

# 探討光潤金線蛭 (*Whitmania laevis*) 捕食 有口蓋淡水螺類之偏好

## Foraging Preference of the Leech *Whitmania laevis* on Two Operculated Freshwater Snails

賴亦德 陳俊宏\*

I-Te Lai and Jin-Hong Chen\*

國立台灣大學生命科學系 台北市羅斯福路四段1號

Department of Life Science, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

\* 通訊作者

\* Corresponding author

### 摘 要

光潤金線蛭(*Whitmania laevis*)是台灣平原緩流水域中以淡水螺類為主食之肉食性水蛭。本實驗旨在探討光潤金線蛭對共域的兩種具口蓋淡水螺類—福壽螺(*Pomacea canaliculata*)與網蝸(*Thiara tuberculata*)的捕食能力及偏好，並且嘗試了解產生捕食偏好之原因。實驗結果顯示體長7 cm以上、體重介於0.5-0.7g之光潤金線蛭均明顯偏好取食殼口長5 mm以下的網蝸及福壽螺個體。當同時提供光潤金線蛭最適合捕食尺寸一殼口長2.7至3.7 mm的網蝸與福壽螺時，則光潤金線蛭對網蝸有明顯的取食偏好。實驗發現螺類的味道並非造成偏好之因素，反之若將福壽螺殼口蓋破壞，則光潤金線蛭捕食福壽螺的偏好便顯著上升且高於共存的網蝸。因此推論殼口蓋密合度為造成光潤金線蛭捕食偏好之重要因子。根據實驗結果推論光潤金線蛭捕食偏好應可以最適捕食理論(optimal foraging theory)來解釋，亦即不同螺類口蓋密合度之差異影響光潤金線蛭捕食所需付出能量，連帶的使捕食經濟效益改變而使光潤金線蛭產生對口蓋密合度較差的螺類之捕食偏好。

### Abstract

This study investigated feeding preference of the carnivorous leech *Whitmania laevis* on two operculated freshwater snails, *Pomacea canaliculata* and *Thiara tuberculata*, inhabiting in the same aquatic environment. Adult leeches longer than 7 cm with weights between 0.5 and 0.7g significantly preferred to feed on both species of the snails with aperture length less than 5 mm. When the snails with

apertures of 2.7 to 3.7 mm long were provided, the leeches preferred to feed on *T. tuberculata* than *P. canaliculata*. This is attributable to the fact that the body of the latter prey was better sealed with operculum than that of the former prey. When the upper corner of *P. canaliculata* operculum was artificially removed, the feeding preference distinctly shifted from *T. tuberculata* to *P. canaliculata*, suggesting that the snail operculum affected the feeding preference. The feeding preference was independent of the snail body odor. The foraging preference of *W. laevis* may be explainable by "optimal foraging theory," i.e. the degree of opercular tightness of the snails affects the energy cost and foraging efficiency of the leech.

**關鍵詞：**光潤金線蛭、網蝷、福壽螺、捕食偏好

**Key words:** *Whitmania laevis*, *Thiara tuberculata*, *Pomacea canaliculata*, foraging preference

收件日期：92年11月27日

接受日期：93年3月2日

Received: November 27, 2003

Accepted: March 2, 2004

## 緒 言

蛭類(leech)的分類地位屬於環節動物門(Annelida)環帶綱(Clitellata)蛭亞綱(Hirudinea)。在海水或淡水、陸上潮濕的草澤地、林下底層，乃至土壤中都能發現其蹤跡(Pechenik 2000)。一般將在水中生活的種類稱為水蛭，而行陸棲生活的種類則俗稱蚂蟥。在大多數人的印象裡，蛭類多以吸血為生，然而蛭類並非均以血液為食。整體而言，所有的蛭類均為肉食性，不少種類會捕食小型動物，或以死亡的動物軀體為食；部分的蛭類則行暫時或永久性的體外寄生，以寄主體液包括血液為食。

在蛭類各項研究課題中研究最透徹的，莫過於其唾腺分泌物所含的抗凝血能力，相關的研究成果甚至已開發成藥品作為臨床應用治療(Salzet 2001)。另外，在神經及行為科學相關領域中，蛭類因其單純的神經系統，

研究詳盡的神經功能，及簡單而容易觀察定義的行為模式等優點，成為該領域中重要的實驗對象(Anholt 1986; Brönmark and Malmqvist 1986; Karrer and Sahley 1988; Brodfuehrer *et al.* 1995; Davies *et al.* 1996; Simon and Barnes 1996; Lewis and Kristan 1998; Cang and Otto Friesen 2000)。在生態領域方面，蛭類在自然界中多扮演較基層之消費者，不但其族群消長變動與許多生態系統基層的動物有相當密切的關係，其對化學物質的敏感度也被用來監測環境是否受到污染破壞(Davies *et al.* 1995; Wicklum *et al.* 1997)。

