

國立臺灣大學植物病蟲害學研究所
碩 士 論 文

指導教授：楊 平 世 博士

負子蟲之生物學研究

研 究 生：蘇 新 基

內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究

中華民國八十年六月

國立臺灣大學植物病蟲害學研究所
碩 士 論 文

指導教授：楊 平 世 博士

負子蟲之生物學研究

研 究 生：蘇 新 基

內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究

中華民國八十年六月

負子蟲生物學之研究

本論文係蘇新基在國立臺灣大學植物病蟲害學研究所研究期間完成之碩士論文，於民國八十年五月廿七日經考試委員審查及口試合格，特此證明。

考試委員：

吳文哲

國立臺灣大學植物病蟲害學研究所副教授
吳文哲 博士 (兼召集人)

劉玉章

國立中興大學昆蟲學研究所教授
劉玉章 博士

呂光洋

國立臺灣師範大學生物學研究所教授
呂光洋 博士

李俊品

國立臺灣大學植物病蟲害學研究所副教授
李俊品 博士

楊平世

國立臺灣大學植物病蟲害學研究所教授
楊平世 博士

指導教授： 楊平世

楊平世

國立臺灣大學植物病蟲害學研究所教授兼所長：

蘇鴻基

蘇鴻基

目 錄

誌謝	1
一. 緒言	2
二. 往昔研究	4
三. 材料與方法	7
四. 結果與討論	11
(一). 負子蟲之形態	11
(二). 負子蟲之生活史	14
(三). 負子蟲之生長與發育	18
(四). 成蟲壽命及產卵量	22
(五). 行為習性	23
五. 結論	30
六. 中文摘要	33
七. 參考文獻	36
八. 附表	43
九. 附圖	54

誌 謝

本研究進行期間，承蒙楊教授平世殷切指導，並於論文寫作時，悉心的詳加批閱與修飾文稿以及各位考試委員斧正，特申卷首，致以最誠摯的謝意！

本所朱教授耀沂，吳教授文哲，許教授洞慶多方提供寶貴意見及文獻；系上各位老師的教導與關懷，於此謹致謝忱。

試驗期間，承蒙中央研究院動物所慨借掃描式電子顯微鏡，李研究員文蓉博士指導顯微技術，謹此致謝。

感謝養蟲室的學長，學弟，同學及助理，好友陳進益，陳玉慧的熱心協助與鼓勵；研究期間，承蒙江西農業大學章教授士美提供寶貴意見，在此一併致謝。

本研究承蒙內政部營建署陽明山國家公園管理處提供經費補助(委託研究生研究計劃案)，劉慶男處長對於學術研究之熱心支持，保育課羅淑英小姐之全力協助，使本研究與論文得以順利完成，特此致謝。

一. 緒言

負子蟲(S. rustica Fabricius) 在分類學上屬半翅目(Hemiptera)，田鼈科(Belostomatidae)，田鼈亞科(Belostomatinae)。台灣已記錄之田鼈亞科有一屬二種，此即Sphaerodema rustica (= S. rusticum) 及 S. annulatum；其中以S. rustica比較常見，數量也較多(三輪 1931)。

負子蟲常見於低海拔之沼塘及水稻田(圖1)，因受水稻期作的影響，在台灣北部地區每年發生三~四代；惟各蟲期常有重疊現象(Overlapping)。成蟲於每年三月上旬出現於秧田，開始繁殖後代，活動盛期為三月上旬至十月下旬。一般成蟲之後翅為短翅型，不具飛翔能力；而具有飛翔能力的長翅型成蟲，則出現於每年的五月中旬至九月間。長翅型個體具有趨光性，通常在潮濕悶熱的夏夜會飛至路燈下。若蟲共有五個齡期，在台灣北部地區四月下旬第一代若蟲羽化，十月下旬台灣北部氣溫下降，此蟲乃以成蟲在水稻田收割後之水稻遺株，或田埂土縫中越冬，至次年三月初再開始活動。性不活動期(Sexual quiescent period)為十月下旬至次年二月下旬。

目前全世界之昆蟲中，有數千種昆蟲的生殖行為已為人類所知(Smith 1980)；其中大部分昆蟲在完成產卵之後，對於其所產下的子代，通常是不再給與保護或照料；不過有少部分昆蟲於雌蟲產卵之後，則由雌蟲留下來照料及

保護，一直到卵孵化後其任務才算完成；這些昆蟲中，例如革翅目之Negogastridae科種類及半翅目之Acanthosomatidae科雌蟲(櫻井 1985)。

另一方面，約有100種昆蟲則是由雄蟲單獨負責卵之保護及孵育；而這類昆蟲皆屬於半翅目少數幾科(Family)，這些科包括有：田蟹科(Belostomatidae)，緣椿科(Coreidae)，刺椿科(Reduviidae)，水龜科(Gerridae)及扁椿科(Aradidae)(Smith 1980)；最為人們熟知之田蟹科雄蟲都會保護卵塊(Ichikawa 1983, 1988, 宮武 1975, 1977)；其中田蟹亞科之負子蟲除了會保護卵塊之外，此蟲在生殖行為上亦具特色。

負子蟲最特殊之習性就是在交尾後，雌蟲會將卵塊產於雄蟲的背部(Kraus 1985)，這些卵由雄蟲以多種特殊的孵育行為(Brooding behavior)包括在水面做類似伏地挺身之動作及在水中以間歇性地上下震動其腹部促使這些卵孵育，並負責保護至卵塊完全孵化為止，充分表現出「父愛」的特殊行為。負子蟲在整個生殖行為的過程是雄蟲較為主動(蔡 1951)，並且是由雄蟲主導著生殖行為過程的進行(Smith 1979b)。

然而，儘管如此，在台灣有關負子蟲之生活史，全年之發生代數，棲所，求偶過程，生殖行為，越冬習性及相關之基本生態資料依然未明；為探究此蟲之生物學，獲知此蟲各種生態資料，本研究乃以此為題進行深入探討。

二. 往昔研究

負子蟲(Sphaerodema rustica Fabricius)之英文俗名為Giant water bugs、Electric light bug、Fish killer或Toe biter(素木 1955; Hungerford 1925); 又稱子負蟲(高島 1930)、負子椿(程等 1989)及父子蟲, 此乃以其雌蟲產卵於雄蟲之背部, 故稱父子蟲以示父子之相處(蔡 1951, 諸 1952), 或雄蟲負卵孵化而得名(程等 1989)。

在分類學上負子蟲屬半翅目(Hemiptera), 田蟹科(Belostomatidae), 田蟹亞科(Belostomatinae)。據Lauck & Menke (1961)之報告, 全世界田蟹亞科共有五屬, 約有101種; 分屬於Abedus屬, Belostoma屬, Limnogeton屬, Hydrocyrius屬及Sphaerodema(=Diplonychus)屬; 其中Sphaerodema屬約有20種, 主要分布於非洲、東南亞、東印度群島及澳洲等地區。台灣已記錄之田蟹亞科有一屬二種, 此即Sphaerodema rustica (= S. rusticum)及S. annulatum; 其中以S. rustica比較常見, 數量也較多(三輪 1931)。S. rustica 個體較小, 體長約16mm; 而S. annulatum 個體較大, 體長約20mm(Venkatesa & Rao 1980a)。S. rustica 這種水棲昆蟲為東洋和澳洲區系共有種, 主要分布於中國大陸、緬甸、孟加拉、斯里蘭卡、菲律賓、印尼、大洋洲(章 1985)、台灣(三輪 1931)。

台灣產之負子蟲(Sphaerodema rustica Fabr.)由江崎 (1931)在紅頭嶼異翅半翅類一文中記載後, 三輪 (1931

曾描述本蟲及另一種負子蟲(*S. annulatum* Fabr.)為分布於台灣之兩種負子蟲；這兩種負子蟲，其雄蟲均具有背負卵塊一直到卵孵化為止之特殊習性。

加藤(1933)曾提及本種為生活於塘沼之常見水棲昆蟲，雌蟲有將卵產於雄蟲背部的習性；並稱其分布於台灣，琉球及東洋熱帶地區。惟其後則無有關此蟲之報告，一直到蔡(1951)因為負子蟲會捕食幼魚，曾一度被視為養魚池之一大害蟲，因而著手研究負子蟲的生活習性，以尋找防治此蟲之有效對策。在其研究報告中描述負子蟲每交尾一次，才產一粒卵；雌蟲產卵至30-50粒時即不再產卵，以後再繼續分批產下，但大多數不會超過二日。卵的孵化率可達95%；個體之間有自相殘殺之現象。

另外，諸(1952)研究負子蟲之生態及其防治，其謂此蟲在台灣分布甚廣，繁殖甚盛，為水產上重要害蟲，其報告中曾分析負子蟲負卵之生態意義為：(1)保護卵塊避免受外敵侵害。(2)協助卵獲取氧氣，蓋其認為卵不易由水中獲取氧氣。因為如將卵完全浸於水中，則所有的卵粒將全部無法完成孵化。至於趨光性的研究方面，邱(1952)，諸(1952)皆認為負子蟲對光並無明顯之趨光性。而章(1985)指出成蟲趨光性極強，且以夏天水邊燈火下誘集到數量較多。諸(1952)認為這與此蟲的呼吸生理有關，因為此蟲必須每隔一段時間即需要浮至水面換氣，故不宜作正趨光性。但是此點和章(1985)之見解不同，因此值得進一步探討。

是故由上述台灣有關負子蟲之研究得知，多數研究結

果俱為簡要的試驗或描述，對於負子蟲之生活史，行為習性及相關基礎生物學資料均頗欠缺。

陽明山國家公園

三. 材料與方法

(一). 供試蟲源

供試蟲係採自台北縣三峽鎮龍埔里之水稻田，將採回之已負卵負子蟲雄蟲，放進實驗室內單隻飼養於直徑9公分，高5公分之圓形透明盒，盒內並放置金魚草供其攀附。每日餵以大肚魚 (*Gambusia affinis* Baird & Givard)。然後將此圓形透明盒置於溫度 $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，光照為12L:12D之恆溫箱中，俟雄蟲背上卵孵化後，取同一批孵化之第一齡若蟲做為後續試驗之蟲源。

(二). 負子蟲之飼養

卵孵化後，逢機在各卵塊中取出同一批孵化之第一齡若蟲各45隻，單隻分別飼養在溫度 $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ， $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ， $18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，光照為12L:12D恆溫箱中。將第一齡～第三齡若蟲單隻分別飼養於直徑4公分，高4公分之圓形透明塑膠盒內(圖2a)。加蓋並於蓋上打孔透氣，盒內置入金魚草供其攀附，每日餵以熱帶家蚊幼蟲 (*Culex pipiens quinquefasciatus* Say)，第四齡～第五齡若蟲則移入直徑4公分，高6公分之圓形透明塑膠盒，加蓋並於蓋上打孔透氣，同樣置入金魚草於盒中，每日改餵以體長1～1.5公分之大肚魚。成蟲則移入8x4x10公分之透明壓克盒(圖2b, 2c)。盒內放入金魚草每日餵以體長1～2公分的大肚魚。上述各飼養容器皆加注七分滿的水位。

(三). 負子蟲之形態觀察

1. 在解剖顯微鏡下，觀察各齡期之外部形態及發育變化。

2. 將三齡若蟲之標本，固定於4℃之2.5% 戊二醛(Glutaraldehyde) 磷酸緩衝液(0.1M) 4小時後，以新鮮磷酸緩衝液(0.1M) 沖洗兩次，再以4℃之1% 鉻酸(Osmium tetroxide) 磷酸緩衝液將之固定3小時，然後以蒸餾水沖洗兩次；每次10分鐘，而後以遞增濃度之丙酮50%，70%，80%，90% 及95% 脫水，每處理15分鐘，並且每5分鐘更換一次同濃度的丙酮；最後再以100% 的丙酮脫水30分鐘。取出標本自然乾燥後，以雙面膠帶將標本黏著於標本台(Stub) 上，置於真空蒸著器(Ion Coater) 中鍍模(Coating)，包覆黃金薄膜，使用Hitachi S-450掃描式電子顯微鏡，在15 KV電壓下觀察外部形態特徵及攝影。

(四). 負子蟲之生活史

自1989年8月14日起1991年4月15日止，觀察在 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $18 \pm 1^\circ\text{C}$ 三種不同生長溫度下，計算負子蟲卵期及若蟲各齡期之平均發育日數。

(五). 負子蟲之生長與發育

一. 若蟲期之大小

觀測各蟲期在生長發育過程中，體長，體寬及各附肢長度的變化情形。蟲體各部附肢長度的測量是在解剖顯微鏡下，以Ocular Micrometer測量。體長是沿著蟲體背部中線由頭部的吻端至尾部。體寬是測量蟲體最寬的部位，即第三腹節(Keffner & McPherson 1988; McPherson & Packauskas 1986)。

二. 卵之孵化及孵化率

1. 卵之孵化

觀察並記錄卵之孵化過程，所持續之時間，和雄蟲輔助若蟲脫離卵殼的行為。觀察卵的孵化過程時，將背負即將孵化卵塊之雄蟲置於8x4x10公分之透明壓克力盒中，注入約七分滿的水，並放些金魚草於盒內供其攀附之用。

2. 孵化率

孵化率之測定方式區分為下列二組：(A) 卵塊有雄蟲背負孵育。(B) 卵塊無雄蟲背負。也就是將剛產下的卵塊分別做以下三種處理(1) 卵塊仍由雄蟲背負孵育。(2) 將卵塊自雄蟲背部取下後，置於濕棉花上並保持卵塊下半部浸泡於水中。(3) 卵塊自雄蟲背部取下後，置於乾燥的濾紙上，不供應水份給卵塊。將上述各處理組置於 $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 恆溫箱中，俟卵發育後，計算其孵化率。比較有雄蟲負卵及無雄蟲負卵之卵塊，兩者孵化率間的差異，藉以瞭解雄蟲在卵之孵育過程中，所扮演之角色。

