

龍鬚菜與九孔對重金屬蓄積作用之研究(II)

* 林世榮、丁雲源

摘 要

本報告在探討重金屬鋅在龍鬚菜與九孔體內之蓄積釋放之作用，以及養殖龍鬚菜重金屬調查，以供池塘管理與訂定水質標準之參考。

自81年7月15日起在本分所，台南安平與馬沙溝等地區，每月定期，定點採龍鬚菜，分析銅、鎘、鋅與鉛等重金屬，分析結果以鋅含量最多，鉛、銅其次，而以鎘含量最少。

龍鬚菜對鋅之吸收累積作用有隨處理濃度與時間增加而上昇，但在有透明白化現象時，則吸收累積作用下降。

九孔經飼餵培育在鋅溶液之龍鬚菜後，其對鋅離子之蓄積量，在九孔內臟有隨處理濃度時間增加而上昇現象，而九孔之腹足對鋅離子之吸收累積量則不隨處理濃度時間增加而有順序上昇，而且各處理組之腹足對鋅離子吸收累積量皆比內臟少，在對照組九孔之腹足對鋅離子之吸收累積量亦比內臟少約一倍。

九孔內臟對鋅之釋放量，在飼餵75天除320ppb組外，其他各組釋放量已接近對照組，而腹足對鋅之釋放量則不明顯。

* 臺灣省水產試驗所台南分所

一、前言

本省九孔養殖，自陸上養殖技術建立後，養殖漸為盛行，產量大增(楊與丁,1986;1989;1990)，然而近年來工業發達，廢水未經處理，大量排放至河川、沿海，導致養殖用水遭受到嚴重污染(洪,1988;林等,1991)。九孔的主要餌料是龍鬚菜，除引用海水養殖龍鬚菜外，近來利用龍鬚菜能淨化水質功能，而實施循環水養殖，因此引發龍鬚菜對重金屬之蓄積，當污染物為有機物質，則有利龍鬚菜，如為重金屬則可能經由龍鬚菜之蓄積而引發九孔之重金屬污染林與丁(1992)報告中，龍鬚菜對銅之累積量與變綠現象，有隨濃度時間成正比，而且九孔飼餵浸漬在銅溶液之龍鬚菜的吸收累積亦隨濃度時間增加而上升現象，為繼續探討龍鬚菜與九孔對鋅金屬蓄積作用而實施本計畫，以供整治汙染及今後發展斯業之參考。

二、材料與方法

(一)養殖龍鬚菜重金屬調查

選本分所，台南安平與馬沙溝等地區之龍鬚菜養殖戶，於每月定期，定點採樣分析，分析項目包含銅、鎘、鋅與鉛等重金屬。

(二)龍鬚菜對鋅之蓄積試驗

以鋅金屬化合物 $ZnSO_4$ ，配製成1000ppm之原液，再稀釋成各試驗組，共實施二次不同濃度之蓄積試驗，蓄積培養中，依比例填加營養鹽(KNO_3 , Na_2HPO_4 , $12H_2O$, Na_2SiO_3 , $FeCl_2$)，並加以打氣。第一次試驗，在2升燒杯內各放20g龍鬚菜，用1000ppm鋅原液配製成0.01，0.02，0.04，0.08與0.16ppm以及對照組，水量2升，每2升天換試液一次，每七天採樣分析，共採樣8次，並觀查其顏色變化。第二次試驗配製成0.1，0.2，0.3，0.4與0.5ppm以及對照組，在2L燒杯中各放20g龍鬚菜，水量2L，每隔2天換試

液，每七天採樣分析，共採樣8次，並觀查其顏色變化。

(三)九孔飼餵培育在鋅溶液之龍鬚菜的吸收累積試驗

九孔飼餵培育在鋅溶液之龍鬚菜的吸收累積試驗於81年11月1日起至82年1月20日止進行試驗。龍鬚菜培育在2.5噸圓型水槽，水量1噸，每水槽放養6公斤，配製成不同鋅離子濃度，分別為20、40、80、160與320ppb等5個處理組以及對照組，每隔3天換試液一次，並添加營養劑。另外同時進行九孔對鋅吸收累積養殖試驗，在130升塑膠水槽內放養50粒九孔，水量100升，平均殼長 3.76 ± 0.12 cm，體重 6.52 ± 0.57 g，水槽底部放二片弧形塑膠片，供九孔遮蔽用，以清靜海水飼養，採流水式，雙重覆，試驗中加以充分打氣；每日各別投飼培育在上述鋅溶液之龍鬚菜，每天投餌量約0.5g/粒，共飼養80天，每10天採樣一次，每次各採三粒九孔以及龍鬚菜各5g，取樣後，量殼長稱重並即刻放入-20℃冷凍箱保存，供鋅之吸收累積分析。

(四)九孔對鋅之釋放試驗

在九孔對鋅吸收累積試驗80天結束後，繼續以未處理龍鬚菜飼養75天，每15天採樣一次，每次各採三粒九孔以及龍鬚菜5g，取樣後，量殼長稱重並即刻放入-20℃冷凍箱保存，供鋅之釋放分析。

(五)重金屬分析方法

龍鬚菜與九孔之樣品先以蒸餾水洗淨，並經切割處理稱重，九孔又分為內臟與腹足二部份分析，樣品各別放置50ml燒杯內，加入5ml濃硝酸與1.5ml 30%過氧化氫，置放電熱板上，在60℃下進行濕式消化，至溶液呈澄清之橘黃色剛乾為止，而後以1%硝酸定容至20ml，再以WhatmanGF/C濾紙過濾不溶的殘渣後，以火燄式之偏極化芮曼原子吸光儀(Hitachi Z-8100 Polarized Zeeman AAS)測定重金屬之含量，並以ppm(ug/g)表示。

三、結果與討論

(一)養殖龍鬚菜重金屬調查

自80年7月15日起到本分所，台南安平與馬沙溝等地區，每月定期，定點採龍鬚菜，分析銅、鎘、鋅與鉛等重金屬，分析結果如表1表示，龍鬚菜重金屬含量以鋅最多其範圍在3.42~18.03ppm之間，其次鉛介於0.78~3.42ppm，銅在0.20~1.98ppm之間，而以鎘含量最少其範圍在0.10~0.51ppm之間。

(二)龍鬚菜對鋅之蓄積試驗

以各種不同濃度鋅溶液培育龍鬚菜，經二次試驗結果，其顏色變化很少，在高濃度組有變淡透明外，對照組及其它各組皆少有變化，與在對銅蓄積試驗中，皆有變綠現象不同(林與丁,1992)。龍鬚菜樣品經消化後，以火燄式之偏極化芮曼原子吸光儀測定其對鋅吸收累積量，第一次試驗結果如表二所示。由圖一顯示，龍鬚菜對鋅之吸收累積作用有隨濃度與時間增加而上昇現象，在第7天0.01與0.02ppm之低濃度組，累積現象尚未明顯，到14天則較為顯著，而0.04~0.16ppm組，在第7天即有累積作用，在0.16ppm濃度組到第56天蓄積量高達61.89ppm，第二次試驗提高鋅離子濃度，範圍為0.1~0.5ppm，試驗結果如表三所示，由圖二顯示，在第7天各處理組即有累積現象，對鋅離子之蓄積亦隨濃度與時間增加而上昇，在第56天時，0.3、0.4與0.5ppm濃度組級收累積量，分別為130.00、126.24與122.50ppm，以0.3ppm濃度組累積量最多，而0.4與0.5ppm濃度組稍為下降，這可能與在第49天後，龍鬚菜顏色變淡，透明白化，導至蓄積作用能力下降有關。第一次與第二次試驗在各處理組之龍鬚菜體內蓄積量與吸收時間之關係模式如表六與七所示。

