

苦茶粕與無患子劑量之 pH 值特性與對福壽螺 防治成效

pH Value Characteristics and *Pomacea Canaliculata* Culling Performance of Tea Seed Kernel and Sapindus Doses

國立屏東科技大學
災害防救科技研究中心
計畫專案助理

張 浣 筑

Wan-Chu Chang

國立屏東科技大學
土木工程系
教授

葉 一 隆*

Yi-Lung Yeh

摘 要

福壽螺於 1979 年引進做為食用螺類遺棄養後，至今造成農產損失及環境生態浩劫。基於有機農業與生態保護之考量，本研究利用天然植物萃取後殘留之苦茶粕及無患子來進行福壽螺防治，並以 pH 值做為量測指標；利用 0.2 g、1 g、10 g、50 g 及 100 g 等五種不同劑量，探討室內恆溫試驗及室外曝曬試驗在不同溫度條件下，苦茶粕及無患子之 pH 值特性變化。由試驗結果分析得知，當劑量由 0.2 g 增加至 100 g 時，苦茶粕在室內恆溫試驗與室外曝曬試驗之最終測實值分別為 pH 4 與 pH 4.5 屬酸性物質；而劑量同樣由 0.2 g 增加至 100 g 時無患子在室內恆溫試驗與室外曝曬試驗之最終測實值分別為 pH 5.3 與 pH 6 屬弱酸性，且苦茶粕與無患子之 pH 值與溫度變化為正相關，在撲殺成效方面兩者對於福壽防治都有顯著成效。對環境影響而言，試驗中無患子所產生弱酸效果對於土壤、水源較不具威脅性，故在水稻田撲殺福壽螺之藥劑選擇中，可採用無患子來代替苦茶粕也具有相同成效。

關鍵詞：福壽螺，苦茶粕，無患子，pH 值。

ABSTRACT

Pomacea Canaliculata was introduced in 1979 as the edible snails; however, further it was abandoned, resulted serious loss in agricultural yields and ecological disaster. Based on organic agriculture and ecological protection considerations, this study used

*通訊作者，國立屏東科技大學土木工程系教授，91201 屏東縣內埔鄉學府路 1 號，yalung@mail.npust.edu.tw

natural plant extracts from Tea Seed Kernel and Sapindus to prevent *Pomacea Canaliculata*. By using pH value as measurement basis; five concentrations including 0.2 g, 1 g, 10 g, 50 g and 100 g on indoor constant temperature test and outdoor exposure test were determined under different temperatures. Result of experiments showed that Tea Seed Kernel is an acidic substance as the dose increases 0.2 g to 100 g, and the pH value was 4 and 4.5 in indoor constant temperature test and outdoor exposure test; Sapindus rendered weak acid as the dose increases 0.2 g to 100 g, and the pH value was 5.3 and 6 in indoor constant temperature test and outdoor exposure test. Tea Seed Kernel and Sapindus was positive correlated with pH value and temperature, both of these substances have significant effectiveness in killing *Pomacea Canaliculata*. Concerning on environmental impact, Sapindus release weak acid in environment which is less threatening in soil and water, therefore Sapindus which has same effectiveness with Tea Seed Kernel was selected instead of Tea Seed Kernel as substrate to kill the *Pomacea Canaliculata* in paddy fields.

Keywords: *Pomacea Canaliculata*, Tea Seed Kernel, Sapindus, pHValue.