三. 若蟲之蛻皮

觀察若蟲之蛻皮是在直徑9公分，高5公分的圓形透明盒中進行，記錄若蟲蛻皮的過程及所持續的時間。

(六). 行為習性

行為之觀察包括：

1. 捕食行為

將各齡期之負子蟲飼養於30x18x24公分的水族箱觀察及記錄負子蟲捕食獵物的過程，以瞭解其捕食行為之模式。

2. 越冬行為

至田間取樣調查負子蟲越冬時，其族群在田間的分佈，雌雄性比率，及觀察其越冬的行為。並於田間攜回二十

對越冬成蟲於實驗室內進行負子蟲越冬行為之試驗。

3. 生殖行為

將負子蟲成蟲二十對飼養於配置有控溫器 ($25 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$) 的 $30 \times 18 \times 24$ 公分水族箱內，觀察及記載負子蟲整個生殖行為進行的過程及生殖行為過程中，各階段所持續之時間及生殖行為中雌蟲與雄蟲所扮演的角色。至於測定交尾所持續的時間是採 Rubenstein (1989) 之方法，即雌蟲與雄蟲兩者的外性器從接觸到分開為止。

四. 結果與討論

(一). 負子蟲之形態

1. 卵

初產之卵呈橢圓形，略帶淡黃色，卵的頂端呈黃褐色（圖3a）。初產卵平均卵長為 $1.6 \pm 0.03\text{mm}$ ；卵徑 $1.08 \pm 0.03\text{mm}$ ($n=37$)，會隨發育時間逐漸伸長。將孵化的老熟卵，呈長圓柱形，黃褐色，平均卵長 $3.14 \pm 0.05\text{mm}$ ，卵徑 $1.12 \pm 0.02\text{mm}$ ($n=30$)。此時在靠近卵的頂端有兩個明顯之暗紅色眼點（圖3b）。

負子蟲的卵是被產在一層由雌蟲所預先塗佈之透明膠質中（圖3c）；膠質厚 $0.81 \pm 0.04\text{mm}$ ($n=35$)；而卵埋入膠質之深度為 $0.72 \pm 0.03\text{mm}$ ($n=35$)，整個卵塊是黏著於雄蟲背部之半翅鞘上。

2. 若蟲：負子蟲若蟲分成五齡，各蟲期平均體長及體寬如表一，而各齡形態及大小之比較，則如圖4所示。

(1) 第一齡：體長 $4.14 \pm 0.01\text{mm}$ ，寬 $2.30 \pm 0.07\text{mm}$ ($n=30$)；呈卵圓形，體扁平，灰褐色；背部有許多黑色及淡黃色斑點。複眼略呈三角形，背面為暗紅色，腹面紅色；不具單眼。若蟲期前足，中足及後足之跗節皆只有一節；跗節末端各具二爪。

(2) 第二齡：體長 $5.45 \pm 0.24\text{mm}$ ，寬 $3.34 \pm 0.08\text{mm}$ ($n=30$)；剛蛻皮時若蟲呈淡黃色；經過約二小時後，體色變深呈灰褐色，前翅芽不明顯。

(3) 第三齡：體長 $7.61 \pm 0.18\text{mm}$ ，寬 $4.51 \pm 0.13\text{mm}$ ($n=30$)；此

時若蟲呈灰褐色，中胸及後胸背板灰綠色；腹部背板中央為黑褐色，前翅芽達後胸背板三分之一，足淡褐色，除了後足脛節之外，各足皆有灰色斑點。複眼為暗紅色。

(4) 第四齡：體長 $10.06 \pm 0.22\text{mm}$ ，寬 $6.09 \pm 0.23\text{mm}$ ($n=30$)；

若蟲體呈灰褐色，中胸及後胸背板為灰綠色；前翅芽達中胸背板三分之二。複眼為暗紅色。

(5) 第五齡：體長 $12.66 \pm 0.14\text{mm}$ ，寬 $7.62 \pm 0.13\text{mm}$ ($N=30$)；

若蟲體呈灰褐色；前翅芽達後胸背板。腹部背面中央顏色較深，第一腹節背面接近中央有兩個黑色斑點；複眼暗紅色。

若蟲氣孔九對，中胸及後胸各一對，其餘七對皆分布於腹部腹面，腹部各對氣孔分別位於第一，三，四，五，六，七及第八腹節腹面。每一氣孔週邊皆有避水軟毛 (Pubescence) 環繞 (圖5a)。尤其是第三至第七對氣孔，若蟲期腹部腹面滿布許多避水毛加上其後胸後側片 (Metepimeron) 特別發達圍繞於後足基節 (Coxa) 並向腹部沿伸，可達腹部第四腹節腹面，此和 Lauck & Menke (1961) 之記載相同。由於後胸後側片著生有避水緣毛，加上若蟲腹部腹面的避水毛，當若蟲潛入水中，此構造即可在若蟲腹部腹面形成一空氣膜 (圖5b)。使若蟲可長時間停留於水中。

3. 成蟲

雄蟲體長 $16.51 \pm 0.22\text{mm}$ ，寬 $10.05 \pm 0.14\text{mm}$ ($n=30$)；

雌蟲長 $16.17 \pm 0.43\text{mm}$ ，寬 $9.32 \pm 0.21\text{mm}$ ($n=30$) (圖6) 如表一。由此表可知雄性個體稍大於雌蟲，此使雄蟲有較大的表面積以承載更多的卵粒。

成蟲體呈卵圓形，褐色，背部較為平坦；腹部腹面中央稍凸出。頭部呈三角形，複眼暗紅色，不具單眼。觸角小，四節隱蔽於複眼下方，其II及III節通常向一側延長或膨大(圖7a)。口器為刺吸式，口喙三節(圖7b)。前胸背板呈梯形，而且顯著寬於頭部，小盾片(Scutellum)發達，呈三角形。前翅較大整齊覆蓋於身體背面，短翅型個體，後翅小呈刀鞘狀(圖8a)。膜質平貼於前翅內面；長翅型個體後翅發達，膜質呈褶扇狀(圖8b)。隱藏於前翅下，顯著大於短翅型之後翅。前足特化成捕捉足(圖9a)。前足跗節癒合成一節(圖9b)。中足及後足為游泳足(圖9c, 9d)。其脛節及跗節近體側著生有游泳毛。中足及後足之跗節皆為二節，各足末端皆具二爪(圖9c, 9d)。至於成蟲足各節之平均長度的比較如表二所示。

成蟲腹部第一對氣孔特化增大，位於第一腹節的背面，隱藏於翅下(圖10a, 10b)。成蟲腹部背方著生許多避水毛，其上方有翅覆蓋，形成一大型儲氣構造，此有利於成蟲長時間停留於水中。腹部末端具有一對可自由伸縮的呼吸管(Air straps)(圖11)；此呼吸管是由第八腹節氣孔的外圍組織特化延長而成。雌蟲的呼吸管較雄蟲扁平，此一扁平化的呼吸管在雌蟲產卵時具有很大的功用，其可用來將卵粒壓入預先塗佈的膠質中固定。而雄蟲呼吸管末端的外側各著生一簇剛毛，其功用是在與雌蟲交尾前進行愛撫行為時，藉以摩擦刺激雌蟲的外性器，促使雌蟲進一步與之交尾。

雌雄蟲性別的辨別方法有二，可依據(1) 呼吸管剛毛

著生的位置加以區別，雄蟲之呼吸管尾端的外側各有一簇剛毛；雌蟲則不具有上述之構造。(2) 腹末腹面生殖板(Genital plate)的形狀，雄性較平坦且較尖，略呈三角形(圖12a)。雌性則較鈍圓形，近末端著生有兩簇剛毛(Seta)極易區別(圖12b)。成蟲可見腹節為七節，而第八～十一節則縮入第六及第七節體腔內；雄蟲之外生殖器(Phallus)位於由第九腹節所形成的囊狀構造內，此和Lauck & Menke (1961)及Menke (1963)在其他種負子蟲之觀察結果相同。

雄蟲之生殖系統包括精巢(Testes)，輸精管(Vas efferens)，貯精囊(Vesicula seminalis)，射精管(Ejaculatory duct)及外性器五部份(圖13a)每一精巢各含有五條微精管(Testicular follicles)(圖13b)，這種精巢在結構及數量上的特徵為Sphaerodema屬之共同特性(Lee & Lee 1988)。雌蟲的生殖系統則包括卵巢(Ovaries)，側輸卵管(Lateral oviduct)，輸卵管(Oviducts)，受精囊(Spermatheca)及外性器五部份(圖13c)。其中每一個卵巢各含五條微卵管(Ovarioles)。

(二). 負子蟲之生活史

1. 卵期

在 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $18 \pm 1^\circ\text{C}$ 三種不同生長溫度下，卵期分別為6-8日，10-13日，15-18日；平均為 7.13 ± 0.78 日(N=15)， 11.4 ± 1.02 日(N=15)， 15.8 ± 1.17 日(N=15)。不同之生長溫度對卵期之影響如表三所示。卵的發育速率隨著溫度的降低而明顯減慢。由此表可知在 28°C 時卵

的發育速率比23℃幾乎快兩倍。而Kraus & Gonzales (1989)之報告，其在研究*Abedus indentatus*負子蟲卵的發育時亦指出，溫度對卵發育期之長短有很大的影響。

2. 若蟲期

若蟲期共有五齡，在 $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ ， $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ ， $18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 三種不同溫度條件下，若蟲期的平均發育日數分別為 33.01 ± 1.26 日， 40.96 ± 1.43 日， 60.46 ± 1.25 日。各齡若蟲在不同生長溫度下，完成發育所需日數如表三所示。由此表可知，在 28°C 及 23°C 溫度下，第一～三齡發育日數無明顯差異，但是在第四～五齡時即有明顯差異，在 23°C 時第四齡發育日數需 8.71 ± 1.33 日，而在 28°C 只需 5.59 ± 1.74 日， 23°C 第五齡的發育日數需 12.09 ± 1.44 日，在 28°C 只需 7.58 ± 1.68 日。此結果顯示，溫度對其生長發育具有明顯的影響。即在上述溫度範圍內，溫度愈高，發育日數愈短。而此亦印證Kraus & Gonzales (1989)所稱為溫度控制發育速率之重要的物理因子。

3. 成蟲

關於成蟲在羽化後究竟需要經過多久，即生殖前期之時間，才會交尾產卵；據Ridley (1989)之研究，昆蟲如採行一妻多夫制(Polyandrous)，則交尾時機通常發生在雌蟲羽化經過一段時間發育之後才進行。然而實行一妻一夫制(Monandrous)的種類，其交尾時機則發生於雌蟲剛完成羽化後不久；因此前者的生殖前期就較長，而後者的生殖前期則非常短。

羽化後的成蟲，在生長溫度為 28°C 下，其生殖前期平

均為 10.78 ± 4.40 日 ($N=18$)；而溫度 23°C 則平均為 12.78 ± 5.05 日 ($N=18$)。但是在溫度 18°C 下，雌蟲未產過卵；其不產卵的原因應該是因為溫度太低，生殖系統發育受到抑制。而此亦可由冬季採自野外之越冬成蟲，其生殖系統會停止發育證實(圖14)。因此在這期間負子蟲的一切生殖活動皆告暫停。而此現象一直到次年二~三月溫度上升後，又恢復發育。Tawfik & Lutfaellah (1978)報導S. urinator在秋末最後一批成蟲羽化後，因溫度已逐漸下降所以會立即開始越冬，一直到次年三月越冬之後才開始進行生殖活動。本試驗發現，若將背卵的雄蟲置於 18°C 溫度下，經過一~三日後，則雄蟲亦會用其後足將背部的卵塊自行刷落，終止對卵塊的孵育行為。據推測，此乃低溫環境下，成蟲必須減少能量的消耗，維持生命之故。另一方面，卵在低溫下之發育速率非常緩慢，故成蟲在這種低溫環境下，孵育卵塊將耗費大量能量，故而終止孵卵行為，將卵塊刷落。而在此環境下，由觀察得知成蟲通常會撿起掉落的卵塊吸食，以補充營養。宮武 (1975, 1977)及Venkatesan (1983)在其研究報告中亦有此現象發生。

據章 (1985)之報告，雄蟲在受到騷擾或饑餓的情況下，會把背上未孵化的卵擦落，有些則做為食料刺吸。Smith (1976b)研究Abedus herberti Stål 負子蟲之孵卵行為表示，當A. herberti對卵的孵育所作的投資其成功機率低時，如卵塊鬆動或是經常受到干擾，此時雄蟲就可能會選擇放棄繼續對卵的孵育所作的努力，以節省能量的消耗。故由雄蟲會吸食已被其所拋棄而毫無孵化機會的卵

塊，亦可獲得詮釋。

由室溫條件下之飼養結果得知，成蟲性比率 (Sex ratio) 約為1:1 (♂ 50: ♀ 55)。在溫度為28℃及食物充足條件下，大約每經過50天就能完成一個世代；因此在這種生長溫度及食物供應充足條件下，負子蟲在室內飼養一年估計有七個世代。

由於負子蟲屬於水棲昆蟲，幾乎都生活於在有水的環境中，而且必須在有水的情況下，才能完成其生活史，尤其是卵期及若蟲期，對水份的要求特別高；據程等 (1989) 之報導，負子蟲的卵若缺乏水份，則不能發育，最後乾皺死亡。經試驗發現，在溫度為23℃，缺水的條件下，卵塊大約經過四小時後就會乾皺，所有的卵皆無法孵化。若蟲在乾燥環境中，經過12-36小時後即會因個體水份的散失而逐漸死亡。而且齡期愈小，個體越小，負子蟲蒸散表面積也就越大，因此就更愈容易乾燥死亡。

在野外生活在水稻田的負子蟲，因受到水稻不同期作種植，水田會實施排水曬田的影響，其生活史及世代數會受到局限或中斷。而在水田缺水狀態下，各齡期的負子蟲會躲藏於水稻植株叢中，或爬至田埂的土縫內蟄伏 (圖15)。此時一切攝食活動都暫停。成蟲的耐饑能力非常強，在室溫28℃下，測試其耐饑能力發現，成蟲可持續兩個月不攝食，仍能保持活動能力；而Böttger (1974) 在其報告亦指出，成蟲可持續數週不攝食。

以北部地區為例，一期作期間是三月至六月 (楊 1985, 1986; 鄭 1985)，月平均溫度為23.3℃ (中央氣象局

1989)，此溫度條件下此蟲可完成兩個世代。二期作是七月至十月(楊 1985, 1986; 鄭 1986)，月平均溫度為27.7℃ (中央氣象局 1989)，此溫度下此蟲亦可完成兩個世代，因此負子蟲在田間的世代數約為三~四代。然而據章 (1985)之報告，此蟲在江西南昌，年發生兩代。這是因為當地緯度較高，氣溫也比台灣冷，所以負子蟲發育較慢，因此一年只有兩個世代。另外，據Tawfik & Lutfallah (1978)之報告，另一種負子蟲S. urinator在埃及地區，一年有三個世代。由此可知，除了溫度及食物條件之外，水份也是負子蟲在完成生活史過程中所不可或缺的重要物理因子。