(三) 九孔飼餵培育在鋅溶液之龍鬚菜的吸收累積試驗

九孔飼餵培育在鋅溶液之鬚菜的吸收累積試驗，所得結果如表四所示，在吸收累積試驗中，龍鬚菜之培育水溫介於11.5~24.0℃之間，鹽度為28.2~33.0‰，pH值為8.13~9.66，溶氧量介於5.2~9.3ppm之間，而九孔養殖之水溫介於13.0~24.7℃之間，鹽度為29.0~33.8‰，pH值為7.97~8.34，溶氧量介於6.2~7.6ppm之間。

在本試驗中龍鬚菜對鋅離子之吸收累積如圖三所示，由各處理組與對照組比較得知，其對鋅離子之吸收累積作用隨濃度與時間增加而上昇，在各處理組中，以320ppb濃度組在70天累積量最多達166.69ppm，而對照組維持在7.74至10.82ppm之間。

九孔經飼餵這些處理過之龍鬚菜後，經分析得知，其對鋅離子之蓄積量由圖四顯示，在九孔內臟有隨處理濃度時間增加而上昇現象，各處理組在第10天對鋅之蓄積作用尚未明顯，第20天則有顯著增加，在160與320ppb組在40與50天分別達最高量，隨後則有稍降之趨勢，而低濃度組20~80ppb組則持續隨吸收時間增加而上升，對照組維持在30.76~39.79ppm之間，其各處理組對鋅之蓄積量與吸收時間之關係模式如表八所示。

由圖五顯示，九孔之腹足對鋅離子之吸收累積量，在各處理組皆比對照組稍高，但不隨處理濃度時間增加而有順序上昇，而且各處理組之腹足對鋅離及吸收累積量皆比內臟少，在對照組九孔之腹足對鋅離子之吸收累積量亦比內臟少約一倍，其各處理組對鋅之蓄積量與吸收時間之關係模式如表九所示。

(四) 九孔對鋅之釋放試驗

九孔對鋅吸收累積試驗80天續束後，接著以未處理龍鬚菜飼養，試驗期間水溫介於15.5~28.7℃，鹽度在31~35‰之間，pH值7.9~8.8，溶氧

在6.0~7.6ppm之間。九孔對鋅之釋放，分析結果如表5所示。九孔內臟對鋅之釋放量，在飼餵75天除320ppb組外，其他各組釋放量已接近對照組（圖六）。而腹足對鋅之釋放量則不明顯（圖七）。

四、謝辭

本計畫承蒙行政院農業委員會補助經費。研究期間承漁業處周加再先生與臺灣省環保處張嵩林先生之支持以及本分所邱英哲先生之協助，得以完成，特此一併致謝。

五、參考文獻

- 洪楚璋，（1988），臺灣西部養殖區水質監測與生物體重金屬含量調查研究，環境保護署，環保專案研究叢書，4:4-6。
- 林世榮，陳萬生，丁雲源，（1991），台南縣將軍與北門鄉沿海養殖區、漁港、航道、大排水溝之水質調查研究，沿岸海洋生態環境保護，農委會漁業特刊，23:65-77。
- 陳弘成，謝明慧（1979），重金屬對於蝦類急性毒性之研究，中國水產，36:3-7。
- 楊鴻禧，丁雲源，（1990），九孔陸上立體式之養殖，水試所報告，48:211-215。
- 楊鴻禧，丁雲源，（1988），牡蠣對於銅離子蓄積作用之研究，環保署研究業書，5:1--25。
- 江章，周賢鏘，丁雲源，（1984），矽藻對重金屬累積作用之研究，水試所報告，37:173-182。
- 楊國仟，丁雲源，（1985），四種重金屬在角毛矽藻之蓄積試驗，水試所報告，38:132-146。
- 袁又罡，（1990），銅對烏魚（*Mugilce phalus Linnaeus*）之急慢性毒性的影響，臺灣大學動物學研究所碩士論文。
- 陳弘成，黃建發，黃玉霜，（1992）水產物體內重金屬含量之研究，農委會漁業特刊第34號，漁業環境保護專集，6:78-97。
- 白書禎，龔國慶、陳宏瑜、詹淑媛，（1992）水污染影響漁產品品質調查，農委會漁業特刊第34號，漁業環境保護專集，6:99-100。
- 林世榮，丁雲源，（1992），龍鬚菜與九孔對重金屬蓄積作用之研究，農委會

漁業特刊第35號，漁業環境保護專集(刊印中)。

Brung W.A.(1973) Acute and long-term accumulation of copper by the brown buiidhead, *Ictalurus nebulosus*. J. Fish. Res. Bd. Can. 30:583-586.

Han B.C.(1989) Kinetics of heavy metal accumulation in oysters from the Charting mariculture area of Taiwan, J. Chinese Environ. prot. Soc. 10(2):13-34.

Kunio, I.(1967) Studies on accumulation of heavy metals in aquatic organisms-I. on the copper contents in oysters. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 33:405-409.

Kunio, I.(1968) Studies on accumulation of heavy metals in aquatic organisms-II. on accumulation of copper and zinc in oysters. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 34:113-116.

Kunio, I.(1968) Studies on accumulation of heavy metals in aquatic organisms-III. on accumulation of copper and zinc in the parts of oysters. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 34:405-409.

Pringle, B.H., Hissong, D.E., Katz, E.L. and Malawka, S.T.(1968) Trace metal accumulation by Estuarine molluscs. J. San Engng Div. Amer. Soc. Civ. Engrs. 94:455-475.

