

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

白領樹蛙蝌蚪越冬生物學之研究 (2/2)

The overwintering tadpoles of *Polypedates megacephalus*
in a subtropical lowland of Taiwan (2/2)

計畫編號：NSC 94-2311-B-029-002

執行期間：94 年 8 月 1 日至 95 年 10 月 31 日

主持人：關永才 私立東海大學生命科學系 教授

計畫參與人員：徐睿伶 私立東海大學生命科學系 研究生

中文摘要

兩棲類具有複雜生活史，包括由胚胎、蝌蚪並變態至成體的各生活史階段。許多環境因子包括環境溫度、食物量、乾涸等等，皆會影響兩棲類蝌蚪的變態特徵，使種間或種內蝌蚪的變態時間與體型有所差異，此差異與其適存度有關。一般來說，兩棲類於溫暖季節繁殖，且蝌蚪會在寒冷季節(如：冬季)來臨前完成變態。但在溫帶地區的兩棲類蝌蚪有一種特殊現象，冬季時會延遲變態以度過寒冷季節，此稱為越冬現象，其肇因可能與低溫有關。蝌蚪的越冬現象通常發生於高緯度或是高海拔地區，但在亞熱帶的台灣地區，卻發現分佈於低海拔八卦山台地(海拔高度約100公尺)的白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*)，有冬季蝌蚪的發現，因此本研究目的為：(一)對八卦山地區的白領樹蛙進行生殖季的調查，確定是否有越冬現象。(二)由實驗了解八卦山地區白領樹蛙蝌蚪的越冬機制。結果顯示，白領樹蛙的繁殖季為每年三月至八月，且部分水池蝌蚪整年留存，表示八卦山地區白領樹蛙蝌蚪確實具越冬現

象。在2003至2006年的野外調查發現，蝌蚪由秋季留存至翌年春天的比率最高為30%，同一水池並不一定每年皆有越冬現象。在實驗室控制溫度與食物量的結果方面，低溫與低食物量皆使蝌蚪發育較緩慢，低溫組甚至在實驗結束時，仍無變態個體產生。低溫對於蝌蚪變態的抑制較成長多，所以低溫組在實驗結束時有較大的體型。

Abstract

Amphibians have a complex life cycle which includes embryonic, larval, and adult stages, and metamorphosis is the change from larval to adult stages. Many environmental factors, such as temperature, food quantity, and habitat desiccation, affect the initiation of metamorphosis. The time and size at metamorphosis vary among species or populations which can affect fitness. Generally, amphibians breeds in the warm period of the year, and larvae complete their development before the cold period starts. In temperate regions, some tadpoles overwinter which is

thought to be associated with low temperature. In the subtropical lowland of the Bagua Terrace, Taiwan, however, *Polypedates megacephalus* tadpoles overwinter during mild winters. The purposes of my study are to 1) confirm the reproductive phenology of *P. megacephalus* in the Bagua terrace and find out if the tadpoles truly overwinter; and 2) unveil the mechanisms causing overwintering in the tadpoles through laboratory and field experiments. Our results showed that *P. megacephalu* bred from March to August. Some tanks contained tadpoles the whole year, suggesting the tadpoles truly overwintered. Field surveys from 2003 though 2006 revealed as many as 30% of the tanks had overwintering tadpoles. Over the three year survey, the same tanks did not always have overwintering tadpoles. The results from the laboratory experiments showed that low temperature and low amounts of food retarded growth and development. Tadpoles at low temperature never reached metamorphosis. Even though low temperature delayed metamorphosis, the tadpoles continued to growth. The body size of tadpoles in low temperature treatments was bigger than that in other treatments.

緣由與目的

環境因子會影響到許多兩棲類蝌蚪的特徵，包括蝌蚪的發育、生長速率、達變態的時間長短及變態時的體型大小等 (Steinwascher 1978;

Semlitsch 1987)，其中，影響蝌蚪發育的原因有很多，包括食物、溫度、密度及掠食者等，對外溫動物來說，溫度是控制發育與生理的重要因子 (Kollros 1961; Smith-Gill & Berven 1979)。對兩棲類來說，蝌蚪越冬現象並不常見。蝌蚪越冬是指非冬季繁殖的蛙類，蝌蚪卻能存活於冬季的現象。造成蝌蚪越冬的發生一方面歸因於生長季節的短暫，限制蝌蚪發育達到變態的機會 (Wilbur & Collins 1973)；另一方面，嚴酷的冬季低溫會透過內分泌系統抑制蝌蚪變態相關荷爾蒙的內分泌與接收能力，而限制蝌蚪在冬季變態 (Dent 1988; Galton 1988)。越冬現象一般被發現在溫帶高海拔地區，在其他地區則很少發現過。而在亞熱帶地區，僅有台灣的梭德氏赤蛙高海拔族群 (海拔約兩千公尺) 與蓮華池的腹斑蛙，有蝌蚪越冬的發現及研究，為目前亞熱帶地區兩種有被發現及研究的種類 (Lai 2002; 莊等 2006)。