台灣之蛭類研究始於1910年代日本人Oka與Takahashi等人的採集調查與分類報告(Cited by Wu 1979)，當時有多位日本學者發表許多台灣地區新種與新紀錄種水蛭，也為台灣地區的蛭類研究奠定基礎。但台灣光復後，蛭類的研究便停滯不前，除了1960年間美國海軍因越南戰爭駐紮台灣，為了防止作戰時水

蛭攻擊美國士兵所做的相關研究外(Keegan and Weaver 1964; Keegan *et al.* 1964)，就只有吳錫圭教授整理相關文獻與標本後所發表的兩篇報告(Wu 1979, 1981)。在台灣登山或溯溪很容易遭到水蛭或螞蟥的攻擊，亦顯示台灣擁有豐富的水蛭資源，然而台灣的水蛭研究不但相當缺乏基礎的種類分布和生態資料，更遑論以水蛭為實驗物種進行藥物開發或深入之相關研究。

筆者偶然在台大農場溝渠中發現有大型水蛭族群生活其中，經查閱文獻，鑑定出該種水蛭為光潤金線蛭(*Whitmania laevis*)，並得知其為捕食淡水螺類之肉食性水蛭(楊 1996)，由於有多種淡水螺類與光潤金線蛭共棲於同一水域中，因此本實驗主要目的想要瞭解光潤金線蛭捕食各種螺類的能力是否具有差異？是否偏好捕食其中某些螺類？如果對特定螺類具有捕食偏好，那麼產生偏好的可能原因又是什麼？前人的研究提到肉食性水蛭多依靠嗅覺尋找獵物(Simon and Barnes 1996)，是否因光潤金線蛭對螺類的氣味喜好程度有別，而導致捕食的偏好？故本實驗中選定福壽螺(*Pomacea canaliculata*)與網蝥(*Thiara tuberculata*)兩種螺作為淡水螺類的兩代表物種，除了因為此兩種螺的數量最多又容易取得之外，更由於兩種螺類在生態上的差異：網蝥為台灣原生種之淡水螺，而福壽螺則是近二十年才被引進台灣的外來種，並已造成農業上巨大的損失(李 1997)。以此二種淡水螺類為實驗物種，將可同時探討本土與外來淡水螺種受天敵壓力的差異。

在前人研究螺類之相關文獻中，多以螺重或殼長作為測量尺寸之形質(Khalid *et al.* 2001; Michael *et al.* 2001)，然而實驗中所選用的網蝥其螺塔尖端常因磨擦而缺損，導致相近體型的網蝥其螺塔高度變動極大，易造成主要來自測量形質上的誤差，而在邱(2002)研究田螺的報告中曾測量殼口長與殼寬/殼長間

的對應關係，並且提出兩者之間的確存在顯著的相關曲線，同樣的，本實驗中兩種螺類的殼口長與螺重經研究後亦發現兩者呈顯著相關(賴及陳 2003)，故本實驗選擇螺的殼口長取代螺塔高為測量之主要形質。

## 材料與方法

### 一、光潤金線蛭的採集與飼養

自2001年8月起至2002年3月間，從台大農場溝渠中採集到體長7 cm以上光潤金線蛭成體(圖1)6隻，每隻個體採集後在室內環境馴養二星期即參與實驗，在此期間平均每隻光潤金線蛭每星期餵食3-5隻包含網蝥、福壽螺、田螺屬螺類(*Cipangopaludina* sp.)等共域之淡水螺種。在進行實驗之前將光潤金線蛭從水中取出，拭乾體外水分後秤取每一隻個體的體重，選取體重介於0.5-0.7g的個體進行實驗。

### 二、網蝥與福壽螺的採集與飼養

自2001年8月起至2002年5月間，從野外採集殼口長7 mm以下的網蝥與福壽螺(圖2a, 2b)，分別飼養在盛有曝氣一天以上之除氯自來水的塑膠盒中，餵以空心菜等植物性食物並且視情況換水以維持水質清潔。

### 三、探討光潤金線蛭最適合捕食之網蝥或福壽螺的尺寸

將光潤金線蛭分別單獨飼養在長23 cm、寬15 cm、高7 cm的乳白色半透明塑膠加蓋容器中，保持25°C、12小時光週期變化。將網蝥或福壽螺依殼口長分成1-3 mm、3-5 mm、5-7 mm等3級大小供光潤金線蛭捕食。實驗為期7天，隨時保持每隻光潤金線蛭與9隻螺共存，即3種尺寸的網蝥或福壽螺各3隻以供捕食，每12小時記錄被捕食後殘留的螺殼之殼口長，並計算3種不同大小的網蝥或福壽螺被