表一 養殖龍鬚菜之重金屬調查

採樣日期	採 樣 地 點	Cu(ppm)	Cd(ppm)	Zn(ppm)	Pb(ppm)
81.07.15	台南分所養殖池	0.28	0.26	5.50	1.20
81.07.15	馬沙溝養殖池	0.67	0.11	8.56	1.39
81.07.16	安平區養殖池	0.78	0.14	7.27	1.42
81.08.15	台南分所養殖池	0.20	0.10	5.00	1.10
81.08.17	馬沙溝養殖池	0.62	0.10	6.19	3.42
81.08.19	安平區養殖池	0.69	0.19	6.84	1.58
81.09.16	台南分所養殖池	0.45	0.10	6.86	1.27
81.09.15	馬沙溝養殖池	0.63	0.10	8.33	1.04
81.09.19	安平區養殖池	0.73	0.16	7.33	1.26
81.10.14	台南分所養殖池	0.68	0.22	6.74	1.35
81.10.16	馬沙溝養殖池	0.53	0.17	3.45	3.10
81.10.15	安平區養殖池	1.37	0.20	5.88	1.98
81.11.18	台南分所養殖池	1.03	0.51	6.77	1.54
81.11.16	馬沙溝養殖池	0.52	0.51	3.42	1.51
81.11.20	安平區養殖池	1.10	0.18	8.15	2.01
81.12.15	台南分所養殖池	1.39	0.20	7.69	1.54
81.12.15	馬沙溝養殖池	1.88	0.16	9.30	0.92
81.12.01	安平區養殖池	0.94	0.18	9.53	1.11
82.01.15	台南分所養殖池	1.20	0.20	8.15	0.80
82.01.15	馬沙溝養殖池	1.44	0.21	4.12	1.03
82.01.15	安平區養殖池	1.37	0.20	9.71	1.37
82.02.17	台南分所養殖池	1.56	0.20	8.50	0.80
82.02.17	馬沙溝養殖池	1.40	0.20	8.00	1.60
82.02.17	安平區養殖池	1.98	0.20	10.91	2.03
82.03.17	台南分所養殖池	0.18	0.00	6.00	1.00
82.03.17	馬沙溝養殖池	0.26	0.20	14.00	2.00
82.03.17	安平區養殖池	0.16	0.00	12.00	1.60
82.04.16	台南分所養殖池	1.04	0.26	10.40	0.78
82.04.16	馬沙溝養殖池	0.78	0.26	7.80	2.08
82.04.16	安平區養殖池	1.87	0.16	18.03	1.97
82.05.16	台南分所養殖池	1.56	0.00	8.70	2.43
82.05.16	馬沙溝養殖池	1.20	0.17	5.22	1.91
82.05.16	安平區養殖池	1.20	0.20	6.96	1.39

表二 龍鬚菜培育在不同鋅離子濃度及對照組之吸收累積

單位：ppm

吸收時間		鋅離子濃度 (ppm)				
(天)	對照組	0.01	0.02	0.04	0.08	0.16
7	5.00	6.19 (619.0)	6.00 (300.0)	8.91 (222.8)	13.00 (162.5)	18.37 (114.8)
14	3.16	7.37 (737.0)	8.00 (400.0)	14.20 (355.0)	24.20 (302.5)	27.23 (170.2)
21	4.01	10.26 (1026.0)	17.00 (850.0)	15.31 (382.8)	28.71 (358.9)	34.49 (215.6)
28	6.12	11.17 (1117.0)	14.00 (700.0)	22.97 (574.3)	34.69 (433.6)	35.54 (222.1)
35	5.50	10.89 (1089.0)	14.71 (735.5)	22.89 (572.3)	40.00 (500.0)	41.50 (259.4)
42	5.94	12.31 (1231.0)	16.08 (804.0)	23.59 (589.5)	41.84 (523.0)	43.27 (270.4)
49	6.26	15.08 (1508.0)	19.80 (990.0)	27.00 (675.0)	42.50 (531.3)	59.65 (372.8)
56	7.34	11.80 (1180.0)	21.89 (1094.5)	25.87 (646.8)	43.69 (546.1)	61.89 (386.8)

() 累積係數

表三 龍鬚菜培育在不同鋅離子濃度及對照組之吸收累積

單位：ppm

吸收時間		鋅離子濃度 (ppm)				
(天)	對照組	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
7	4.01	13.07 (130.7)	31.02 (155.1)	29.95 (99.8)	32.65 (81.6)	29.02 (58.0)
14	6.06	13.82 (138.2)	31.31 (156.6)	42.11 (140.4)	39.00 (97.5)	47.84 (95.7)
21	3.05	24.76 (247.6)	39.20 (196.0)	44.34 (221.7)	44.78 (111.9)	50.51 (101.0)
28	4.21	36.63 (366.3)	48.96 (244.8)	61.22 (306.1)	64.88 (162.2)	75.76 (151.5)
35	5.06	40.00 (400.0)	55.84 (279.2)	76.21 (254.0)	81.64 (204.1)	90.00 (180.0)
42	6.00	42.00 (420.0)	67.00 (335.0)	85.00 (283.3)	91.84 (229.6)	90.86 (181.7)
49	5.03	40.00 (400.0)	66.67 (333.4)	106.06 (353.5)	110.06 (275.2)	109.87 (219.7)
56	5.00	43.69 (436.9)	92.23 (461.2)	130.00 (433.3)	126.24 (315.6)	122.50 (245.0)

() 累積係數

表四 九孔飼餵經培育在不同鋅離子濃度之龍鬚菜後對鋅(ppm)之吸收累積量

投飼時間 (天)	項目	殼長 (cm)	全重 (g)	部位	龍鬚菜浸漬鋅離子之濃度 (ppb)					
					對照組	20	40	80	160	320
0	龍鬚菜 九孔	3.76 ±0.12 n=6	6.52 ±0.57 n=6	內臟	7.74	6.98	7.25	7.43	6.89	7.27
					30.76 (1.12)	30.42 (2.01)	31.15 (1.05)	30.89 (2.12)	31.47 (0.89)	31.60 (2.10)
				腹足	14.72 (0.85)	14.56 (0.51)	13.89 (1.10)	14.21 (1.50)	14.30 (2.03)	13.94 (1.01)
10	龍鬚菜 九孔	3.84 ±0.18 n=6	6.69 ±0.87 n=6	內臟	7.77	12.50	20.00	18.64	40.48	51.95
					30.35 (3.11)	29.85 (4.92)	29.00 (1.15)	29.78 (7.71)	36.50 (4.95)	34.26 (1.77)
				腹足	13.37 (0.90)	16.35 (0.64)	18.16 (2.31)	16.42 (3.01)	16.38 (2.30)	16.90 (1.18)
20	龍鬚菜 九孔	3.76 ±0.19 n=6	6.75 ±1.14 n=6	內臟	8.77	12.75	30.51	35.57	46.15	93.33
					39.55 (4.92)	43.96 (6.43)	45.01 (5.62)	45.46 (5.32)	50.56 (5.24)	56.34 (7.85)
				腹足	15.84 (0.93)	20.88 (6.02)	21.86 (3.17)	22.48 (2.94)	21.56 (4.67)	21.64 (0.83)
30	龍鬚菜 九孔	3.83 ±0.11 n=6	6.82 ±0.66 n=6	內臟	9.00	13.63	30.23	35.90	70.52	88.61
					36.47 (5.06)	40.74 (5.01)	43.05 (0.66)	45.98 (1.49)	55.05 (5.77)	60.71 (5.08)
				腹足	14.57 (0.88)	20.95 (1.47)	19.74 (0.89)	19.52 (0.56)	18.72 (1.10)	20.89 (1.59)
40	龍鬚菜 九孔	3.93 ±0.14 n=6	7.90 ±0.82 n=6	內臟	10.04	21.57	33.63	42.73	74.51	99.00
					39.21 (0.94)	42.09 (0.09)	47.40 (0.47)	51.09 (1.12)	65.14 (3.19)	83.11 (0.06)
				腹足	15.65 (1.35)	20.84 (1.18)	22.30 (0.76)	18.73 (1.21)	21.94 (3.07)	21.88 (1.23)
50	龍鬚菜 九孔	3.88 ±0.18 n=6	7.23 ±1.21 n=6	內臟	8.56	23.30	31.37	39.60	72.00	117.65
					34.35 (2.97)	48.91 (2.22)	52.26 (4.42)	54.56 (5.04)	74.18 (2.98)	82.27 (1.04)
				腹足	16.60 (1.26)	20.53 (1.91)	20.03 (0.98)	22.06 (1.56)	22.24 (1.93)	21.36 (1.92)
60	龍鬚菜 九孔	4.02 ±0.22 n=6	8.79 ±1.68 n=6	內臟	10.82	22.68	33.33	40.00	76.17	148.45
					38.44 (1.28)	50.76 (3.49)	53.08 (6.00)	64.54 (7.95)	74.06 (6.92)	81.11 (0.30)
				腹足	15.05 (0.68)	17.89 (1.32)	18.26 (3.56)	18.43 (0.69)	18.61 (2.96)	20.28 (3.08)
70	龍鬚菜 九孔	4.22 ±0.38 n=6	9.92 ±1.76 n=6	內臟	7.98	33.71	38.10	53.33	86.67	166.69
					39.79 (3.12)	51.37 (7.49)	55.23 (3.26)	66.45 (5.29)	72.61 (3.39)	80.20 (0.28)
				腹足	16.38 (1.56)	16.83 (0.52)	17.22 (1.19)	18.02 (2.26)	19.01 (0.93)	21.22 (1.88)
80	龍鬚菜 九孔	4.23 (0.39) n=6	10.26 (1.24) n=6	內臟	9.10	32.00	42.05	60.21	79.14	144.20
					34.16 (2.93)	65.08 (5.79)	74.78 (4.93)	74.82 (1.17)	76.97 (4.40)	82.29 (6.55)
				腹足	17.42 (1.33)	18.21 (1.68)	18.75 (3.51)	19.15 (1.44)	20.04 (0.13)	22.60 (2.34)

