

四草濕地藻類與腹足類之秋季演替

賴雪端* 王建平** 葉展廷*** 蔡宏韋***

*嘉南藥理科技大學生物科技系

**國立成功大學生物系

***嘉南藥理科技大學環境工程與科學系

摘要

本研究探討四草鹽沼濕地之秋季，因鹽度改變而引起之優勢種底藻之變化，以及底藻與優勢小型腹足類一流紋繩(*Thiara riqueti*)之相關性。結果顯示：小型腹足類一流紋繩之幼生，在秋季10月間會大量出現於三百多公頃之四大研究樣區間，且混生於絲藻(*Ulothrix sp.*)族群中，此時期之樣區鹽度因雨季過後皆低於1.0%，絲藻族群成為低鹽度之四大樣區之主要優勢種。然而，經光學顯微鏡檢結果，發現混生於優勢種絲藻族群中流紋繩幼生之尾部尖端，皆緊密的連著萌芽中之綠藻—腸滌苔(*Enteromorpha intestinalis*)的幼苗，而非絲藻族群。當鹽度增至3.0%後，樣區內之絲藻群體多已漸褪色與死亡，腸滌苔則漸成優勢。此結果顯示樣區內之優勢種底藻的季節性消長不僅受鹽度改變之影響外，亦有植食腹足類參與營養源及著生基質之提供，且消長過程在當年之秋季僅歷經短短三週。

關鍵詞：藻類、鹽度、腹足類、消長

前言

臺南市四草野生動物保護區，鄰近七股的黑面琵鷺保護區，珍貴之候鳥黑面琵鷺及其它鳥類會在此過冬，故四草亦是一個賞鳥的好景點，尤其進入保護區正門前之右側，以及正門內之左側，在天氣晴朗的日子皆可欣賞到多樣性之鳥類物種，相當可貴。在保護區內，存在相當多之生物物種，除數量顯著之魚蝦貝類外，在鳥類駐足的鹽沼棲地上皆存在大型底藻，且常呈現不同之色彩。

藻類為生態環境中之初級生產者，在國內外皆有學者從事藻類分類的研究(王建平等2000；黃2000；江等1990；Cooper 1996)，亦有從事藻類與腹足類之捕食關係的研究(Lubenchenco 1978)。Lubenchenco研究腹足類玉黍螺(*Littorina littorea*)的取食偏好，他比較玉黍螺對潮間帶藻類—角義菜類(*Chondrus*)與滌苔(*Enteromorpha*屬)群聚的影響，結果發現玉黍螺最偏好的藻類為那些小型、短壽

及嫩軟的滸苔，當潮池中之玉黍螺密度高至 $133\sim267/m^2$ 時，玉黍螺不太喜食的角義菜類最佔優勢；但移除玉黍螺的潮池中，滸苔的密度迅速增加而成為最優勢的藻類，且隨著滸苔增加，角義菜類的族群減少。此外，Lubenchenco亦發現住在滸苔上之綠泳蟹會捕食小玉黍螺，但綠泳蟹又被海鷗捕食，此複雜的食物網關係，顯示消費者會對當地之生物多樣性會造成影響。同樣的，在四草野生動物保護區內，必然亦存在多種植食蝸牛類(snail)、藻類、螃蟹與鳥類等食物網內營養階層的互動關係，由於臺灣的夏季，是明顯的颱風季節，颱風往往可造成大量之豪雨，對於保護區內水域之鹽度影響相當顯著，常常可以發現大型藻可能因為鹽度變化之影響而有大規模死亡的現象。為探討藻類群聚結構之變化與植食蝸牛類(snail)動物的關係，以及探討在夏季颱風季節過後，四草鹽沼濕地內的藻類相變化，乃選擇於夏秋之間，每隔一週，在保護區內的四個主要的永久研究樣區，觀察與記錄藻類相之變化，以探討鹽度的改變對藻類多樣性群聚之影響。

材料與方法

本研究之樣區，為位於四草野生動物保護區內，佔地約300多公頃，以土堤圍成四個大小相當之主要研究用之永久樣區A、B、C、D(圖1)，設有可以以人工控制海水漲潮與退潮之潮水進出之潮溝，為自2000年1月起，執行“臺南市四草野生動物保護區生態系統動態模式建立”之研究用之永久樣區(王建平等2000)。