(三).負子蟲之生長與發育

一.各蟲期的大小

1.卵：

卵之發育包括體積的增大及重量的增加；其體積及重量的增加主要是受水份的攝取所影響(Kraus & Gonzales 1989; Venkatesan & Rao 1980b; Madhavan 1974)。而產卵48小時以後，卵的體積增大則主要是因為卵內胚胎的發育(Madhavan 1974)。初產卵其長度平均為 $1.6 \pm 0.03\text{mm}$ ，卵徑為 $1.08 \pm 0.03\text{mm}$ ($n=37$)，老熟卵長度平均為 $3.14 \pm 0.05\text{mm}$ ，卵徑為 $1.12 \pm 0.02\text{mm}$ ($n=30$)。由此可發現，卵在發育過程中卵徑變化不大，但卵的長度約增長二倍。所以隨發育時，時間之增加，卵粒之大小也隨之增大(圖16)。

2.若蟲：若蟲期各齡體長，體寬變化情形，如表一。

若蟲個體之測量係在解剖顯微鏡下進行，以Ocular

micrometer測量體長，體寬及足之各部位的長度，以瞭解隨著齡期的增加，蟲體各部位的增長變化的情形。經測量結果發現，在體長方面，第一齡平均為 $4.14 \pm 0.10\text{mm}$ ($n=30$)；第五齡平均為 $12.66 \pm 0.14\text{mm}$ ($n=30$)，體長約增加3倍。體寬方面，第一齡平均為 $2.30 \pm 0.07\text{mm}$ ($n=30$)；第五齡平均為 $7.67 \pm 0.13\text{mm}$ ($n=30$)，約增加3.3倍。

3. 成蟲：

第五齡若蟲羽化為成蟲後，雄蟲體長平均為 $16.51 \pm 0.22\text{mm}$ ，寬 $10.07 \pm 0.14\text{mm}$ ($n=30$)。雌蟲體長平均為 $16.17 \pm 0.16\text{mm}$ ，寬 $9.32 \pm 0.11\text{mm}$ ($n=30$)；雄蟲與雌蟲體長，體寬之比較如表一所示。各齡蟲隨著發育個體大小變化情形。

二. 卵之孵化及孵化率

1. 卵之孵化

卵孵化的順序，一般都是先由靠近雄蟲腹部末端的卵先孵出，這是因為雌蟲產卵的順序就是先產於雄蟲半翅鞘的末端。所以大致上先產的卵也就比較早孵出。

卵即將孵化前，負卵的雄蟲會浮至水面讓整個卵塊曝露於空氣中，此時雄蟲的身體則保持不動的姿勢，靜待背部卵塊的孵化。卵的孵化過程是由若蟲以其前胸背板及頭部首先將卵殼頂破一條裂縫後(圖17a)，接著其中胸及後胸也逐漸伸出卵殼(圖17b)。若蟲繼續蠕動身體使之鑽出卵殼，大約等到其第三腹節露出卵殼後(圖17c)。此時若蟲會將身體向後仰起(圖17d)。同時順勢將其前足，中足及後足依序身出卵殼。

由於若蟲在伸出各足時，身體會有大幅度的動作，所

以這時候雄蟲也就會用中足及後足將身體巷上挺起後再重重地放下，藉此動作協助若蟲迅速脫離卵殼而順利進入水中。在測定卵的孵化率試驗中發現若蟲在孵化過程中，此一階段若無雄蟲的輔助脫離卵殼，則將有部份的若蟲會在孵化的過程無法順利脫離卵殼而卡死在卵殼中，因此雄蟲在若蟲孵化的過程，仍扮演著重要的角色。程等（1989）認為負子蟲負卵孵化的主要意義在於提供卵適宜的水份，氧氣條件以保證胚胎的正常發育。據觀察發現，每一粒卵完成孵化所需時間平均為4分34秒±1分14秒（n=31）。

2. 孵化率

卵塊經過三種不同的處理之後，發現（1）有雄蟲背負孵育的卵塊其卵之孵化率甚高，平均為 $97.63 \pm 1.41\%$ （n=36），如表四。而其中未孵化的卵仍然很小，大都是因未受精所以卵中並無胚胎的發育，或是胚胎發育不全。據Smith（1974）之報告，在自然條件下，造成孵化的失敗其原因為卵未完成受精所致。（2）卵塊置於濕棉花上，其孵化率平均為 $84.26 \pm 3.46\%$ （n=18）。而且大部份孵化失敗的原因大都是在孵化程的中間階段，若蟲身體的後半部卡在卵殼中無雄蟲之協助而無法順利脫離卵殼。然而在卵塊置於乾燥濾紙上的處理組，其卵之孵化率為零。卵塊置於乾燥濾紙後，大約經過3小時卵逐漸呈現乾皺狀，所有的卵都無法完成發育及孵化。足見水份對卵發育及孵化之重要性。

據Smith（1976a）之報告，卵孵化失敗的原因歸因於（1）卵長時間浸泡於水中，造成不當的氣體交換。（2）卵因長時間曝露於大氣中造成水份的散失而使卵乾燥死亡。由

試驗得知雄蟲在卵的孵化過程，藉著孵育伏動幫助卵獲得氧氣並排除代謝廢物(圖18)。同時雄蟲在卵的孵化過程中，藉著挺起身體再重重地放下的動作，協助若蟲順利脫離卵殼完成孵化，使其孵化率高達97.63%。Smith (1976b)在研究另一種負子蟲Abedus herberti的孵化行為，指出經由雄蟲孵育行為，卵的孵化率可達97%，與本研究之結果相近。室內飼養與田間採得卵塊孵化率之比較如表五所示，分別為 $94.98 \pm 6.85\%$ 及 $97.63 \pm 1.41\%$ ，兩者間無顯著差異。

三. 若蟲之蛻皮

若蟲蛻皮前，會呈不食不動的狀態，身體會變圓變胖呈腫脹狀；尤其是在胸節部位。將行蛻皮的個體，蟲體會將各足分別展開，此和Smith (1974)在Abedus herberti負子蟲之觀察結果相同。不久，蟲體的背部朝上浮於水面不動。蛻皮發生時，前足跗節會扣於中足的腿節-脛節的關節，形成支撐點。首先由身體的中胸背板中線分別向前裂至頭部的蛻皮線(Ecdysial suture)，及向後裂至第二腹節(圖19a)，若蟲的前胸背板首先衝破舊皮而出，然後中胸及頭部也逐漸脫離；接著前足，中足及後足依序脫出舊皮。蛻皮的最後過程是蟲體的尾部脫離舊皮。

剛完成蛻皮的若蟲相當柔軟，呈淡黃綠色(圖19b)。會先在水面略作休息二~五分鐘，然後才潛入水中；由表六可知，整個蛻皮過程在第一齡若蟲平均歷時4分30秒 $\pm$ 1分35秒($n=12$)，而第三齡若蟲則為5分14秒 $\pm$ 2分15秒($n=9$)。蛻皮後的個體大約經過二小時，體色才會由淡黃綠色逐

漸恢復為灰褐色。蛻皮之後的個體，大約經過十五分鐘即會嘗試捕食，然而由於蟲體仍然柔軟，所以通常會失敗，在經過約過三十分鐘才能順利捕食。

(四).成蟲壽命及產卵量

在不同生長溫度下，成蟲壽命會因生長溫度的不同而有所差異，在生長溫度為 28°C 時，成蟲平均壽命為169天($n=36$)。而在 18°C 時，成蟲壽命平均為322.6天($n=36$)；至於不同生長溫度下雌雄蟲壽命之比較，則如表七。據章(1985)之報告，越冬成蟲之壽命約六~八個月；而Tawfik & Lutfallah (1978)在研究負子蟲S. urinator的報告指出，該蟲在 22.6°C 時，雌蟲壽命為235.8天； 27.4°C 時，雌蟲壽命則為179.6天。這是因為生長溫度較低時，生理代謝速率降低，所以此時的成蟲壽命也就會延長。由飼養發現，在相同生長溫度下，雌蟲與雄蟲之間其壽命長短並無太大差異。一般而言，雌蟲的平均壽命會比雄蟲長。在 18°C 時，雄蟲平均壽命為 320.42 ± 31.25 天($n=19$)。雌蟲平均壽命則為 324.78 ± 26.78 天($n=17$)。而 28°C 時，雄蟲壽命為 161.24 ± 24.76 天($n=16$)；雌蟲壽命則為 176.76 ± 31.12 天($n=20$)。

在產卵量方面，雌蟲一生的總產卵數，在 28°C 每一隻雌蟲平均產卵412.88粒($n=20$)。由表八得知，田間所採得的卵塊中(圖20a)。每一卵塊平均卵數為 82.78 ± 11.24 粒($n=50$)。而室內恆溫 28°C 飼養所得的卵塊其平均卵數則為 42.03 ± 7.31 粒($n=167$) (圖20b)。可明顯看出田間所採得的卵塊比室內恆溫飼養所採到的卵塊大，這是因為田間的

雌蟲在雄蟲背上重覆產卵所造成。章 (1985) 亦認為負子蟲的產卵方式很特別，卵是分批產出，每批卵間隔數小時至二天。有些雄蟲背部有三批卵。由於卵分批產出所以也就分批孵化(圖21)。

室內飼養測定雌蟲一生總產卵數時，是以每日採卵的方式計算。據觀察發現，雌蟲卵巢的每一條微卵管，最多也只能容納六粒發育成熟的卵；因此雌蟲的一對卵巢充滿發育成熟的卵粒時，最多也只能容納約六十粒卵；而據Jawale & Ranade (1988) 報告在印度，此蟲則只能容納五十粒。因此室內飼養所得的卵塊其平均卵數只有42粒如表八。而田間的卵塊其卵數的來源應該有三種可能：(1) 同一隻雌蟲與雄蟲在不同的時間內所產下。這可以從卵塊中的卵是隔日分批孵化出若蟲得知。(2) 一隻以上的雌蟲同時與雄蟲交尾所產下(Jawale & Ranade 1988)。(3) 二隻或二隻以上的雌蟲先後與同一隻雄蟲交尾所產下。本研究在1990年三月初於三峡田間曾觀察到一隻雄蟲正同時與二隻雌蟲輪流交尾產卵。另外在室內的水族箱所飼養的負子蟲也可見到同樣的現象。

(五). 行為習性

1. 捕食行為

負子蟲常棲息於有豐富水生植物或可供攀附的水域，捕食水域內的其他動物如甲殼綱的水蚤(Water flea)、無脊椎動物的螺類及其他水生昆蟲，例如龍虱，豆娘及水生雙翅目的幼蟲，甚至還包括脊椎動物的蝌蚪或小魚(伊藤 1977; 春田 1983; 許 1983; 章 1985; Ichikawa 1985;

Tawfik & Lutfallah 1978)。因此有些國家就曾經嘗試利用負子蟲來防治孑孓或有害的螺類(Strickman 1981; Venkatesan & Jeyachandra 1985; Venkatesan & Sivaraman 1984)。

在負子蟲的捕食行為方面，因其屬於肉食性的水棲半翅目昆蟲，前足特化為捕捉足，前足腿節發達膨大(圖10a)。腿節具有一條縱溝恰可容納脛節及跗節。此等構造使負子蟲在捕食獵物時，可以牢牢地將獵物抓住。而其中足及後足的脛節及跗節內側都著生有游泳毛，使其可自由地在水中游泳。雖然如此，負子蟲通常是以中足及後足攀附在水生植物上，而其前足則時時刻刻保持懸空，伺機等待獵物的接近，很少主動去追捕獵物(圖22a)。因此水生植物對負子蟲而言，是非常重要的而且必需的條件(許 1983)。

當負子蟲發現有獵物向其接近時，會立刻用鐮刀狀的捕捉足撲向獵物，迅速將獵物抓住，同時以刺吸式的口器刺入獵物身體較柔軟的部位(圖22b)。注入唾液將其麻痺並將之消化後吸食獵物的體液，僅剩透明軀殼(圖22c)。負子蟲將獵物把握在前足吸食的時間(Handling time)會隨著齡期的增長而減少(Venkatesan & Sivaraman 1984)。負子蟲個體間，有自相殘殺的現象；而且大都是齡期大的個體捕食齡期較小的個體。同齡之間也常常會相互攻擊，互相以刺吸式口器攻擊對方，戰敗的一方就被對方所捕食(圖22d)。觀察負子蟲的捕食行為時，可時常看到數隻負子蟲有同時爭食同一隻獵物之現象(圖22e)。室內飼養觀察時，曾見到七隻成蟲同時爭食一條體長約為3公分的大

肚魚。

2. 越冬行為

田蟹科昆蟲都會有越冬的習性，以成蟲在塘沼，湖泊，河流等水域的岸邊或淺灘的泥中越冬(章 1985; Menke 1963; McPherson & Packauskas 1986)。台灣北部地區十月下旬，二期稻收割完畢氣溫也逐漸降低，此時生活於水稻田的負子蟲當年中最後的一個世代的若蟲羽化後，其生殖系統就暫時停止發育，就以成蟲在田間進行越冬。越冬的場所通常是選擇水稻收割後的遺株(圖23a)或是田埂的土縫(圖23b)。

越冬族群的分佈大致以靠近水田灌溉溝渠的兩側數量較多。在越冬期間所採到的151隻成蟲中就有143隻是分佈在靠近灌溉溝渠旁的稻田內，佔94.7%。越冬族群雌雄的性比率為1:1.3(♂65:♀86)，如表九所示。負子蟲在越冬時，通常可看見數隻成蟲聚集在同一處越冬場所(圖23a)。而所聚集的個體之中雌雄蟲皆有，最高記錄在同一中叢稻樁中發現聚集著13隻成蟲，其中雌蟲8隻，雄蟲5隻。越冬期間遇到下大雨造成稻田積水的情況時，越冬成蟲會爬到地勢較高的地方(圖23c)。等到積水退去之後再尋找越冬場所。這是因為越冬成蟲不喜歡棲息在低溫的水中，減少熱量的散失維持生命度過寒冷的冬季。相對的，在越冬期間若是遇到氣溫回昇，部份越冬成蟲會四處活動，甚至會爬到溝渠中捕食滋生的孑孓或水蚤(Water flea)。氣溫再度下降時則又回到越冬場所，可知負子蟲在越冬期間並無固定的越冬場所。尤其當氣溫回昇時，越冬成蟲會改

