月平均之年變化。一般而言在施肥初期之2、3、4月間pH變化不規則

Table 1 The fluctuation of the monthly mean value of pH of the experimental fish (Fig. 1) ponds. numbers in parenthesis indicate the times of determination in the month.

表一 (Table1) 各試驗魚池 pH 之月平均含量及全年平均動態 () 內數字表各月測定次數

池號	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
二 月 (7)	8.13	8.73	8.96	8.94	8.69	8.64	8.36	8.81	8.80	8.46
三 月 (9)	9.67	8.71	9.36	8.79	8.65	9.20	8.59	9.42	9.12	8.25
四 月 (8)	8.82	10.12	9.88	8.76	8.94	9.20	7.98	9.38	8.88	8.93
五 月 (9)	8.55	8.35	8.67	9.25	9.33	8.22	8.87	9.00	8.86	8.60
六 月 (9)	9.16	8.37	9.04	9.53	9.65	8.22	9.13	9.42	8.80	8.48
七 月 (6)	8.73	8.37	9.35	9.40	9.64	8.29	9.72	9.43	8.93	8.66
八 月 (8)	8.62	8.60	9.70	9.94	9.63	8.46	9.81	9.50	9.34	9.22
九 月 (8)	8.64	8.83	9.81	9.71	9.60	8.56	9.53	9.66	9.39	9.25
十 月 (9)	8.69	8.91	9.50	9.37	9.29	8.45	9.69	9.58	9.53	9.17
十一月 (6)	8.64	9.43	10.18	9.64	9.38	8.57	10.31	9.64	9.54	9.12
年平均含量 (x)	8.9	8.8	9.5	9.3	9.3	8.6	9.2	9.4	9.1	8.8



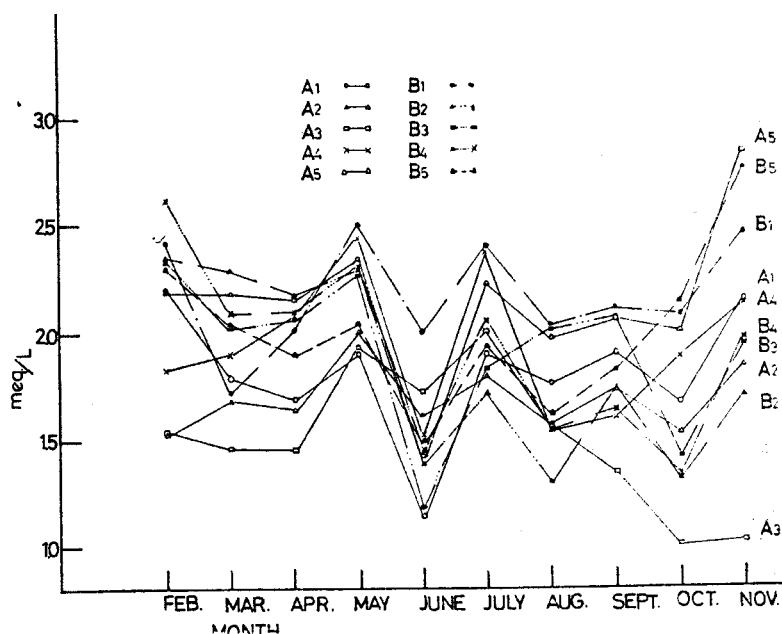
圖一 (Fig. 1)

5月以後各池變化較平穩，而且有逐漸升高的趨勢（A₁則在6月以後逐漸降低至11月最低。pH之高低與池中藻類之多寡及其行光合作用

(Photosynthesis) 之強弱有關。藻類在日光下能利用體內之葉綠素將CO₂變成炭水化合物而放出氧。施肥魚池 pH 一般都在 8.5 以上，比不施肥的湖沼或魚池都高。由去年試驗看來 pH 高的魚池單位面積魚產量似乎也高 (B₂B₃B₄例外) 如下表。A₃ 年產最高 pH 之年平均值亦最高為 9.5。B₁ 產量最低 pH 亦最低為 8.6。

池 號	A ₃	A ₅	A ₄	B ₃	A ₁	B ₅	A ₂	B ₄	B ₂	B ₁
比較項目										
魚 產 量 (kg/ha)	1664	1568	1521	1421	1256	1231	1149	1100	785	524
全年pH總平均	9.5	9.3	9.3	9.4	8.9	8.8	8.8	9.1	9.2	8.6