一、前 言

福壽螺(*Pomacea Canaliculata*)原棲息在南美洲亞馬遜河下游及布拉大河流域之靜水區，範圍包括阿根廷、巴西東南區域、玻利維亞、巴拉圭、烏拉圭等地。於 1979 年被引進台灣做為食用，因肉質鬆軟、市場反應欠佳，且可食用部分只占整體 19%，其加工成本高而無獲利空間，故遭棄養放流，進而蔓延至全台各地農田溝渠、湖泊、池塘、堤岸、溝邊、稻田及水圳。福壽螺引進台灣後，不久又向鄰近地區擴散，1981 年傳入日本，1982 年傳入菲律賓，1985 年傳入中國的福州、廣州和杭州，1986 年傳入南韓，1987 年傳入馬來西亞北部的北婆羅洲，1989 年傳至印尼和泰國⁽¹⁾。因福壽螺具有強大的適應與繁殖能力，在遭棄養後，很快地蔓延至全台各地，造成嚴重農業損失。在 1982 年首次於高屏地區發現危害初移植的二期作水稻秧苗⁽²⁾，根據 1986 年的統計，台灣地區因福壽螺而受害之農作面積高達 171,425 ha，其中受災的水稻田面積約有 19,980 ha，占當年水稻總收穫面積 3.76%⁽³⁾，單就稻作收成所造成之損害曾高達 3,090 萬美元⁽¹⁾，約新

台幣 11.69 億元的損失，占當年稻米總產值的 3.21%，因此福壽螺成為農民急欲撲殺與防治對象。

福壽螺棲息於淡水或半淡鹹水中，常見於湖沼、池塘、溝渠等緩水水域，活動範圍約在 10~50 cm 水深之邊緣地帶，能生存於 2~45℃ 的水裡，分佈於南北半球熱帶及亞熱帶地區⁽⁴⁾。福壽螺雌雄異體行體內受精，雌螺所產每一卵塊之卵粒數介於 151~773 粒，平均產卵數 250 粒，每一產卵期可產卵塊數約 7~9 個，每年有 4 個產卵期。因此，每一雌螺每年可產出 7,000~9,000 個卵，且 14~16 天便可自行孵化完成，其平均壽命長達 3~5 年，可知其繁殖能力驚人。福壽螺的幼螺在水中以鰓呼吸，成體除可以鰓呼吸外，也可以伸出呼吸管呼吸空氣。當環境不良時，可關閉口蓋隨水漂流尋找適當環境。水溫低於 20℃ 或高於 30℃ 時，螺體潛入土中緊閉殼蓋靜止不動呈休眠狀態，在乾燥土壤或雜草中休眠可達 6 個月之久，一旦遇到水，則立即打破休眠開始活動⁽²⁾。而葉一隆等⁽⁵⁾利用試驗觀察得知福壽螺不適於長期生活於深水區，最喜生活於流速緩慢之田埂引水口及接近水面處，而且福壽螺之趨水性差，另

利用田區周圍自然環境阻隔及避免以缺口方式作為進排水口可有效阻擋福壽螺進入田區。

由於福壽螺造成環境生態之浩劫且影響範圍廣闊，已被列為世界百大入侵物種之一⁽⁶⁾。對於福壽螺防治可略歸為三類：生物防治方法、物理防治方法及化學藥劑防治方法。

生物防治的方法是利用其他生物，如鴨子、魚類等食用福壽螺的天性來控制福壽螺的族群數量。在台灣的筊白筍田中有應用綠頭鴨(*Anas Platyrhynchos*)、烏鰡(*Mylopharyngodon Piceus Richardson*)與鯰魚(*Clarias Batrachus*)等來作為捕食福壽螺，可達到一定成效^(7,8)。但利用魚類捕食福壽螺會受限於作物田中蓄水的高度，因此淺水的稻田便不適用此方法。豨養鴨子雖然沒有田區蓄水深淺的問題，但因鴨子所需活動空間大，常踐踏採收後之筊白筍苞葉或植株殘體而使田間凌亂，因此採收動線往往會比較不清楚，又必需防止野狗的入侵與鴨子的走失等皆為尚待解決的議題⁽⁹⁾。再者，水質亦是生物防治成敗的關鍵因素，尤其是污染較嚴重的水塘或溪流，因上述方法之鴨或魚不易生存，但福壽螺卻可適應生長，造成防治效果不佳⁽¹⁰⁾。