Data are shown as means ± SE (n=2)

表五 九孔體內蓄積鋅(ppm)後再飼餵未處理龍鬚菜之釋放試驗

投飼時間 (天)	項目	殼長 (cm)	全重 (g)	部位	對照組	龍鬚菜浸漬鋅離子之濃度 (ppb)				
						20	40	80	160	320
蓄積試驗										
80	龍鬚菜				9.10	32.00	42.05	60.21	79.14	144.20
	九孔	4.23	10.26	內臟	34.16	65.08	74.78	74.82	76.97	82.29
		(0.39)	(1.24)		(2.93)	(5.79)	(4.93)	(1.17)	(4.40)	(6.55)
	n=6	n=6	腹足	17.42	18.21	18.75	19.15	20.04	22.60	
					(1.33)	(1.68)	(3.51)	(1.44)	(0.13)	(2.34)
釋放試驗										
						飼餵未處理龍鬚菜後之釋放鋅之濃度(ppm)				
15	龍鬚菜				10.03	10.03	10.03	10.03	10.03	10.03
	九孔	4.25	10.26	內臟	38.94	60.39	71.95	72.58	72.87	78.29
		±0.40	±1.36		(3.27)	(2.51)	(4.73)	(4.71)	(6.26)	(6.68)
	n=6	n=6	腹足	18.42	18.23	18.55	17.65	20.68	18.65	
					(5.37)	(0.07)	(0.07)	(2.54)	(0.59)	(1.12)
30	龍鬚菜				8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57
	九孔	4.31	10.69	內臟	39.62	55.81	55.95	55.24	57.51	69.34
		±0.54	±2.00		(2.99)	(2.45)	(1.36)	(2.30)	(5.19)	(6.81)
	n=6	n=6	腹足	17.29	19.84	15.03	19.97	16.67	20.54	
					(1.63)	(6.43)	(0.49)	(0.49)	(0.06)	(5.00)
45	龍鬚菜				9.39	9.39	9.39	9.39	9.39	9.39
	九孔	4.55	11.80	內臟	38.78	58.32	52.65	53.12	54.42	67.68
		±0.50	±1.69		(2.76)	(2.88)	(3.12)	(2.30)	(1.66)	(3.39)
	n=6	n=6	腹足	18.79	17.50	16.80	15.25	18.97	17.27	
					(3.61)	(2.27)	(1.50)	(1.90)	(3.00)	(2.67)
60	龍鬚菜				10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05
	九孔	4.45	10.91	內臟	40.41	49.95	52.36	52.98	53.82	62.51
		±0.58	±1.05		(4.65)	(3.37)	(19.67)	(3.90)	(0.04)	(5.77)
	n=6	n=6	腹足	18.37	18.89	15.63	16.76	18.70	17.35	
					(1.51)	(0.33)	(0.35)	(0.38)	(1.98)	(0.65)
75	龍鬚菜				9.87	9.87	9.87	9.87	9.87	9.87
	九孔	4.4	11.18	內臟	40.07	44.95	43.33	47.59	48.21	56.10
		±0.55	±2.28		(2.22)	(1.81)	(1.70)	(2.76)	(5.04)	(2.70)
	n=6	n=6	腹足	18.71	19.24	17.06	17.66	17.64	17.44	
					(1.23)	(2.01)	(0.78)	(1.35)	(0.22)	(1.49)

Data are shown as means±SE (n=2)

表六 各種鋅離子濃度在龍鬚菜體內蓄積量與不同時間之關係模式

Conc. of Zn (ppm)	Model	r	F value
control	$Y=9.06-136.2/X+752.5/X \times X$	0.9376	50.90**
0.01	$Y=1/(0.00006 \times (X-45.16)^2+0.07514)$	0.9703	112.51**
0.02	$Y=X/(0.0342 \times X+0.9650)$	0.9561	74.49**
0.04	$Y=X/(0.0274 \times X+0.6030)$	0.9864	252.26**
0.08	$Y=46.98 \times e^{((\ln x-4.592)^2/-5.475)}$	0.9974	1365.55**
0.16	$Y=1/(0.0852-0.0173 \times \ln X)$	0.9824	383.89**

*p<0.05

**p<0.01

表七 各種鋅離子濃度在龍鬚菜體內蓄積量與不同時間之關係模式

Conc. of Zn (ppm)	Model	r	F value
control	$Y=1/(0.2554-0.0012 \times X)$	0.3821	1.20
0.1	$Y=60.36-918.7/X+4098.0/(X \times X)$	0.9816	185.31**
0.2	$Y=0.9753 \times 34710^{(1/X)} \times X^{1.114}$	0.9890	314.10**
0.3	$Y=27.08+0.4934 \times X+0.0234 \times X \times X$	0.9961	902.09**
0.4	$Y=-8.588+2.348 \times X+175.5/X$	0.9975	1421.57**
0.5	$Y=18.13+1.870 \times X$	0.9885	300.02**

*p<0.05

**p<0.01

表八 飼餵培育在各種鋅離子濃度之龍鬚菜在九孔內臟之蓄積量與不同時間之關係模式

Conc. of Zn (ppb)	Model	r	F value
control	$Y=1/(0.000002769 \times (X-50.04)^2 + 0.02601)$	0.7543	10.56*
20	$Y=29.79+0.3752 \times X$	0.9366	57.15**
40	$Y=31.47+0.2732 \times X+0.00237 \times X \times X$	0.9364	56.99**
80	$Y=29.32+0.5545 \times X$	0.9820	216.72**
160	$Y=76.34 \times e^{((X-62.78)^2)/-5304}$	0.9917	476.85**
320	$Y=85.54 \times e^{((X-62.78)^2)/-3681}$	0.9753	155.93**

