

# 龍鬚菜與九孔對重金屬蓄積作用之研究

\* 林世榮、丁雲源

## 摘 要

本研究在進行養殖用水與養殖龍鬚菜重金屬調查以及探討龍鬚菜對銅之蓄積，九孔飼餵浸漬在銅溶液之龍鬚菜的吸收累積與九孔對銅之釋放試驗，研究結果如下：

台南分所，曾文溪口與青鯤身北航道等三處之養殖龍鬚菜用水之重金屬調查結果，以鎳含量最少，其範圍在 $<1-5$ ppb，而龍鬚菜之重金屬含量以鋅最多其範圍在 $2.1-6.5$ ppm，鎳最少其範圍在 $40-190$ ppb之間。

以不同濃度 $\text{CuSO}_4$ 溶液培育龍鬚菜，除對照組外皆有變綠現象，龍鬚菜對銅累積量與變綠現象與濃度時間成正比，但到一定極限則不再增加亦即快腐爛死亡現象。

九孔之內臟與腹足對銅之吸收累積量隨飼餵浸漬在銅溶液之龍鬚菜的濃度與時間成正比，腹足對銅之吸收累積量比內臟少。

九孔內臟對銅之釋放量，在飼餵30天時則釋放將近一半，飼餵60天，在 $0.05$ 與 $0.1$ ppm組釋放量已接近對照組，而腹足對銅之釋放量，在飼餵60天，除 $0.4$ ppm組外，其他各處理組之釋放量皆恢復到對照組之量。

\* 臺灣省水產試驗所台南分所

## 一、前 言

自九孔陸上養殖技術建立後(楊與丁, 1986; 1989; 1990), 在本省西南部九孔陸上養殖漸為盛行, 產量大增, 九孔的主要餌料—龍鬚菜, 一般都利用河川口的半淡鹹水養殖, 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)。而且在水污染影響漁產品品質調查中, 累積銅鋅含量較多之綠牡蠣, 除二仁溪外, 在鹽水溪, 鹿港天功, 三條崙, 安平等地皆有發現(陳等, 1992), 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, 當造成重大衛生問題, 尤其近來更有利用龍鬚菜以淨化水質, 所以本研究目的在瞭解龍鬚菜之蓄積作用, 以及九孔吃了這種龍鬚菜是否會受到污染, 以供整治污染及今後發展斯業之參考。

## 二、材料與方法

### (一)養殖用水與龍鬚菜重金屬調查

選本分所, 曾文溪口與青鯤身等龍鬚菜殖戶, 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)龍鬚菜對銅之蓄積試驗

以重金屬化合物 $\text{CuSO}_4$ , 配製成1000ppm之原液, 再稀釋成各試驗組, 共實施三次不同濃度之蓄積試驗, 蓄積培養中, 依比例填加營養鹽( $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{FeCl}_2$ ), 並加以打氣。第一次試驗配製成1、2、3、4、5與6ppm及對照組, 在2升燒杯中各放20g龍鬚菜, 水量2升, 每隔2天換試液一次, 於第七天採樣分析並觀查其顏色變心。第二次試驗配製成0.1、0.5、1.0、1.5、2.0與2.5ppm及對照組, 在2L燒杯中各放20g龍鬚菜, 水量2L, 每隔1天換試液及採樣分析並觀查其顏色變化。第三次試

驗，配製成0.1、0.2、0.3、0.4與0.5ppm及對照組，在2L燒杯中各放20g龍鬚菜，水量2L，每隔2天換試液一次，每隔7天採樣分析並觀查其顏色變化。

#### (三)九孔對銅吸收累積試驗

以無水CuSO<sub>4</sub>配製成0.05、0.1、0.2、0.3與0.4ppm等5個處理組及對照組，在每個130升水槽內放養3000g之龍鬚菜，每隔2天換試液一次。另外同時進行九孔對銅吸收累積養殖試驗，在130升水槽內放養50粒九孔，水量100升，平均殼長 $3.6 \pm 0.2$ cm，體重 $5.2 \pm 0.8$ g，水槽底部各放二片弧形塑膠片，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銅溶液之龍鬚菜，每天投餌量約0.4g/粒，共飼養80天，每10天採樣一次，每次各採四粒九孔以及龍鬚菜各5g，取樣後，量殼長稱重並即刻放入-20°C冷凍箱保存，供銅之吸收累積分析。

#### (四)九孔對銅之釋放試驗

在九孔對銅吸收累積試驗80天結束後，繼續以未處理龍鬚菜飼養60天，每15天採樣一次，每次各採四粒九孔以及龍鬚菜5g，取樣後，量殼長稱重並即刻放入-20°C冷凍箱保存，供銅之釋放分析。

#### (五)重金屬分析方法

海水重金屬分析以APDC螯合MIBK萃取，以火燄式之偏極化芮曼原子吸光儀分析(Hitachi Z-8100 Polarized Zeeman AAS) (環境保通訊社，1990)。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°C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What-

manGF/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( $\mu\text{g}/\text{g}$ )表示(劉，1980；白等1992)。

### 三、結果與討論

#### (一) 養殖用水與龍鬚菜重金屬調查

自80年9月15日起到本分所，曾文溪口與青鯤身等三處，每月定期，定點採水樣與龍鬚菜，分析銅、鎘、鋅與鉛等重金屬，分析結果如表1，2與3所示，由這三個表顯示海水之重金屬含量以鎘最少，其範圍在 $<1-5$  ppb之間，龍鬚菜重金屬含量以鋅最多其範圍在 $2.1-6.5$  ppm，鎘最少其範圍在 $40-190$  ppb之間。

#### (二) 龍鬚菜對銅之蓄積試驗

以不同濃度 $\text{CuSO}_4$ 溶液培育龍鬚菜，經三次試驗，觀查其顏色變化，除對照組外皆有變綠現象(圖1.2與3)。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銅吸收累積量如表4，5，6與圖4，5，6所示。由圖4顯示在 $5$  ppm組吸收 $7$ 天，對銅吸收累積量最高達 $254.34$  ppm，而 $6$  ppm組下降至 $247.13$  ppm，變綠現象達 $100\%$ ，且腐爛死亡。由圖5顯示，銅濃度 $0-2.5$  ppm之蓄積試驗隨濃度時間增加而上升，但是在 $2$ 與 $2.5$  ppm組，第 $6$ 天比第 $5$ 天吸收累積量少，在第 $6$ 天已有腐爛現象，吸收累積機制能力下降。由圖6顯示在較低濃度時，吸收累積量則與濃度時間成正比。

#### (三) 九孔對銅之吸收累積試驗

自80年11月13日開試驗，試驗期間水溫介於 $14-20^\circ\text{C}$ ，鹽度在 $33-36\%$ 之間，pH值 $7.9-8.5$ ，溶氧在 $6.8-8.0$  ppm之間，九孔對銅之吸收累積，分析結果如表7與圖7，8所示。由圖7顯示在 $0.4$  ppm組， $60$ 天對銅蓄積含