(2) 鹼度 (Alkalinity) : 由表二及圖 2可知在10口試驗池中, 鹼度分布最廣的是在 1.5meq/l ~ 2.3meq/l 之間 (亦相當於75~115 ppm CaCO₃濃度), 比日本大多數湖沼的鹼度都高 (日本 60%的湖沼鹼度在 0.2~0.6meq/l (Satomi, 1962))。從2月到3月除 A₂A₄A₅ 三池鹼度略增外, 其他 7 個池却降低, 而 B₁A₁B₄ 降低的幅度大 (約 0.4~0.7meq/l 之間)。3月~4月除 B₁A₄B₅ 稍大外其餘各池無大變化。而4月到5月10個池鹼度都普遍上升, 5月至6月除 B₃外全部大幅度地降低, 6月至7月則全部上升。8月除 B₃外各池都降低; 8月~9月除 A₃外全部上升; 9~10月 B₅外各池均降低;



圖二 (Fig. 2)

Table 2. The fluctuation of the monthly mean value of alkalinity of the experimental fish (Fig. 2) ponds. numbers in parenthesis indicate the times of determination in the month.

表二 (Table) 2 各試魚池中鹼度 (Alkalinity) 之月平均含量 (m.e.q) 及全年平均動態 () 內數字表各月測定次數

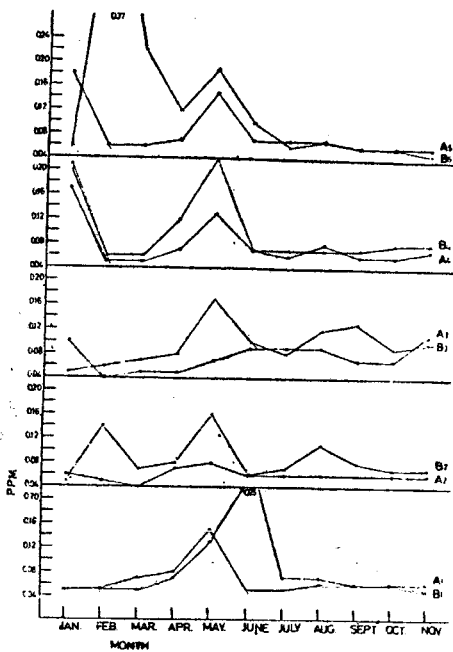
池 號	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
二 月 (3)	2.20	1.53	1.54	1.83	2.19	2.42	2.36	2.33	2.62	2.30
三 月 (5)	1.79	1.68	1.46	1.90	2.18	1.72	2.29	2.02	2.09	2.04
四 月 (4)	1.69	1.64	1.45	2.08	2.15	2.01	2.17	2.06	2.09	1.90
五 月 (4)	1.90	2.00	1.93	2.44	2.34	2.50	2.29	2.27	2.30	2.04
六 月 (4)	1.14	1.61	1.72	1.52	1.42	2.00	1.38	1.18	1.44	1.48
七 月 (4)	1.90	1.79	2.00	2.37	2.22	2.40	1.71	1.83	2.05	1.93

八 月 (4)	1.76	1.57	1.56	1.54	1.97	2.03	1.30	2.01	1.54	1.63
九 月 (4)	1.90	1.73	1.34	1.60	2.06	2.11	1.74	2.06	1.64	1.83
十 月 (4)	1.67	1.53	1.10	1.89	2.00	2.08	1.31	1.41	1.32	2.14
十 一 月 (3)	2.15	1.84	1.12	2.13	2.84	2.46	1.70	1.94	1.97	2.76
年平均含量 (x)	1.75	1.69	1.57	1.93	2.14	2.17	1.83	1.91	1.91	2.01

10~11月各池都上升。全盤觀之10個魚池之鹼度從4月起至11月止成波浪狀高低起伏變化，而在5.6.7.8.9.10.11.七個月間變化最大，特別是在5.6.7三個月。鹼度被認為是有價值的魚池產量指數。里見研究日本湖沼鹼度發現魚產的對數 (logarithm) 與池水的鹼度有正相關存在 (Satomi 1962 b)。Moyle (1964) 在明尼蘇達 (Minnesota) 試驗也獲得相同的結果。但根據本試驗結果比較魚產量與Alkalinity (鹼度) 之關係不顯著 (見下表)。其原因須再作更詳細分析。

池 號	A ₃	A ₄	A ₅	B ₃	A ₁	B ₅	A ₂	B ₄	B ₂	B ₁
比較項目										
魚 用 量 (kg/ha)	1664	1568	1521	1421	1256	1231	1149	1100	785	524
全年度鹼度總平均 (m. e. q/l)	1.52	1.93	2.14	1.91	1.75	2.01	1.69	1.91	1.83	2.17