*p<0.05

**p<0.01

表九 飼餵培育在各種鋅離子濃度之龍鬚菜在九孔腹足之蓄積量與不同時間之關係模式

Conc. of Zn (ppb)	Model	r	F value
control	$Y=13.15 \times e^{(*\ln X - 0.3386^2)/64.76)}$	0.7975	13.98**
20	$Y=1/(0.000009491 \times (X-43.83)^2 + 0.04825)$	0.8386	18.96**
40	$Y=16.93 \times 0.9958^X \times X^{0.09067}$	0.8786	27.07**
80	$Y=X/(0.0521 \times X + 0.001832)$	0.7740	11.16*
160	$Y=1/(0.0626 - 0.003213 \times \ln X)$	0.8261	17.20**
320	$Y=1/(0.06291 - 0.004043 \times \ln X)$	0.9427	64.07**

*p<0.05

**p<0.01

GRACILARIA

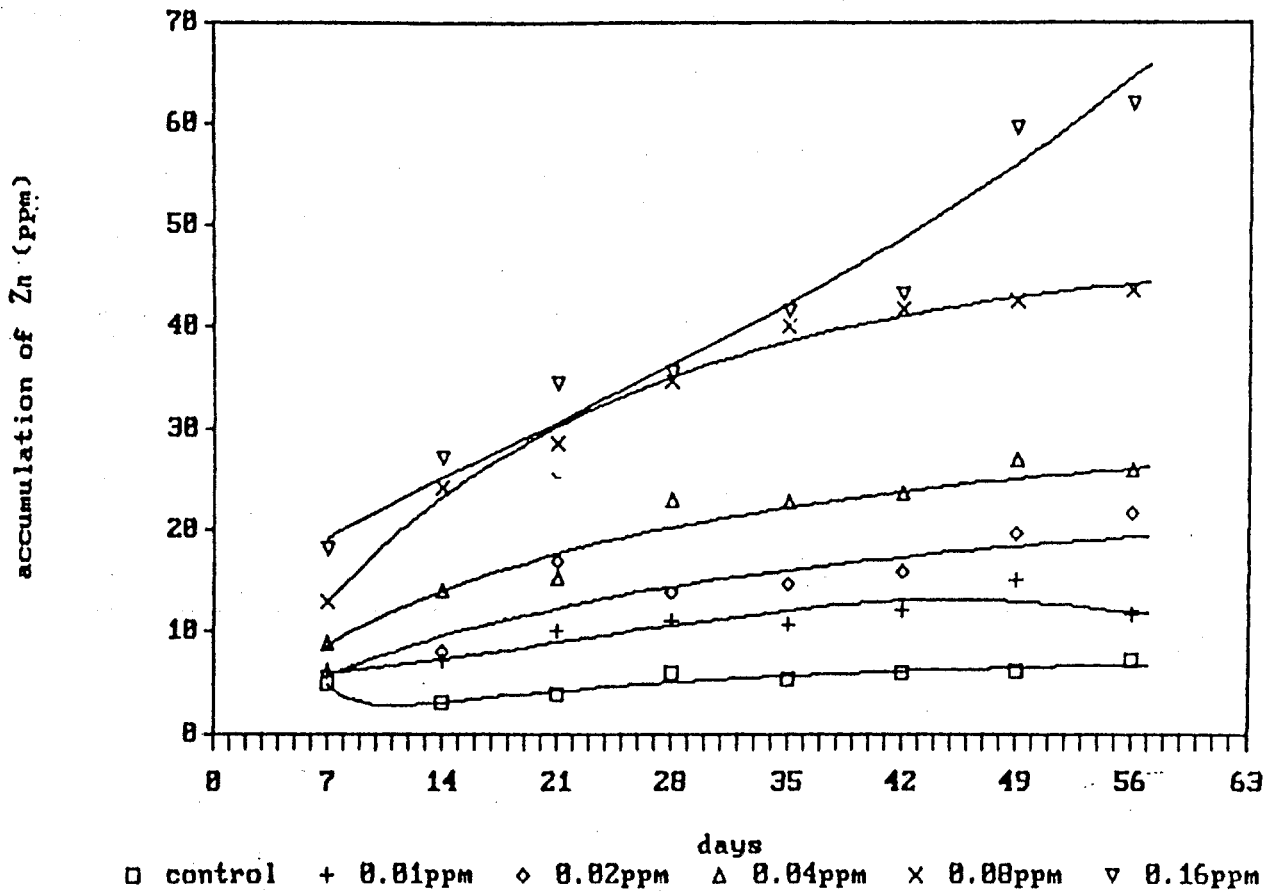