變越冬的場所。不過其越冬場所大都選擇較潮濕的地方以減少身體水份的散失。因此稻田的中央及遠離灌溉溝渠的田間，負子蟲的分佈就很少，只佔5.3%。

3. 生殖行為

由負子蟲的生殖行為觀察得知，其整個生殖行為的進行過程幾乎是一連串進行著，尤其是交尾及產卵的行為乃是交互進行著(Böttger 1974)。但是依據進行步驟的連貫性，可將其整個生殖行為區分為二個階段：(1)求偶階段。(2)交尾及產卵階段。在這二個階段的生殖行為進行過程中，雌雄蟲以許多動作進行溝通。在28℃溫度，雌蟲羽化後，經過10.7日的生殖前期，體內之生殖系統逐漸達到性成熟之後，即開始進行生殖行為。

(1) 求偶階段：

在負子蟲的生殖行為中，首先進行求偶行為，在求偶時，當發育成熟的雄蟲發現周遭有雌蟲時，首先由雄蟲攀附在接近水面的水生植物或任何可供依附的物體上，其前足保持懸空，以中足為軸，後足則上下運動使其腹部能於水面上做出類似「伏地挺身」的伏動(Pumping)動作(Kraus 1989)(圖24a)。次數多且動作幅度大，藉此動作來吸引雌蟲的注意。據Smith (1979b)的研究報告，雄蟲在一個缺乏雌蟲的環境是不會進行伏動。由於其腹部在水面做忽上忽下的運動，因此會產生一陣一陣的水面波動，雄蟲就是藉著這種有規律的水波來傳達求偶的訊息。

當雌蟲接獲此種求偶訊息後，則會逐漸朝「波源」的中心靠近，並以其前足試圖勾住雄蟲的身體或各足(圖24b)

。然而此時雄蟲對於雌蟲的攀抓舉動會先予以避開，另於他處繼續做伏動來吸引雌蟲。雄蟲起先之所以會避開雌蟲的攀抓，Smith (1979b)認為雄蟲就是藉著躲避及最後的攀抓而選擇理想而合適的配偶與之交尾並背負攜帶有雄蟲遺傳基因的卵塊。由雄蟲的行為表現可得知，求偶階段的進行過程是由雄蟲所主導。據Smith (1979b)的報告，在另一種負子蟲*Abedus herberti*的生殖行為中，交尾與產卵也是交互進行，同時也是由雄蟲主導整個生殖行為的進行。

雌蟲及雄蟲就是如此持續追逐及伏動，一直到雄蟲不再逃避雌蟲的攀抓時。即表示這時候的雄蟲已經完全接受這隻雌蟲做為其生殖配偶。到了這時候「求偶階段」即告完成。期間需歷時40-90分鐘之久。由觀察發現，當在同一環境中，雌蟲個體數愈少時，雄蟲完成選偶所花費的時間會愈長。

(2) 交尾及產卵階段

負子蟲完成「求偶階段」之後，緊接著進行交尾前的愛撫行為，首先雄蟲會先與雌蟲試交一次。歷時9-12秒鐘；然後雄蟲會主動鑽入雌蟲腹部下方，此時雌蟲會以前足，中足及後足抓住雄蟲的頭部，中足及後足的部位，並開啟腹末腹面的生殖板露出其外性器。這同時雄蟲也向上高舉其腹末的一對呼吸管接觸到雌蟲的外性器，雄蟲此時開始「上下左右」持續搖動腹部尾端，藉此動作使其呼吸管也能上下左右摩擦到雌蟲的外性器而達到刺激雌蟲進行交尾產卵的目的。這同時可看到有一粒大型氣泡隨著雄蟲搖

擺腹末而出現於其腹部尾端的兩側(圖24c)。這是因為原先儲存於雄蟲腹部與半翅鞘之間的空氣受到雄蟲因上下左右搖擺其腹部時的擠壓而產生此一特殊現象。在這期間雌雄蟲會略作休息數秒鐘，然後兩蟲會分開再試交一次之後，再繼續作搖擺的親密行為。

略作休息時兩蟲姿勢不變，皆保持靜止不再搖動。此時兩者皆會各自伸縮其呼吸管並略為壓縮出各自儲存的氣泡使其呼吸管能於水中進行空氣的補充。一般在愛撫行為進行的過程中雌雄蟲可試交5-7次，每次試交歷時平均為 11.01 ± 1.27 秒($n=6$)；交尾之前已配對的成蟲可進行6-8次的愛撫行為，而每次愛撫行為平均持續 $2分31秒 \pm 37.8$ 秒($n=7$)，如表十。此種交尾前的愛撫行為可持續進行約12-15分鐘。

愛撫行為之後，緊接著進行真正的交尾行為。交尾時雌蟲與雄蟲個體會呈「倒V」型的姿勢或互成 $70^{\circ} - 90^{\circ}$ 的姿勢進行交尾(圖24d)。由表十一可知，交尾行為平均歷時 11.6 ± 2.13 秒($n=39$)。交尾後立刻進行產卵，此時雄蟲會主動鑽入雌蟲的腹部下方，雌蟲則會以其前足，中足及後足抓住雄蟲的身體或中足及後足。因為雌雄蟲在產卵時，傳遞訊息之用。據觀察發現，雌蟲大都是以其後足的附節搭在雄蟲的後足附節上(圖24e)；雄蟲會轉動身體的姿勢讓雌蟲選擇適當的位置產卵。雄蟲每次改變姿勢之後，即會保持不動讓雌蟲選擇，雌蟲若不滿意雄蟲的姿勢，則雌蟲就不會有產卵的動作。此時雄蟲若發覺雌蟲毫無產卵的舉動時，雄蟲會再一次的變換身體的姿勢再讓雌蟲選

擇。當雌蟲找到合適的產卵位置後，會抖動其後足跗節通知雄蟲；雄蟲接獲訊息後就會保持姿勢不動，讓雌蟲在雄蟲背上產卵。產卵時雌蟲會先在雄蟲背部半翅鞘上塗抹一層膠質(章 1985; Smith 1974; Kruse & Leffler 1984)。

據測量發現，膠質厚約 $0.81 \pm 0.04\text{mm}$ ($n=35$)，其後再將一粒卵產於膠質內，卵埋入膠質深約 $0.72 \pm 0.03\text{mm}$ ($n=35$)，卵剛產下時雌蟲會以其扁平化的呼吸管，自卵的頂端將卵壓入膠質內幫助卵固定於雄蟲背上。產完一粒卵後，略作休息4 - 15秒再繼續交尾產卵，因此交尾及產卵是交互而持續的進行，每交尾一次只產一粒卵，有時候會重覆交尾2-4次才順利產下一粒卵。由表十一可知，平均每產一粒卵歷時1分59秒 ± 6.56 秒 ($n=39$)。產卵及卵孵化之順序如圖26所示。

五. 結論

負子蟲(*S. rustica*)為常見於台灣水稻田及低海拔沼塘之水棲半翅目昆蟲。負子蟲之雌雄蟲在交尾後，雌蟲會將卵產於雄蟲的半翅鞘之背面上，由雄蟲背負孵育，一直到卵孵化為止。

負子蟲的卵是被產在一層透明膠質中，此膠質是雌蟲在卵產下之前所預先塗佈於雄蟲半翅鞘上，整個卵塊是黏著在雄蟲之半翅鞘。初產之卵呈卵圓形，淡黃色；老熟卵長圓形，黃褐色，頂端有兩個暗紅色眼點。若蟲共有五個齡期，若蟲前足，中足及後足具跗節一節，末端各有二爪。氣孔九對，中胸及後胸各一對，其餘七對則位於腹部腹面。後胸後側片發達，圍繞在後足基節，並向腹部延伸至第四腹節腹面。成蟲體呈卵圓形，褐色，頭呈三角形，複眼暗紅色，觸角四節，隱藏在複眼下，其II及IV節向一側延長或膨大。口刺吸式，口喙三節，小盾片發達，三角形。成蟲前足跗節一節，中足及後足為二節，末端具二爪。短翅型個體，後翅呈刀鞘狀，長翅型之後翅呈褶扇狀。腹部第一對氣孔特化增大，位於第一腹節背面，隱藏於翅下。成蟲具伸縮性呼吸管一對。雄蟲呼吸管末端外側各有一簇剛毛。雄蟲生殖板三角形，雌蟲為鈍圓形，雌蟲生殖板末端兩側各有一簇短剛毛。成蟲可見腹節七節。第八至十一節則縮入於第六及第七節體腔內。

本蟲之各蟲期生長發育與溫度關係密切，發育速率隨著溫度的降低而明顯減慢，在溫度為28℃，23℃及18℃下

，卵期分別為7.13，11.4，15.8天。若蟲期平均發育日數為33.01，40.96，60.46天。雌蟲之生殖前期在28℃及23℃時，分別為10.78天及12.78天。室溫條件飼養結果，成蟲性比率約為1:1(♂50:♀55)。在28℃，食物條件充足下，大約每50天就能完成一代。而在田間，因受水稻期作的影響，在台灣北部地區每年約發生三～四代。各蟲期常有重疊之現象。

成蟲壽命會因溫度不同而有所差異，在溫度為28℃及18℃時，成蟲平均壽命分別為169天及322.6天。隨著溫度的降低，成蟲壽命會延長。雌蟲在溫度為28℃下，平均產卵412.88粒。雌蟲受卵巢構造之侷限，每次產卵最多只能產下約六十粒的卵。

室內飼養所採得之卵塊，平均含卵42.03粒，而田間所採之卵塊平均為82.78粒。這是因為雌蟲在雄蟲背部重覆產卵的結果。而重覆產卵的方式有下列三種可能：(1)同一隻雌蟲與雄蟲在不同的時間內所產下。這可以從卵塊中的卵是隔日分批孵出若蟲得知。(2)一隻以上的雌蟲同時與雄蟲交尾所產下。

雌蟲產卵的順序是由雄蟲半翅鞘的末端開始產起，所以卵的孵化順序，一般也都是先由靠近雄蟲半翅鞘末端的卵比較早孵出。有雄蟲背負孵育的卵塊其孵化率可達97.63% (n=36)。若無雄蟲背負孵育，卵塊孵化率會降低，甚至全部無法孵化。由此可知，雄蟲負卵孵育對卵的發育及孵化有很密切的關係。

負子蟲在捕食時，一般都是攀附在水生植物或可供攀

附的物體上，張開前足靜待獵物的接近，很少主動去追捕獵物。同類之間常發生自相殘殺之現象。

在台灣北部地區，負子蟲於每年的十月下旬至次年的二月下旬在稻田的水稻遺株或田埂土縫中越冬。一直到三月上旬才開始活動，進行繁殖。

負子蟲的生殖行為可區分為二階段，此即(1)求偶階段。(2)交尾及產卵階段。整個生殖行為的進行都是由雄蟲所主導。雄蟲在水面以伏動產生水波，吸引雌蟲注意，並藉著躲避雌蟲的攀抓而選擇合適的雌蟲做為其生殖配偶。每次交尾平均歷時 11.6 ± 2.13 秒($n=39$)，交尾之後就進行產卵，而且是每交尾一次才產下一粒卵，每次產卵平均歷時 $1\text{分}59\text{秒} \pm 6.56$ 秒($n=39$)。

六. 中 文 摘 要

負子蟲(*Sphaerodema rustica* Fabr.) 分類上屬於半翅目(Hemiptera), 田蟹科(Belostomatidae), 田蟹亞科(Belostomatinae)的*Sphaerodema*屬。

因受水稻期作, 及稻田排水曬田之影響, 負子蟲在台灣北部地區, 每年發生三~四代; 若蟲共有五個齡期, 但各蟲期間常有重疊現象(Overlapping)。生活於水稻田的成蟲, 每年三月上旬出現於秧田, 開始繁殖後代。活動盛期為三月上旬至十月下旬。四月下旬第一代若蟲羽化; 十月下旬水稻收穫後, 以成蟲在收割後的遺株或田埂土縫中越冬。一直到次年三月初再開始活動; 性不活動期為(Sexual quiescent period)為十月下旬至次年的二月下旬。

在 $18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 至 $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ 等不同溫度下飼養此蟲發現, 各蟲期發育所需日數會隨著溫度的增加而減少, 溫度與各蟲期發育日數之關係分別為: 18°C : 卵期15.8日, 若蟲期60.46日; 23°C : 卵期11.4日, 若蟲期40.96日; 28°C : 卵期7.13日, 若蟲期33.01日。各蟲期個體之大小分別為: 初產卵, 卵長1.6mm, 卵徑1.0mm; 老熟卵, 卵長3.14mm, 卵徑1.12mm。一齡蟲, 體長4.14mm, 體寬2.30mm。二齡蟲, 體長5.45mm, 體寬3.34mm。三齡蟲, 體長7.61mm, 體寬4.51mm。四齡蟲, 體長10.06mm, 體寬6.09mm。五齡蟲, 12.66mm, 體寬7.67mm。成蟲體長16.51mm, 體寬10.07mm。另外, 本文亦對此蟲各期之外部形態作詳細描述。

在溫度為 18°C , 成蟲壽命平均為322.6天。 28°C 時,

則平均為169天。產卵量方面，28℃時，雌蟲平均產卵412.88粒；然而，在18℃時，雌蟲都不產卵。這是因為在低溫下，生殖系統發育受到抑制所致。負子蟲之雌蟲由於卵巢微卵管構造的關係，每條微卵管最多只能容納六粒成熟的卵，所以雌蟲每次產卵時，最多只能產下六十粒的卵。這也就是為何室內飼養時，雌蟲平均每次產卵數只有42.03粒，都少於六十粒。而田間雄蟲的負卵數平均為82.78粒。這是因為雌蟲在同一隻雄蟲背部重覆產卵所致。