量高達53.56ppm，在70與80天稍為下，但仍維持各試驗組之最高含量，在0.2與0.3ppm組，飼育時間增加到80天時其對銅之蓄積量已接近0.4ppm組，這表示0.2ppm組在飼育時間愈長累積量亦可達0.4ppm組之量，但在0.1ppm以下之濃度，在80天時其累積量則在21ppm以下。由圖八顯示腹足對銅之吸收累積量以0.4ppm組最高，在60，70與80天分別為23.69，23.56與23.82ppm，這表示在較高濃度組(0.4ppm)只飼育60天即可達80天之蓄積量，但在較低濃度組0.1ppm以下，則未超過10ppm。由各處理組與對照組比較得知，九孔之內臟與腹足對銅之吸收累積量隨飼餵浸漬在銅溶液之龍鬚菜的濃度與時間成正比，而且腹足對銅之吸收累積量比內臟少，在80天時，內臟與腹足之比，對照組為1.2倍，在0.05、0.1、0.2、0.3與0.4ppm等各處理組分別為2.5、2.2、3.8、2.6與2.1倍。陳等(1991)指出豆仔魚、吳郭魚、牡蠣等之內臟易累積重金屬，鰓次之，肌肉最差相似。

#### ④九孔對銅之釋放試驗

九孔對銅吸收累積試驗80天結束後，接著以未處理龍鬚菜飼養，試驗期間水溫介於16—22.5°C鹽度在31—35%之間，pH值7.8—8.7，溶氧在6.5—7.8ppm之間。九孔對銅之釋放分析結果如表8與圖9，10所示。由圖9顯示九孔內臟對銅之釋放量，在飼餵30天時則釋放將近一半，飼餵60天時0.05與0.1ppm組釋放量已接近對照組。而腹足對銅之釋放量，在飼餵60天除0.4ppm組外，其他各處理組之釋放量皆恢復到對照組之量(圖10)。

## 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之協助，得以完成，特此一併致謝。

## 參 考 文 獻

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

Han B.C.(1989)Kinetics if 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)Stdsies on accumulation of heavy metals in aquatic organisms-II. on accumulation of copper and zinc in oysters. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 34 : 112-116.

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 Malawaka, S.T.(1968) Trace metal accumulation by Estuarine molluscs. J. San Engng Div. Amer. Soc. Civ. Engrs. 94, 455-475.

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

。

劉擎華(1980)四種重金屬對草蝦的慢性毒性研究，臺灣大學海洋研究所碩士論文。

- 江章、周賢鏘、丁雲源(1984)矽藻對金屬累積作用之研究，水試所報告，37：173-182。
- 楊國任、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。
- 楊鴻禧、丁雲源(1986)九孔繁殖與養殖試驗，水試所報告，40：195-120。
- 楊鴻禧、丁雲源(1988)牡蠣對於銅離子蓄積作用之研究，環保署研究叢書，5：1-25。
- 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。
- 楊鴻禧、丁雲源(1989)九孔陸上養殖生產力之研究，水試所報告，46：215-223。
- 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。
- 袁又罡(1990)銅對烏魚(*Mugilce phalus Linnaeus*)之急慢毒性的影響，臺灣大學動物學研究所碩士論文。
- 環保通訊社(1990)水質檢驗方法，(2)33-37。
- 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。
- 白書偵、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。

表一 台南分所之養殖用水與龍鬚菜之重金屬分析

日期	項目	Cu (ppb)	Cd (ppb)	Zn (ppb)	Pb (ppb)
80.09.16	注水溝海水	7	2	8	9
	養殖池水	9	5	11	12
	龍鬚菜	180	70	3600	660
10.15	注水溝海水	9	<1	15	10
	養殖池水	15	3	17	12
	龍鬚菜	200	40	3100	580
11.15	注水溝海水	11	<1	11	16
	養殖池水	7	4	14	10
	龍鬚菜	208	100	3700	532
12.15	注水溝海水	10	<1	11	8
	養殖池水	9	3	8	7
	龍鬚菜	529	70	2350	460
81.01.15	注水溝海水	15	<1	10	12
	養殖池水	13	3	12	8
	龍鬚菜	690	110	2290	1100
02.15	注水溝海水	17	<1	14	15
	養殖池水	14	<1	12	13
	龍鬚菜	660	80	2700	990
03.15	注水溝海水	14	<1	16	10
	養殖池水	9	<1	13	7
	龍鬚菜	670	80	2050	1110
04.15	注水溝海水	8	<1	14	12
	養殖池水	10	<1	11	9
	龍鬚菜	760	80	2500	660
05.16	注水溝海水	9	<1	15	6
	養殖池水	10	<1	14	8
	龍鬚菜	580	60	2290	630

表二 曾文溪口之養殖用水與龍鬚菜之重金屬分析

日期	項目	Cu (ppb)	Cd (ppb)	Zn (ppb)	Pb (ppb)
80.09.16	注水溝海水	16	<1	20	5
	養殖池水	23	<1	31	11
	龍鬚菜	190	50	2940	500
10.15	注水溝海水	21	<1	12	3
	養殖池水	38	<1	26	20
	龍鬚菜	220	60	5330	915
11.15	注水溝海水	19	<1	9	13
	養殖池水	15	<1	14	12
	龍鬚菜	148	100	4190	120
12.15	注水溝海水	9	<1	8	12
	養殖池水	8	<1	5	9
	龍鬚菜	340	90	2750	860
81.01.16	注水溝海水	8	<1	13	20
	養殖池水	6	3	14	18
	龍鬚菜	670	190	4190	950
02.16	注水溝海水	10	<1	18	13
	養殖池水	8	<1	15	11
	龍鬚菜	813	100	5760	1000
03.16	注水溝海水	11	<1	15	17
	養殖池水	10	<1	11	13
	龍鬚菜	710	70	4260	1700
04.16	注水溝海水	9	<1	11	9
	養殖池水	7	<1	9	10
	龍鬚菜	717	70	3600	860
05.17	注水溝海水	8	<1	13	7
	養殖池水	7	<1	10	5
	龍鬚菜	778	64	2100	760

表三 青鯤身北航道之養殖用水與龍鬚菜之重金屬分析

日期	項目	Cu (ppb)	Cd (ppb)	Zn (ppb)	Pb (ppb)
80.09.17	注水溝海水	46	<1	29	19
	養殖池水	57	<1	36	24
	龍鬚菜	170	100	4370	410
10.16	注水溝海水	13	4	40	28
	養殖池水	69	5	51	17
	龍鬚菜	190	115	4610	720
11.16	注水溝海水	21	3	63	17
	養殖池水	13	4	30	22
	龍鬚菜	166	110	3400	740
12.16	注水溝海水	13	<1	25	31
	養殖池水	16	4	19	19
	龍鬚菜	670	110	4040	1270
81.01.16	注水溝海水	20	2	18	27
	養殖池水	17	3	16	20
	龍鬚菜	940	90	6510	660
02.16	注水溝海水	19	<1	15	18
	養殖池水	15	3	13	14
	龍鬚菜	620	50	6440	770
03.16	注水溝海水	15	<1	22	15
	養殖池水	18	<1	19	14
	龍鬚菜	850	130	2940	1630
04.16	注水溝海水	14	<1	16	23
	養殖池水	11	<1	14	21
	龍鬚菜	670	100	4800	950
05.17	注水溝海水	12	<1	14	12
	養殖池水	10	<1	13	10
	龍鬚菜	610	67	2800	821

表四 龍鬚菜對銅(ppm)之吸收累積

吸收時間		銅 溶 液 之 濃 度(ppm)					
天	對照組	1	2	3	4	5	6
7	0.5	96.32 (96.32)	101.59 (50.80)	163.50 (54.50)	197.94 (49.49)	254.34 (50.87)	247.13 (41.19)