(3)阿摩尼亞氮 (NH₄-N)：由表三及圖3可見除A₃池外其餘各池加施硫酸銨 [(NH₄)₂SO₄] 的B區



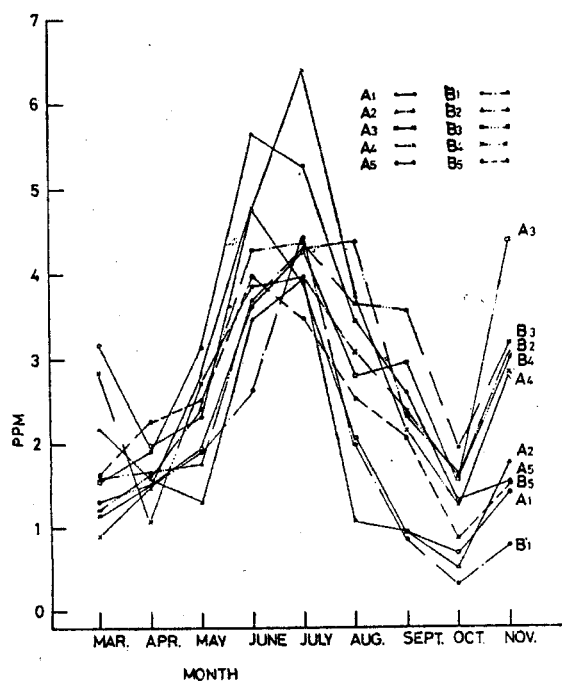
圖三 (Fig. 3)

各池，水中NH₄-N 之含量均較A區不施氮肥之對應各池為高。依 Eppley (1969) 之研究發現 Chlorella, Anabaena, Gymnodinium, Simplex等藻類在利用氮原時，都以NH₄-N為優先，直到NH₄-N 之濃度降至一定程度時才會開始利用NO₃-N或NO₂-N。魚池中之藍綠藻的40種能固定空氣中的氮以補充供給所有藻類生長繁殖之用。但到底由藻類固定的氮素原是否能充分供給藻類之生長繁殖而不需再加施氮肥這是值得研究的問題。如果固定之氮量足夠藻類利用則加施氮肥是一種浪費，否則加施氮肥能增多水中NH₄-N之含量，對藻類之生長繁殖將有助益，進而能促進魚產之增加。魚池中NH₄-N經氧化變為NO₂-N再氧化則變NO₃-N。而NO₂-N較不穩定，在水中存在的時間短，故在一般水質測定時含量都極微。但雷電大雨後水中之NO₂-N含量常大大增加。

Table 3 The fluctuation of the monthly mean value of ammonium nitrogen of the (Fig. 3) experimental fish ponds numbers in parenthesis indicate the times of determination in the month

表三 (Table 3)各試驗池中阿摩尼亞態氮 (NH₄-N) 之月平均含量 (ppm) 及全年之平均動態 () 內數字表各月測定次數

池 號	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
一 月 (1)	0.05	0.06	0.10	0.17	0.18	0.05	0.05	0.05	0.21	0.06
二 月 (4)	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05	0.14	0.06	0.06	0.37
三 月 (4)	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.22
四 月 (4)	0.07	0.07	0.05	0.07	0.07	0.06	0.08	0.08	0.12	0.12
五 月 (5)	0.25	0.08	0.07	0.13	0.15	0.15	0.16	0.17	0.22	0.19
六 月 (4)	0.75	0.06	0.09	0.07	0.07	0.05	0.06	0.10	0.07	0.10
七 月 (5)	0.07	0.06	0.09	0.06	0.07	0.05	0.07	0.08	0.07	0.06
八 月 (4)	0.07	0.05	0.09	0.08	0.07	0.06	0.11	0.12	0.07	0.07
九 月 (4)	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.08	0.16	0.07	0.06
十 月 (4)	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.09	0.08	0.06
十一 月 (3)	0.06	0.06	0.11	0.07	0.06	0.05	0.07	0.10	0.08	0.05
年 平均 含 量 (x)	0.084	0.060	0.075	0.079	0.083	0.066	0.087	0.095	0.101	0.124



圖四 (Fig. 4)

(4)總氮量 (ΣN)：包括 Organic nitrogen, NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N 等。由表四及圖 4 知 10 個試驗池中全年總氮平均含量，最高的是 (A₅ 2.93ppm)，A₄ (2.92ppm) 次之，最低的為 B₁ 池 (1.75ppm)。由 3 月到 4 月除 A₁A₂B₄ 等月平均含 ΣN 量稍減外，其餘各池均增加。4 月到 5 月含量均增 (只 A₂ 仍減)。5 ~ 6 月所有各池均大幅度增加 (幅度由 B₁ 之 0.74 ppm 至 A₅ 之 2.52ppm)。6 ~ 7 月除 A₁A₅ 稍減外，其餘各池仍些微增加。7 月至 8 月除 B₂ 稍增外，其他均大大減低 (幅度由最低之 B₃ 略增外其他仍繼續降低) 9 ~ 10 月 10 個池均降低，至 11 月全部增高，全盤觀之各池 ΣN 之月平均含量從 4 月開始逐升，一直到 7 月達到最高量 (A₁、A₅、B₅ 則在 6 月最高)。7 月以後急降至 10 月最低，然後又升高。A 區不施氮肥只施磷肥，B 區除了施磷外又加施相當於 0.5ppm 之硫酸銨 (即每公頃 1950 公斤)。如果所加的硫酸銨能夠完全被利用，施加氮肥的 4 個池 (B₂、B₃、B₄、B₅) ΣN 含量理應比 A 區的為高。但比較表四內各池 (A₁B₁ 除外) 總氮之年平均含