負子蟲最特殊之習性就是在交尾後，雌蟲會將卵塊產於雄蟲背部，這些卵由雄蟲以多種特殊之孵育伏動(Brooding pumping)協助這些卵孵化。卵在孵化過程中，雄蟲亦會以震動身體，幫助剛孵化之若蟲脫離卵殼。有雄蟲背卵孵育之卵塊，孵化率可達97.63%。缺乏雄蟲背卵孵育之剝離的卵塊，則無法順利完成孵化。尤其是卵塊長時間浸泡於水中，或是處於乾燥之環境，則卵塊將因缺氧或缺水而全部死亡，孵化率為零。由此可知，雄蟲在負卵孵育過程中，扮演著非常重要的角色。負子蟲在負卵之生態意義為(1)對卵塊提供保護，以免遭受外敵侵害。(2)提供卵塊適宜之水份，氧氣條件及排除代謝廢物，使卵塊得以充份而順利發育。(3)協助剛孵化之若蟲脫離卵殼，使其得以迅速進入水中。

負子蟲之生殖行為可依進行步驟之連貫性，將之區分為二階段，此即(1)求偶階段。(2)交尾及產卵階段。整個生殖行為之進行都是由雄蟲所主導。在進行求偶時，雄蟲會以伏動(Pumping)之動作，吸引雌蟲的注意，當雌蟲受

到雄蟲的伏動吸引而靠近時，雄蟲又會以躲避雌蟲的攀抓，做為選擇雌蟲的方法，藉以挑選合適的雌蟲做為其生殖配偶。當雄蟲找到合適的生殖配偶後，會先與該雌蟲試交一次，歷時9 - 12秒，然後，再進行交尾前之愛撫行為。此時雄蟲會鑽入雌蟲腹部下方，由雌蟲以足抓住雄蟲的身體。雌蟲並開啟腹末的生殖板，露出外性器。此時雄蟲則上下左右搖動身體，並將呼吸管高舉，在雌蟲的外性器上隨著身體的搖動而摩擦雌蟲的外性器，藉以刺激雌蟲；期間歷時12 - 15分鐘。

進入交尾及產卵階段後，雄蟲與雌蟲會以 70° - 90° 之角度進行交尾，期間歷時 11.6 ± 2.13 秒。交尾之後立即產卵，此時雄蟲又會主動鑽入雌蟲腹部下方，讓雌蟲攀在其上，雌蟲後足附節會搭於雄蟲之後足附節上，構成傳遞訊息的橋樑。雄蟲會變換身體的方位，讓雌蟲選擇合適之產卵位置。找到產卵位置時，雌蟲會抖動後足附節示意給雄蟲。此時雄蟲就會保持姿勢不動讓雌蟲產卵。每交尾一次，只產下一粒卵。每產一卵平均歷時 $1\text{分}59\text{秒} \pm 6.56\text{秒}$ 。

雌蟲將卵產於雄蟲背部半翅鞘之順序，都是先由腹末的部位產下第一粒卵。然後再往前胸背板方向逐一產下。由於產卵的順序是由腹末先產，因此卵之孵化順序也就是以靠近腹末的卵比較早孵出。

七. 參考文獻

- 三輪勇四郎。1931。水棲昆蟲の話。 臺博報。21(105): 195-202。
- 中央氣象局。1989。 農業氣象旬報 36(1) - 36(36)。
- 江崎悌三。1931。紅頭嶼の異翅半翅類。 日本生物地理學會會報 2: 209-220。
- 加藤正世。1933。分類原色日本昆蟲圖鑑。第五輯。異翅目。厚生閣, 日本。63頁。
- 邱柳源。1952。龍泉池水棲昆蟲之種類及趨光性。 師院博物學會會刊 2: 37-42。
- 伊藤修四郎。1977。原色日本昆蟲圖鑑(下)。 保育社, 日本。385頁。
- 春田俊郎。1983。水邊の生きもの[採集とい方]。 日本文藝社, 日本。103頁。
- 素木得一。1955。昆蟲の分類。 北隆館, 日本。961頁。
- 許狄思。1983。香港昆蟲(卷2)。 香港市政局編印。160頁。
- 宮武賴夫。1975。タガメの飼育。 Nature study 21(5): 13-16。
- 宮武賴夫。1977。タガメ。 Insectarium 14(6): 12。
- 高島春雄。1930。タガメ, タイコウチ等に就いて。 臺博報。20: 173-176。
- 章士美。1985。中國經濟昆蟲誌。第31冊。半翅目(一)。 214-216頁。
- 程惊秋、杜雲、劉利。1989。大負子蟻卵殼結構和雄蟲孵卵生物學的研究。 昆蟲學報 32(2): 251-252。

- 蔡家泰。1951。龍泉池父子蟲(Sphaerodema rustica)之研究。師院博物學會會刊 2: 21-25。
- 楊遜謙。1985。水稻栽培[1-5]。啓農 18: 35; 19: 35-36; 20: 57; 21: 23-24; 22: 57-58。
- 楊遜謙。1986。水稻栽培[1-3]。啓農 23: 35; 26: 44-45; 28: 35-36。
- 鄭青煥。1985。水稻栽培。啓農 17: 48-49。
- 諸亞儂。1952。父子蟲(Sphaerodema rustica)之生態及其防治。師院博物學會會刊 3: 25-31。
- 櫻井良三。1985。生物大圖鑑。昆蟲I。世界文化社，日本。431頁。
- Böttger, V. K. 1974. The biology of Sphaerodema grassei ghesquierei. Studies of central African belostomatids (Heteroptera, Insecta) I. Arch. Hydrobiol. 74(1): 100-122.
- Hungerford, H. B. 1925. Note on the giant water bugs. Psyche 32(2): 88-91.
- Ichikawa, N. 1983. Mating and ovipositing behavior of Lethocerus deyrollei in the aquarium. Insectarium 20(4): 10-13.
- Ichikawa, N. 1985. Observation of Diplonychus major. Insectarium 22(8): 12-16.
- Ichikawa, N. 1988. Male brooding behavior of the giant water bug Lethocerus deyrollei Vuillefroy (Hemiptera: Belostomatidae). J. Ethol. 6: 121-127.

- Jawale, S. M. & D. R. Ranade. 1988. Observations on the parental care in Sphaerodema (=Diplonychus) rusticum Fabr. Geobios 15: 44-46.
- Julka, J. A. 1977. On possible seasonal fluctuations in the population of aquatic bugs in a fish pond. Orient. Insects 11(1): 139-149.
- Keffer, S. L. & J. E. McPherson. 1988. Descriptions of nymphal insects of Abedus breviceps (Hemiptera:Belostomatidae). Great Lakes Entomol. 21(4): 169-174.
- Kraus, B. 1985. Oviposition on the backs of female giant water bugs, Abedus indentatus: The consequence of a shortage in male back space? (Hemiptera:Belostomatidae). Pan-Pac. Entomol. 61(1): 54-57.
- Kraus, W. F. 1989. Is male back space limiting? An investigation into the reproductive demography of the giant water bug, Abedus indentatus (Heteroptera:Belostomatidae). J. Insect. Behav. 2(5): 623-648.
- Kraus, W. F. & M. J. Gonzales. 1989. Egg development and an evaluation of some of the costs and benefits for paternal care in the Belostomatidae, Abedus indentatus (Heteroptera: Belostomatidae). J. Kans. Entomol. Soc. 62(4): 548-562.

- Kraus, W. F. 1989. Surface wave communication during courtship in the giant water bug, Abedus inden-
tatus (Hemiptera: Belostomatidae). J. Kans. Entomol. Soc. 62(3): 316-328.
- Kruse, K. C. & T. R. Leffler. 1984. Female of the giant water bug, Belostoma flumineum (Hemiptera: Belostomatidae), captured carrying eggs. Ann. Entomol. Soc. Amer. 74(1): 20.
- Lauck, D. R. 1959. The locomotion of Lethocerus (Hemiptera: Belostomatidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 52: 93-99.
- Lauck, D. R. & A. S. Menke. 1961. The higher classification of the Belostomatidae (Hemiptera). Ann. Entomol. Soc. Amer. 54: 644-657.
- Lee, H. S. & Y. H. Lee. 1988. Ultrastructure of spermatogenesis in Diplonychus esakii (Heteroptera: Belostomatidae). Korean J. Entomol. 18(1): 49-63
- Madhavan, M. M. 1974. Structure and function of the hydropyle of the egg of the bug, Sphaerodema molestum. J. Insect. Physiol. 20(7): 1341-1349.
- McPherson, J. E. & R. J. Packauskas. 1986. Life history and laboratory rearing of Belostoma lutarium (Heteroptera: Belostomatidae) with description of immature stages. J. N.Y. Entomol. Soc. 94(2): 154-162.

- Menke, A. S. 1960. A taxonomic study of the genus Abedus Stål. (Hemiptera: Belostomatidae). Univ. Calif. Publ. Entomol. 16:393-440.
- Menke, A. S. 1963. A review of the genus Lethocerus in north and central America, including the West Indies (Hemiptera: Belostomatidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 54: 261-267.
- Ridley, M. 1989. The timing and frequency of mating in insects. Anim. Behav. 37(4): 535-545.
- Rubenstein, D. I. 1989. Sperm competition in the water strider, Gerris remigis. Anim. Behav. 38(4): 631-636.
- Smith, R. L. 1974. Life history of Abedus herberti in central Arizona. Psyche 81(2): 272-283.
- Smith, R. L. 1975. Surface molting behavior and its possible respiratory significance for a giant water bug Abedus herberti (Hemiptera: Belostomatidae). Pan-Pac. Entomol. 51(4): 259-267.
- Smith, R. L. 1976a. Brooding behavior of a male water bug Belostoma flumineum (Hemiptera: Belostomatidae). J. Kans. Entomol. Soc. 49(3): 333-343.
- Smith, R. L. 1976b. Male brooding behavior of the water bug Abedus herberti (Hemiptera: Belostomatidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 69(4): 740-747.

- Smith, R. L. 1979a. Repeated copulation and sperm precedence: Paternity assurance for a male brooding water bug. *Science* 205: 1029-1031.
- Smith, R. L. 1979b. Paternity assurance and altered roles in the mating behavior of a giant water bug, Abedus heriberti (Heteroptera: Belostomatidae). *Anim. Behav.* 27(3): 716-725.
- Smith, R. L. 1980. Evolution of exclusive postcopulation paternal care in the insects. *Fla. Entomol.* 63(1): 65-78.
- Smith, R. L. 1989. Oviposition, amnions and eggshell architecture in the diversification of terrestrial arthropods. *Quart. Rev. Biol.* 64(2): 147-167.
- Strickman, D. 1981. Number of egg per male giant water bug, Belostoma micantulum in Paraguay. *Mosq. News.* 41(2): 375.
- Tawfik, M. F. S. & A. F. Lutfallah. 1978. The biology of Sphaerodema urinator Duf. (Hemiptera: Belostomatidae). *Z. Ang. Entomol.* 86: 266-273.
- Venkatesan, P. 1983. Male brooding behavior of Diplonychus indicus (Hemiptera: Belostomatidae). *J. Kans. Entomol. Soc.* 56(1): 80-87.
- Venkatesan, P. & C. M. Jeyachandra. 1985. Estimation of mosquito Anophels stephensi predation

- by the water bug Diplonychus indicus. Indian J. Exp. Biol. 23(4): 227-229.
- Venkatesan, P. & T. K. R. Rao. 1980a. Description of a new species and a key to Indian species of Belostomatidae. J. Bombay Nat. Hist. Soc. 77(2): 299-303.
- Venkatesan, P. & T. K. R. Rao. 1980b. Water loss by eggs of Diplonychus sp. (Hemiptera: Belostomatidae). J. Kans. Entomol. Soc. 53(3): 587-594.
- Venkatesan, P. & S. Sivaraman. 1984. Changes in the functional response of instars of Diplonychus indicus (Hemiptera: Heteroptera: Belostomatidae) in its predation of 2 species of mosquito larvae of varied size. Entomon. 9(3): 191-196.

附

表

陽明先生全集

表一. 負子蟲 (*S. rustica*) 各蟲期之平均體長和體寬 (mm)

蟲 期	體 長	體 寬
1st	4.14±0.10	2.30±0.07
2nd	5.45±0.24	3.34±0.08
3rd	7.61±0.18	4.51±0.13
4th	10.06±0.22	6.09±0.23
5th	12.66±0.14	7.67±0.13
雌蟲	16.17±0.16	9.32±0.11
雄蟲	16.51±0.22	10.07±0.14

註: 1. 飼養條件: 溫度 $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 光周期 12L:12D; 第一齡至第三齡若蟲供以熱帶家蚊 (*Culex pipiens quinquefasciatus*) 幼蟲, 第四齡及第五齡若蟲則供以大肚魚 (*Gambusia affinis*).

2. 蟲數: (n=30)

表二. 負子蠟(*S. rustica*)成蠟足各節平均長度之比較 (mm)

	Coxa	Troch.	Femur	Tibia	Tar.1	Tar.2	Claw
前足	2.8±0.18	1.04±0.07	3.04±0.21	2.23±0.16	0.15±0.02	---	0.15±0.01
中足	2.6±0.14	1.62±0.12	3.82±0.27	3.64±0.25	0.91±0.06	0.83±0.02	0.45±0.05
後足	3.6±0.23	1.71±0.11	4.71±0.23	5.53±0.37	1.60±0.11	1.24±0.08	0.52±0.03

註: $\bar{X} \pm SD$, (n=15)

表三. 負子蟲 (*S. rustica*) 各蟲期在不同生長溫度下之發育時間 (天)

溫度 (°C)	卵期 (n=15)	若蟲期 (n=30)				
		受精卵	1st	2nd	3rd	4th 5th
18±1	15.8±1.17	9.71±1.12	9.26±0.69	11.57±2.11	12.89±1.72	17.03±1.73
23±1	11.4±1.02	6.23±0.63	7.25±1.35	6.25±1.09	8.71±1.33	12.89±1.44
28±1	7.1±0.78	6.74±0.66	6.86±1.18	6.24±1.83	5.59±1.74	7.58±1.68

註: 1. 飼養條件: 光周期12L:12D; 第一齡至第三齡若蟲供以熱帶家蚊 (*Culex pipiens quinquefasciatus*), 第四齡至第五齡若蟲則供以大肚魚 (*Gambusia affinis*).