( )累積係數

表五 龍鬚菜對銅(ppm)之吸收累積

吸收時間		銅 溶 液 之 濃 度(ppm)				
(天)	對照組	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
1	1.22	58.65 (117.30)	70.97 (70.97)	60.30 (40.2)	66.21 (33.11)	69.67 (27.87)
2	0.87	75.27 (150.54)	78.85 (78.85)	85.44 (56.96)	87.10 (36.88)	102.03 (40.81)
3	0.99	87.33 (174.66)	79.29 (70.29)	100.77 (67.18)	102.78 (40.39)	106.93 (42.77)
4	2.21	73.66 (147.32)	93.66 (93.66)	108.91 (72.61)	109.82 (39.41)	117.69 (47.08)
5	1.66	70.94 (141.88)	119.41 (119.41)	122.75 (55.17)	147.12 (73.56)	146.47 (58.59)
6	2.23	79.42 (158.84)	124.53 (124.53)	129.02 (86.01)	129.32 (64.66)	98.73 (3.49)

( )累積係數

表六 龍鬚菜對銅(ppm)之吸收累積

吸收時間 (天)	對照組	銅 溶 液 之 濃 度(ppm)				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
2	0.72	4.51 (45.10)	9.18 (45.90)	13.27 (44.23)	15.89 (39.73)	19.71 (39.42)
7	1.04	10.34 (45.90)	20.00 (100.00)	37.85 (126.17)	48.02 (120.05)	56.71 (113.42)
14	0.59	15.73 (157.30)	39.03 (195.15)	60.78 (202.6)	70.05 (175.13)	75.44 (150.88)
21	1.43	20.30 (203.00)	40.79 (203.95)	61.48 (204.93)	85.05 (212.63)	98.24 (196.48)
28	0.95	62.16 (621.6)	63.30 (316.5)	100.40 (334.67)	172.39 (430.98)	177.90 (355.80)

( )累積係數

表七 九孔對飼餵浸漬在不同銅溶液濃度龍鬚菜之銅(ppm)吸收累積

投飼時間 (天)	項目	殼長 (cm)	全重 (g)	部位	龍鬚菜浸漬銅溶液之濃度 (ppm)					
					對照組	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
0	龍鬚菜 九孔	3.6 ±0.2 n=6	5.2 ±0.8 n=6	內臟	0.18	0.19	0.16	0.17	0.18	0.17
					5.20 (0.42)	4.78 (0.51)	5.10 (1.01)	3.79 (0.18)	5.01 (0.92)	4.15 (0.81)
				腹足	4.10 (0.39)	3.16 (0.28)	3.78 (0.61)	2.98 (0.36)	3.16 (0.27)	3.41 (0.21)
					0.16	1.23	3.30	4.49	10.29	12.00
10	龍鬚菜 九孔	3.8 ±0.3 n=6	5.9 ±0.9 n=6	內臟	5.75 (0.83)	6.57 (0.21)	5.94 (0.39)	6.28 (2.30)	8.93 (4.6)	8.19 (1.76)
					3.58 (0.50)	6.48 (0.80)	5.20 (1.02)	4.64 (1.74)	7.35 (1.42)	6.69 (1.68)
20	龍鬚菜 九孔	4.4 ±0.9 n=6	5.2 ±0.7 n=6	內臟	2.59 (1.56)	9.29 (2.31)	37.71 (0.25)	13.36 (2.17)	81.40 (2.83)	71.39 (2.41)
					5.71 (1.37)	8.35 (1.58)	7.18 (0.20)	7.36 (0.23)	9.69 (0.80)	11.22 (1.65)
30	龍鬚菜 九孔	3.67 ±0.15 n=6	5.37 ±0.87 n=6	內臟	2.83 (0.70)	36.83 (1.41)	20.80 (2.21)	51.76 (3.25)	79.14 (0.12)	63.13 (7.77)
					6.97 (2.13)	7.44 (2.69)	7.65 (1.58)	7.48 (3.50)	11.69 (0.80)	16.94 (6.45)
40	龍鬚菜 九孔	3.75 ±0.17 n=6	6.05 ±0.85 n=6	內臟	0.67 (1.70)	6.82 (0.80)	12.47 (4.95)	29.84 (1.98)	32.79 (5.56)	65.69 (7.31)
					6.95 (1.30)	8.84 (3.09)	8.05 (2.44)	12.95 (1.07)	15.12 (7.19)	16.70 (3.33)
50	龍鬚菜 九孔	3.74 ±0.17 n=6	5.86 ±0.73 n=6	內臟	1.68 (2.31)	19.40 (2.86)	29.78 (0.93)	72.64 (0.51)	78.30 (7.73)	130.42 (3.29)
					5.99 (1.88)	7.13 (0.25)	7.97 (2.02)	13.05 (3.14)	16.83 (0.13)	21.92 (2.95)
60	龍鬚菜 九孔	3.73 ±0.13 n=6	6.00 ±0.72 n=6	內臟	2.86 (2.27)	27.23 (1.10)	34.22 (3.15)	120.16 (3.92)	130.92 (2.76)	218.61 (7.11)
					5.48 (1.15)	6.73 (1.73)	8.40 (0.23)	14.02 (1.73)	16.96 (0.79)	23.69 (4.43)
70	龍鬚菜 九孔	3.84 ±0.25 n=6	6.34 ±1.26 n=6	內臟	4.51 (1.03)	23.09 (2.73)	66.56 (4.75)	134.14 (5.47)	217.55 (0.57)	264.81 (8.21)
					6.59 (0.42)	8.34 (1.05)	9.22 (4.76)	13.51 (1.41)	17.87 (4.04)	23.56 (4.10)
80	龍鬚菜 九孔	3.99 ±0.21 n=6	7.61 ±1.32 n=6	內臟	2.32 (0.01)	73.76 (2.54)	46.67 (4.84)	276.19 (6.40)	211.89 (5.06)	351.03 (6.08)
					7.20 (1.31)	8.48 (0.04)	9.60 (1.03)	12.23 (0.14)	19.30 (1.79)	23.82 (4.53)

Data are shown as mean±SE(n=2)

表八 九孔體內蓄積銅(ppm)後再飼餵未處理龍鬚菜之釋放試驗

投飼時間 (天)	項目	全長 (cm)	全重 (g)	部位	龍鬚菜浸漬銅溶液之濃度 (ppm)					
					對照組	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
蓄積試驗										
80	龍鬚菜				2.32	73.76	46.67	276.19	211.89	351.03
	九孔	3.99	7.61	內臟	8.54	21.48	21.05	47.07	49.85	50.09
		±0.21	±1.32		(0.01)	(2.54)	(4.84)	(6.40)	(5.06)	(6.08)
		n=6	n=6	腹足	7.20	8.48	9.60	12.23	19.30	23.82
					(1.31)	(0.04)	(1.03)	(0.14)	(1.79)	(4.53)
釋放試驗										
						飼餵未處理龍鬚菜後之釋放銅濃度(ppm)				
15	龍鬚菜				0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
	九孔	3.91	10.58	內臟	8.26	14.51	14.05	18.77	18.51	31.35
		±0.17	±1.34							
		n=6	n=6	腹足	7.50	8.35	9.52	10.48	10.47	18.91
30	龍鬚菜				0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
	九孔	4.11	9.35	內臟	7.89	12.41	14.33	16.99	20.33	29.65
		±0.13	±1.33							
		n=6	n=6	腹足	7.24	7.86	8.53	9.29	10.17	13.39
45	龍鬚菜				0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
	九孔	4.18	9.35	內臟	7.53	9.87	11.78	12.24	18.01	25.92
		±0.42	±1.16							
		n=6	n=6	腹足	7.34	7.51	7.69	8.63	8.32	12.39
60	龍鬚菜				0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
	九孔	4.10	9.57	內臟	7.83	7.95	8.94	10.93	12.46	17.03
		±1.32	±1.27							
		n=6	n=6	腹足	7.29	6.57	7.97	7.24	7.17	11.57