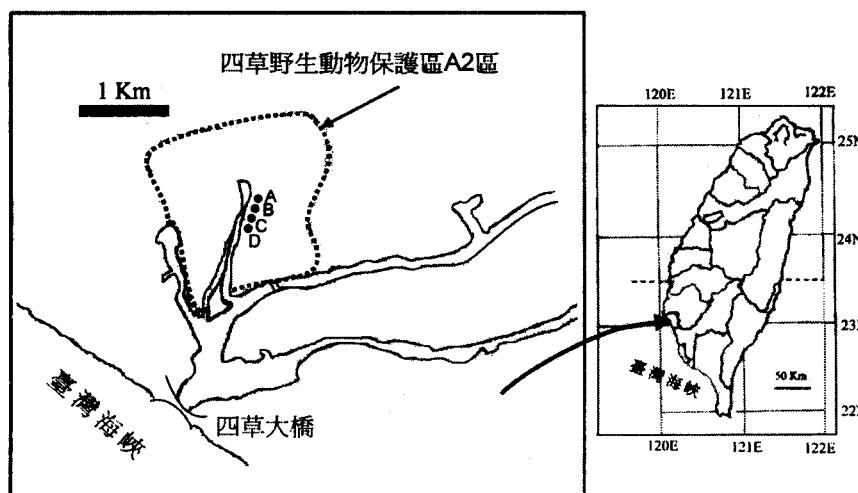


圖1 臺南四草野生動物保護區內樣區A, B, C, D位置圖

本研究之採樣，分別於2001年秋季之10月13日、20日、27日及11月3日、10日等連續五週進行，採樣之位置，主要以每一樣區之相對位置之底藻露出水面之生長範圍為主，以水線與營釘固定採樣位置。底藻之觀察與記數結果，採用Nigorikawa(1997)之相對頻度表示法，以樣區內採集之底藻之相對頻度轉換為五等級表示法，五等級中，cc代表極大量出現($>50\%$)，c代表大量出現($30\sim49\%$)，+代表普通出現($29\sim15\%$)，r代表少量出現($14\sim8\%$)，rr代表極少量出現($<8\%$)。實驗室之

觀察拍攝採用干擾相差顯微鏡(Zeiss, JENAVAL-DIC)。底藻之學名以國立臺灣博物館出版之臺灣東北角海藻圖錄(黃淑芳2000)，以及臺灣省立博物館出版出版之臺灣海藻簡介(江永棉等1990)為依據。小型腹足類之學名以貝類學報之臺灣貝類中文名稱訂名(張寬敏1981)為依據。

水質與營養源分析項目包括現場測定鹽度、pH及水溫等項，而磷酸鹽及硝酸鹽則於實驗室以標準水質檢驗法分析之(APHA 1989)。

結果與討論

四個主要的永久研究樣區ABCD，在2001年夏秋之際，研究原定在十月三日開始進行為期一個月之秋季試驗，但因氣象局發佈最後一個颱風警報，而延後自十月十三至十一月十日進行為期一個月之秋季調查。

調查結果，由圖2的水質因子顯示，在颱風過後，樣區內水域之鹽度相當低，之後隨著溫度回升，鹽度亦隨之逐漸升高，至第五週因部份的雨水使鹽度稍降，但颱風季節過已後，沒有豪雨可再引起鹽度的驟降至十月初的低值。此外，圖2亦顯示，五項水質與營養鹽因子中，鹽度的變化與水溫及硝酸鹽之變化相關性較明顯，磷酸鹽之變化較無規律，pH值則在四樣區呈現相似的規律變化，而由於鹽度的變化最顯著，故應是影響四個主要的永久研究樣區ABCD中大型藻類生長與死亡之最重要因素。然而，由於樣區內存在極高數量之生物物種，各種生物間有不同之交互作用，其中，由下述藻類相之變化，可以發現小型腹足類必然與大型藻類間有極重要的依附關係。