白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*) 屬於樹蛙科 (Rhacophoridae)，普遍分佈於台灣一千公尺以下低海拔地區，繁殖期為每年三至九月，以春夏為主 (楊 1998; 呂等 1999)。但據 2002 年冬季，於彰化縣八卦山 (海拔約一百公尺) 之野外觀察經驗及實驗室結果，發現白領樹蛙在冬季有蝌蚪的出現，因此推測白領樹蛙可能有越冬的現象。因此本研究目的為：(1) 對八卦山地區的白領樹蛙蝌蚪進行其生長發育的調查，確定是否有越冬現象？(2) 由實驗了解八卦山地區白領樹蛙蝌蚪的越冬機制。

材料與方法

一、調查樣區介紹

八卦山為一狹長台地，山脈地勢大致為南高北低。在進行調查與實驗前，先於 2003 年九月至八卦山脈北端進行所有水池的搜查後，最後選定了 14 個貯水池與水桶作為調查樣點，調查樣點位於彰化縣八卦山的安溪寮與芬園鄉一帶(24°4'N, 120°32' E) (圖一)，此區域位於八卦山北端之山區與開墾地內，在安溪寮一帶共有八個調查樣點水池，在芬園鄉共有六個樣點水池。所水池皆屬於廢棄或使用中的果園蓄水水泥池或蓄水桶，水池之長寬由 0.97 公尺至 2.4 公尺不等，也有直徑 70 公分的圓桶，水池內的水源多來自雨水，水位受蒸散及雨水補充影響。調查樣點的植被以荔枝樹及竹林為主，部分樣點有人工搭蓋之棚子遮蔽。

二、實驗物種介紹

白領樹蛙 (*Polypedates megacephalu*, Hallowells, 1861) 在分類上屬於無尾目 (Anuran)，樹蛙科 (Rhacophoridae) 內的泛樹蛙屬 (genus *Polypedates*)，分布於台灣全島一千公尺以下的果園及開墾地。白領樹蛙的屬於中型非綠色樹蛙，繁殖期為三月至九月 (林和張 1990)，在繁殖季時會在水域上方的物體或是植被上產下黃色的泡沫型卵泡，每個卵泡內約有三百至四百顆白色的卵粒，孵化後的蝌蚪或落入水域中成長。蝌蚪尾鰭高而薄，體色為黑色至淡褐色都有，身上少有斑點，若有則為均勻的細斑，蝌蚪最大特徵為吻端上方有一顆白色或淡色斑點 (林和張 1990；楊

1998)。

三、調查方法

(一) 白領樹蛙生植物候學調查

為了確定八卦山地區的白領樹蛙是否有越冬現象，本調查由 2003 年九月進行至 2006 年四月，每個月至八卦山的 14 個調查水池進行白領樹蛙生植物候學調查，紀錄項目包括成蛙的出現、鳴叫有無、卵泡的出現、蝌蚪的出現 4 個項目，其中卵泡與蝌蚪的出現於白天進行搜尋與觀察，成蛙的出現與鳴叫主要在夜間進行觀察。當有紀錄到成蛙鳴叫、交配對與卵泡的出現時，則將這段時期定義為白領樹蛙的生殖期。

(二) 野外蝌蚪生長與發育組成調查

為了瞭解白領樹蛙蝌蚪在野外的生長與發育組成，每隔一個月到樣區採樣蝌蚪，分別記錄蝌蚪的體長、體重、發育期數，並收集即將變態的蝌蚪。蝌蚪以直徑 30 公分，網目 2 釐米的圓形撈網採集，以網撈法 (dip-net method) 在每個水池的邊緣與中央地帶隨機撈取蝌蚪，根據 Viparina and Just (1975) 的研究顯示，網撈法可顯示蝌蚪在族群中體型及發育期數的分佈情形。每個水池撈到 50 隻蝌蚪即停止取樣，若未撈滿 50 隻蝌蚪，在連續五次撈取都未發現到蝌蚪後，則定義此水池已無蝌蚪可取樣。撈取蝌蚪後，即在野外原地量取每隻蝌蚪的發育期數，所有的蝌蚪在量取後皆會放回至原水池。

在確認蝌蚪的發育期數方面，我以 10 倍放大鏡觀察每隻蝌蚪的後腳肢芽，以判定其發育期數。蝌蚪發育期

數是依據 Gosner 在 1960 年所定訂的準則判定，他將兩棲類無尾目由卵至小蛙分成 46 個期數，20 期以前為胚胎發育時期，20 期到 25 期是蝌蚪孵化出來但是游動能力不佳的階段，本調查在野外採集的都是 25 期以後，可自由在水中游動覓食的蝌蚪。因為資料呈現與減低鑑定誤差的緣故，我又將白領蝌蚪的發育期數再加以歸類成五個發育組：

(1)Phase 1：為 25 至 26 期尚未長出後腿肢芽，或是後腿肢芽剛長出。

(2)Phase 2：為 27 至 31 期後肢腳芽清楚可見，開始有腳掌形狀出現的蝌蚪。

(3)Phase 3：為 32 至 35 期後肢腳掌繼續發育並且開始有趾頭分化的蝌蚪。

(4)Phase 4：為 36 至 38 期已經可由背部俯瞰觀察到其後肢，後肢各腳趾關節已開始分化，並且後肢開始有斑紋出現的蝌蚪。

(5)Phase 5：為 39 至 41 期的蝌蚪，此時的蝌蚪頭部變成三角形，後肢已完整分化且具運動功能，並可在蝌蚪腹面胸前見到前肢被包覆在皮膚下的凸出。

(6)Phase 6：為 42 至 46 期變態中的蝌蚪，此時蝌蚪的前肢已發育完全且伸出皮膚下，蝌蚪的尾巴並會開始吸收縮短，直至成為幼蛙。

四、蝌蚪生長與發育控溫實驗

本實驗的蝌蚪採集自彰化縣八卦山區，將秋季白領樹蛙繁殖季末期的卵泡，帶回實驗室中孵化，之後將不同親代的蝌蚪平均分配到各處理組以進行實驗。孵化後並可自由游動的 Gosner 期數 26 期的蝌蚪，將開始進行溫度與食物量 2×3 處理的實驗，溫度