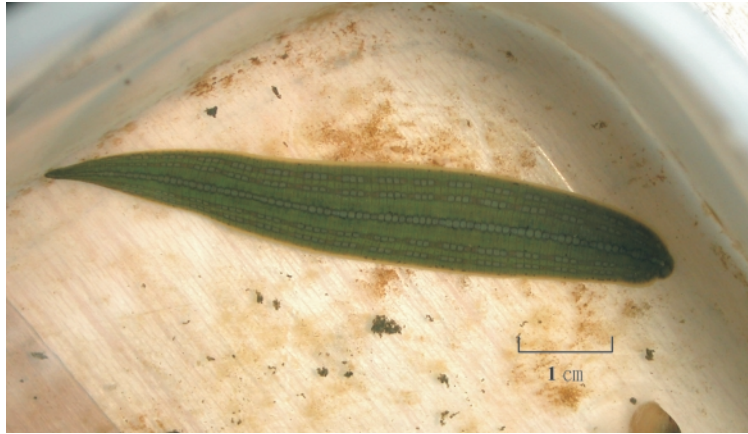


圖1. 光潤金線蛭。

Fig. 1. *Whitmania laevis*.

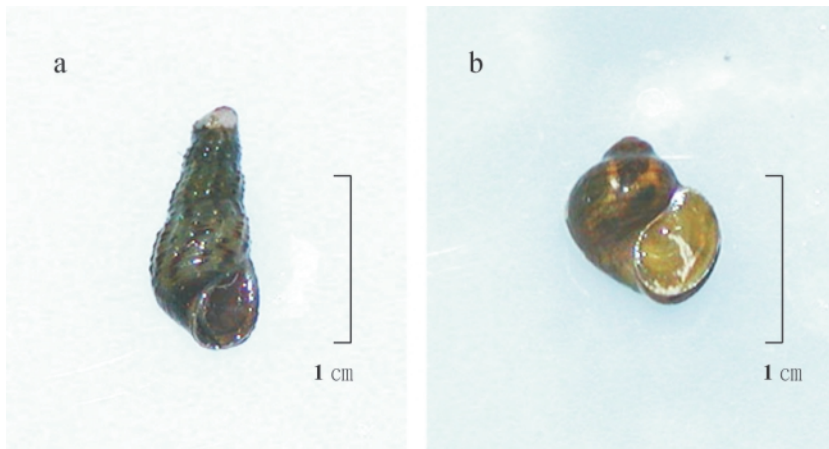


圖2. a. 網蝽；b. 福壽螺。

Fig. 2. a. *Thiara tuberculata*；b. *Pomacea canaliculata*.

捕食之個數，記錄完畢再依照被捕食螺類個體之等級大小加以補充，以維持每一隻光潤金線蛭隨時均有3隻3種大小等級的螺供其捕食選擇。實驗所得數據採ANOVA統計分析，並以Duncan檢定法測試3種不同尺寸範圍之網蝽或福壽螺被光潤金線蛭捕食的數量是否具有顯著差異。另外，為精確求出適合光潤金

線蛭捕食之網蝽或福壽螺尺寸，分別將被捕食之網蝽或福壽螺殼口長數值以Sturges氏資料處理法分組計算每組平均數量，以找出最適合光潤金線蛭捕食之網蝽或福壽螺尺寸範圍(沈 2001)。

#### 四、探討光潤金線蛭捕食螺類之偏好

依照前一實驗結果，隨時提供每隻光潤金線蛭最適合捕食的尺寸之網蝨與福壽螺各5隻。實驗記錄僅計算每隻實驗個體捕食網蝨與福壽螺之數量，其他均與前一實驗相同。數據處理以Paired T-test檢定分析。

## 五、探討光潤金線蛭偏好捕食網蝨的因素

### (一)口蓋密合度之影響

將所有進行實驗的光潤金線蛭依照亂數表隨機分為兩組，每隻光潤金線蛭均提供最適合捕食的尺寸之網蝨與福壽螺各4隻，但其中一組所提供的福壽螺不經任何處理，具完整殼口蓋；另一組提供的福壽螺口蓋則以解剖剪刀剪除殼口蓋尖端部分。由於該部分口蓋與螺體游離的面積較大，只要拉住口蓋將解剖剪刀從口蓋尖端向中央稍微移動，便可以剪去口蓋的尖端部分而幾乎不傷害到螺的肉體，同時造成口蓋缺損導致閉合時無法完全蓋住殼口(圖3)。實驗方式與記錄如同探討捕食偏好之實驗。數據分析採卡方檢定法測試兩組之間福壽螺與網蝨分別被捕食數量，