2. $\bar{X} \pm SD$

表四．負子蟲(S. rustica)卵在不同處理下，孵化率之差異情形

處理方式	卵塊數(卵粒數)	孵化率(%)	平均($\bar{X} \pm SD$)
範圍			
有雄蟲魚卵	36 (1,648)	96 - 100	97.63 $\pm$ 1.41
無雄蟲魚卵			
濕棉花	18 (835)	70 - 92.3	84.26 $\pm$ 3.46
乾濾紙	15 (624)	0	0

註：環境條件：溫度 $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，光周期12L:12D，相對濕度：50%

表五. 負子蟲 (*S. rustica*) 室內及田間的卵孵化率之比較

卵塊來源	卵塊數 (卵粒數)	孵化率 (%)	
		範圍	平均 ($\bar{X} \pm SD$)
室內1	33 (1,155)	86.56 - 100	94.98 $\pm$ 6.85
田間2	36 (2,951)	95.54 - 100	97.63 $\pm$ 1.14

註: 1. 卵塊採自 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 恆溫箱所飼養之負卵雄蟲.
 2. 卵塊於1991年4月11日採自田間之負卵雄蟲.

表六. 魚子蟲 (S. rustica) 第一齡及第三齡若蟲蛻皮所需時間

齡 期	蟲 數	蛻 皮 時 間	
		範 圍	平 均 ($\bar{x} \pm SD$)
第一齡	12	4分12秒~7分24秒	4分30秒 $\pm$ 1分35秒
第三齡	9	4分42秒~8分5秒	5分14秒 $\pm$ 2分15秒

表七. 不同溫度下負子蟲 (*S. rustica*) 成蟲之平均壽命

成蟲	溫度 (°C)	蟲數	壽命 (天)
雄蟲	18±1	19	320.42±31.25
	28±1	16	161.24±24.76
雌蟲	18±1	17	324.78±26.87
	28±1	20	176.76±31.12

註: 飼養條件: 光周期12L:12D; 成蟲期均供以大肚魚
(*Gambusia affinis*)

表八. 負子蟲 (*S. rustica*) 室內及田間卵塊之平均卵粒數

卵塊來源	卵塊數	卵粒數	平均 ($\bar{x} \pm SD$)	
			範圍	
室 內1	167		18-58	42.03 $\pm$ 7.31
田 間2	50		56-113	82.78 $\pm$ 11.24

註: 1. 卵塊採自28 $\pm$ 1℃恆溫箱所飼養之負卵雄蟲.
 2. 卵塊於1991年4月11日採自田間之負卵雄蟲.

表九. 越冬負子蟲 (*S. rustica*) 在稻田中之分佈及性比

越冬地點	蟲數	百分比	性比(♂:♀)
溝渠兩側	143	94.7	1:1.3 (65:86)
其他	8	5.3	

表十. 負子蟪 (*S. rustica*) 愛撫行為與試交所持續之時間

行 為	次 數	時 間	平 均 ($\bar{x} \pm SD$)
愛撫行為	7	2分5秒~3分56秒	2分31秒 $\pm$ 37.8秒
試 交	6	9.1秒~13秒	11.01秒 $\pm$ 1.27秒

註: 飼養條件: 溫度 $25 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

表十一. 負子蟪 (*S. rustica*) 之交尾及產卵所需時間

行為	次數	時間	
		範圍	平均 ($\bar{x} \pm SD$)
交尾	39	9.6秒~15秒	11.6秒 $\pm$ 2.13秒
產卵	39	1分22秒~4分25秒	1分59秒 $\pm$ 6.56秒

註: 交尾及產卵行為是在溫度 $25 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 下所進行.

陽明先生全集

附

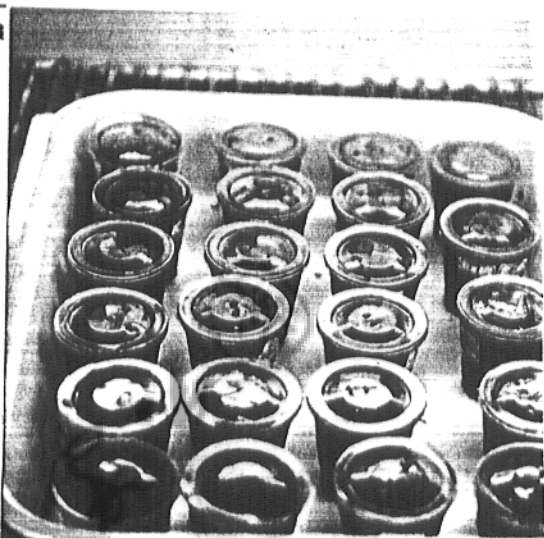


1



2

a



b



c

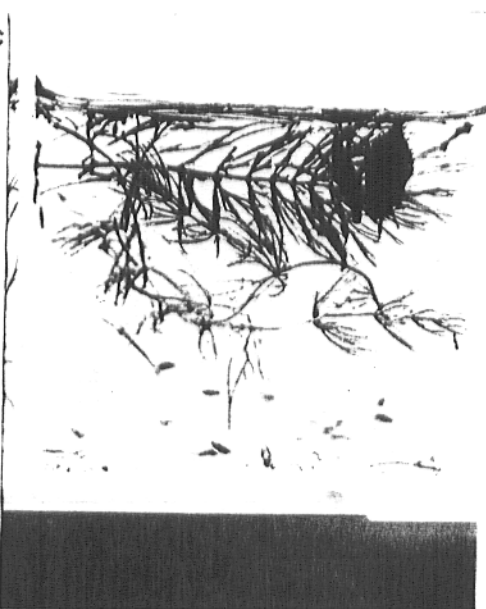


圖1. 水稻田中，正在負卵孵育之負子蟲 (*S. rustica*) 雄蟲。

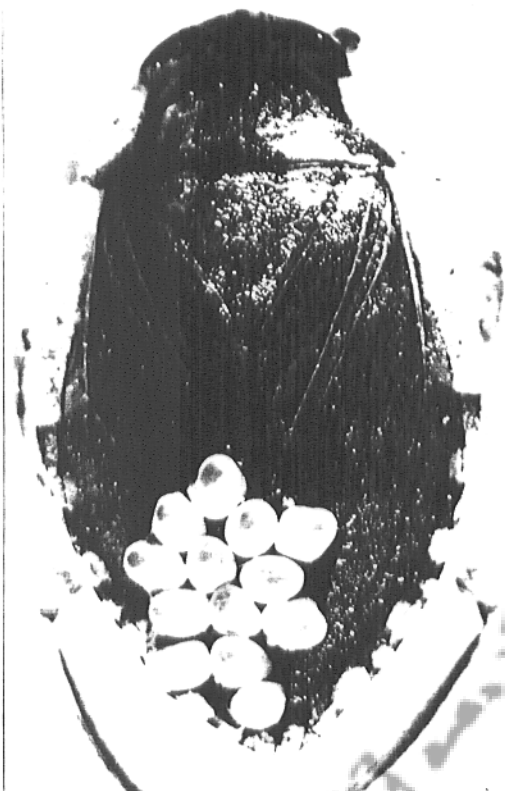
圖2. 飼養容器：

(a) 飼養第一齡至第三齡若蟲之圓型透明盒。

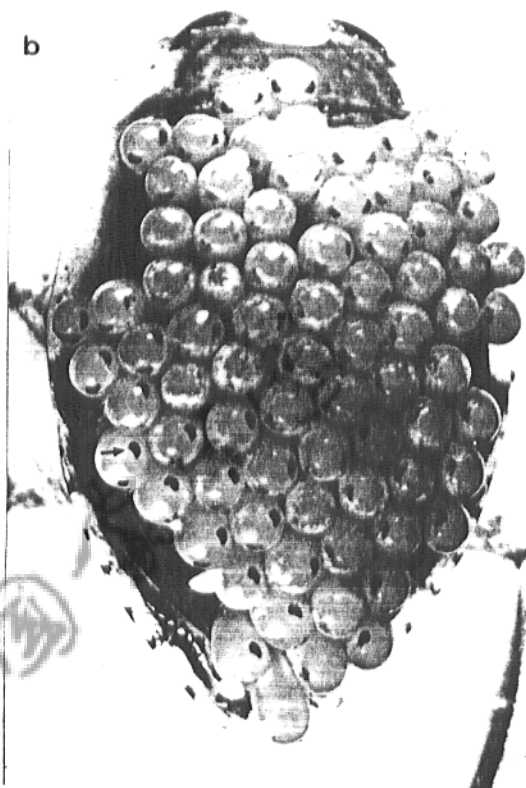
(b) 飼養成蟲之透明壓克力容器。

(c) 壓克力盒中，配對飼養之負子蟲 (*S. rustica*) 成蟲。

3
a



b



c

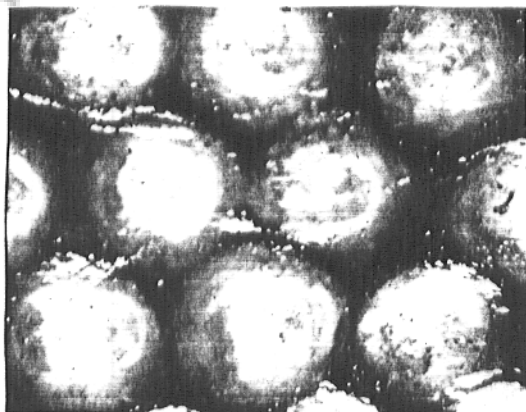


圖3. 負子蟲 (*S. rustica*) 卵之發育:

- (a) 初產卵呈淡黃色。
- (b) 卵發育後，呈黃褐色，卵的頂端可見到兩個暗紅色眼點。
- (c) 卵是被產在一層由雌蟲所分泌的透明膠質中。

陽明先生全集

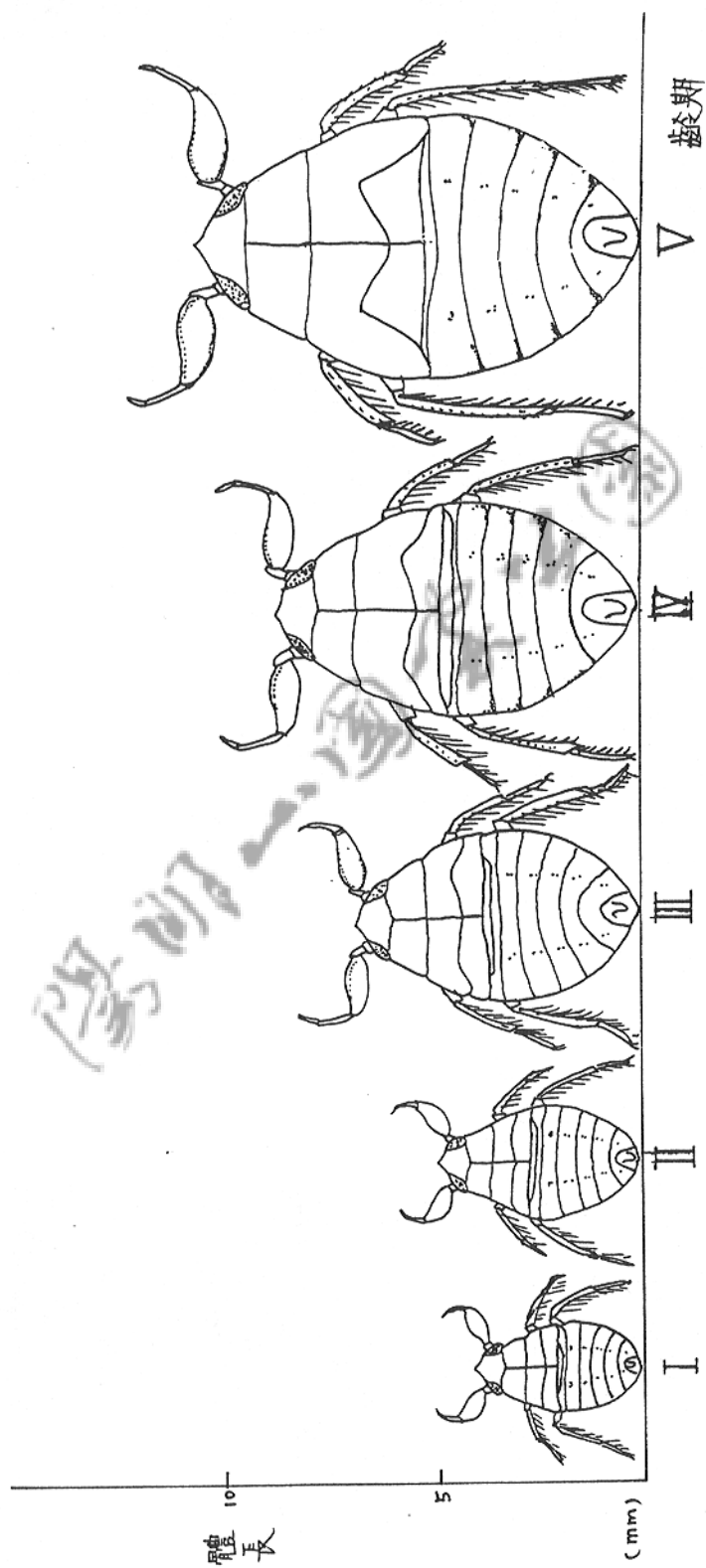


圖4. 魚子蟲 (*S. rustica*) 各齡若蟲形態及大小之比較.