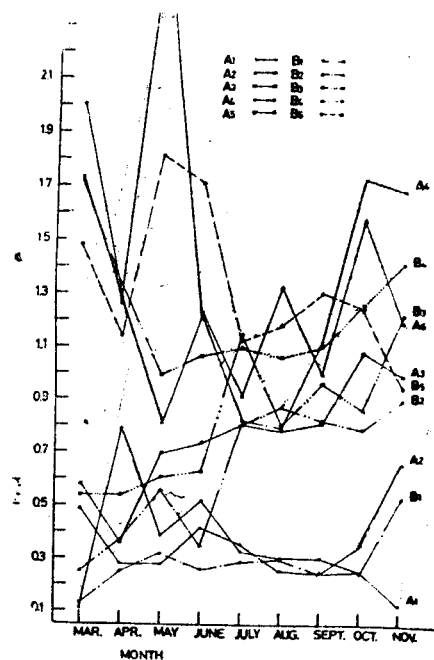
量，B區各池並不一定都比A區各池為高。是否在加施氮時因水中已溶有可供利用之氮，因而藻類就不再固定空氣中的氮，只有在沒施氮肥，氮不足時Anabaena才固定氮。因之雖加施氮肥但因Anabaena停止固氮作用，而對總氮的含量並無增加。亦或因為A區池泥之含氮量在試前驗都比B區為高，因之不施氮肥，泥土中滲出的氮量亦多。其理由尚待進一步詳細分析。

Table 4 The fluctuation of the monthly mean value of total nitrogen of the experimental (Fig. 4) fish ponds numbers indicate the times of determination in the month.

表四 (Table 4) 各試驗魚池總氮 (ΣN) 之月平均含量 (ppm) 及全年之平均動態 () 內數字表各月測定次數

池號	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
三 月 (2)	3.17	2.18	1.13	0.90	1.55	1.31	1.57	1.21	2.84	1.61
四 月 (4)	1.87	1.58	1.52	1.49	1.91	1.50	1.65	1.60	1.06	2.26
五 月 (4)	2.32	1.30	1.95	2.84	3.14	1.90	1.76	2.41	2.72	2.52
六 月 (5)	4.76	3.48	3.62	4.69	5.66	2.64	3.70	4.28	3.85	3.99
七 月 (4)	3.91	3.94	4.25	6.40	5.27	4.43	4.31	4.39	3.98	3.49
八 月 (4)	2.07	1.07	2.80	3.75	3.44	1.99	4.39	3.63	3.08	2.53
九 月 (4)	0.93	0.93	2.95	2.15	2.60	0.85	2.31	3.55	2.28	2.07
十 月 (4)	0.88	0.50	1.56	1.26	1.30	0.31	1.60	1.93	1.61	0.86
十一 月 (3)	1.41	1.77	4.39	2.83	1.54	0.79	3.05	3.17	3.03	1.52
年平均含量 (x)	2.369	1.861	2.686	2.923	2.934	1.747	2.704	2.908	2.717	2.317