以及兩組內分別被光潤金線蛭捕食的網蝨與福壽螺之數量是否有顯著差異，以瞭解殼口蓋的密合度是否會影響光潤金線蛭的捕食偏好。

### (二)氣味的偏好

將光潤金線蛭放在長23 cm、寬15 cm、高7 cm的保麗龍盒中，內面鋪上一層保鮮膜，並且在兩側之短邊底部接上直徑2 cm、長25 cm可拆卸之透明塑膠管與直角轉接管，裝置內盛800 ml曝氣除氯水(圖4)。起初先封住兩端透明塑膠管通向保麗龍盒的開口以確保實驗的光潤金線蛭個體僅能在中央的保麗龍盒中活動。待其在盒中安靜且無企圖進入任一側透明塑膠管之顧忌後，將以紗網包起內含相同數量，且為最適合光潤金線蛭捕食之尺寸之網蝨或福壽螺的網袋，依亂數表(左或右)隨機且同時放入左右兩端之直角轉接管中，並浸入水面下，然後開啓保麗龍盒中通向兩側透明塑膠管之開口。當實驗個體在10分鐘內碰觸到任一包有螺個體的紗網包即結束實驗，若10分鐘內沒有碰觸到任一端的紗



圖3. 口蓋具缺損之福壽螺(係以解剖剪將口蓋上緣即箭頭處切除)。

**Fig. 3.** The golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) with the upper portion of operculum (arrow) removed.

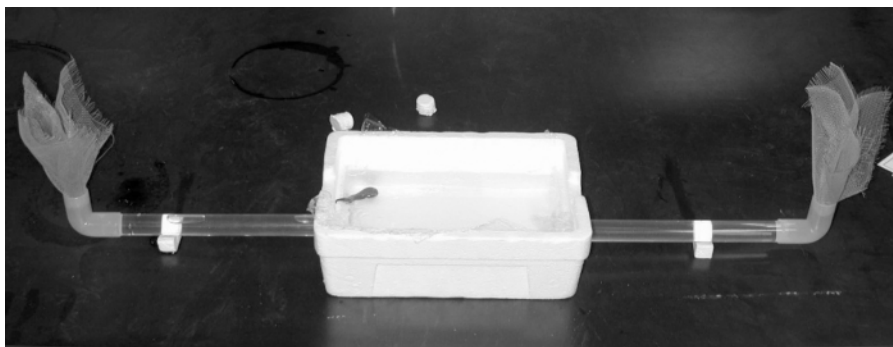


圖4. 氣味偏好實驗裝置。

**Fig. 4.** Experimental design for the odor preference test of snails. Testing snails inside the screen bags were put in the L-shape tubes at two terminals.

網包則終止該次實驗並且不列入紀錄。每隻光潤金線蛭每天僅進行一次實驗以避免學習行為的產生。為避免前一實驗個體留下的分泌物影響下一實驗個體的實驗，每次實驗後倒去盒內之水，拔去透明塑膠管，清洗保麗龍盒並換上新的盒內保鮮膜與兩側的透明塑膠管。空白實驗如同上述步驟，但隨機選擇其中一側的內有螺個體之紗網包不放入。實驗記錄每次光潤金線蛭起始位置較為接近的螺種、選擇所需時間與選擇之螺種，實驗所得數據以卡方檢定法測試。

## 結 果

### 一、成熟光潤金線蛭最適合捕食之網蝨或福壽螺的尺寸

以ANOVA分析三種不同尺寸等級大小之網蝨或福壽螺被光潤金線蛭(n=6)捕食的數量，發現此三種尺寸的網蝨或福壽螺被捕食的數量均具有顯著差異( $p < 0.01$ )，經Duncan測驗法檢定後得知：不論是網蝨或是福壽螺，光潤金線蛭均傾向捕食殼口長5 mm以下的個體(表1)。為瞭解光潤金線蛭偏好捕食之網蝨

與福壽螺的精確尺寸，將所有被捕食網蝨或福壽螺之殼口長資料以Sturges氏資料處理法分組後，發現網蝨殼口長2.5-3.25 mm、福壽螺殼口長2.72-3.58 mm為光潤金線蛭捕食數量最多的尺寸範圍(圖5、圖6)。為方便往後實驗的進行與測量，選取殼口長介於2.7-3.7 mm間之網蝨與福壽螺以進行後續光潤金線蛭之捕食螺類偏好實驗。

### 二、光潤金線蛭偏好捕食之螺類

當同時提供光潤金線蛭(n=6)最適合捕食的尺寸(殼口長2.7-3.7 mm)之網蝨與福壽螺各5隻時，實驗結果顯示平均每日每隻光潤金線蛭捕食網蝨的數量為 $1.43 \pm 0.57$ 隻，遠高於捕食福壽螺的數量 $0.57 \pm 0.27$ 隻，以T-test檢定得知當光潤金線蛭與同為最適捕食尺寸之網蝨和福壽螺共存時，其捕食選擇明顯偏好網蝨( $p < 0.01$ )。