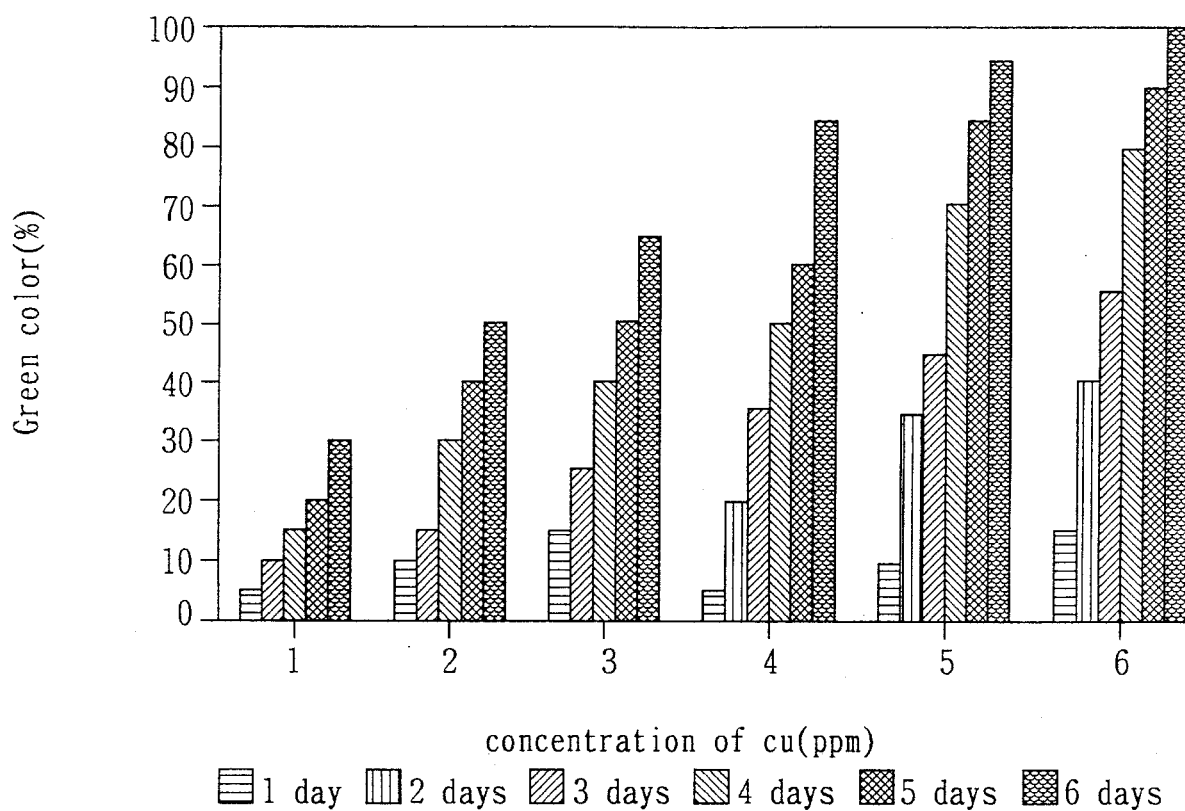


圖1 龍鬚菜培育在1、2、3、4、5與6ppm銅溶液中之顏色變綠情形

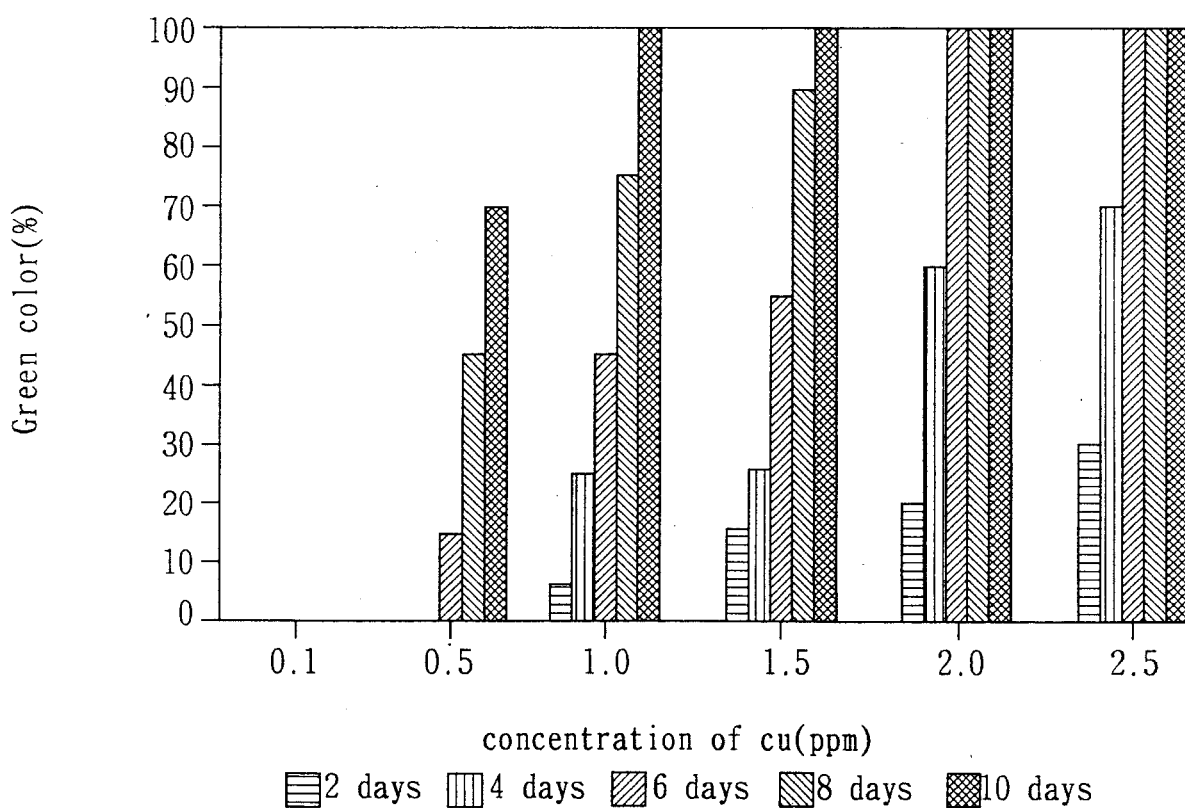


圖2 龍鬚菜培育在0.1、0.5、1.0、1.5、2.0與2.5ppm銅溶液中之顏色變綠情形

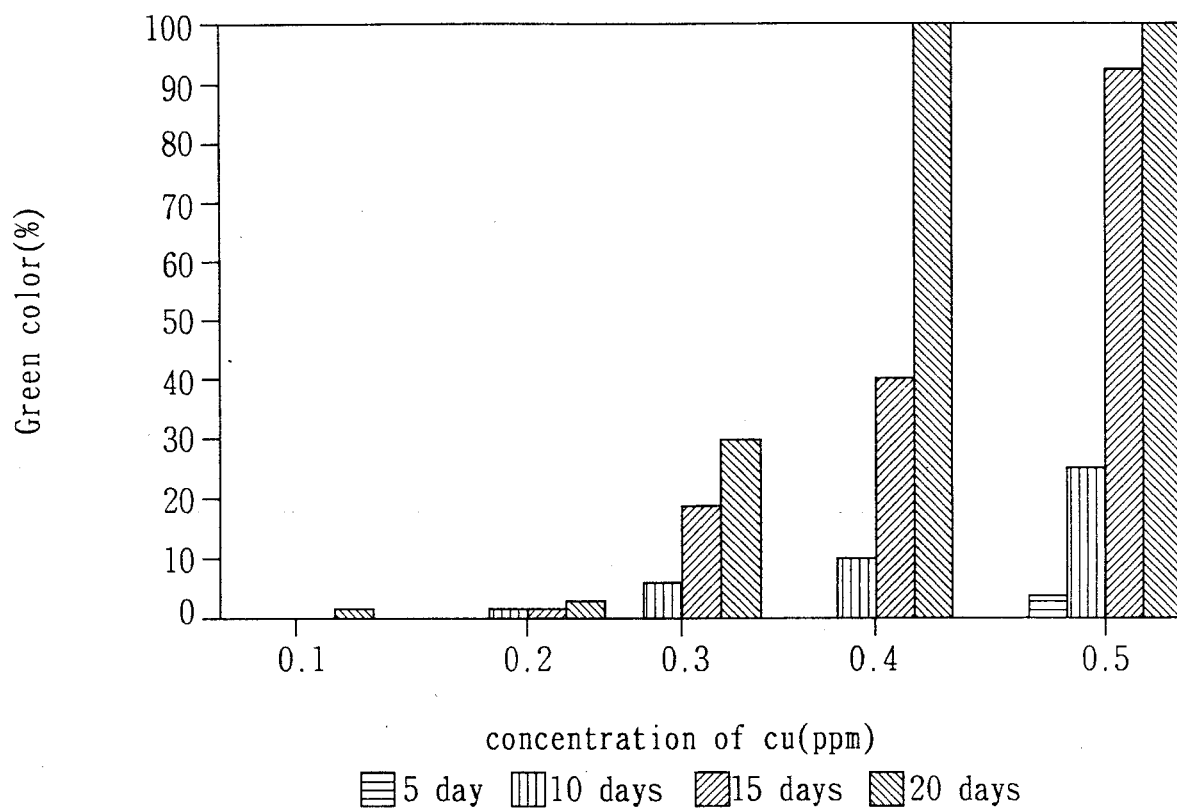