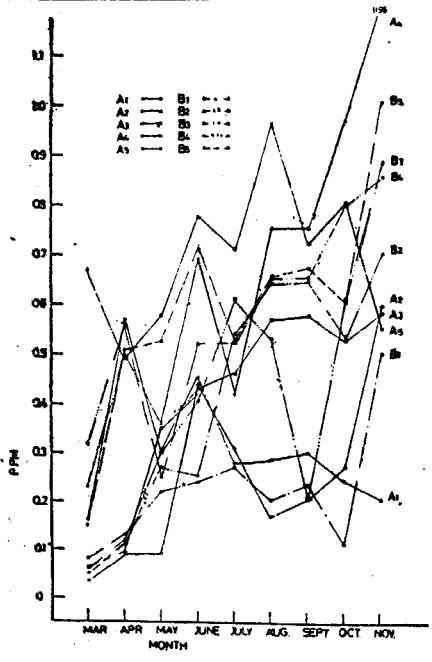
(5) 總磷量 (ΣP)：包括Organic phosphorus(即動植物性浮游生物，水中懸着物，細菌所含之磷)及 PO_4-P 等。由表五及圖五知總磷之月平均含量在試驗初期之3月各池多少懸殊很大，但與施放磷肥 [$CaH_4(PO_4)_2$] 變化一致，換言之即施肥量多的池總磷之月平均含量高，施少的則低。因此時浮游生物還未大量發生，總磷量中所含有機磷的量少，所代表的大部份是水中之 PO_4-P 。從3~4月水溫漸高，池中部份浮游生物開始繁生，能利用部份之磷。故在4月時總磷含量之高低與施肥量之多寡變化並不像3月時之情形。在此期間A₁B₁B₂總磷含量均增加，此可能與池中浮游生物之量有關。而其他各池(B₃不變)含量均減低，可能部份施放之過磷酸鈣沉積於池底，而浮游生物少未能大量利用磷之故。4~5月除A₁、B₄降低A₂不變外，其他7個池均增高，尤以A₅增高最大(到達2.54ppm此現象似有點難以理解)。5月至11月變化不一致。如就各別試驗池之年變化觀之，各池總磷含量大致乃與所施磷肥之多寡有關，也就是說施磷肥多的池其總磷含量高，少的則低。這可能因為施磷多的池水中 PO_4-P 含量亦多。再者施磷多的池浮游生物有足夠的磷可利用來生長，發生可能較多，因之水中測出的Organic-P亦多。兩者相加 ΣP 之量亦多。



圖五 (Fig. 5)

Table. 5 The fluctuation of the monthly mean value of total phosphorus of the experimental (Fig 5) fish ponds numbers in parenthesis indicate the times of determination in the month.
 表五 (Table5) 各試驗池總磷 (ΣP) 之月平均含量 (ppm) 及全年之平均動態 () 內數字表各月測定次數

月份	池號	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
三	月 (3)	0.11	0.49	0.58	1.73	2.04	0.13	0.25	0.54	1.72	1.48
四	月 (4)	0.79	0.28	0.36	1.28	1.26	0.25	0.37	0.54	1.33	1.14
五	月 (4)	0.39	0.28	0.70	0.81	2.54	0.32	0.56	0.61	0.99	1.81
六	月 (5)	0.52	0.46	0.74	1.22	1.23	0.26	0.35	0.63	1.07	1.71
七	月 (4)	0.33	0.36	0.81	0.85	0.92	0.29	0.81	1.15	1.10	1.13
八	月 (4)	0.31	0.26	0.79	0.80	1.33	0.30	0.88	0.81	1.07	1.19
九	月 (4)	0.31	0.25	0.82	1.15	1.09	0.25	0.83	0.97	1.11	1.31
十	月 (3)	0.26	0.36	1.14	1.73	1.58	0.26	0.80	0.87	1.27	1.26
十一	月 (2)	0.23	0.67	1.03	1.69	1.20	0.54	0.91	1.23	1.42	0.96
年平均含量 (x)		0.350	0.374	0.774	1.251	1.464	0.289	0.640	0.817	1.231	1.332



圖六 (Fig. 6)

(6)有機磷 (Organic phosphorus) : 從總磷 (ΣP) 減去 PO_4-P 所得之值。亦即魚池中之浮游生物及懸浮於水中物質之含磷量。由表六及圖 6 知全年有機磷全年平均含量最高的是 A₅ (0.693ppm) A₄ (0.654ppm) 次之, 最低為 B₁ (0.222ppm)。從 3~4 月除 A₅ 降低外, 其他各池有機磷之月平均含量均升高, 尤以 A₄ B₄ A₁ B₅ 為大。4~5 月 A₄ B₄ A₁ 減低, 其餘都增高 (A₂ 不變), 但以 B₁ B₂ B₃ A₃ A₅ 較顯著。5~6 月除 B₂ 減低外, 其他都大幅度增高 (B₁ 例外)。6~11 月有降低有升高, 變化不一。在施肥之初期 (即 2~4 月) 一方面因為氣溫、水溫還不很高, 日光的照射還不很強, 另一方面浮游生物的總發生量還未很多, 故 PO_4-P 與 Organic-P 之比相當大, 換言之即施肥之初期魚池中 PO_4-P 之含量比 Organic-P 多很多。由表七知在 3 月時 (即施肥之第二個月) PO_4-P 與 Organic-P 之比最高有達 7.3 倍者。A₁B₁ 因無施肥, 池中所含之 PO_4-P 少且 A₁ 池很早就有浮游生物發生, 故比例小, 即有機磷之含量比 PO_4-P 含量為大。到六月以後水溫高, 日光強, 浮游生物大量發生, 池

中 PO_4-P 大部份被利用故Organic-P之含量幾乎全部都比 PO_4-P 之量為高。因此我們可以說在10個施肥試驗魚池中，在施肥初期之4個月中（2~5月） PO_4-P 之含量均比Organic-P為高。在6月以後則Organic-P含量都比 PO_4-P 高。但在此要說明的是 PO_4-P 之量是以施肥後2-3天時測定之量為準。

Table 6 The fluctuation of the monthly mean value of organic phosphorus of the (Fig. 6) experimental fish ponds numbers in parenthesis indicate the times of determination in the month.