### 三、光潤金線蛭偏好捕食網蝨的因素

#### (一)口蓋密合度的影響

實驗結果顯示，若同時提供同為最適捕食尺寸之網蝨與殼口蓋缺損的福壽螺，則

表1.不同尺寸的網蝸及福壽螺被光潤金線蛭捕食的數量

**Table 1.** Numbers of *Thiara tuberculata* and *Pomacea canaliculata* (mean ± S.D.) with three different aperture lengths (1-3, 3-5 and 5-7 mm) preyed by *Whitmania laevis*

Snails	Aperture lengths of the snails		
	1-3 mm	3-5 mm	5-7 mm
<i>Thiara tuberculata</i>	0.8 ± 0.06	0.6 ± 0.06	0.09 ± 0.03 <sup>1/</sup>
<i>Pomacea canaliculata</i>	0.63 ± 0.05	1.0 ± 0.12	0.17 ± 0.04 <sup>1/</sup>

<sup>1/</sup>Significantly difference from the other two aperture lengths at significant level of 1% (ANOVA,  $p < 0.01$ ).

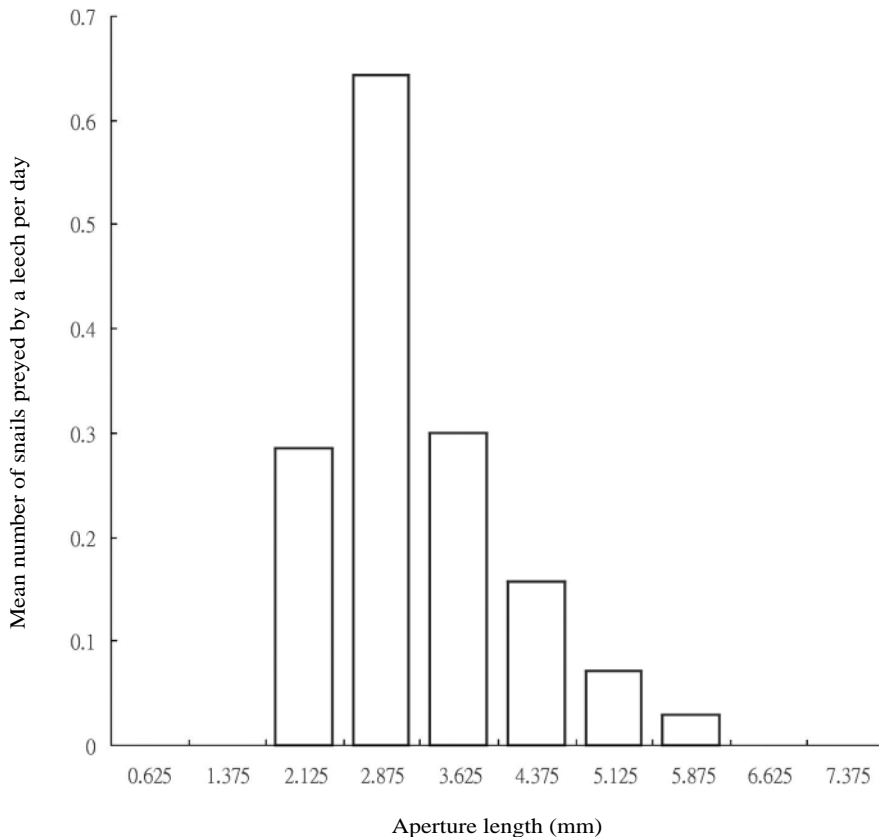


圖5. 光潤金線蛭捕食不同大小網蝸之數量分布。

**Fig. 5.** An aperture length frequency distribution of *Thiara tuberculata* preyed by *Whitmania laevis*.

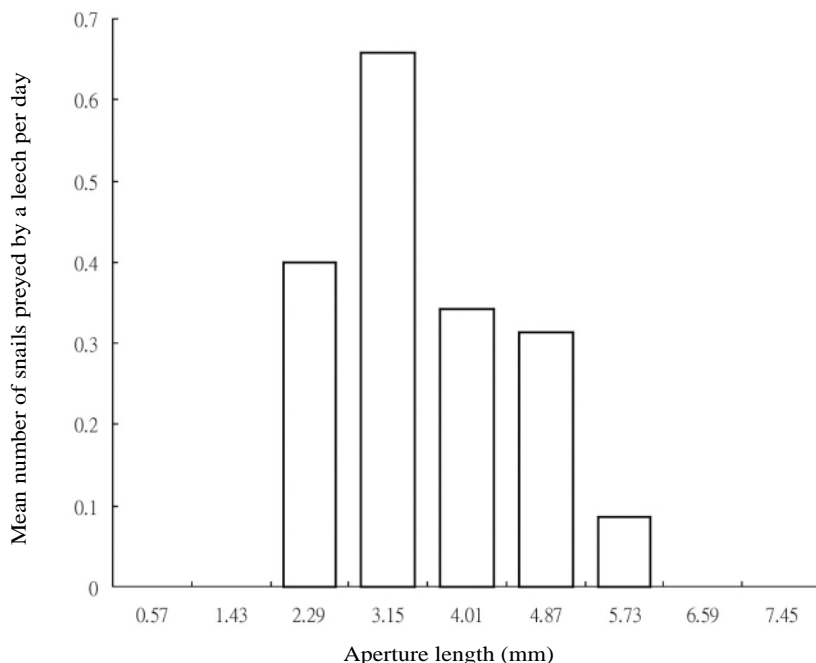


圖6. 光潤金線蛭捕食不同大小福壽螺之數量分布。

Fig. 6. An aperture length frequency distribution of *Pomacea canaliculata* preyed by *Whitmania laevis*.