圖3 龍鬚菜培育在0.1、0.2、0.3、0.4與0.5ppm銅溶液中之顏色變綠情形

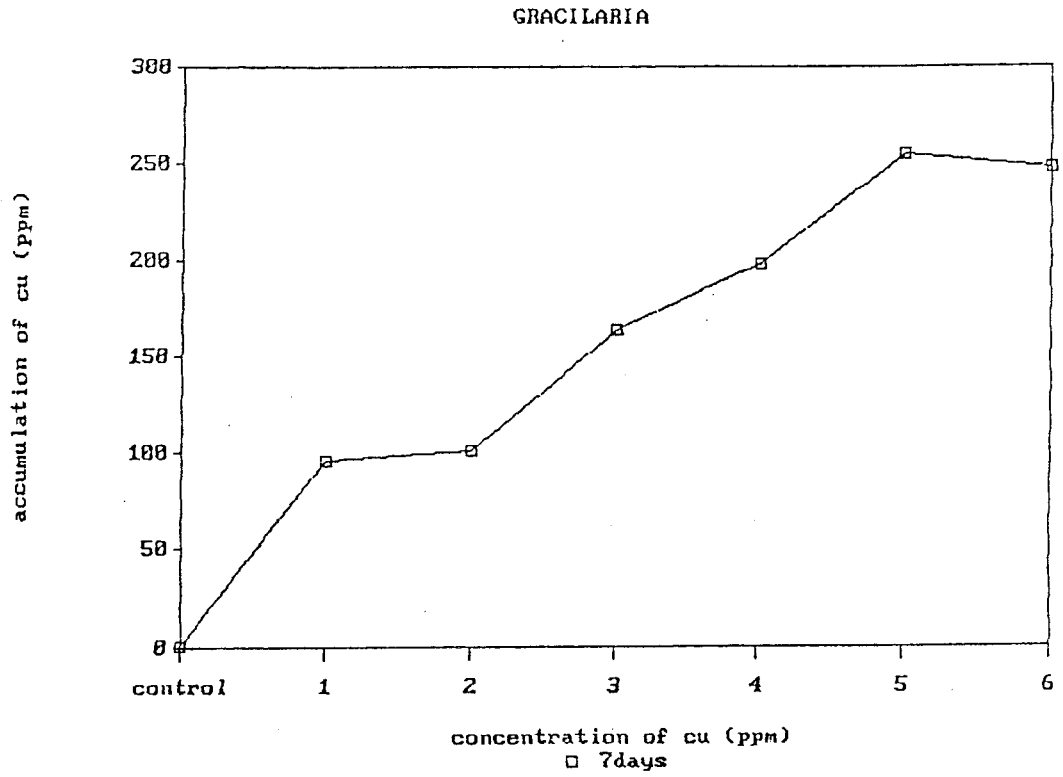


圖4 龍鬚菜培育在1、2、3、4與6ppm之銅溶液的吸收累積

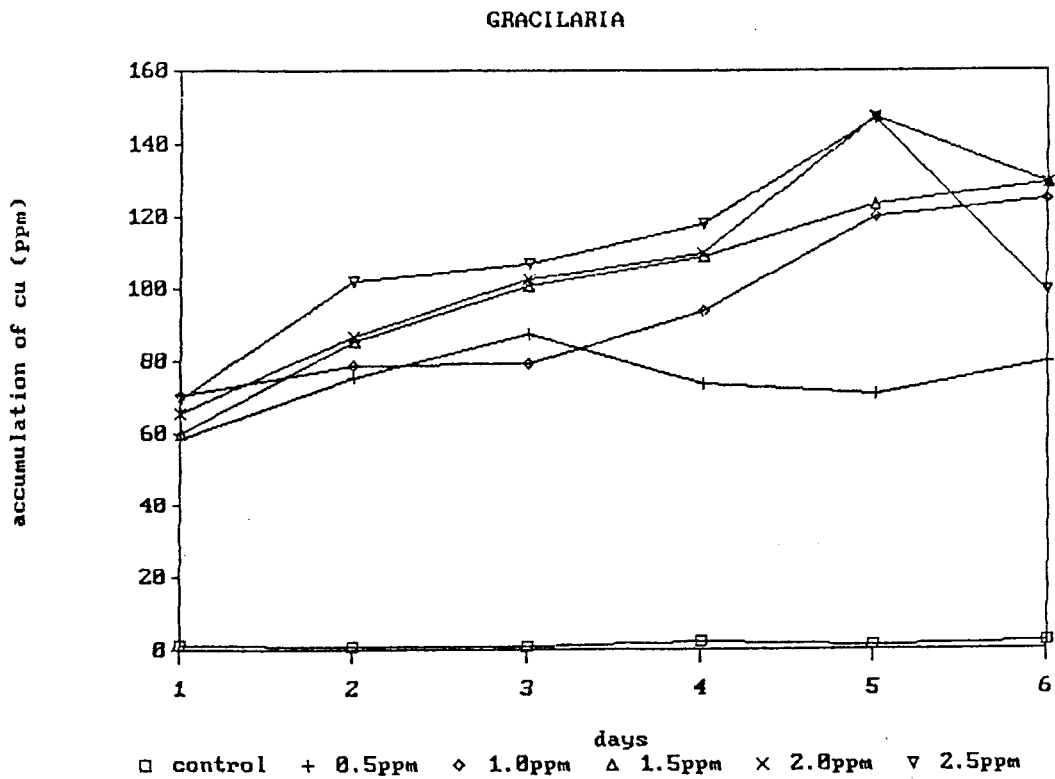


圖5 龍鬚菜培育在0.5、1.0、1.5、2.0與2.5ppm之銅溶液的吸收累積