5
a



6

b

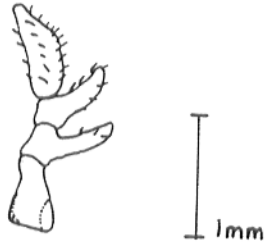


圖5. 負子蟲 (*S. rustica*) 若蟲之呼吸構造：

- (a) 後胸後側片膨大，圍繞 於後足基節周圍，腹部並佈滿防水毛。
- (b) 若蟲潛入水中後，其腹部腹面可形成一空氣膜，此為若蟲期之儲氣構造。

圖6. 負子蟲 (*S. rustica*) 之雄蟲(左)及雌蟲(右)。

a



b

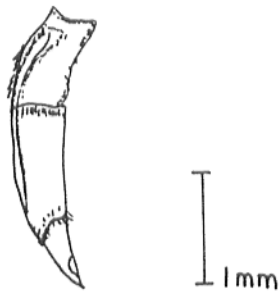


圖7. 負子蟲 (*S. rustica*) 之 (a) 觸角 (b) 下唇鞘。

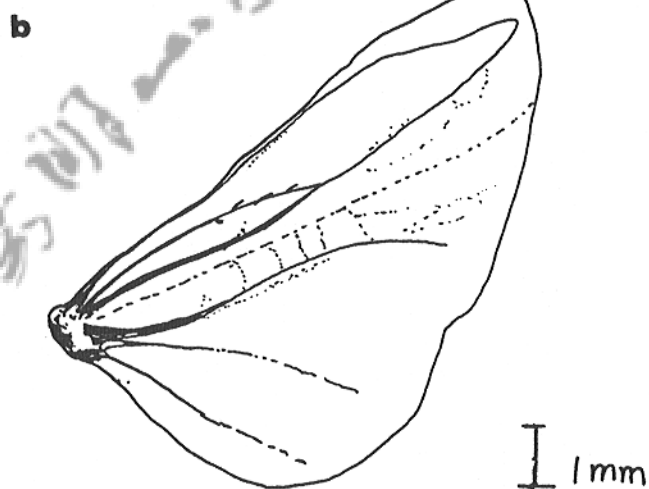


圖8. 負子蟲 (*S. rustica*) 之後翅：

(a) 短翅型個體之後翅，呈刀鞘狀。

(b) 長翅型個體之後翅，呈褶扇狀。

陽明先生全集

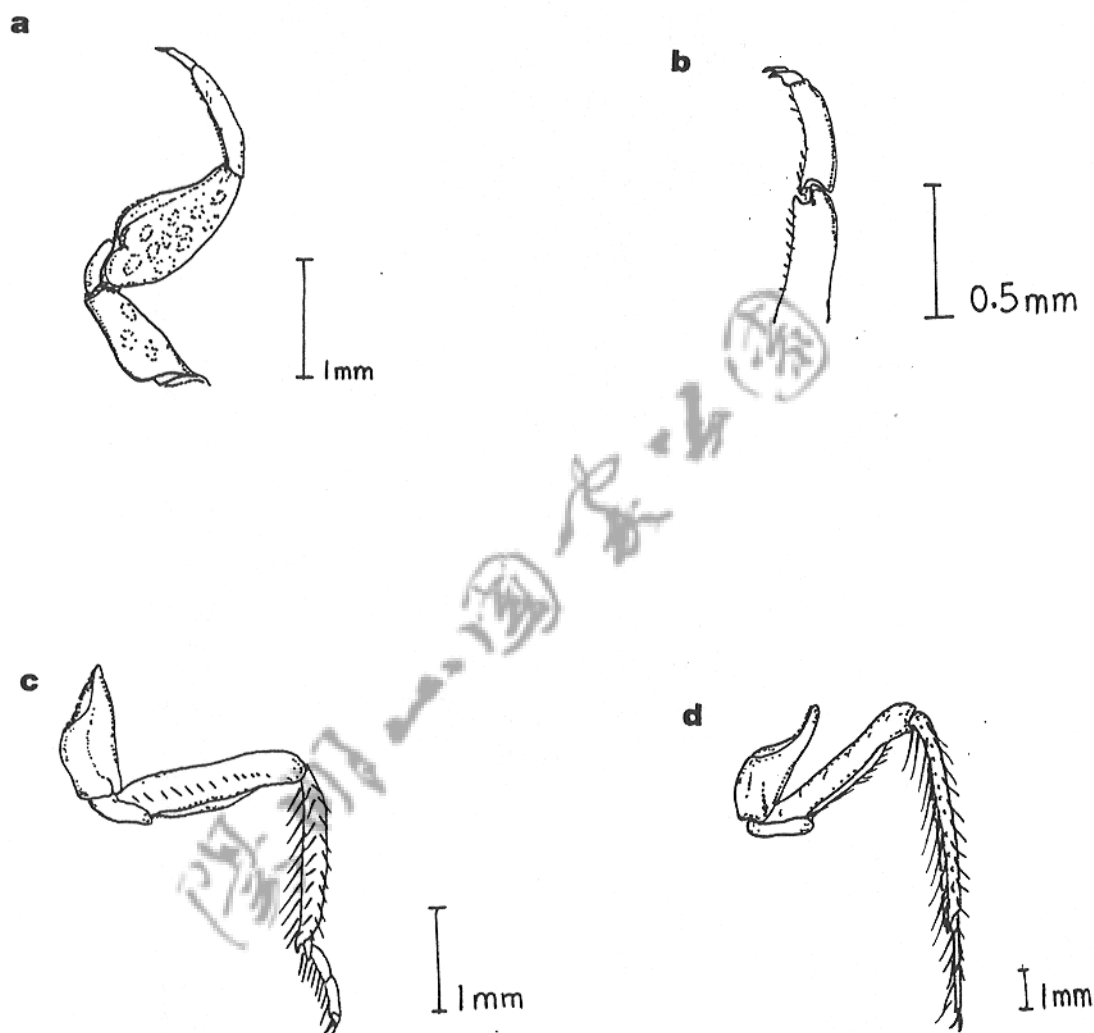
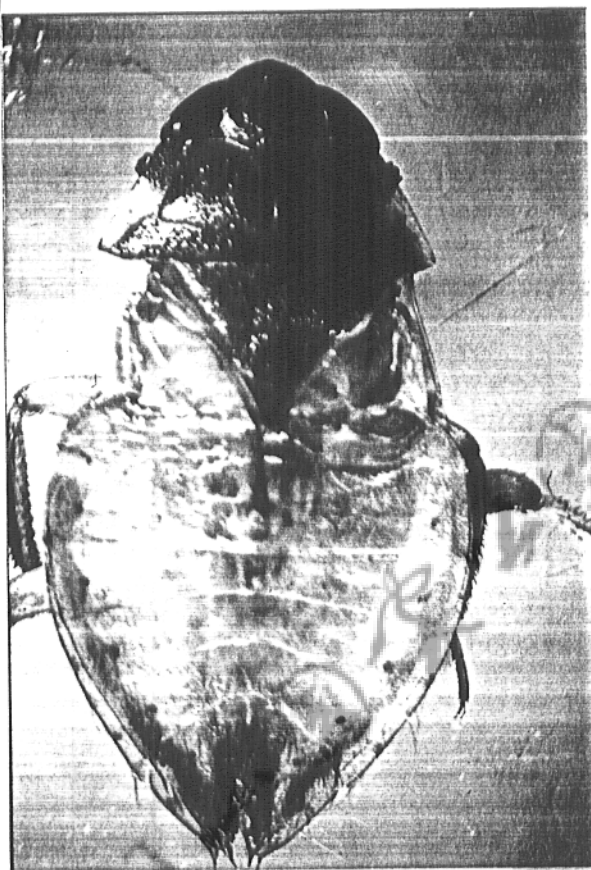


圖9. 負子蟲 (*S. rustica*) 之足：

- (a) 前足為捕捉足，腿節膨大，其腹面具有一條縱溝，恰可容納脛節及跗節。
- (b) 前足跗節癒合為一節，末端具二爪。
- (c) (d) 成蟲之中足及後足為游泳足，跗節兩節，末端具二爪。

10

a



b



11

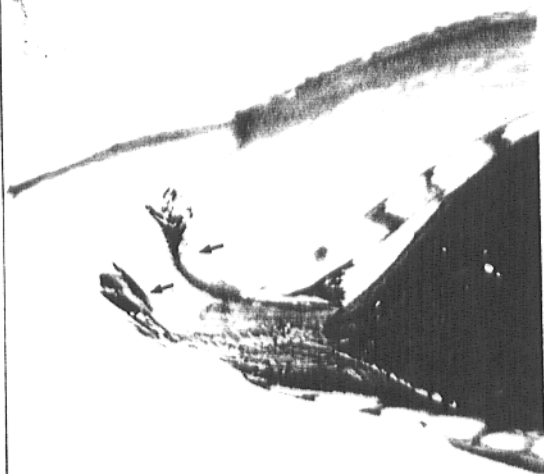


圖10a. 負子蟲 (*S. rustica*) 之腹部第一對氣孔特
化增大位於腹部背方，隱藏在前翅之下。

b. 腹部第一對氣孔之局部放大。(80x)

圖11. 負子蟲 (*S. rustica*) 成蟲之呼吸管
(Air straps) (雄蟲)。

12

a



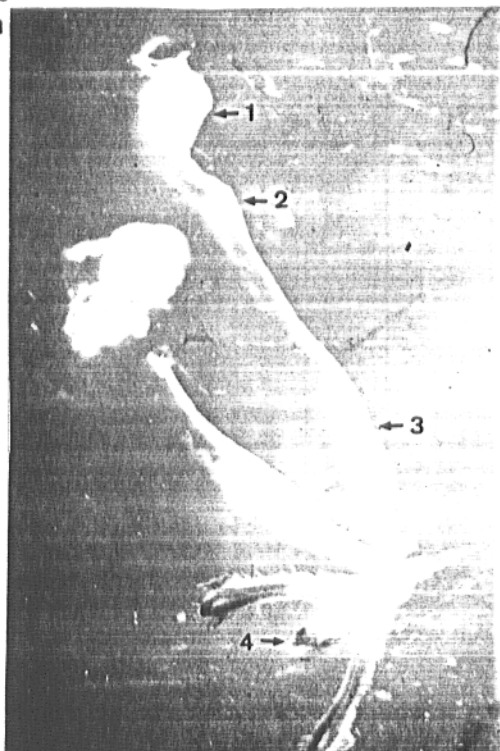
b



圖12. 負子蟲 (*S. rustica*) 成蟲之生殖板
(Genital plate) (60x)
(a) 雄蟲之生殖板。
(b) 雌蟲之生殖板，末端兩側各有一簇剛毛。

13

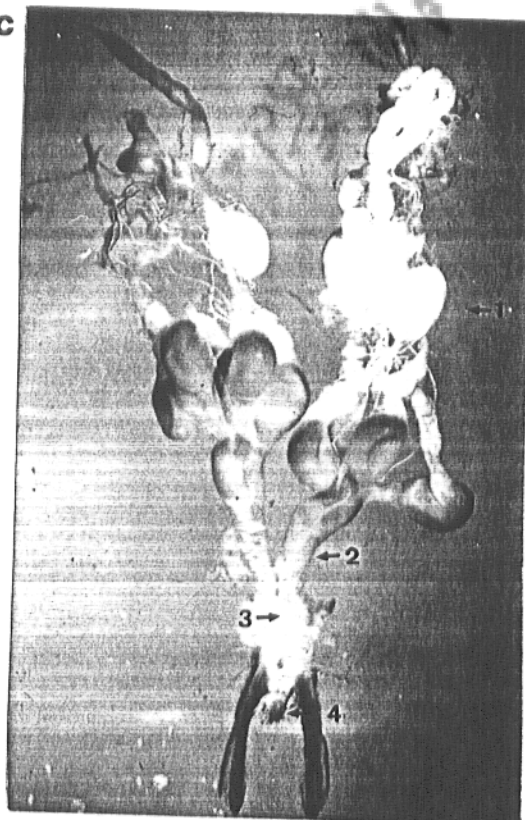
a



b



c



14

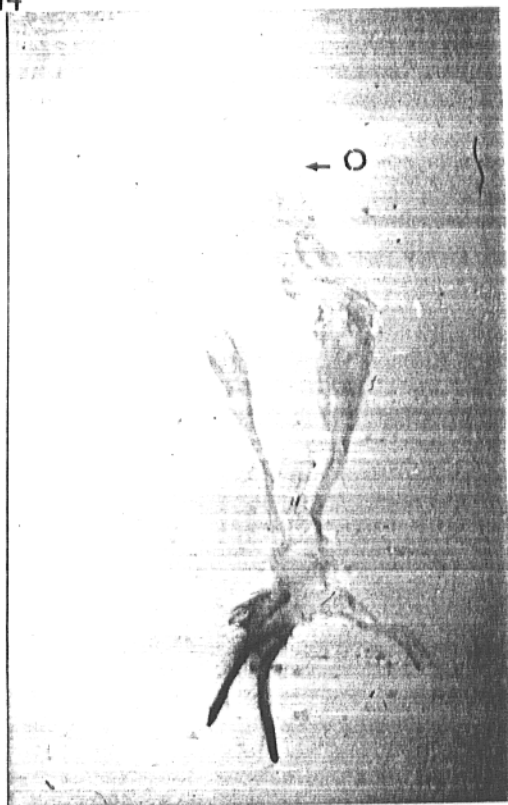


圖13. 負子蟲 (*S. rustica*) 成蟲之生殖系統。

(a) 雄蟲生殖系統之構造 (50x)

1. Testes (精巢)
2. Vas efferens (輸精管)
3. Vesicula seminalis (貯精囊)
4. Phallus (陽具)

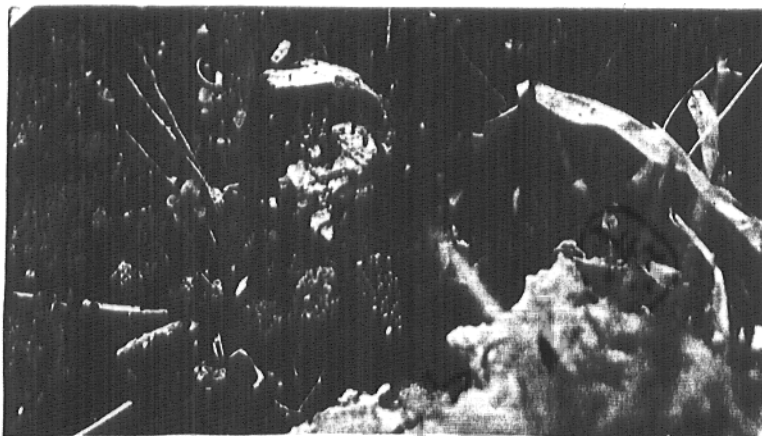
(b) 精巢含有五條微精管 (Testicular follicles) (120x)

(c) 雌蟲生殖系統之構造 (45x)

1. Ovaries (卵巢)
2. Lateral oviduct (側輸卵管)
3. Spermatheca (受精囊)
4. 外性器

圖14. 負子蟲 (*S. rustica*) 之越冬雌蟲，其卵巢發育受到抑制。 O: Ovary (卵巢) (45x)