表六 (Table 6) 各試驗池有機磷 (Organic phosphorus) 之月平均含量 (ppm) 及全年平均動態 () 內數字表各月測定次數

月份	池號	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
三月	(2)	⁽¹⁾ 0.161	0.035	0.065	0.229	0.670	0.082	0.049	0.063	0.322	0.151
四月	(4)	0.557	0.090	0.095	0.498	0.436	0.113	0.113	0.121	0.556	0.509
五月	(4)	0.298	0.093	0.350	0.363	0.530	0.218	0.268	0.303	0.248	0.525
六月	(5)	0.455	0.444	0.434	0.688	0.774	0.240	0.254	0.406	0.524	0.710
七月	(4)	0.281	0.309	0.461	0.423	0.706	0.268	0.543	0.610	0.518	0.525
八月	(4)	0.285	0.168	0.570	0.753	0.958	0.203	0.640	0.533	0.650	0.650
九月	(4)	0.298	0.205	0.575	0.748	0.718	0.235	0.645	0.208	0.653	0.673
十月	(4)	0.242	0.274	0.526	0.987	0.830	0.117	0.535	0.613	0.798	0.579
十一月	(3)	0.227	0.570	0.579	1.196	0.549	0.500	0.696	0.830	0.852	1.005
年平均含量 (x)		0.313	0.243	0.406	0.654	0.693	0.222	0.416	0.415	0.569	0.584

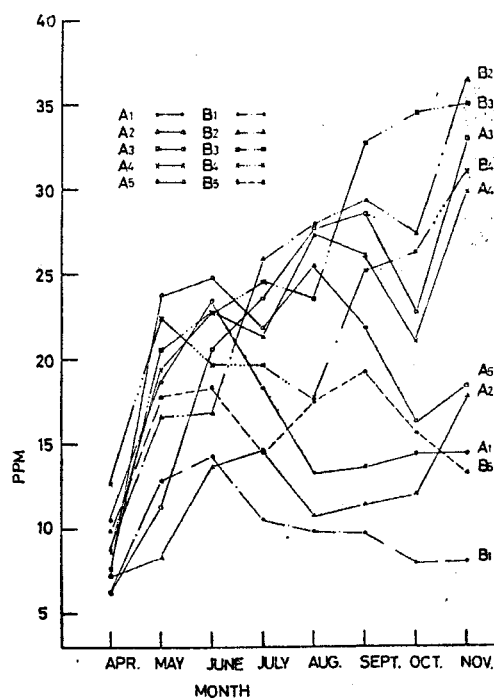
Table 7 The ratio of the monthly mean value of inorganic phosphorus and organic phosphorus of the experimental fish ponds

表七 (Table 7) 各試驗魚池中無機磷 (PO_4-P) 與有機磷 (Organic-P) 月平均含量之比 ($PO_4-P/organic-P$)

月份	池號	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
三月		0.02	6.14	6.37	4.16	1.63	0.73	4.41	6.00	2.16	7.21
四月		0.06	1.89	2.58	2.05	1.77	0.82	2.17	3.83	1.55	1.74

五 月	0.22	1.99	1.08	1.93	1.47	0.49	1.47	0.97	2.90	2.36
六 月	0.15	0.11	0.69	0.66	0.51	0.08	0.35	0.67	1.00	1.44
七 月	0.17	0.16	0.64	1.07	0.49	0.11	0.35	0.43	1.01	1.21
八 月	0.11	0.41	0.37	0.33	0.34	0.18	0.40	0.53	0.65	0.83
九 月	0.04	0.21	0.46	0.55	0.54	0.06	0.30	1.45	0.70	0.96
十 月	0.06	0.36	1.08	0.86	1.15	0.17	0.49	0.44	0.63	1.21
十 一 月	0.06	0.14	0.63	0.45	1.16	0.05	0.29	0.38	0.63	0.64

(7)有機質 (Organic matter) : 由表八及圖 7可知全年有機質含量以B₃池為最高 (25.22ppm) B₁池最低 (9.99ppm) 。而除了B₁ (不施肥) 池A₂池外,其餘各池含量都在15ppm以上。在施肥初期(2~ 4月)浮游生物較少,有機質的含量較低。5月以後浮游生物大量發生,有機質的含量也隨之增高。水產養殖營養的三要素是N.P.C.。氮及磷的添加與補充往往都靠施肥,而碳素的來源大都靠池水溶解大氣中之CO₂及細菌分解有機質而得。碳素對浮游生物的生長繁殖亦極重要,到底天然的來源是否足夠供藻類作最大程度的繁生,有無須要再人工施加,對此問題作深入研究的專家似乎還不多。日本里見博士曾在魚池施加酢酸以增加池水中碳素的含量,結果魚產(供試魚包括鱒魚、鯉魚、河內鯽都比未加酢酸的為高)(Satomi 1966)。