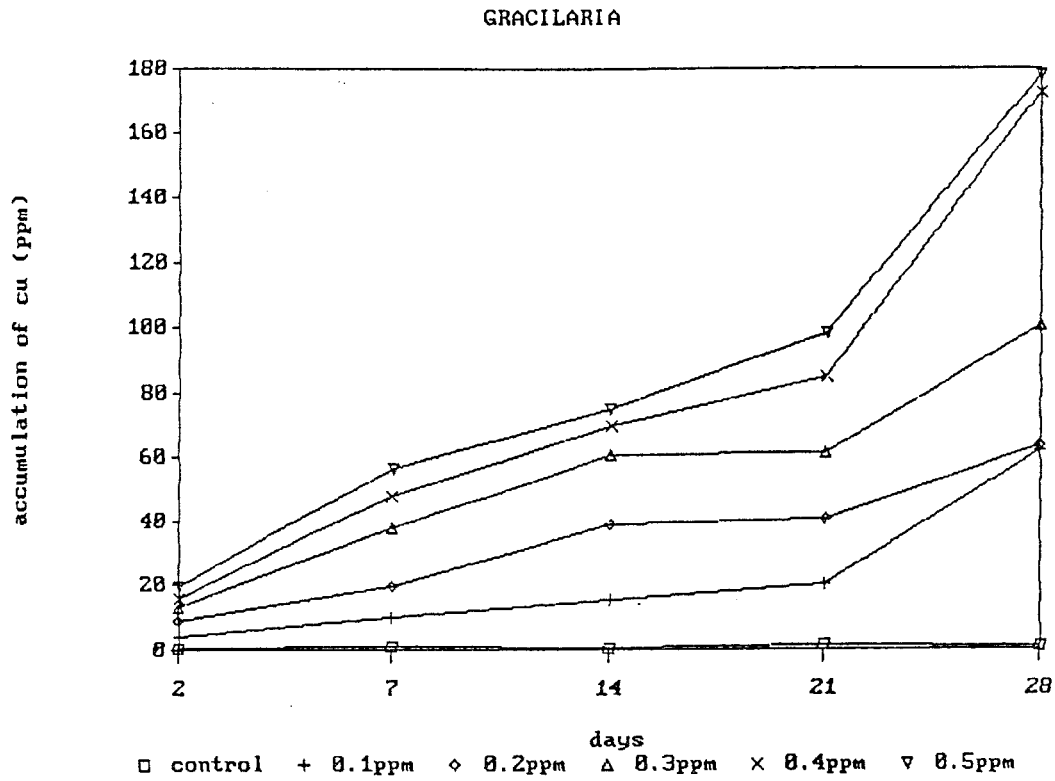


圖6 龍鬚菜培育在0.1、0.2、0.3、0.4與0.5ppm之銅溶液的吸收累積

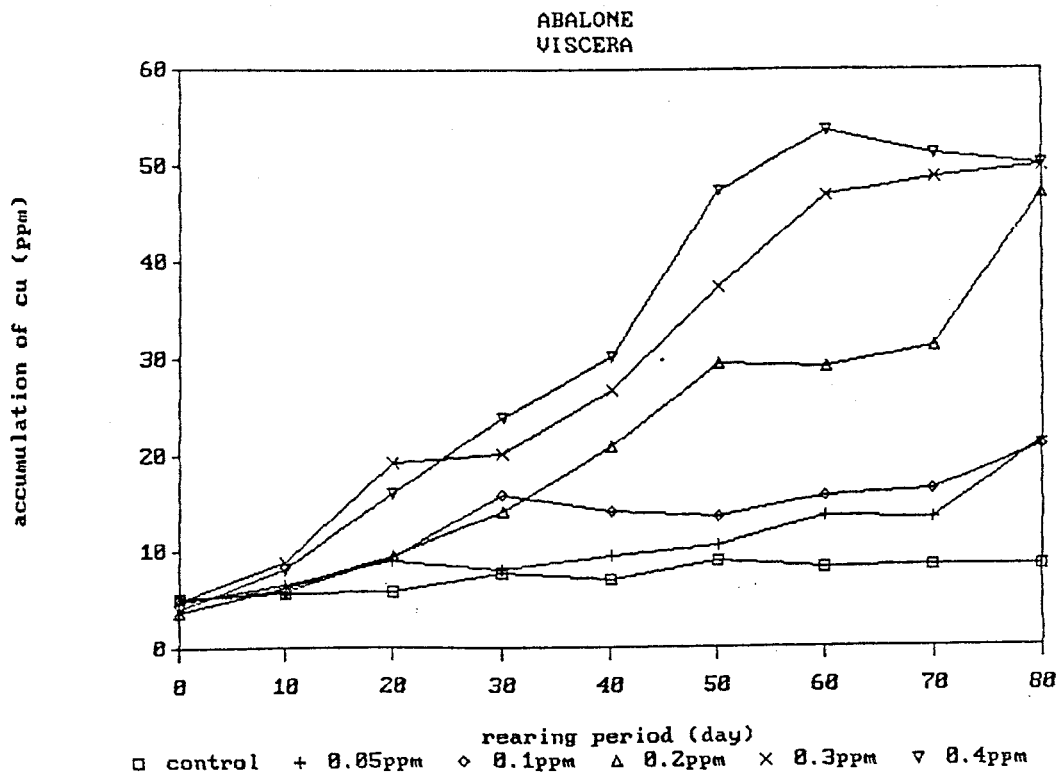


圖7 九孔飼銀經培育在不同銅溶液濃度之龍鬚菜後其內臟對銅吸收累積

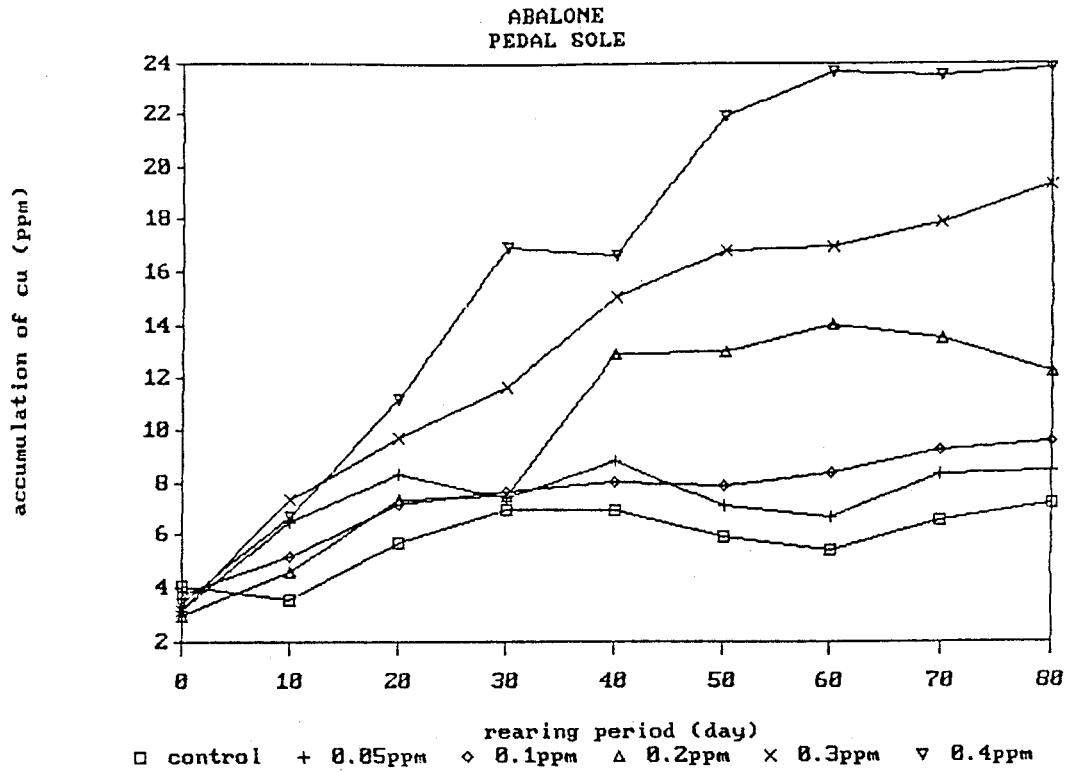