物理防治方法則在稻田、溝渠、堤岸上利用人工撿拾螺體或卵塊將其混合餌料中，作為家禽、家畜、水產養殖飼料，或直接予以銷毀以減少福壽螺族群數量。除外，在稻田引水灌溉前，於進水口加裝兩層阻隔網，以阻隔福壽螺由溝渠進入田區⁽¹¹⁾。而在稻作收割後可燃燒稻蒿，以燃燒方式逼出土表上或躲藏在土表下的福壽螺^(2,11)。近年來改變稻作施種的方式，亦是嘗試解決福壽螺影響農業經濟的辦法之一⁽¹²⁻¹⁵⁾，例如稻作插秧時選用成長天數較長秧苗，受到福壽螺破壞的稻作量比例會減少，也就是說，就直接播種種子的方式而言，遭受福壽螺破壞的比例會高達100%，而分別移植21天、30天及40天的秧苗，遭受福壽螺破壞的比例則分別為89.2%、59.7%及46.0%⁽¹⁶⁾；另外增加單位面積施種的秧苗數量，亦可減少福壽螺對稻作的危害⁽¹⁴⁾。

化學防治方法是利用化學藥劑快速撲殺福壽螺，但因化學藥劑造成生態環境破壞及土壤與

水體污染而為人詬病。過去台灣主要以三苯醋錫(*Fentin Acetate*)作為主要防治藥劑^(2,12,16)，但因三苯醋錫對共域水生生物及人類皆具毒性，對人類健康影響包含指甲脫落、皮膚潰爛、腫瘤、視力減退等，嚴重者甚至失明。因此農委會評估後，自1997年9月撤銷三苯醋錫的農藥許可證，且不得製造或輸入。1999年1月1日起，則明令全面禁止販賣與使用三苯醋錫⁽⁶⁾。而後陸續有許多改良藥劑問世，目前政府已正式合法登記且推薦用於防治福壽螺藥劑為聚乙醛餌劑(*Metaldehyde*)、聚乙醛可濕性粉劑與耐克螺可濕性粉劑(*Niclosamidc*)，此三種藥劑不但不會傷害水稻，對水生生物的毒性也較低，甚至不會破壞生態環境。6%聚乙醛餌劑(*Metaldehyde*)、80%聚乙醛可濕性粉劑或70%耐克螺可濕性粉劑(*Niclosamidc*)，估算其防治成本每公頃各約為2,438、4,900或4,250元⁽¹⁷⁾。藥劑於水稻插秧前施用，使用方式以背負式噴霧器將稀釋藥劑均勻噴灑於田區中，且施藥前須注意水稻田要盡量整平，水田水位高度必須維持3~4cm水深，施藥時須為靜水狀態，施藥後4小時內天候狀況需良好且不能下雨等。除了藥劑毒殺的化學性防治方法外，當作物施肥時，調整所使用無機鹽肥料中的氮、磷、鉀比例或再搭配添加尿素，可發現福壽螺因接觸肥料而活動力降低，甚至不動，若加上陽光曝曬致死或人力撿拾，均可減少福壽螺的數量⁽¹³⁾。

近年來民眾對生活條件需求改變，注重環境保護與食品安全，自然有機栽種之農產品為市場下新寵。因此對福壽螺撲殺防治採用較不具有強烈毒性或自然萃取物來做藥劑。而苦茶粕與無患子果實內所含皂素具有良好的清潔效果，利用此特點所研發出的各項產品深受消費者廣為喜愛，於田間使用苦茶粕所製成福壽螺撲殺藥劑已頗為常見，在苦茶粕中添加肥料製成之顆粒狀藥劑灑於田間亦可達到良好的福壽螺防治與撲殺效果；而無患子研發時間較晚，所製成福壽螺防治藥劑尚不普及，但經由加工後所得萃取物同樣對於福壽螺防治具有良好功效。