方面一共分成高與低溫兩個溫度（20°C 與 15°C），食物量分成高、中、低食物量三個等級（飽足、1/2 飽足、1/4 飽足），因此六組處理分別高溫高食物量組、高溫中食物量組、高溫低食物量組、低溫高食物量組、低溫中食物量組、低溫低食物量組。依據 2005 年九月至 2006 年五月在八卦山實驗樣區三個水池放置的水溫紀錄器(圖二)，實驗中所選取的實驗溫度，皆是白領樹蛙蝌蚪在野外會實際遭遇到的水溫。

食物量高低處理方面，以福壽蝌蚪飼料 1 號飼養蝌蚪，其營養成分如下：水分 (moisture) 8.3%、蛋白質 (protein) 40.2%、纖維素 (fiber) 27.06%、脂質 (fat) 7.3%、灰份 (ash) 12.13%、鈣質 (calcium) 3.16% 及磷質 (phosphorus) 1.85%。蝌蚪的食物量由蝌蚪本身的體重決定，實驗進行前我先測試各發育期蝌蚪再 26 度下，其進食飽足量與其本身體重的百分比關係，測試結果發現體重小於 0.1 克的蝌蚪，其進食飽足量為本身體重的 0.07386%，體重大於 0.1 克的蝌蚪，進食飽足量為本身體重的 0.02237%，依據這樣的測試結果，高食物量組的每隻蝌蚪依其體重的進食飽足百分比餵食，中食物量組依其體重的 1/2 進食飽足百分比餵食，低食物量組依其體重的 1/4 進食飽足百分比餵食。

每隻蝌蚪單獨飼養在 12.5 × 12.5 × 7.5 公分的塑膠盆中，以 500 毫升的自來水飼養，每三天換水一次。所有處理組依不同的溫度飼養在恆溫的溫度培養箱中，並以日光波長的燈管給予 12 小時明亮，12 小時黑暗的環境。每個處理組有 20 個重複 (n=20)，共

有 120 隻個體進行實驗。

實驗開始前先將蝌蚪飼養於容器中三天後，再測量每一隻蝌蚪的體重與發育期數，之後每週測量一次體重與發育期數。測量發育期數的方式同於先前野外蝌蚪發育期數調查方法。蝌蚪體重的測量是以微量天平量取。在蝌蚪的體重測量方面，蝌蚪先以吸水中吸除體表附著的水分後，將之放入天平上歸零的盛水的小燒杯中，以測得蝌蚪體重，單位量取至 0.001 克。若有蝌蚪在實驗進行中死亡，會將其先前數據一併刪除不予統計。

當蝌蚪達到發育期數 42 期變態期數時，將蝌蚪移到淺水容器並在原實驗處理溫度，待其變態成 46 期的小蛙，42 與 46 期的體長與體重均會被分別測量，變態小蛙的體長與體重測量過程與先前蝌蚪的測量過程相同。

結果與討論

一、白領樹蛙生植物候學調查

由雄蛙鳴叫與卵泡的出現，可以確定白領樹蛙的繁殖季最早由每年四月開始，最晚至八月結束，兩年均在八月後即無雄蛙鳴叫與卵泡與出現，所以可以確定八卦山白領樹蛙的繁殖期為四月至八月，並無在冬季繁殖的現象。部分水池可以發現整年均有蝌蚪留存，或是冬季仍有蝌蚪留存，表示八卦山地區白領樹蛙蝌蚪確實具越冬現象(表一)。在 2003 至 2006 年的野外調查發現，蝌蚪由秋季留存至翌年春天的比率最高為 30%，最低為 0%，表示當年冬季均無蝌蚪越冬發生(圖三)。由調查結果也顯示，同一水池並不一定每年皆有越冬現象(表二)，以池號五來舉例，在 2003 與 2005

年冬季有越冬蝌蚪發生，但在 2004 年則無越冬蝌蚪。

八卦山白領樹蛙度冬確實有越冬現象，但屬於偶發性的越冬，由於八卦山台地位處亞熱帶低海拔地區，且所有的水池皆為人工容器，所以我推論此地區白領樹蛙蝌蚪越冬的原因，可能是由以下三項原因或交相影響下造成：(一)食物量不足，使蝌蚪無法在冬季來臨前，成長發育至足以變態的體型。八卦山地區天然水源缺乏，白領蝌蚪幾乎皆生存於人工水池中，人工水池較為封閉，和外界環境的物質交換也較少，蝌蚪的食物來源主要為藻類、掉落至水中的落葉及動物屍體，所以可能因八卦山地區水池的低食物量，使白領樹蛙蝌蚪越冬。(二)母蛙產卵時間較晚，導致冬季來臨前，蝌蚪成長及發育時間不足。於繁殖季末期才產下的蝌蚪，因為此時適合生長的季節有限，故蝌蚪可能無法於冬季來臨前達到適合變態的體型。