圖1 龍鬚菜培育在0.01、0.02、0.04、0.08與0.16ppm之鋅離子溶液中之吸收累積

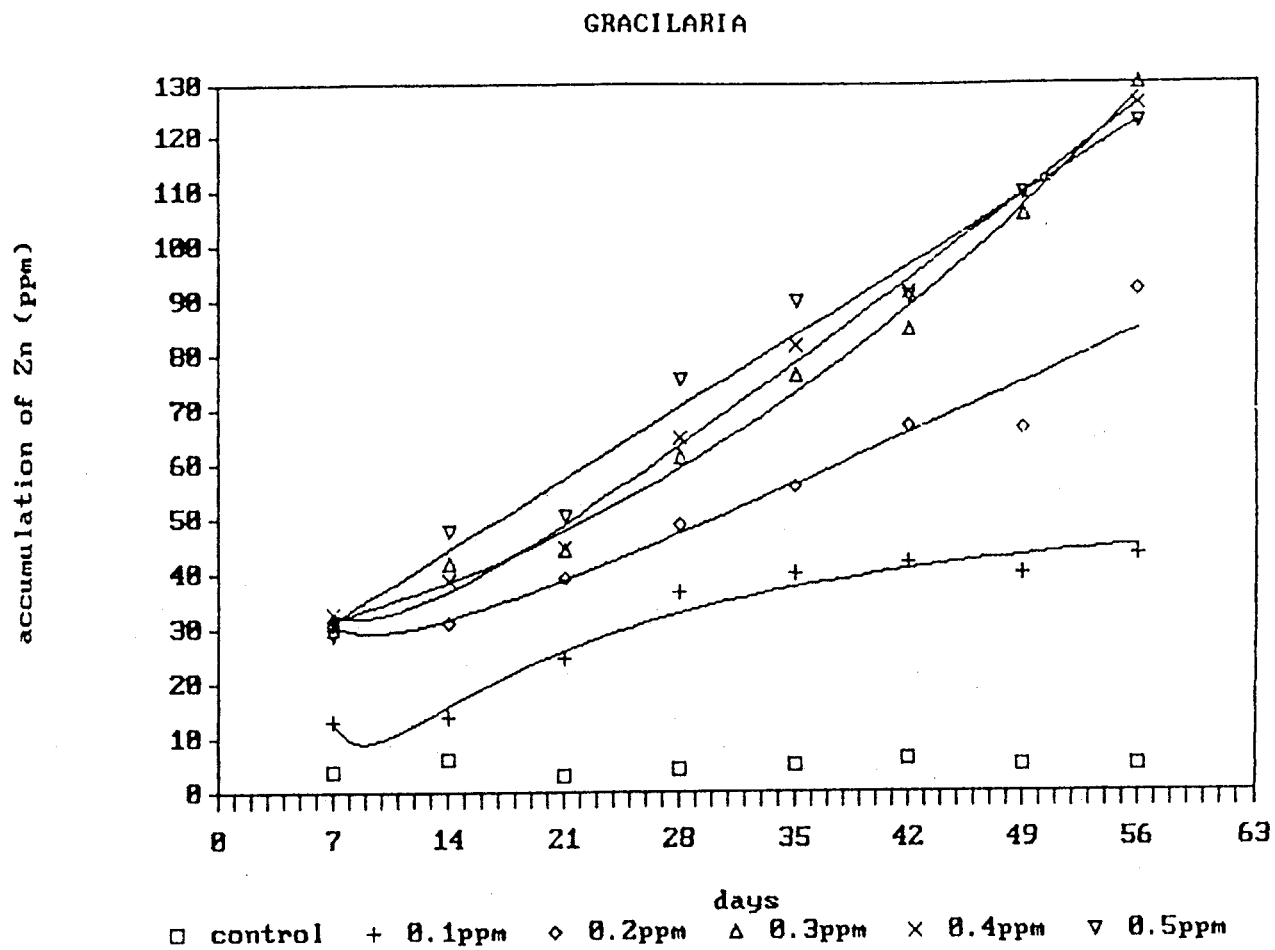


圖2 龍鬚菜培育在0.1、0.2、0.3、0.4與0.5ppm之鋅離子溶液中之吸收累積

GRACILARIA

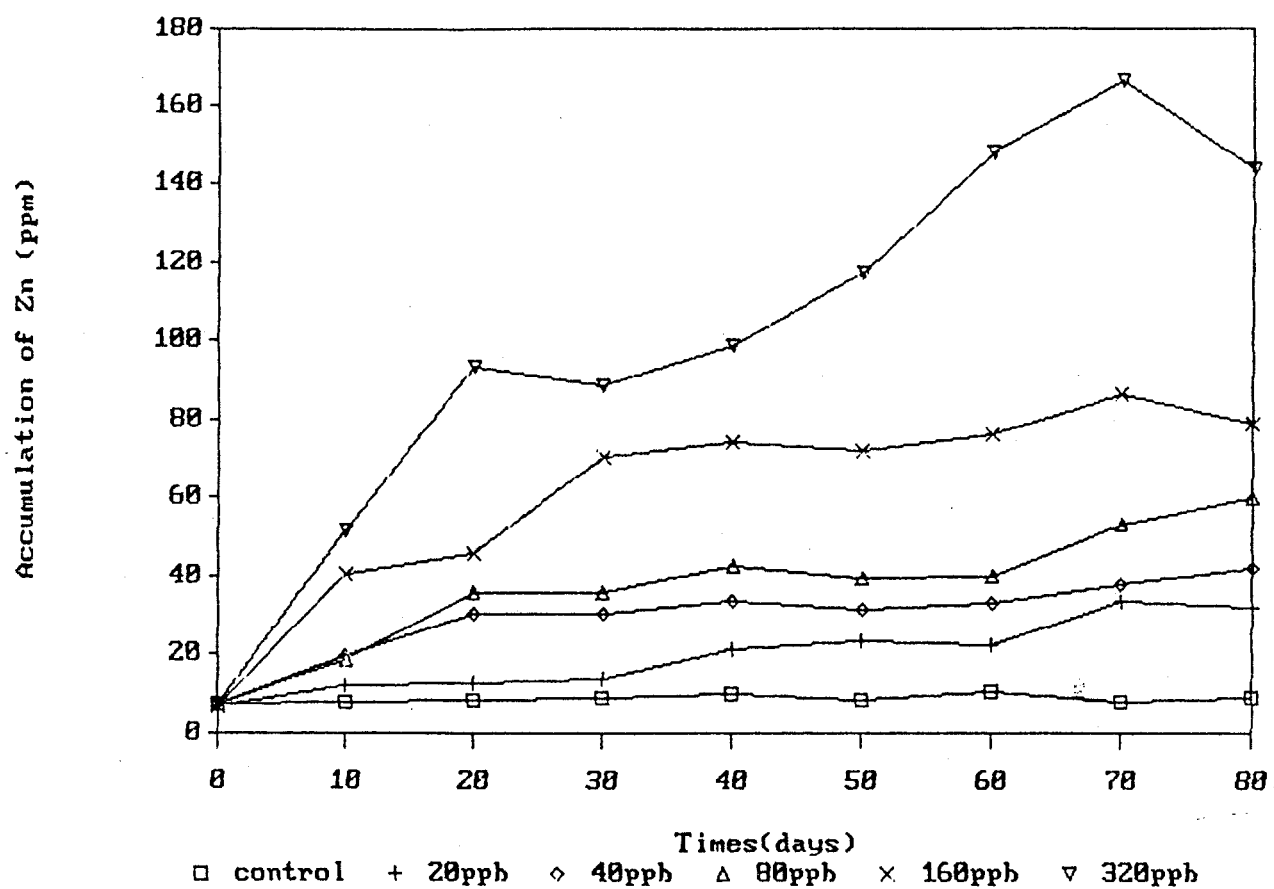


圖3 龍鬚菜培育在20、40、80、160與320ppb之鋅離子溶液中之吸收累積

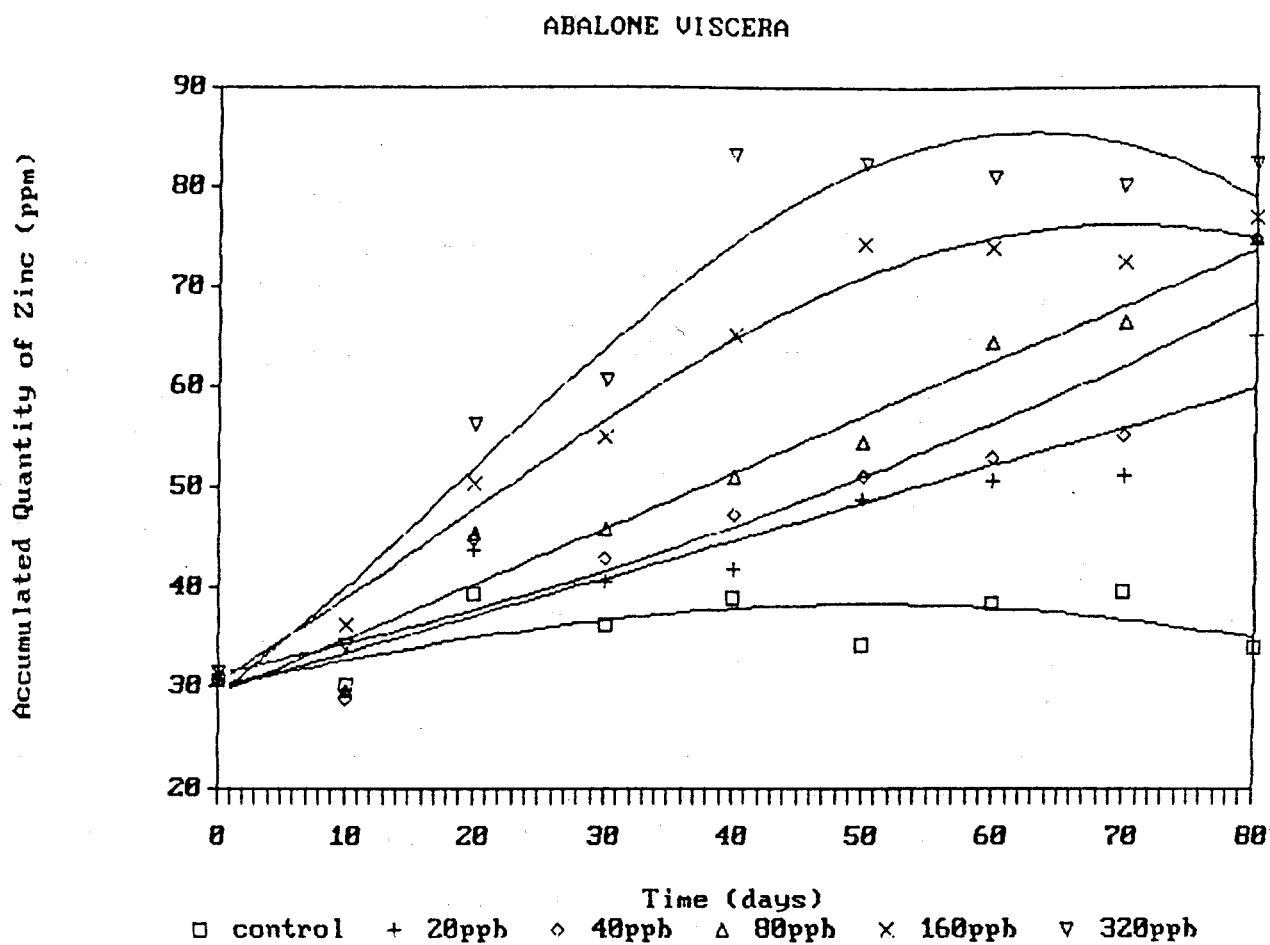