圖8 九孔飼餵經培育在不同銅溶液濃度之龍鬚菜後其腹足對銅吸收累積

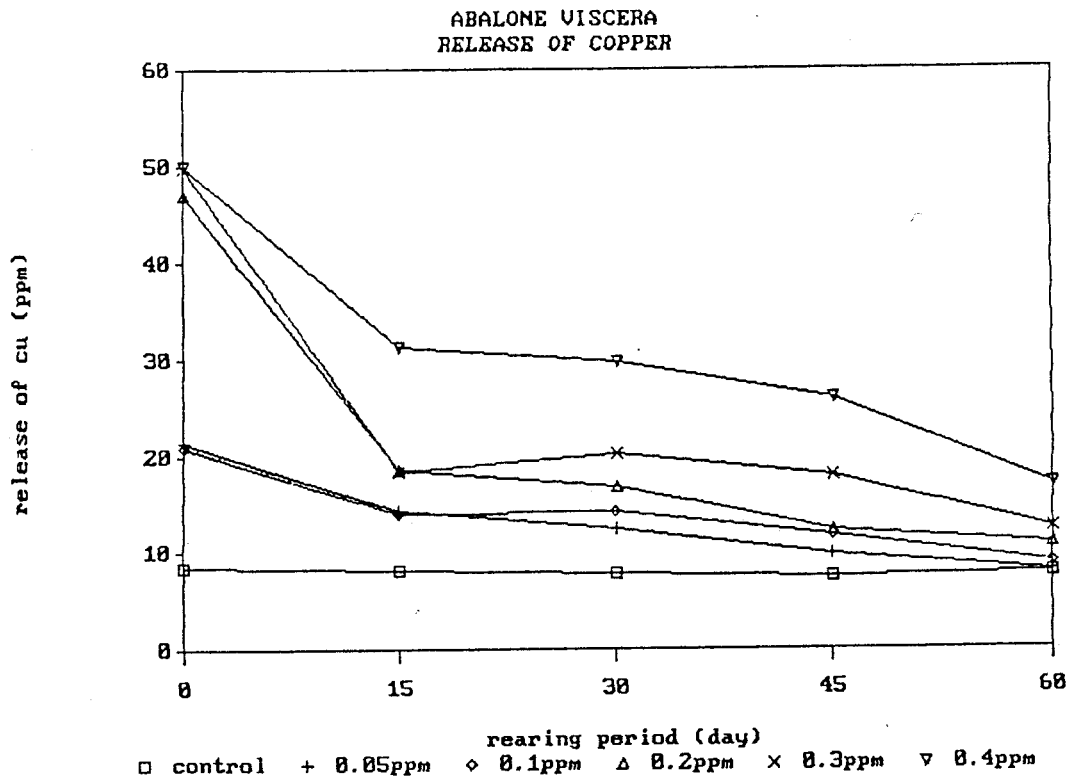


圖9 九孔經飼餵未處理龍鬚菜後其內臟對銅之釋放

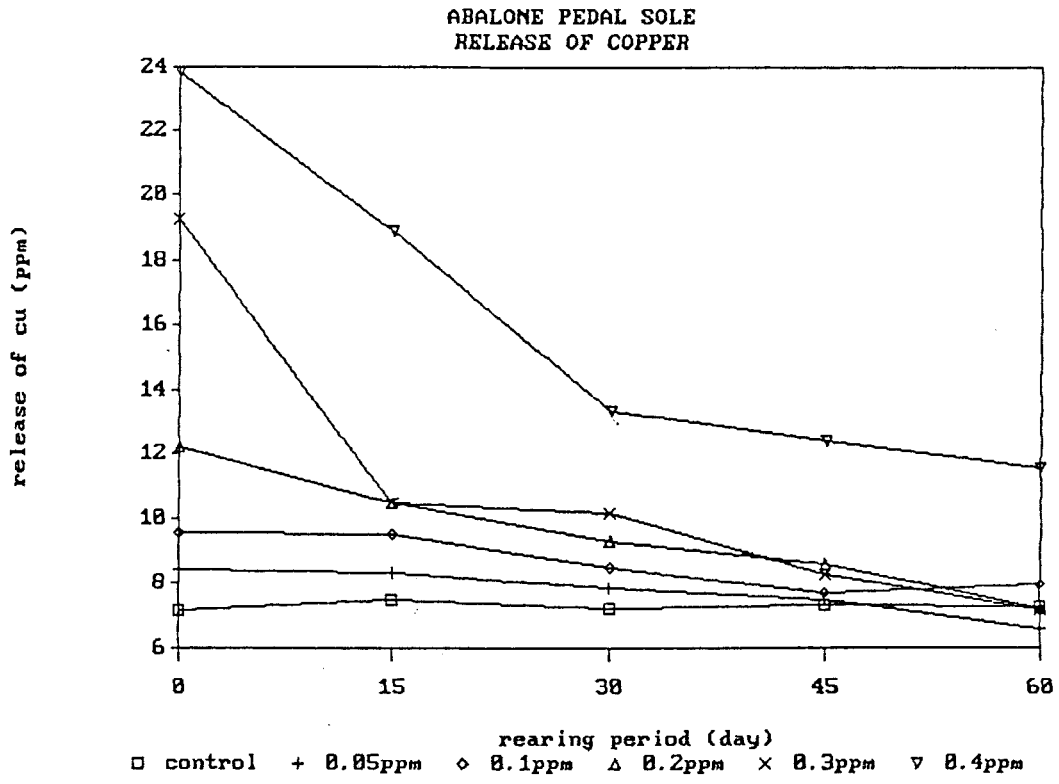


圖10 九孔經飼餵未處理龍鬚菜後其腹足對銅之釋放