(三)蝌蚪的變態可塑性，使白領樹蛙蝌蚪越冬。蝌蚪在越冬前雖然已達變態體型，但因為此時蝌蚪的棲息環境對其還非常有利，蝌蚪傾向不變態，故使蝌蚪發育緩慢，導致蝌蚪的越冬的情況發生 (Feder & Burggren 1992; Lai *et al.* 2003; Collins 1979)。

二、野外蝌蚪生長與發育組成調查

在調查八卦山白領樹蛙蝌蚪不同族群與年度的生長及發育變化後，根據蝌蚪發育組成可將各水體蝌蚪發育模式歸類為兩種：(一)滯育型：此發育模式的蝌蚪冬季時發育停滯，冬季時維持相似的蝌蚪組成，並且沒有蝌蚪於冬季時變態，到翌年 3 月時才漸

漸有蝌蚪變態，使水池中的蝌蚪數量減少(圖四)。(二)分批變態型：蝌蚪在冬季仍會分批變態，所以發育早期的蝌蚪比例會逐漸減少，且水池中的蝌蚪數量也會降低(圖五)。

三、蝌蚪生長與發育控溫實驗

在實驗室控制溫度與食物量的結果方面，不論由發育期數或是體重來看，低溫與低食物量皆使蝌蚪發育與生長緩慢，所有低溫組甚至在三月實驗結束時，仍無變態個體產生(圖六、圖七)。而高溫低食物量組雖達成變態，其變態時間則較高溫的其他組別遲緩了兩個多月，變態體型也較小。由此可判斷，低溫與低食物量皆對於蝌蚪的生長發育有很大的影響。

由於低溫對於蝌蚪發育的抑制較成長多，所以低溫組在實驗結束時有較大的體型。在三月實驗結束後，我們把未變態的低溫組進行提高溫度的處理，以確定牠們是否可以在溫度升高後達到變態，此結果為所有蝌蚪皆達成功達到變態，這表示在野外越冬蝌蚪可能會存有翌年變態時較大體型的優勢，此優勢是否對個體的生殖成功率有影響，值得進一步深入探討。低食物量也對於蝌蚪的發育影響相當大，即使在高溫組別，低食物量的蝌蚪仍然延遲了兩個多月才達到變態。

四、總結

由八卦山水溫資料(圖二)與此結果來看，可以推測八卦山白領樹蛙的越冬可能是由低食物量與冬季低溫交互作用所造成的。在八卦山的個人工水池中，有的水池食物量豐富，有的則否，在繁殖季末期(八月)產卵的母蛙

若將卵產在低食物量的水池中，會使蝌蚪期延長，使蝌蚪無法在冬季來臨前達成變態，隨後在面臨冬季低溫的情況下，蝌蚪因為低溫無法變態而留存到翌年春季，待溫度上升才達成變態。造成八卦山白領樹蛙蝌蚪越冬的確實機制，需待更進一步的研究證實。

人類活動下會產生新的棲地，對動物會有許多不同方面的影響，本研究的人工水池，對八卦山白領樹蛙而言，不但是一種新的繁殖地與棲地，甚至也改變了他們的生活史特徵 (life history trait)。

參考文獻

- 林耀松、張淑美。(1990)。白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*) 生殖行為之研究。生物科學。33, 35-47。
- 吳華蓉、王瑋龍、關永才。(2004)。白領樹蛙蝌蚪溫度生理學之研究。國立彰化師範大學生物學系碩士論文。
- 莊銘豐、關永才、王瑋龍。(2006)台灣亞熱帶低海拔地區腹斑蛙蝌蚪越冬之研究。國立彰化師範大學生物系碩士論文。
- Alford, R. A. and Harris, R. N. (1988). Effect of larval growth history on anuran metamorphosis. *Am. Nat.* 131, 91-106.
- Álvarez, D. and Nicieza, A. G. (2002). Effects of induced variation in anuran larval development on postmetamorphic energy reserves and locomotion. *Oecologia* 131, 186-195.
- Beachy, C. K., Surges, T. H. and Reyes,