調查第一週，十月十三日，首先發現所有樣區內皆出現大量的小型貝類(流紋繩)，如圖3A與3B所示，流紋繩(*Thiara riqueti*)混生於底藻群聚中，此底藻群聚在ABCD樣區，幾乎皆以絲藻科之絲藻(*Ulothrix sp.*)(圖3C)為優勢，因此流紋繩皆混生在絲藻中，然而以鑷子分離纏繞的絲藻與小型腹足類-流紋繩後，在顯微鏡放大觀察流紋繩之尖端時，發現每一小型腹足類-流紋繩皆緊緊的連繫著有長短不一之小撮綠藻(圖3B、E)，而此綠藻並非優勢之絲藻族群，而是萌芽中之石蓴科腸滌苔(*Enteromorpha intestinalis*)。此時各樣區之鹽度皆相當低，介於0.8~1.0%之間(表1、圖2)。顯示樣區內之絲藻是適於低鹽濃度之綠藻。因為在未進入雨季前的四草鹽沼樣區，常可發現絲藻與蒼白剛毛藻(*Cladophora albida*)及腸滌苔等綠藻混生在一起，成為底藻的共優勢種，但此時ABCD樣區皆以絲藻為優勢。蒼白剛毛藻及腸滌苔等綠藻的群聚極少。

調查第二週，十月二十日，所有樣區之小型腹足類-流紋繩皆成長，且其上所連繫之腸滌苔亦普遍皆變長與濃密(圖3E)。此時鹽度已增至1.5%左右(表1、圖2)，絲藻仍為樣區ABCD中之優勢底藻。其中，樣區C的絲藻，有些因被大量的纖毛蟲類附生，故呈現褐色(圖4B、E)

第三週，十月二十七日，由於溫度已維持臺灣南部白天高溫的型態，故各樣區ABCD在調查時之鹽度已持續上升至2.2%左右，當鹽度逐漸增至2.2%，許多絲藻族群漸漸褪色與死亡，此時流紋繩幼生之體型漸大，尖端所連繫的綠藻-腸滌苔亦漸成長。其中，樣區C之狀況相當特殊，有許多最初的優勢種絲藻，被一種蟲蛹包住(圖4A、D)，使絲藻細胞死亡，與被纖毛蟲類附生(圖4B、E)而呈現褐色之狀況完全不同，此外，各樣區ABCD有許多水域已長滿新鮮而綠之腸滌苔(圖4C、F)，絲藻混生於腸滌苔間，成為兩種共優勢種(表1、圖5)。