光潤金線蛭(n=3)捕食福壽螺的數量顯著較網蝸為高( $p < 0.01$ )；反之，若同時提供同為最適合捕食尺寸之網蝸與殼口蓋完整的福壽螺，結果則與前述之實驗二相同，即光潤金線蛭(n=3)依然偏好捕食網蝸( $p < 0.05$ )。另外，將兩組不同處理之實驗數據作同種螺類被捕食數量統計檢定，得知兩不同條件之福壽螺被光潤金線蛭捕食的數量具有顯著差異( $p < 0.01$ )，而網蝸被捕食數量則沒有差異(圖7)。

#### (二)螺種氣味之影響

由空白實驗結果發現光潤金線蛭(n=6)的確能夠以嗅覺作為線索找到獵物個體( $p < 0.01$ )，但氣味偏好實驗之結果顯示光潤金線蛭對網蝸或福壽螺的氣味並不具任何偏好。

## 討論

光潤金線蛭為捕食淡水螺類之肉食性水蛭，由本實驗觀察得知光潤金線蛭的捕食行為是採將頭部從螺的殼口處深入螺殼中攻擊內臟並且逕行吞食。由於光潤金線蛭無法對螺殼造成物理上的破壞，只能由殼口侵入殼中，但所捕食的螺類具有殼口蓋保護，對光潤金線蛭捕食會造成一定程度的阻礙。Sommer等人(1999)曾提到捕食者與獵物體型上的互動，會導致捕食者進行捕食行為時，偏好挑選與其體型相對應的某一尺寸範圍的獵物，獵物體型過大或過小均不利於捕食行為的進行，甚至會因為獵物體型過大使得捕食者拒絕捕食。而依據最適捕食理論(optimal foraging theory)的解釋，認為雖然體型較大的獵物能夠提供較多的能量報酬，但是捕食獵



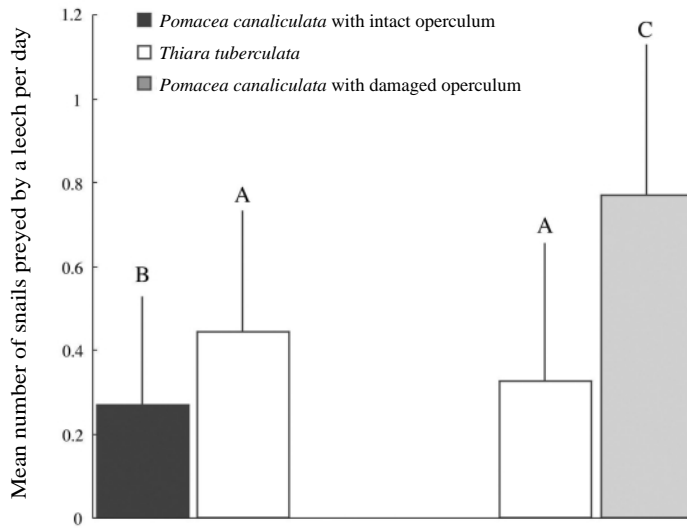


圖7. 光潤金線蛭對同時提供之網蝸及完整或缺損口蓋福壽螺的捕食偏好。直條上方之字母表Duncan檢定之結果。

Fig. 7. The foraging preference of *Whitmania laevis* on two simultaneously presented snails, *Thiara tuberculata* and *Pomacea canaliculata* with an intact or damaged operculum. The letters above the bars mean the result of the Duncan test.