- M.** (1999). Effects of developmental and growth history on metamorphosis in the gray treefrog, *Hyla versicolor* (Amphibia, Anura). *J. Exp. Biol.* **283**, 522-530.
- Beck, C. W.** (1997). Effect of changes in resource level on age and size at metamorphosis in *Hyla squirella*. *Oecologia* **112**, 187-192.
- Berven, K. A., Gill, D. E. and Smith-Gill, S. J.** (1979). Countergradient selection in the green frog, *Rana clamitans*. *Evolution* **33**, 609-623.
- Bradford, D. F.** (1984). Water and osmotic balance in overwintering tadpoles and frogs, *Rana muscosa*. *Physiol. Zool.* **57**, 474-480.
- Brown, H. A.** (1990). Morphological variation and age-class determination in overwintering tadpoles of the tailed frog, *Ascaphus truei*. *J. Zool. Lond.* **220**, 171-184.
- Bury, R. B. and Adams, M. J.** (1999). Variation in age at metamorphosis across a latitudinal gradient for the tailed frog, *Ascaphus truei*. *Herpetologica* **55**, 283-291.
- Collins, J. P.** (1979). Intrapopulation variation in the body size at metamorphosis and timing of metamorphosis in the bullfrog, *Rana Catesbeiana*. *Ecology* **60**, 738-749.
- Dent, J. N.** (1988). Hormonal interaction in amphibian metamorphosis. *Am. Zool.* **28**, 297-308.
- Emerson, S.** (1988). The giant tadpole of *Pseudis paradoxa*. *Biol. J. Linn. Soc.* **34**, 93-104.
- Fellers, G. M., Launer, A. E., Rathbun, G., Bobzien, S., Alvarez, J., Sterner, D., Seymour, R. B. and Westphal, M.** (2001). Overwintering tadpoles in the California Red-legged Frog (*Rana aurora draytonii*). *Herpetological Review* **32**, 156-157.
- Galton, V. A.** (1988). The role of thyroid hormone in amphibian development. *Am. Zool.* **28**, 309-318.
- Gosner, K. L.** (1960). A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica* **16**, 183-190.
- Hensley, F. R.** (1993). Ontogenetic loss of phenotypic plasticity of age at metamorphosis. *Ecology* **74**, 2405-2412.
- Lai, S. J., Kam, Y. C., Hsu, F. H. and Lin, Y. S.** (2002). Elevational effects on the growth and development of tadpoles of Sauter's frog *Rana sauteri* Boulenger in Taiwan. *Acta Zool. Taiwanica* **13**, 1-10.
- Lai, S. J., Kam, Y. C. and Lin, Y. S.** (2003). Altitudinal variation in reproductive and life history Traits of Sauter's frog *Rana sauteri* Boulenger 1909 in Taiwan. *Zool. Stud.* **42**, 1-15.

- Leips, J. and Travis, J.** (1994). Metamorphic responses to changing food level in two species of hylid frogs. *Ecology* **74**, 1345-1356.
- Mitchell, N. J. and R. S. Seymour.** (2000). Effects of temperature on energy cost and timing of embryonic and larval development of the terrestrially breeding moss frog, *Bryobatrachus nimbus*. *Physiol. Biochem. Zool.* **73**, 829-840.
- Newman, R. A.** (1994). Effects of changing density and food level on metamorphosis of a desert amphibian, *Scaphiopus couchii*. *Ecology* **75**, 1085-1096.
- Newman, R. A.** (1998). Ecological constraints on amphibian metamorphosis: interactions of temperature and larval density with responses to changing food level. *Oecologia* **115**, 9-16.
- Rowe, L. and Ludwig, D.** (1991). Size and timing of metamorphosis in complex life cycle: timing constraints and variation. *Ecology* **72**, 413-427.
- Ryan, T. J. and Semlitsch, R. D.** (2003). Growth and the expression of alternative life cycles in the salamander *Ambystoma talpoideum* (Caudata: Ambystomatidae). *Biol. J. Linn. Soc.* **80**, 639-646.
- Semlitsch, R. D., Scott, D. E. and Pechmann, J. H. K.** (1988). Time and size at metamorphosis related to adult fitness in *Ambystoma talpoideum*. *Ecology* **69**, 184-192.
- Smith-Gill, S. J. and Berven, K. A.** (1979). Predicting amphibian metamorphosis. *Am. Nat.* **112**, 557-570.
- Viparina, S. and Just, J. J.** (1975). The life period, growth and differentiation of *Rana catesbeiana* larvae occurring in nature. *Copeia* **1**, 103-109.
- Werner, E. E.** (1986). Amphibian metamorphosis: growth rate, predation risk, and the optimal size at transformation. *Am. Nat.* **128**, 319-341.
- Wilbur, H. M. and Collins, J. P.** (1973). Ecological aspects of amphibian metamorphosis. *Science* **182**, 1305-1314.
- Wilbur, H. M.** (1977). Interactions of food level and population density in *Rana sylvatica*. *Ecology* **58**, 206-209.
- Wilbur, H. M.** (1980). Complex life cycles. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **11**, 67-93.
- Wright, M. L., Proctor, K. L. and Alves, C. D.** (1999). Hormonal profiles correlated with season, cold, and starvation in *Rana catesbeiana* (bullfrog) tadpoles. *Comp. Biochem. Physiol. C* **124**, 109-116.

表一、白領樹蛙生植物候學調查

年份	月份	蝌蚪	成蛙	鳴叫	卵泡
2003	Oct	+			
	Nov	+			
	Dec	+			
2004	Jan	+	+		
	Feb	+			
	Mar	+			
	Apr	+			
	May	+	+	+	+
	June	+	+	+	+
	July	+	+	+	
	Aug	+		+	
	Sept	+			
	Oct	+			
	Nov	+			
	Dec	+			
	2005	Jan	+		
Feb		+			
Mar		+		+	
Apr		+	+	+	+
May		+	+	+	+
June		+	+	+	+
July		+	+	+	+
Aug		+	+	+	+
Sept		+			
Oct		+			