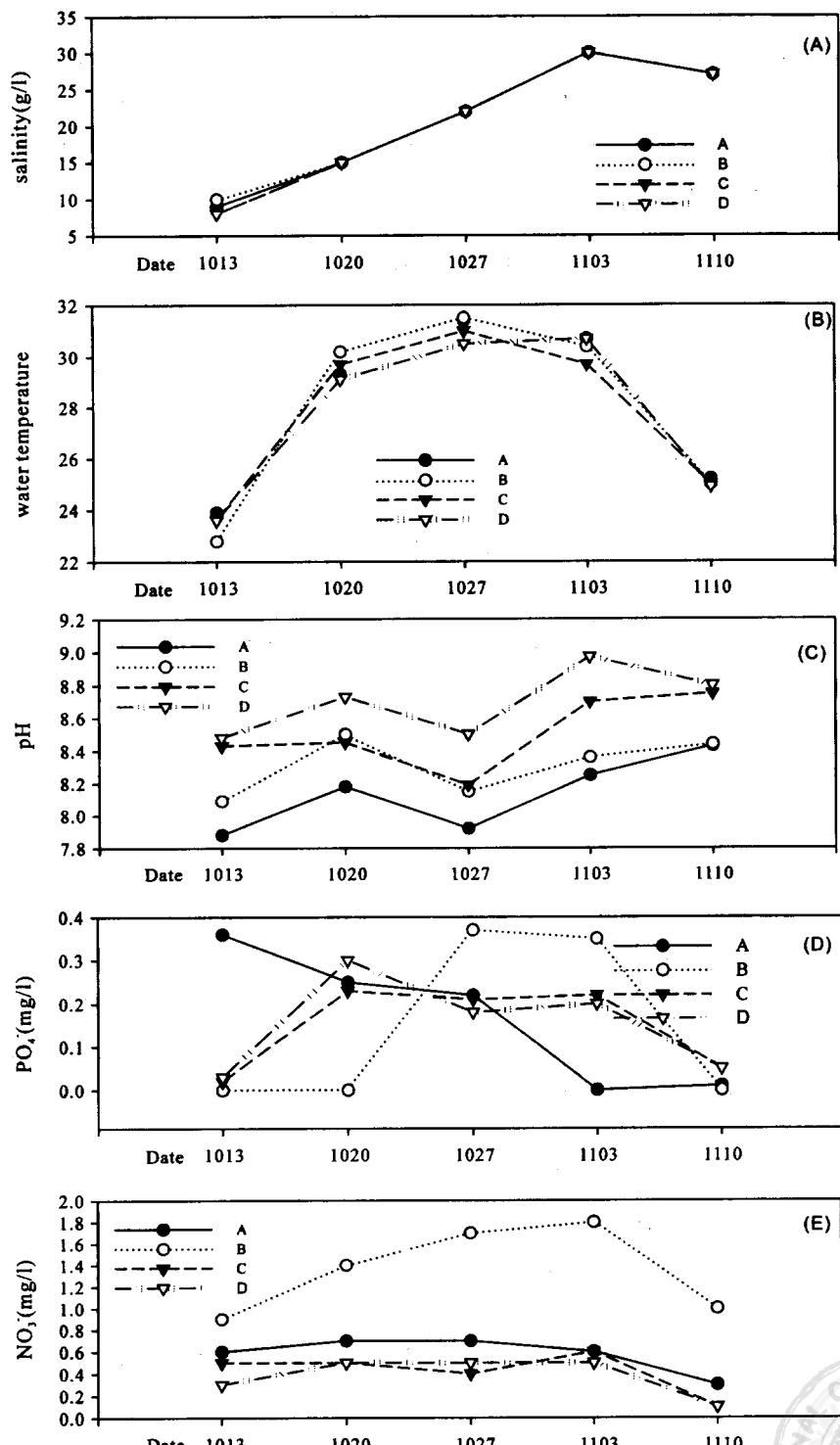


圖2 樣區A, B, C, D秋季水質因子：(A)鹽度，(B)水溫(°C)，(C)pH，與營養源：(D)磷酸鹽，及(E)硝酸鹽等之變化

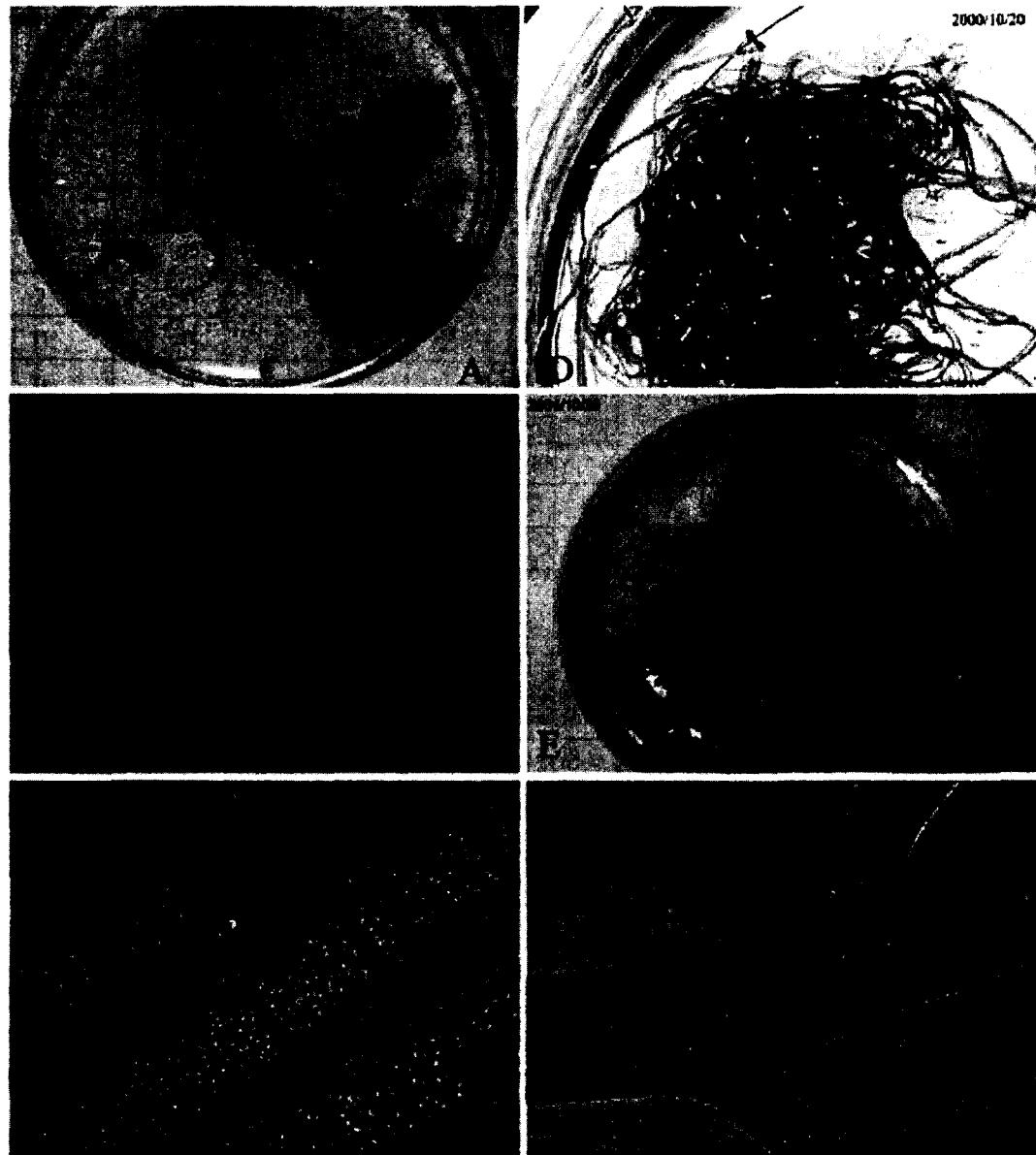


圖3A-F (A)混生於優勢種絲藻(*Ulothrix* sp.)族群中，小型腹足類-流紋繩(*Thiara riqueti*)幼生(13th, October), (B)在圖3A中，小型腹足類-流紋繩與藻類之放大，(C)顯微鏡下圖3A中，絲藻(*Ulothrix* sp.)族群之細胞構造(125X)，(D)腸游苔(*E. intestinalis*)族群(3rd, November)，(E)顯示小型貝類流紋繩與腸游苔漸成長，(F)顯微鏡下連繫於小型腹足類-流紋繩之腸游苔之細胞構造(125X)



表1 鹽沼樣區2001年10月13日至2001年11月10日，研究期間大型藻類相對頻率之變化等級（cc：極大量出現，c：大量出現，+：普通出現，r：少量出現，rr：極少量出現，nd：未發現）

日期編號	1	2	3	4	5
2001年	13th, Oct.	29th, Oct.	27th, Oct.	3rd, Nov.	10th, Nov.
Salinity(%) (A)	1.0 %	1.5 %	2.2 %	3.0 %	2.7 %
<i>Ulothrix</i> sp1.絲藻屬(A)	rr	rr	rr	rr	rr
<i>Ulothrix</i> sp2.絲藻屬(A)	cc	cc	c	+	c
<i>Enteromorpha</i> sp.海苔屬(A)	rr	rr	c	cc	c
<i>Cladophora</i> sp.剛毛藻屬(A)	rr	rr	rr	rr	c
<i>Gracilaria</i> sp.龍鬚菜屬(A)	rr	rr	rr	rr	rr
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus 石蓴(A)	rr	rr	rr	rr	rr