圖七 (Fig. 7)

Table 8 The fluctuation of the monthly mean value of organic matter of the experimental fish ponds numbers in parenthesis indicate the times of determination in the month

表 八 (Table8)各試驗池有機質 (Organic matter) 之月平均含量 (ppm) 及全年之平均動態 () 內數字表各月測定次數

池 號	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
月 份										
四 月 (4)	10.05	7.25	6.25	8.63	7.20	6.25	8.85	7.70	12.73	9.95

五月(4)	18.58	8.38	11.28	19.40	23.83	12.93	16.55	20.58	22.45	17.75
六月(5)	23.46	13.72	20.60	22.82	24.90	14.34	16.78	22.84	19.72	18.28
七月(4)	18.18	14.70	23.55	21.35	21.85	10.60	26.03	24.65	19.73	14.60
八月(4)	14.15	10.90	27.75	27.40	25.45	9.90	28.05	23.65	17.83	17.75
九月(4)	13.58	11.50	28.59	26.23	21.94	9.80	29.39	32.81	25.31	19.31
十月(3)	14.37	12.11	23.83	21.08	16.41	8.63	26.54	34.47	26.41	15.72
十一月(3)	14.37	17.92	33.05	29.98	18.53	8.09	36.59	35.04	31.14	13.42
年平均含量(x)	15.84	12.06	21.86	22.11	20.01	9.99	23.60	25.22	21.92	15.85

(8)一般討論：表九是魚產量、施肥量與水質及各種營養元素全年平均之比較。如果只拿魚產量最高之A₃與最低之B₁來比較。B₁生產量不及A₃之 $\frac{1}{3}$ ，兩者有極大的差異。而在水質條件方面比較之，除了鹼度B₁比A₃為大外，其餘各項都比A₃為小。因此我們似乎可件把B₁池各種營養元素含量作為不足的標準，也就是說魚池中各種營養元素如果等於或低於B₁的標準，必不足以產生大量的浮游生物，而有高的魚產，此時一定要設法施加各種肥料以提高其生產量。施肥養魚水質的測定很重要，但常感到所測出之結果，沒有一定之好壞標準（即某營養元素是否已經足夠或還不足）作為比較，以下判斷，採取對策。本試驗經過一年之測定其中10個魚池之魚產量最高最低有很大的差異，其水質及各種元素亦有高低不同，是很個好的參考。

表九 竹北分所淡水魚塢施肥試驗魚產量施肥量
與水質及各種營養元素全年（58月2月~11月）平均之比較

池號	A ₃	A ₄	A ₅	B ₃	A ₁	B ₅	A ₂	B ₄	B ₂	B ₁
測定項目										
魚產量 (kg/ha)	1664	1568	1522	1422	1257	1231	1150	1100	786	525
施肥量 (kg/ha)	2040 (P)	6090 (P)	10230 (P)	2040(P) 1950(N)	0	10230(P) 1950(N)	1040 (P)	6090(P) 1925(N)	1040(p) 1925(N)	0
P H	9.5	9.3	9.3	9.4	8.9	8.8	8.8	9.1	9.2	8.6
Alkalinity (meq/l)	1.52	1.93	2.14	1.91	1.75	2.01	1.69	1.91	1.83	2.17
D.O. (ppm)	7.6	8.3	8.4	8.2	7.3	7.8	7.0	7.9	8.5	7.5
Σ P (ppm)	0.774	1.251	1.466	0.817	0.350	1.332	0.374	1.231	0.640	0.289

PO ₄ -P (ppm)	0.318	0.619	0.686	0.305	0.034	0.834	1.100	0.581	0.220	0.044
Σ N (ppm)	2.686	2.923	2.934	2.908	2.369	2.317	1.861	2.717	2.704	1.747
NH ₄ -N (ppm)	0.075	0.079	0.083	0.095	0.084	1.124	0.060	0.101	0.087	0.066
Organic-P (ppm)	0.406	0.654	0.693	0.415	0.313	0.584	0.243	0.569	0.416	0.222
Organic-N (ppm)	2.28	2.45	2.72	2.35	2.19	1.93	1.69	2.20	2.26	1.50
Organic matter (ppm)	21.86	22.11	20.01	25.22	15.84	15.85	12.06	21.92	23.60	9.99

四、結 論

1. 淡水魚塭施肥(過磷酸鈣)初期之3、4個月內(2~5月)池水中無機磷(PO₄-P)比有機磷(Organic-P)之含量大。且愈接近試驗開頭愈早其比例愈大。6月以後因日光水溫適於藻類之大量繁生,池中之PO₄-P被吸收利用,故有機磷的含量幾乎全部比無機磷為大。