圖4 九孔飼餵經培育在不同鋅離子溶液中之龍鬚菜後其內臟對鋅吸收累積

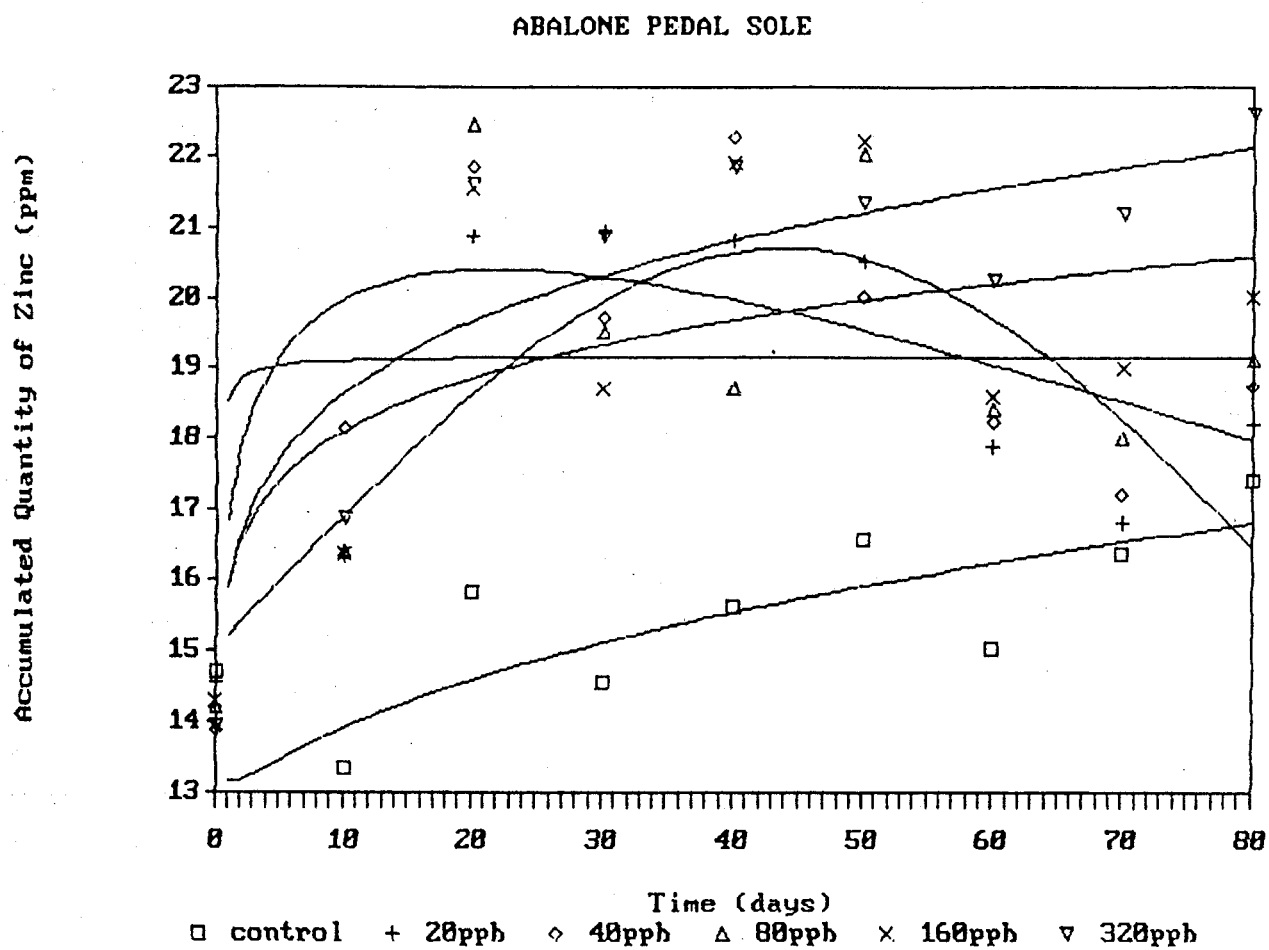


圖5 九孔飼餵經培育在不同鋅離子溶液中之龍鬚菜後其腹足對鋅吸收累積

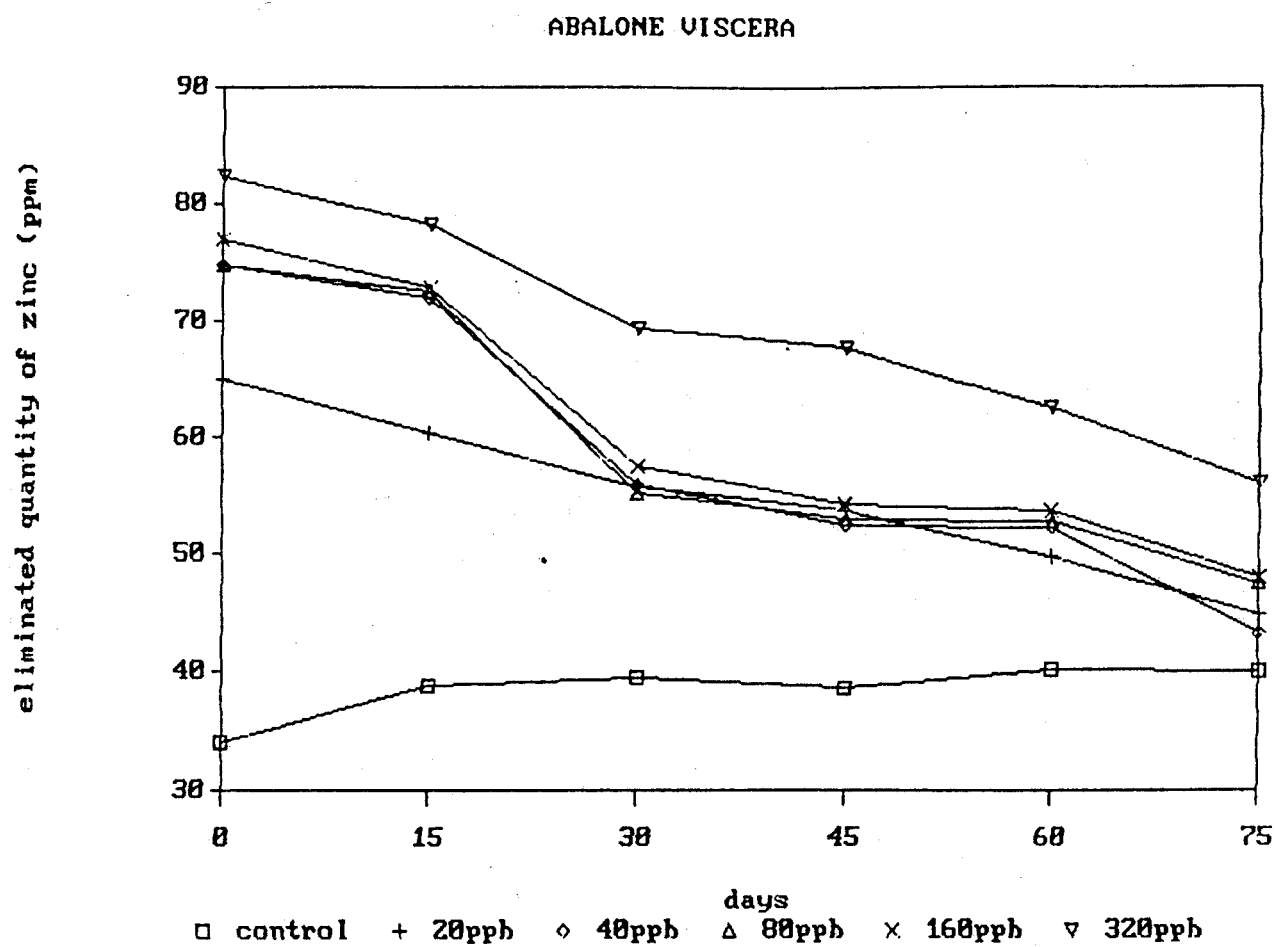


圖6 九孔經再飼餵未處理龍鬚菜後其內臟對鋅之釋放

ABALONE PEDAL SOLE

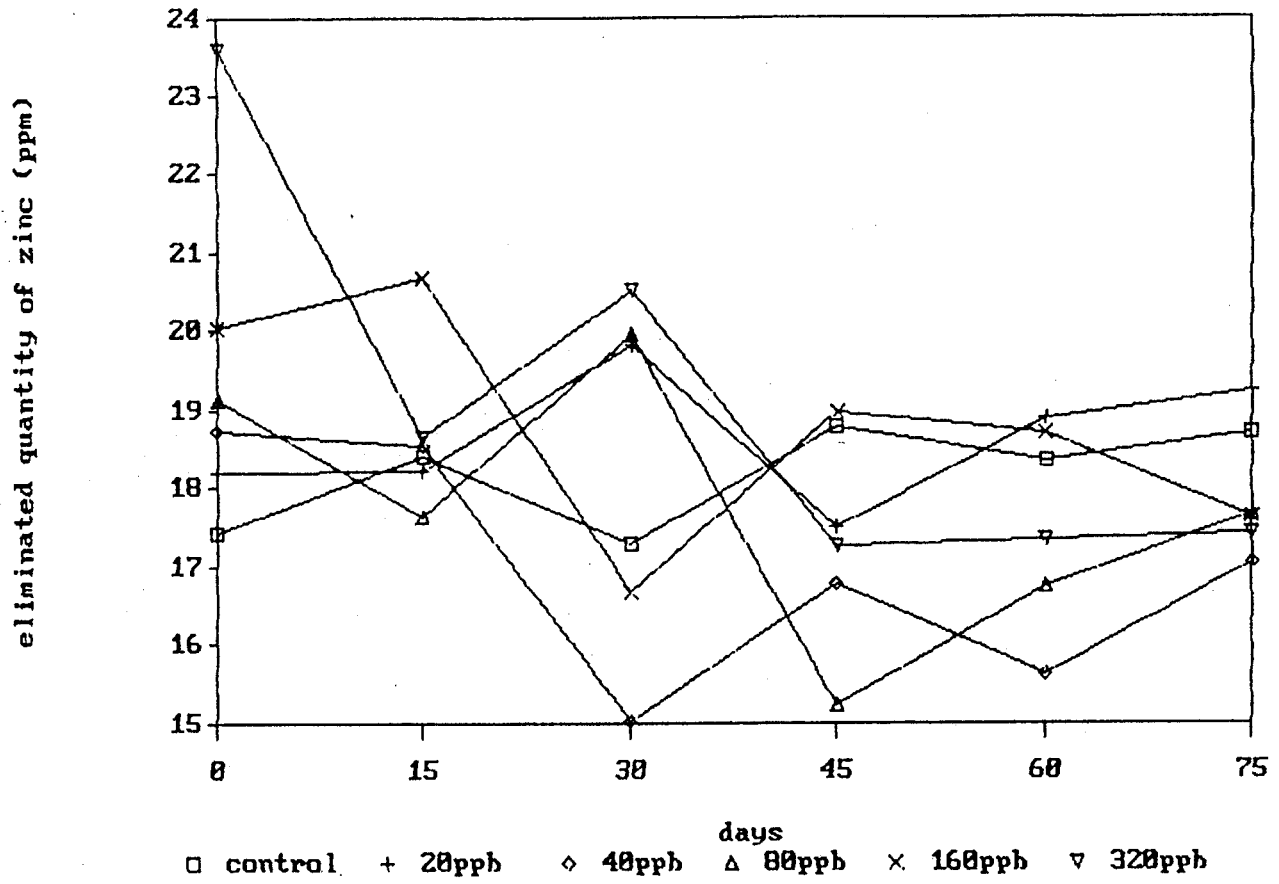


圖7 九孔經再飼餵未處理鬚菜後其腹足對鋅之釋放