Salinity(%) (B)	1.0 %	1.5 %	2.2 %	3.0 %	2.7 %
<i>Ulothrix</i> sp1.絲藻屬(B)	rr	rr	rr	rr	rr
<i>Ulothrix</i> sp2.絲藻屬(B)	cc	cc	c	+	c
<i>Enteromorpha</i> sp.海苔屬(B)	rr	rr	c	cc	c
<i>Cladophora</i> sp.剛毛藻屬(B)	rr	rr	rr	rr	c
<i>Gracilaria</i> sp.龍鬚菜屬(B)	rr	rr	rr	rr	rr
<i>Ulva</i> sp.石蓴(B)	rr	rr	rr	rr	rr
Salinity(%) (C)	0.8 %	1.5 %	2.2 %	3.0 %	2.7 %
<i>Ulothrix</i> sp1.絲藻屬(C)	rr	rr	rr	rr	rr
<i>Ulothrix</i> sp2.絲藻屬(C)	cc	cc	c	+	c
<i>Enteromorpha</i> sp.海苔屬(C)	rr	rr	c	cc	c
<i>Cladophora</i> sp.剛毛藻屬(C)	rr	rr	rr	rr	c
<i>Gracilaria</i> sp.龍鬚菜屬(C)	rr	rr	rr	rr	rr
<i>Ulva</i> sp.石蓴(C)	rr	rr	rr	rr	rr
Salinity(%) (D)	0.8 %	1.5 %	2.2 %	3.0 %	2.7 %
<i>Ulothrix</i> sp1.絲藻屬(D)	rr	rr	rr	rr	rr
<i>Ulothrix</i> sp2.絲藻屬(D)	cc	cc	c	+	c
<i>Enteromorpha</i> sp.海苔屬(D)	rr	rr	c	c	c
<i>Cladophora</i> sp.剛毛藻屬(D)	rr	rr	rr	rr	c
<i>Gracilaria</i> sp.龍鬚菜屬(D)	rr	rr	rr	rr	rr
<i>Ulva</i> sp.石蓴(D)	rr	rr	rr	rr	rr