物之能量耗損亦隨獵物體型增大而升高，所能獲得的淨能量反而小於捕捉較小的獵物之所得，因此捕食者偏好獵捕某一尺寸範圍的獵物(Sommer *et al.* 1999)。本實驗結果發現光潤金線蛭成體所捕食的網蝸與福壽螺均傾向偏好殼口長5 mm以下的個體，又兩種螺類被光潤金線蛭捕食的數量皆以殼口長3 mm左右為最多，且兩種螺類被捕食之各尺寸數量分布曲線圖形亦相近。由於尺寸小的螺其殼口過小，光潤金線蛭頭部不易鑽入捕食，而大的螺殼口雖較大，但相對口蓋的閉合力量也較大，因此當光潤金線蛭欲捕食較大的螺，雖可獲得較多的食物，但也必須付出較大的力氣，以能量觀點未必划算。所以我們推論光潤金線蛭偏好捕食殼口長3 mm左右的螺，此一現象應與最適捕食理論有所關連。

當相等數量的網蝸與福壽螺共存，且兩

者均為最適合光潤金線蛭捕食之尺寸(殼口長2.7-3.7 mm)時，光潤金線蛭對網蝸的確具有明顯的捕食偏好。由觀察發現，因收起殼口蓋後網蝸的殼口蓋無法完全將殼口密合，在殼口內緣會有裸露的螺體；而福壽螺的口蓋則可以在螺體收入殼中之後完全與殼口密合。因此殼口蓋密合度的差異應會造成光潤金線蛭對不同種螺類的捕食難易度之差異，進而對捕食偏好造成影響。實驗結果明顯支持此一推論：即在福壽螺與網蝸共存的狀況下，若共存的福壽螺殼口蓋具有缺損，光潤金線蛭的捕食偏好明顯改變為傾向捕食福壽螺，若福壽螺殼口蓋依然完整，則捕食偏好亦維持傾向網蝸。

另一方面，氣味偏好實驗的結果顯示，光潤金線蛭對於兩種螺類的氣味並沒有顯著的偏好，且亦不傾向選擇實驗開始時距離較

近的該側螺種。在餵食時常觀察到光潤金線蛭雖然表現出類似Simon and Barnes(1996)提到之嗅聞行爲，但單憑嗅覺似乎無法精確定位獵物的位置，且在接近獵物的過程中亦表現嘗試捕食路徑上的各種螺類空殼之行爲。因此猜測光潤金線蛭在覓食時無法以嗅覺精確找尋獵物，必須依賴與獵物個體之接觸才能正確感知獵物的位置。此一現象與同爲肉食性水蛭之*Nephelopsis obscura*比較，該種水蛭同樣以嗅覺偵測獵物，但亦必須至接觸獵物後才能確認獵物位置與種類(Anholt 1986)之情形實有相似之處。這可能是因爲光潤金線蛭其生活環境中共域的獵物數量通常較爲豐富，而獵物活動力又低於光潤金線蛭本身的活動能力，故僅需以嗅覺大略定位獵物方向後便開始搜尋獵物，而毋須精確定位獵物個體的位置，因此發展出來自己的捕食方式；又光潤金線蛭所表現出來的行爲亦可能採取以氣味確定環境中獵物的存在之後，選擇最佳路徑以增加與獵物接觸之機會的搜尋模式，唯上述討論均必須進一步實驗方能加以確定。

由本研究一系列的實驗顯示，光潤金線蛭捕食共存水域中的螺類並沒有先天上的偏好，極可能是採被動嗅聞獵物發出的氣味，再跟隨氣味散發的方向搜尋並捕捉接觸到的獵物，或是逢機的與附近發出氣味的獵物接觸。由於不同種類的獵物散發的氣味並不影響其選擇偏好，因此唯有在與不同獵物個體接觸後，光潤金線蛭捕食該個體的經濟效益或捕食困難度才是決定捕食與否之關鍵。在本次實驗中也的確觀察到符合的結果：光潤金線蛭接觸獵物開始進行捕食行爲後，若在過程中發現獵物體型不適合捕食或是捕食該個體經濟效益並不大，則放棄捕食該個體獵物並且離開，以繼續尋找適合的獵物。因此當網蝥與福壽螺共存時，基於網蝥的殼口蓋不能完全封閉殼口，即使將殼口蓋縮回亦難

逃捕食，使得光潤金線蛭捕食網蝥成功的機會較大，較少發生放棄捕食網蝥而轉移至其他目標之情形(私人觀察)；相較之下福壽螺在緊閉殼口蓋之後，光潤金線蛭勢必得耗費更多的能量才能突破殼口蓋的防護攻擊螺體，捕食的困難度相較於網蝥爲高，若環境中有其他捕食機會可選擇，光潤金線蛭可能便會嘗試轉移捕食目標而放棄福壽螺。或許在此二情形的交互影響之下，導致同爲光潤金線蛭偏好捕食的尺寸之網蝥與福壽螺共存時，光潤金線蛭明顯的偏好捕食網蝥，而較不捕食福壽螺。