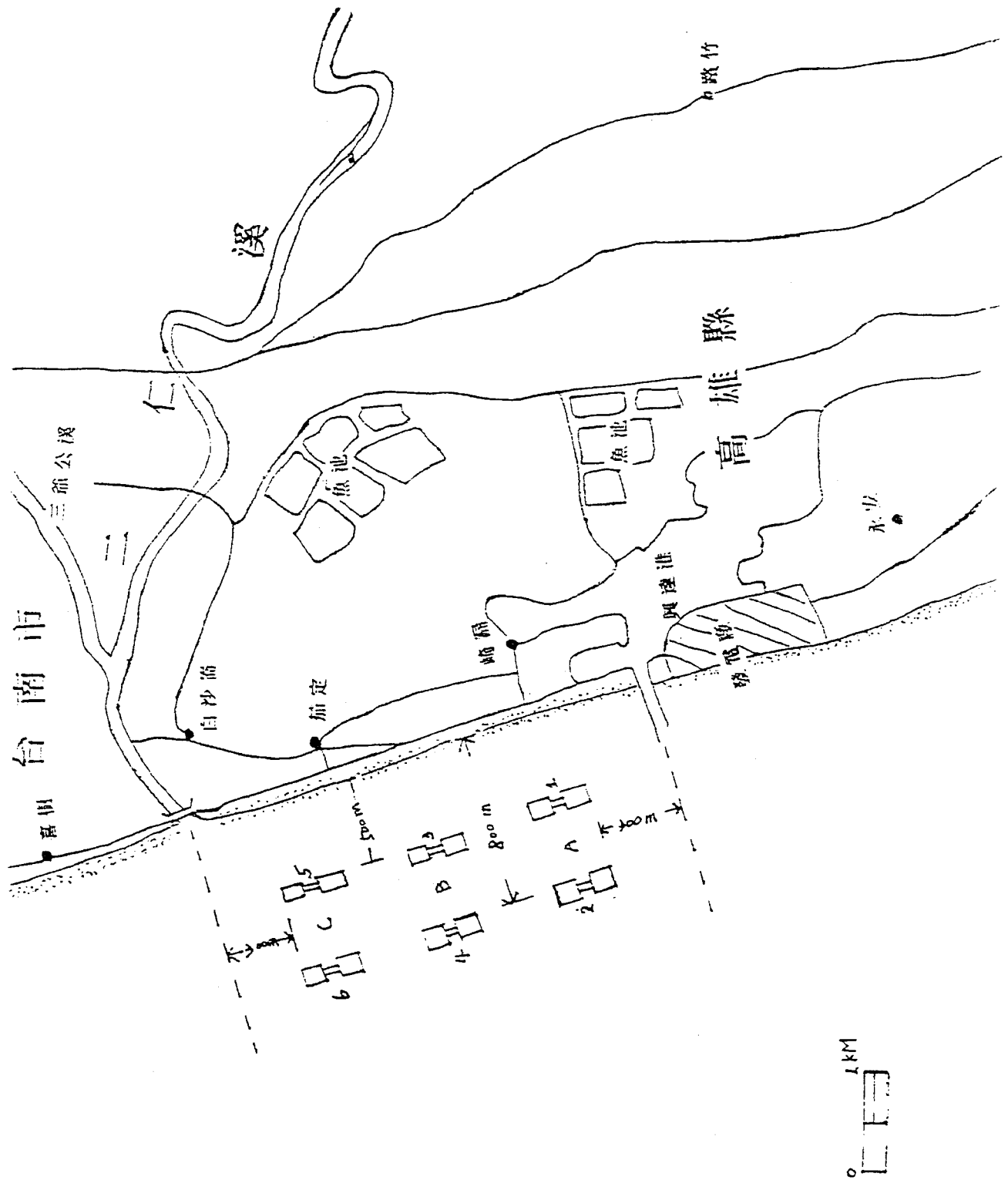
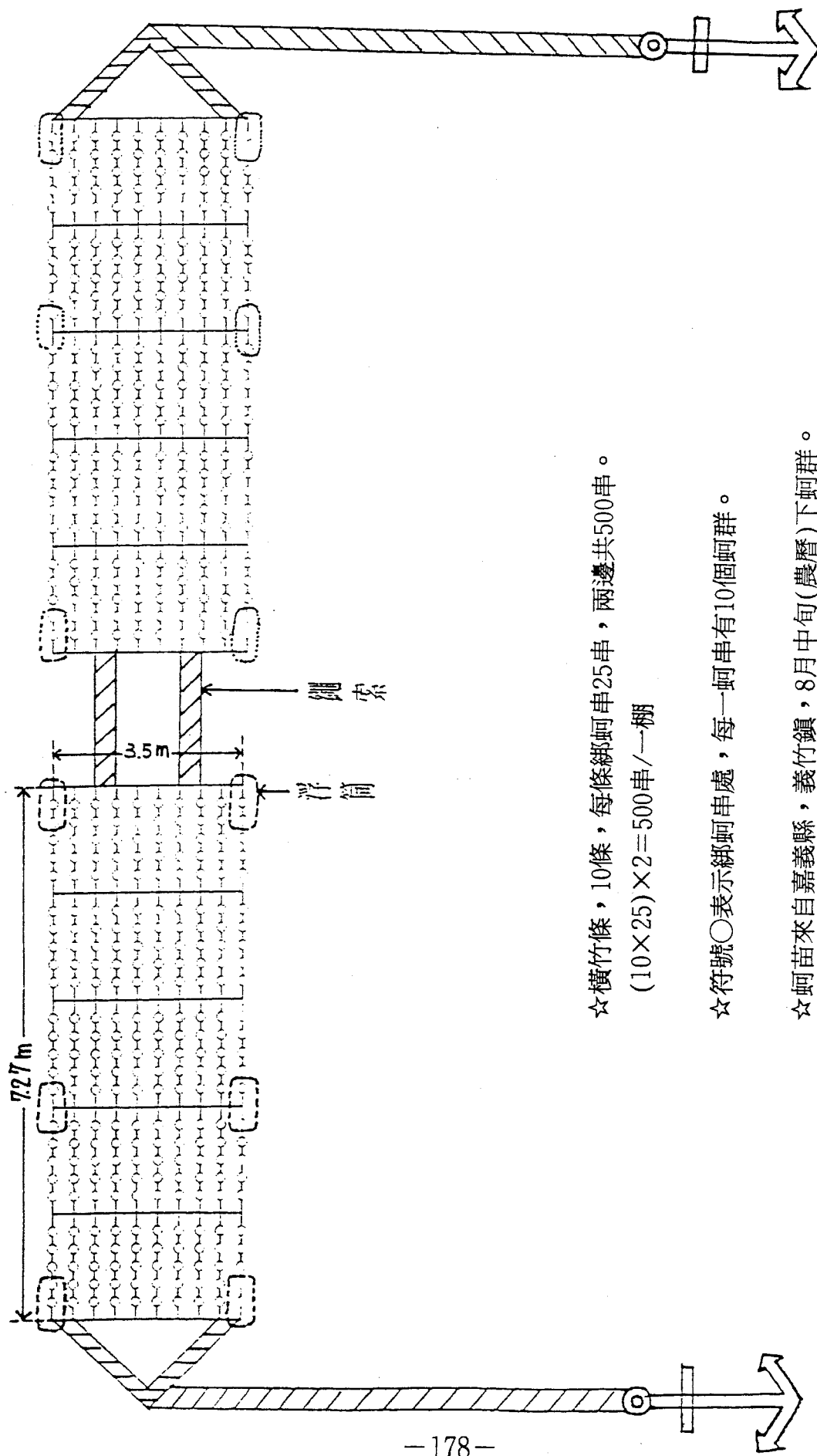


圖1 二仁溪河口海域測站示意圖



☆橫竹條，10條，每條綁蚵串25串，兩邊共500串。  
 (10×25)×2=500串/一棚

☆符號○表示綁蚵串處，每一蚵串有10個蚵群。

☆蚵苗來自嘉義縣，義竹鎮，義竹鎮，8月中旬(農曆)下蚵群。

圖2 蚵棚架構平面圖(一棚)