cc代表極大量出現(>50%)，c代表大量出現(30-49%)，+代表普通出現(29-15%)，r代表少量出現(14-8%)，rr代表極少量出現(<8%)。

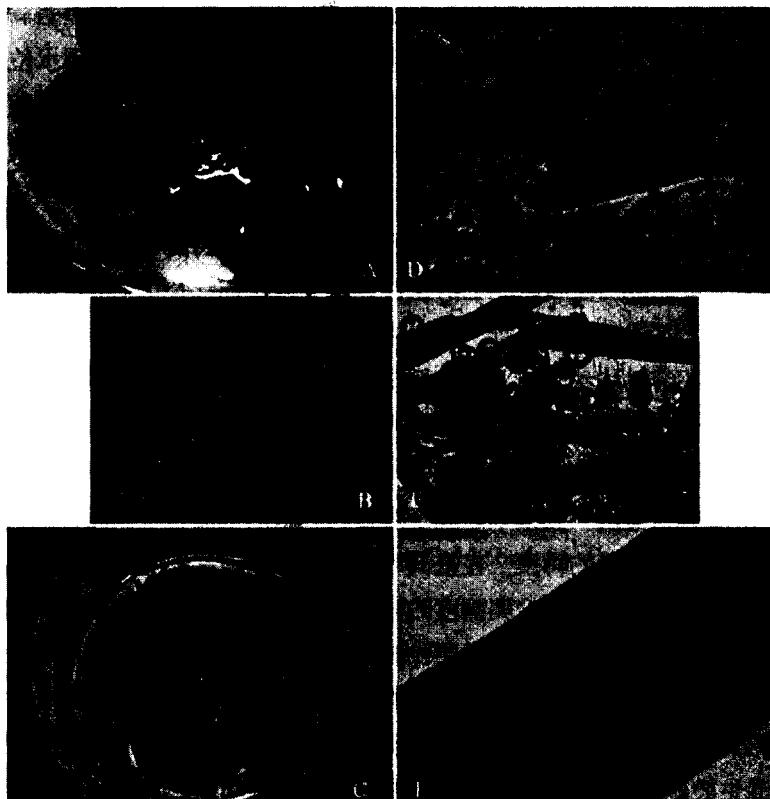


圖4A-F (A)肉眼所見之黏稠狀之絲藻(*Ulothrix* sp.)族群，(D)因被大量蟲蛹寄生而使絲藻枯死，(B)樣區中肉眼所見之褐色與綠色之絲藻與纖毛蟲類共生之數量有關，(E)顯微鏡下附生於絲藻之纖毛蟲類(125X)，(C)樣區中肉眼所見綠色之腸渙苔(*E. intestinalis*)族群，(F)顯微鏡下之腸渙苔群體之放大(125X)