15



16

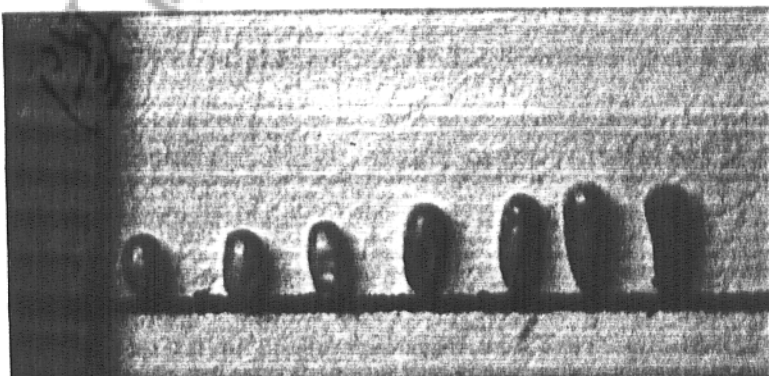


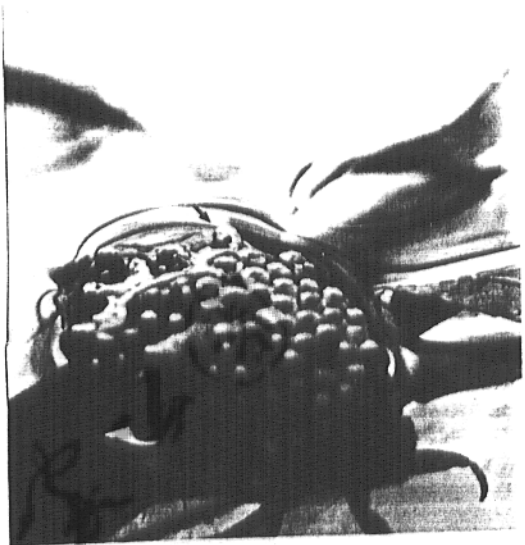
圖15. 田間缺水，負卵雄蟲爬到田埂土縫中，
進行蟄伏。

圖16. 負子蟲 (*S. rustica*) 隨著發育時間之
增加，卵粒之大小之變化。

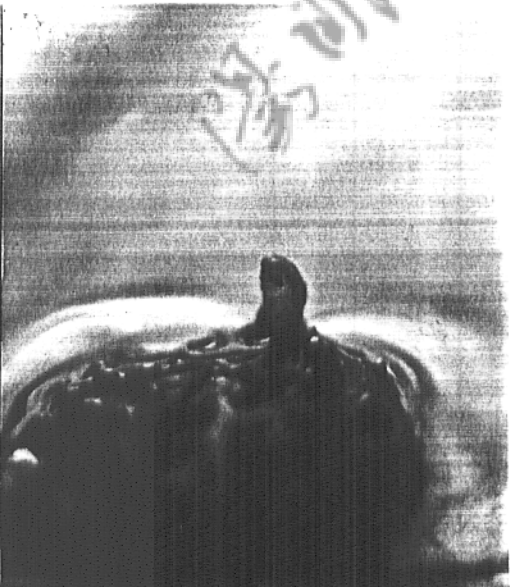
17
a



b



c



d

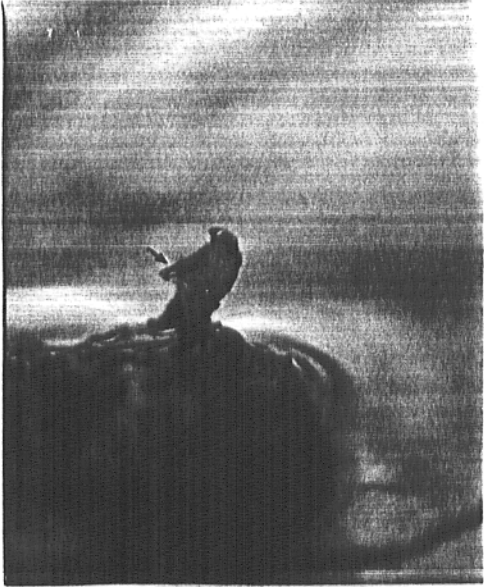


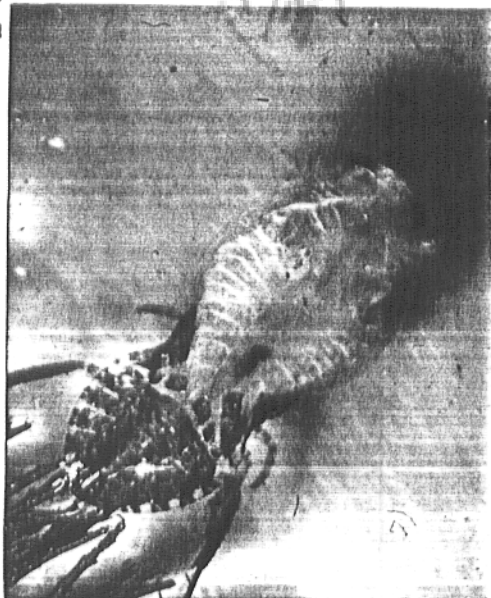
圖17. 負子蟲 (*S. rustica*) 卵之孵化過程:

- (a) 孵化開始時，若蟲首先將卵蓋頂開一條裂縫。(60x)
- (b) 經過35秒後，露出頭部，前胸及中胸。
- (c) 經過2分35秒後，第三腹節已伸出卵殼。
- (d) 經過3分15秒，若蟲身體後仰伸出各足。

18



19
a



b

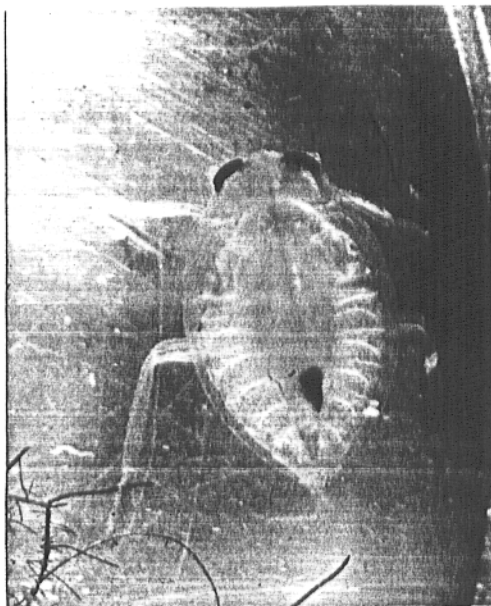


圖18. 負子蟲 (*S. rustica*) 之負卵雄蟲在水面進行
孵育伏動 (Brooding pumping)。

圖19. 負子蟲 (*S. rustica*) 若蟲之蛻皮過程：

(a) 蛻皮中之第二齡若蟲。

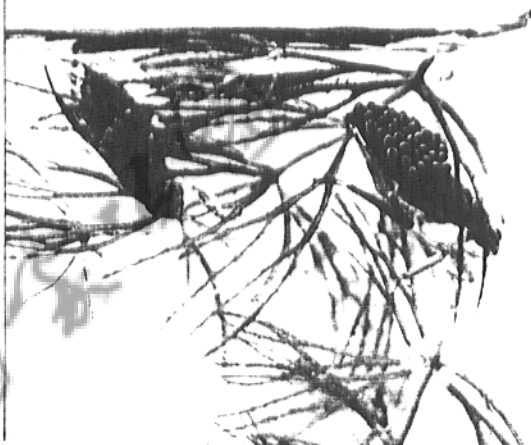
(b) 剛完成蛻皮之第二齡若蟲，體呈淡黃
綠色，漂浮於水面休息並伸展身體。

20

a



b



21

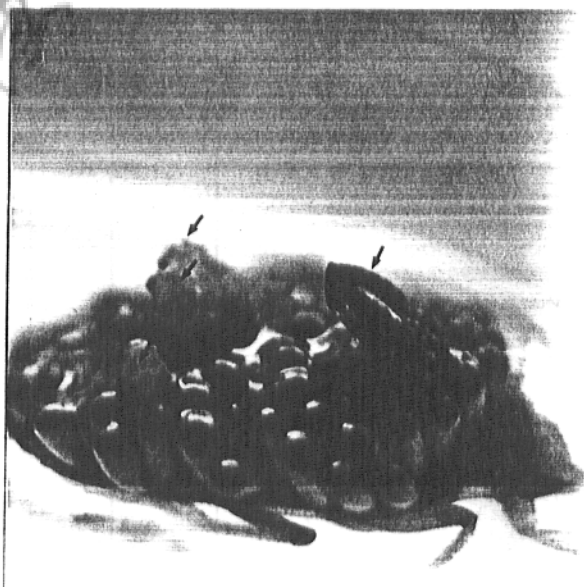


圖20. 負子蟲(*S. rustica*)之負卵情形：

(a) 田間負卵之雄蟲(卵數為113粒)。

(b) 室內飼養之負卵雄蟲(卵數為46粒)。

圖21. 若蟲分批孵化，最先孵化之若蟲體色已變深爬至雄蟲背部；而較晚孵化之若蟲則正在孵化中。

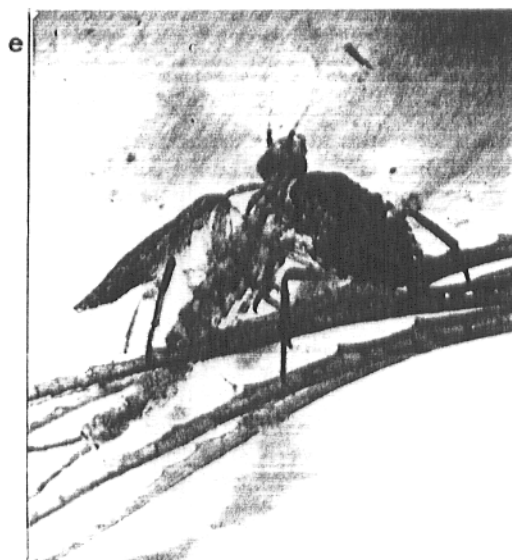
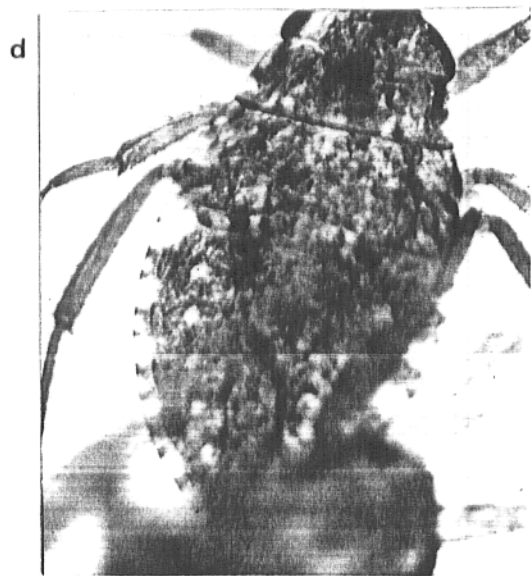
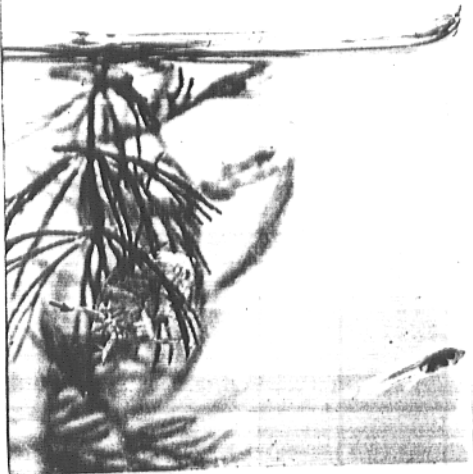


圖22. 負子蟲 (*S. rustica*) 之捕食行為:

- (a) 攀附於水草間之五齡若蟲，張開前足，靜待獵物的接近。
- (b) 若蟲捕獲獵物，以刺吸式口器刺入獵物體內內吸食其體液。
- (c) 獵物遭吸食後，體內組織已被完全消化，僅剩骨骼及表皮。
- (d) 同齡若蟲間自相殘殺的情形，前方的一齡若蟲被後面的若蟲吸食後，體內以被消化殆盡。
- (e) 兩隻一齡若蟲共同吸食一隻豆娘稚蟲。

a



b



c



圖23. 負子蟲 (*S. rustica*) 之越冬行為:

- (a) 越冬期間，數隻成蟲聚集在水稻遺株基部越冬。
- (b) 在田埂土縫越冬之成蟲。
- (c) 越冬期間，越冬場所淹水，逃至石頭上之成蟲。

24
a



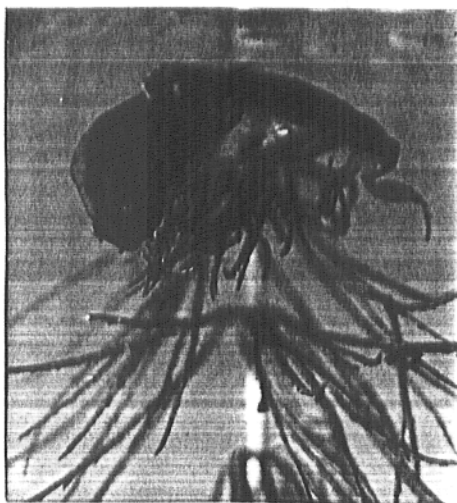
b



c



d



e



圖24. 負子蟲(*S. rustica*)之生殖行為:

- (a) 雄蟲(右)在水面進行伏動, 吸引雌蟲(左)的注意。
- (b) 雌蟲(左下方)受雄蟲吸引後, 靠近雄蟲並以前足攀抓雄蟲。
- (c) 正在進行愛撫行為的成蟲, 雄蟲位於雌蟲的下方。
- (d) 交尾中的雌蟲(右)及雄蟲(左)。
- (e) 進行產卵行為之雌蟲(左)及雄蟲(右)。



圖25. 負子蟲 (*S. rustica*)^A產卵及^B卵孵化之順序。

建議事項

由調查結果顯示，負子蟲在陽明山國家公園內之分布狀況，因受溫度、雨量等天候因素之影響，目前只出現於大屯自然公園的水域，而且活動期間短，僅有四～五個月（6月～10月），故建議於遊客中心設置負子蟲活體實物展示（水族箱飼養），供為解說之教材，並設立解說牌，提供遊客做全年性之自導式觀察，以收解說教育之效。

陽明山國家公園

統一編號：

02214805091

陽明山國家公園