表二、各水池秋季至翌年春季蝌蚪留存月份狀態

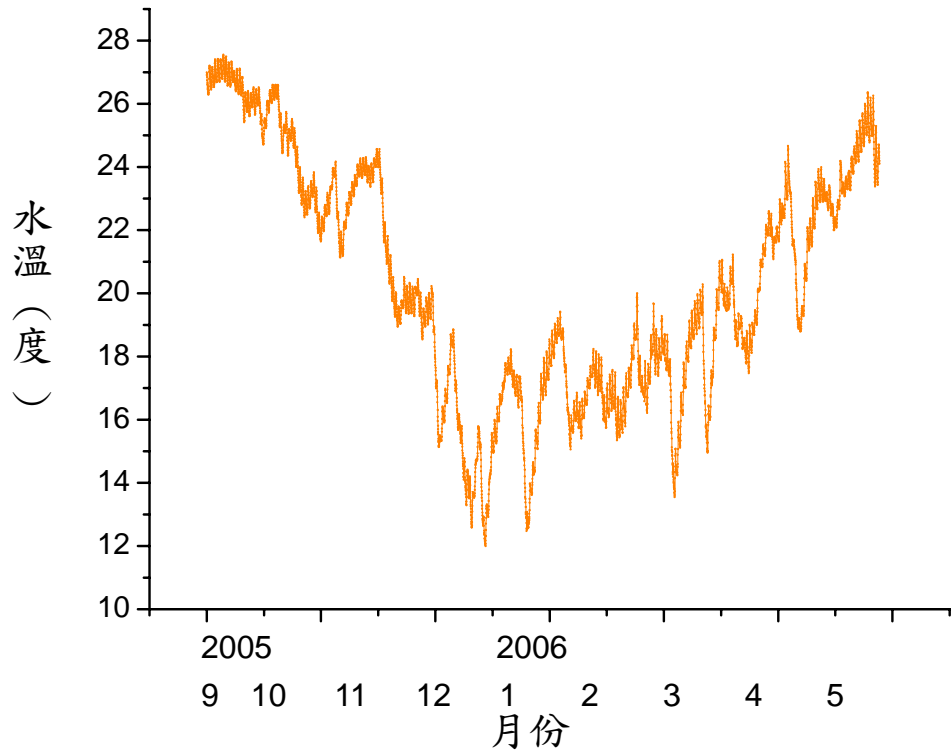
表中橘色線表示 2003 年冬季各水池蝌蚪留存月份，綠色線表示 2004 年冬季各水池蝌蚪留存月份，藍色線表示 2005 年冬季各水池蝌蚪留存月份。

池 號	2003			2004				2005				2006							
	10	11	12	1	2	3	//	10	11	12	1	2	3	//	10	11	12	1	2
1	—————								—————										
2	—————																		
4									—————						—————				
5	—————								—————						—————				
6	—————																		
7	—————																		
8	—————								—————						—————				
9									—————										
10									—————										
11									—————						—————				
12									—————										