## 引用文獻

- 沈明來。2001。生物統計學入門(第四版)。22-25頁。九州圖書出版公司。台北。
- 李彥錚。1997。福壽螺*Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1819)在台灣之擴散及族群分析。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 邱郁文。2002。田螺型態與遺傳變異之研究。國立台灣大學動物學研究所博士論文。
- 楊潼。1996。中國動物志 環節動物門 蛭綱。科學出版社。北京。
- 賴亦德、陳俊宏。2003。研究短報：探討淡水螺類殼口長與體重之相關。生物科學 46(1): 66-69.
- Anholt, B. 1986. Prey selection by the leech *Nephelopsis obscura* in relation to three alternative models of foraging. *Canadian Journal of Zoology* 64: 649-655.
- Brodfehrer, P. D., E. A. Debski, B. A. O'Gara and W. Otto Friesen. 1995. Neural control of leech swimming. *Journal of Neurobiology* 27(3): 403-418.
- Brönmark, C. and B. Malmqvist. 1986.

- Interaction between the leech *Glossiphonia complanata* and its gastropod prey. *Oecologia* 69: 268-276.
- Cang, J. H. and W. Otto Friesen. 2000. Sensory modification of leech swimming: Rhythmic activity of ventral stretch receptors can change intersegmental phase relationships. *The Journal of Neuroscience* 20(20): 7822-7829.
- Davies, R. W., R. N. Singhal and D. D. Wicklum. 1995. Changes in reproductive potential of the leech *Nepheleopsis obscura* (Erpobdellidae) as biomarkers for Cadmium stress. *Canadian Journal of Zoology* 73: 2192-2196.
- Davies, R. W., E. Dratna and L. R. Linton. 1996. Activity and foraging behavior in the predatory freshwater leech *Nepheleopsis obscura* (Erpobdellidae). *Functional Ecology* 10: 51-54.
- Karrer, T. and C. L. Sahley. 1988. Discriminative conditioning alters food preference in the leech, *Haemopsis marmorata*. *Behavioral and Neural Biology* 50: 311-324.
- Keegan, H. L., C. M. Poore, R. E. Weaver and H. Suzuki. 1964. Studies of Taiwan leeches: I. Insecticide susceptibility-resistance tests. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica* 3: 39-43.
- Keegan, H. L. and R. E. Weaver. 1964. Studies of Taiwan leeches: II. Field tests of effectiveness of insect repellents against aquatic leeches at Chao Chow, Pingtung, Taiwan. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica* 3(2): 83-92.
- Khalid, M. S., R. Nawal, S. Radi, E. Ademar and R. A. Abed. 2001. Levels of trace metals and effect of body size on metal content of the land snail *Levantina hierosylima* from the West Bank-Palestine. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering* 36(7): 1373-1378.
- Lewis, J. E. and W. B. Kristan Jr. 1998. Quantitative analysis of a directed behavior in the medicinal leech: Implications for organizing motor output. *The Journal of Neuroscience* 18(4): 1571-1582.
- Michael, C., S. Marine, G. V. Annette, R. Daniel and B. Pierre-Marie. 2001. The garden snail (*Helix aspersa*) as a bioindicator of organophosphorus exposure: Effects of dimethoate on survival, growth, and acetylcholinesterase activity. *Environmental Toxicology and Chemistry* 20(9): 1951-1957.
- Pechenik, J. A. 2000. *Biology of the invertebrates*. Fourth edition. McGraw-Hill, Singapore.
- Salzet, M. 2001. Anticoagulants and inhibitors of platelet aggregation derived from leeches. *FEBS Letters* 492: 187-192.
- Simon, T. W. and K. Barnes. 1996. Olfaction and prey search in the carnivorous leech *Haemopsis marmorata*. *The Journal of Experimental Biology* 199: 2041-2051.
- Sommer, U., B. Meusel and C. Stielau. 1999. An experimental analysis of the importance of body-size in the seastar-mussel predator-prey relationship. *Acta Oecologica* 20(2): 81-86.
- Wicklum, D., D. E. C. Smith and R. W. Davies. 1997. Mortality, preference, avoidance and activity of a predatory leech exposed to Cadmium. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 32: 178-

183.

Wu, S. K. 1979. The leeches (Annelida: Hirudinea) of Taiwan. Part 1. Introduction and descriptions of two hirudinid species. Quarterly Journal of the Taiwan Museum 32: 193-207.

Wu, S. K. 1981. The leeches (Annelida: Hirudinea) of Taiwan. Part 2. *Hirudinaria manillensis* (Lesson). Quarterly Journal of the Taiwan Museum 34: 207-211.