2. 在施用磷肥之淡水魚塭中,總磷(ΣP)之含量大抵乃與施肥量之多寡成正比,施磷肥多的魚池總磷含量多,施少的則少。

3. 在竹北10個試驗魚池中,總氮之年平均在1.8~3.0ppm之間,較總磷之年平均含量(0.29~1.5ppm)為大。

4. 竹北施肥試驗魚池有機質的含量都在10ppm以上。而只由有機質的含量不易直接推測判定魚產之高低。

5. 施肥魚池中有機氮(Organic-N)含量較無氮機為大。

誌 謝

本試驗進行期間,承蒙農復會漁業組陳組長同白,林教授書顏、袁技正柏偉熱心提導策勵,鄧火土所長時加指導並提供寶貴參考資料,日本淡水區水產研究所里見至弘博士、杉目宗尚、東井純一、伊藤時夫等專家之技術指導及觀念之啓示得以完成。謹致最深的謝意與敬意。竹北分所同仁之合作與幫助在此一併致謝。曾主任文陽細心編排與校對筆者亦深致謝意。

引 用 文 獻

- Hutchinson, G. E., 1957. A Treatise on Limnology. Vol. 1. Geography, Physics, and Chemistry. John Willy, N. Y.
- Hepher, B., 1958. On the dynamics of phosphorus added to fish pond in Israel. *Limnol. Oceanogr* 3 (1) : 84-100
- American public Health Association, 1961. Standard methods for examination of water 1961 and wastewater.
- Hickling, C. F., 1962. Fish culture, 295 pages. Faber and Faber London.
- Lin, S. Y. and Chen, T. P., 1966. Increase of production in Freshwater fish ponds by use of inorganic fertilizers. Proceedings of the World Symposium on Warm-water pond Fish Culture, FAO Fisheries Report No. 44, 3: 210-225 P. Rome.
- Hepher, B., 1966. Some limiting factors affecting the dose of fertilizers added to fish ponds, with special reference to the Near East. Proceedings of the world Symposium on Warm-water pond Fish Culture, FAO Fisheries Report No. 44, 3: 1-6 p.
- Frey, Favid G., 1966. Limnology in North America. The University of Wisconsin Press.
- William D. P. 1966. Stewart Nitrogen Fixation in Plants 58-70p.
- Liaw, W., and Lin, C. N., 1967. Chemical and biological studies of fertilized ponds and lakes. *China Fisheries* No. 174, 3-9p.
- Lin, S. Y., 1968. Pond fish culture and the economy of inorganic fertilizer applicaion. *JCRR Fisheries* No. 6 37p.
- _____ 1968. Primary productivity and fish yield. *JCRR Fisheries* No. 9 58- 69 p.
- Richard A. Vollenweider. 1969. A manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments IBP Handbook No. 12
- Lin, C. N., 1968. Phosphorus dynamic in fertilized ponds. *China Fisheries* No. 181, 5-9 p.
- Liaw, W. K., 1969. General features of water quality and biological aspect of some fresh water fish ponds in North Taiwan *JCRR Fisheries Series: No. 8* 21-29 P.
- Chiou, C. J., etc., 1970. Effect of phosphorus and nitrogen Fertilizers on Fish Production in Freshwater Ponds (I) *China Fisheries monthly* No. 212 August 1970 p. 2~12
- 西 條 八 東 湖沼調査法 1962
- 日本分析化學會北海道支部 解説水の分析 1966
- 林 書 顔 魚池施放磷肥重要 中國水產 161期2-6頁
- 半 谷 高 久 水質調査法
- 吳 榮 富 竹北淡水魚塭生態之研究

SUMMARY

In order to determine the most profitable doses and the right kinds of inorganic fertilizers, experiments were carried out in ten freshwater ponds at Chupei Fish Culture Institute from February to November 1969. This paper reports on just part of the experimental data which was collected and analyzed during that period. It is concerned with the changing physical and chemical conditions of the ten ponds during 1969. We hope to use these findings to increase fish production especially by using optimum doses of calcium superphosphate and ammonium sulphate. Some of these findings are summarized as follows:

1. During the February to May period of our experiment the concentration of soluble phosphorus in the waters of these ponds was greater than the concentration of organic phosphorus. During the June to November period the concentration of the organic phosphorus was higher.

2. The annual mean concentrations of total nitrogen in the ten ponds ranged from 1.8-3.0 ppm. The total phosphorus concentration was less than the nitrogen concentration and from 0.29-1.5 ppm.

3. The annual mean concentration of phosphorus for any one pond was proportional higher as the yearly total of added superphosphate was increased.