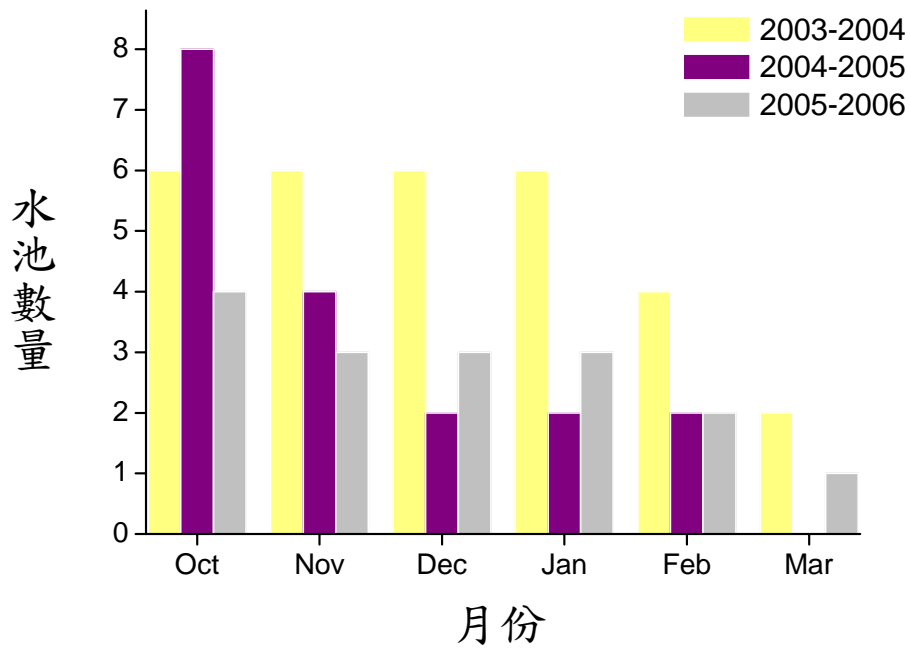


圖一、台灣八卦山調查樣點位置

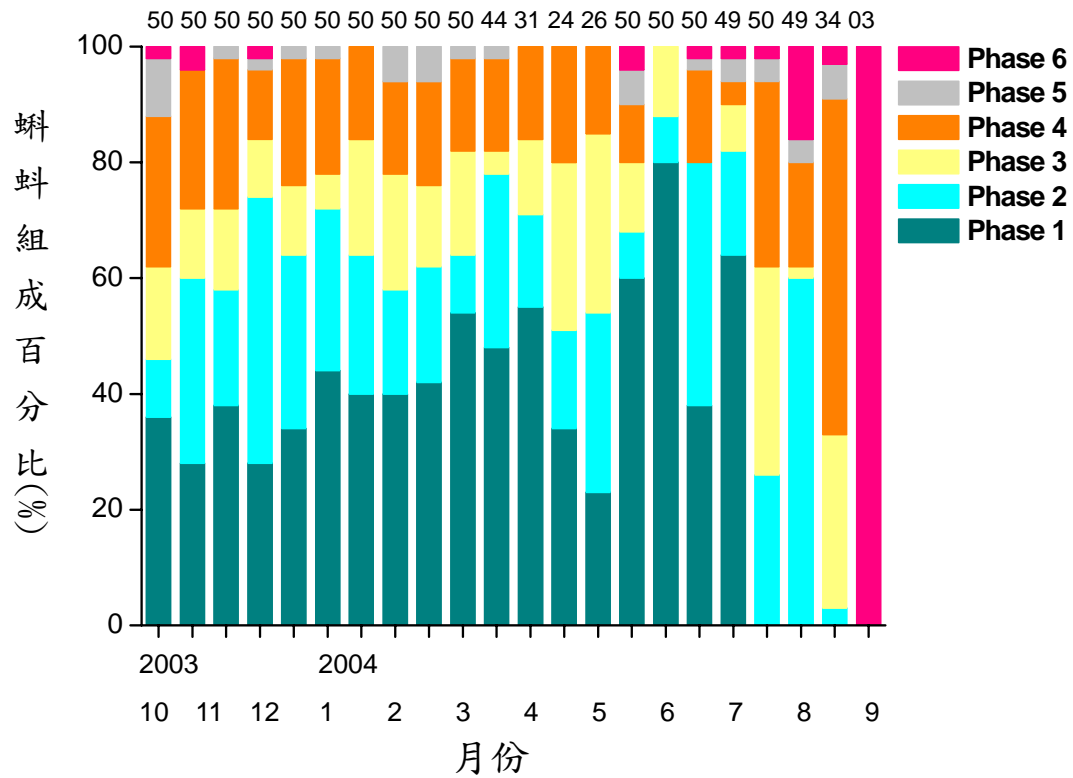
左圖淺藍色方框內為八卦山台地位置，右圖為八卦山台地衛星空照圖，圖中的淺藍色方框為實驗樣區位置。