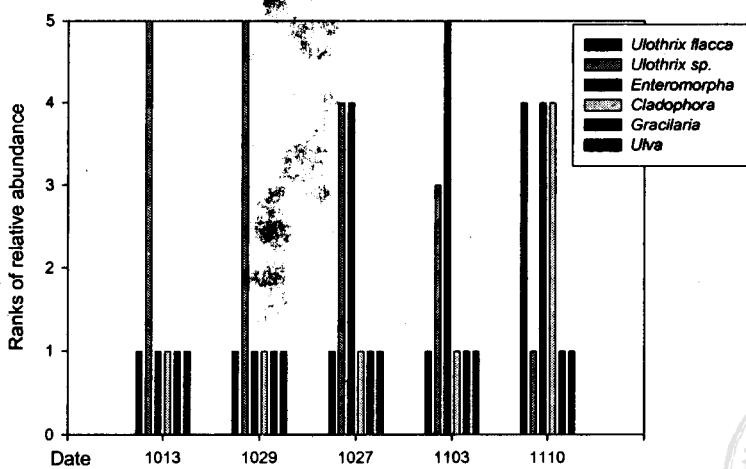


圖5 四草鹽沼四樣區於2001年10月13日至2001年11月0日，研究期間大型藻類相對頻率之五等級出現率（5：極大量出現，4：大量出現，3：普通出現，2：少量出現，1：極少量出現）

第四週，十一月三日，四個樣區已有顯著之變化。因為自外觀上看，腸渦苔絲狀體之個體較大、顏色較翠綠，故四樣區皆極顯著之長出許多腸渦苔族群，且以樣區B與C因水位下降較明顯，而最易觀察到極顯著之新的優勢族群。此時鹽度皆已上升至3.0%（表1、圖2）。另一更顯著之特徵是樣區內有許多褪色死亡之絲藻，小型貝類不再依賴死亡之絲藻，只有極少數之小型貝類混生於綠色的腸渦苔族群間。

第五週，十一月十日，樣區ABCD中的優勢種絲藻及附著於其上之小型腹足類－流紋繩戲劇性的大多失蹤了。樣區A開始長出較濃之泥上附生性矽藻。樣區B因水位降得相當低，呈現大量絲藻族群死亡之景觀。樣區C則顯得相當清新，長出相當濃之腸渦苔。樣區D因水位較高未觀察到大型藻。四個樣區皆明顯的不容易找到之前之優勢種絲藻，及附著於其上之小型腹足類－流紋繩。此時的樣區ABCD皆主要存在三種大型藻的共優勢種，包括軟絲藻(*Ulothrix flacca*)，腸渦苔及蒼白剛毛藻。

由上述的五週調查結果發現，如果本研究是隔月調查，則極難發現樣區在短短的一個月之間，如何發生如此明顯的優勢種底藻的轉換？在臺灣地區，五、六月之梅雨季及夏季的颱風季，是最容易造成半鹽水濕地之生物物種，因溫度與鹽度的變化而引起優勢種轉換的季節，同樣的，由本研究之調查結果，亦發現雨季過後的秋季，更是另一波物種轉換的季節。夏季颱風季節所帶來之豪雨，稀釋了四草野生動物保護區內之水域之鹽度，進而造成小型腹足類－流紋繩之幼生，在秋季10月間大量出現於三百多公頃之四大研究樣區間，而絲藻群體為低鹽度之四大樣區之主要優勢種，故小型腹足類－流紋繩可混生於絲藻族群中，然而小型腹足類－流紋繩幼生之尖端尾部，提供萌芽中之石蓴科腸渦苔之幼苗做為主要的基質與營養，當鹽度增至3.0%後，由樣區內之耐低鹽度之優勢種絲藻，已轉變為耐中鹽度之優勢種腸渦苔，此消長過程除受鹽度改變之影響外，亦有貝類參與營養源及著生基質之提供，且消長過程在2001年之秋季僅歷經短短三週。這些戲劇性失蹤的小型腹足類－流紋繩，可能已發育成熟，躲藏在適當的環境中，它已不再需要依附在耐低鹽度之底藻優勢種絲藻上，而依附在小型腹足類－流紋繩尾端之耐中鹽度之底藻優勢種腸渦苔，在發育成熟後，亦不再需要貝類當著生基質，但因腸渦苔之組織軟嫩，必然回饋植食動物流紋繩，成為小型腹足類最喜愛的糧食，然而，這些戲劇性失蹤的貝類，亦可能如Lubenchenco(1978)關於玉黍螺(*Littorina littorea*)研究，被保護區內的蟹類所大量捕食，所以保護區在乾季時可以發現大量玉黍螺的空殼。無論如何，由於鹽度的變化，在第四週時腸渦苔雖已成優勢種，但因流紋繩對腸渦苔的捕食壓力，使另兩種綠藻包括軟絲藻及蒼白剛毛藻，在第五週時與腸渦苔成為三種共優勢種，此三種共優勢種可以在非雨季時期，較長時間成為四個主要的永久研究樣區ABCD之共優勢種。此外，調查期間樣區內可以找到其它兩種數量極少之大型藻，包括細基龍鬚菜(*Gracilaria tenuistipitata* var. *liui*)及石蓴(*Ulva lactuca*)（表1、圖5）。

結 論

四草野生動物保護區，在生物多樣性教育之領域上，應是一個極其生動的大自然舞台，除了鳥類物種之多樣化深深吸引自然愛好者外，在鳥類深愛棲息的水域環境中，亦存在如藻類及多樣化的



無脊椎動物。本研究主題所探討的四草濕地藻類與植食腹足類-流紋縫之秋季演替，正說明四草野生動物保護區內，亦如同其它河口、紅樹林及鹽沼濕地等生態環境般的複雜與有趣，因為在自然生態環境中存在太多物種之間複雜的交互作用，而這些交互作用正是生態研究者樂於探究的生態觀察。此外，透過顯微鏡之觀察才能發現優勢藻類相之轉換與小型腹足類間之依附關係，更進一步說明顯微世界的神秘與美麗。

參考文獻

1. 王建平、賴雪端、彭仁君、翁義聰、童淑珠。臺南市四草野生動物保護區生態系統動態模式建立。農委會研究報告，2000。
2. 黃淑芳，臺灣東北角海藻圖錄。國立臺灣博物館出版。臺北，臺灣，2000。
3. 江永棉、王璋龍、黃淑芳，臺灣海藻簡介。臺灣省立博物館出版，臺北，臺灣，1990。
4. 張寬敏。臺灣貝類中文名稱訂名。貝類學報，8:43~45，1981。
5. Cooper, V. C. Microalgae- Microscopic Marvels. Published by Riverside Books, P. O. Box 7054, Hamilton, N. Z. 1996.
6. Lubenchenco, J., "Plant species diversity in a marine intertidal community: importance of herbivore food preference and algal competitive abilities", American Naturalist 112:23~39, 1978.
7. Nigorikawa, A. Succession of marine epiphytic diatoms in winter at Nou Town, Niigata Prefecture, Central Japan, 1997.
8. APHA, American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 17th ed. APHA. AWWA and WPCF, Washington, D. C., pp.10~1,48, 51, 53, 1989.



ABSTRACT

Succession of Algae and Gastropods in Autumn of Szu-Tsao Wetland

Sheue-Duan Lai*, Jiang-Ping Wagn**, Jaan-Tyng Yeh*** and Horng-Wei Tsay ***

**Department of Biotechnology,*

****Department of Environmental Engineering and Science,*

Chia-Nan University of Pharmacy and Science,

Tainan, Taiwan, 71701, R.O.C.

***Department of Biology,*

National Cheng Kung University,

Tainan, Taiwan, 70101, R.O.C.

ABSTRACT

This study focused on the succession of dominant benthic algae due to the variation of water salinity, and on the relationship between the benthic algae and the gastropods *Thiara riqueti* in autumn at Szu-Tsao wetland. The larvae gastropods *T. riqueti* were found abundantly in the four studying areas during October, and grew around a population of *Ulothrix* sp. After the raining season, the water salinity was lower than 1.0%, resulting in dominant growth of *Ulothrix* sp. in the areas. However, a green algal species of *Enteromorpha intestinalis*, not the *Ulothrix* sp. was found attaching the posterior of larvae gastropods under light microscope observation. Moreover, when the water salinity increased to 3.0 %, the *Ulothrix* sp. population became dead and colorless, and *E. Intestinalis* turned to be dominant gradually. The results show that the seasonal variation of dominant benthic algae was controlled not only by water salinity but also by the population of herbivorous gastropod which could provide the nutrients and substrates for algal growth. The seasonal succession of dominant benthic algae during autumn occurred within only three weeks.

Key words: Algae, salinity, gastropods, succession.