圖二、八卦山三個水池樣點的水溫紀錄器結果

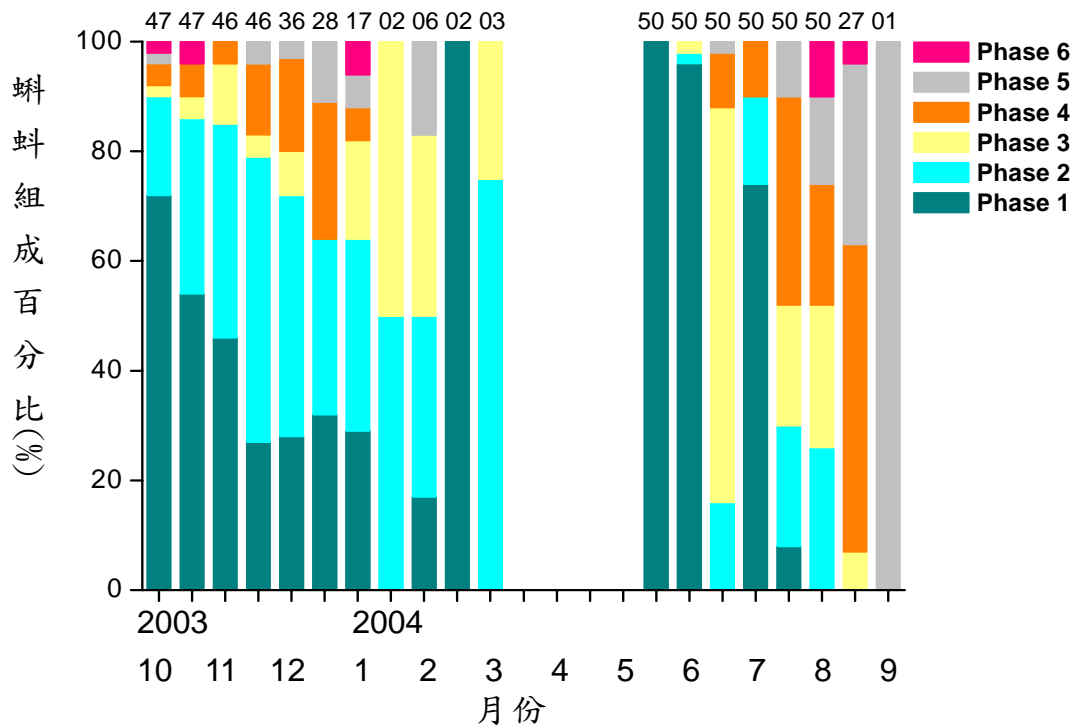


圖三、2003年至2006年的10月至3月，有蝌蚪水池數量統計



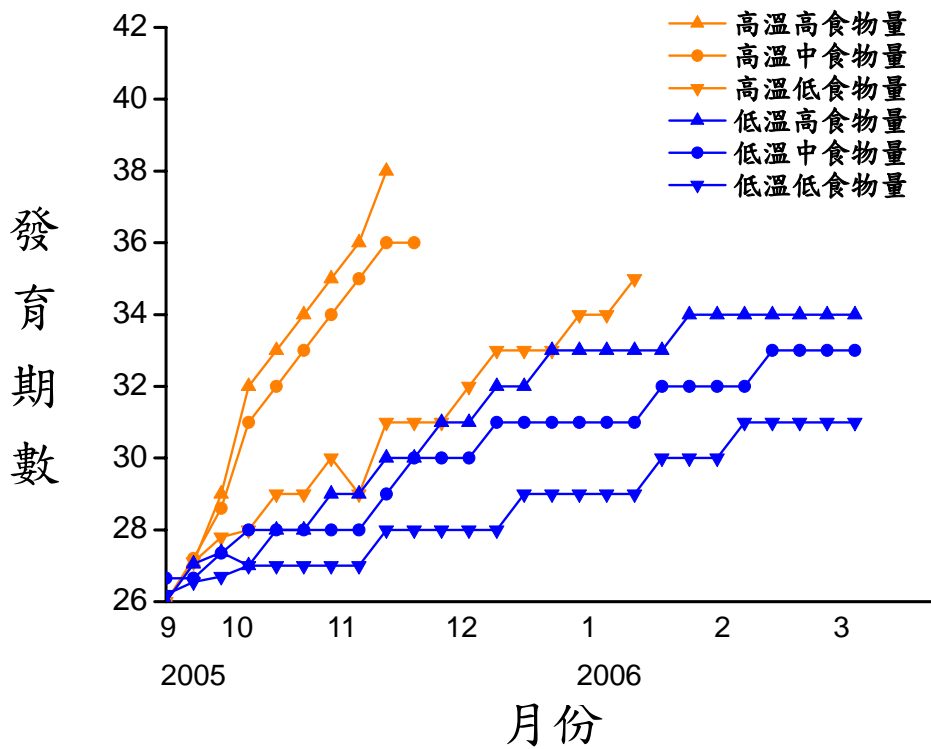
圖四、5號池蝌蚪組成百分比

各柱狀上方的數字為當次撈取的蝌蚪數量，此水池在2003年冬天為滯育型。

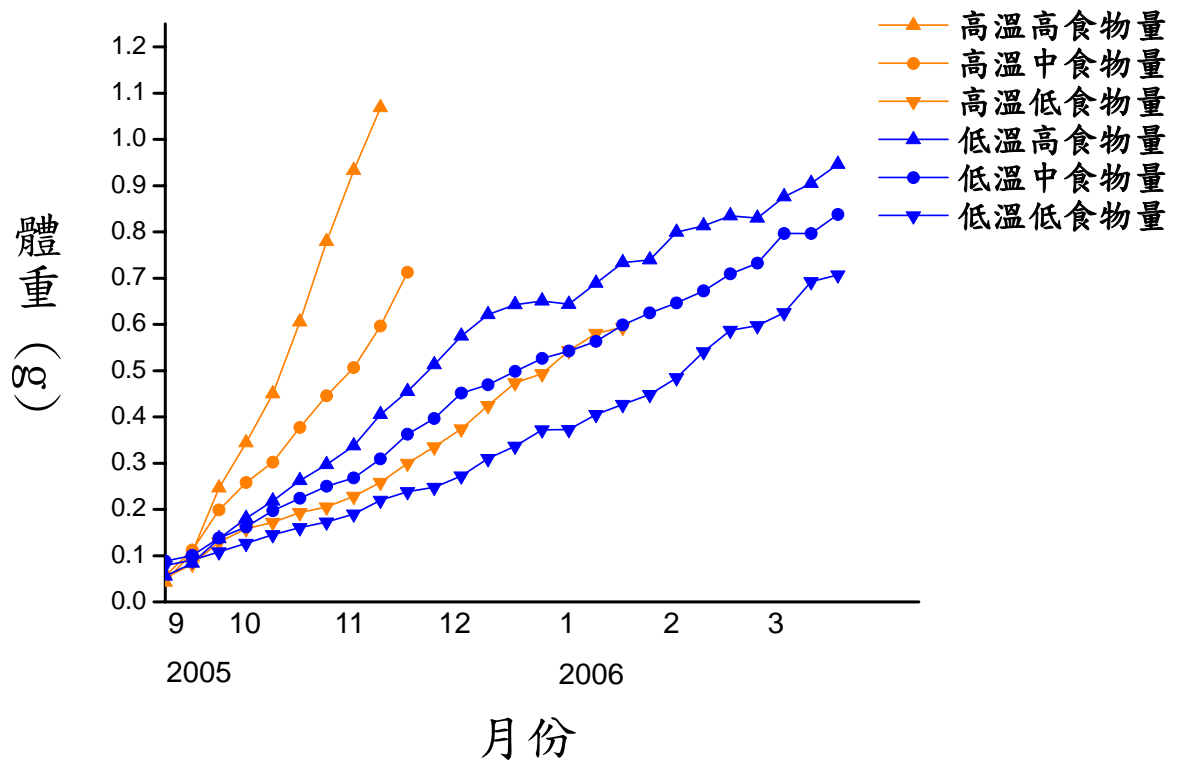


圖五、1號池蝌蚪組成百分比

各柱狀上方的數字為當次撈取的蝌蚪數量，此水池在2003年冬天為分批變態類型。



圖六、蝌蚪在不同溫度與食物處理下的發育期數變化



圖七、蝌蚪在不同溫度與食物處理下的體重變化