實務上農民利用苦茶粕或無患子撲殺福壽

螺所需之劑量隨溫度不同而異，為建立方便量測指標已表示劑量之濃度，且劑量之評估指標應簡易指標使農民瞭解使用之劑量。故本文以苦茶粕及無患子兩者作為撲殺福壽螺之試驗材料，利用簡易量測且低誤差率之 pH 值做為藥劑反應指標，以分析不同劑量與溫度下之藥劑的 pH 值反應；並探討不同劑量之試驗材料於穩定加溫條件下與放置室外之差異性，再放入福壽螺來評估其撲殺福壽螺成效。

二、苦茶粕及無患子特性概述

苦茶粕(Tea Seed Meal)是利用茶皂樹抽取苦茶油後的粕，屬有機物的一種。乃因苦茶粕所釋放出之皂素(Saponin)能撲殺具有黏液的軟體動物，故可用於防治蝸牛類及福壽螺，其皂素濃度約在 10~15 ppm 就會使福壽螺死亡。因此，農民常在整地翻耕後引灌水源至田區並保持一定水深，均勻施灑苦茶粕於田間，其效能力約維持 1~2 天。因成效良好且苦茶粕價格便宜又無殺蟲劑的殘毒問題，致使用相當廣泛。但是皂素濃度只要 1~2 ppm 就會使魚類及其他軟體動物死亡，除了福壽螺外，泥鰱、蚯蚓、蛙類、水蛭等都會遭到殺害，因此苦茶粕對於福壽螺以外生物亦具有不可小覷的殺傷力⁽¹⁸⁾。

無患子(Saoinus Mukorossi Gaertn.)屬於無患子科(Saponaceae)、無患子屬(Sapindus)的落葉喬木。無患子的果實中含有約 40%的皂素，具有強烈的乳化及去污能力，可直接當肥皂使用，因此無患子又被稱為「肥皂果」或「洗手果」⁽¹⁹⁾。從天然植物無患子果實萃取物之不同劑型進行對福壽螺於室內及田間之防治試驗，可知無患子果實萃取物濃縮晶體約 0.015 g；稀釋 10,000 倍 72 小時後於室內對福壽螺之死亡率為 90%。無患子粗萃取粉末 0.375 g；稀釋 8,000 倍對福壽螺之死亡率為 50%。另外無患子果實萃取物之濃縮液於室內對福壽螺之致死 50%之藥劑倍數為 2,500~3,000 倍左右。無患子果實萃取物之濃縮晶體 8,000 倍之稀釋液含有 1%之食鹽，24 小時後可提高約 50%之死亡率，並使殘存蟲呈現靜止休眠狀態，48 小時後幾乎達 100%之死亡率，因此

無患子果實萃取物加適量之鹽可加成福壽螺之撲殺效果⁽²⁰⁾。

許多植物中皆含有皂素，而會與動物細胞的細胞膜結合，並改變其通透性，此即為皂素對軟體動物、水生脊椎動物及非脊椎動物造成毒性的原因。水生生物因其呼吸器官與水直接接觸，若暴露於含有皂素的水中，則將導致其生理功能快速的喪失，將福壽螺放入含有皂素之蒸餾水中，與不外加任何物質之對照組做比較，福壽螺會變的非常活躍，頻頻伸出呼吸管(Siphon)至水面上換氣，這是其感到水質“惡劣”所表現出的行為，接下來其動作有減緩之趨勢，附著容器壁面之力量減弱而懸浮於水面上或沉至水底，掙扎一段時間後口蓋便會閉合，最後有些螺體或緊閉口蓋、或口蓋微開，或沈於水底、或浮於水面之上，而呈現死亡狀態。上述這些現象推測是因抗菌物中之皂素與福壽螺之呼吸膜結合，使其生理功能快速喪失所致，終至無法呼吸而死亡⁽²¹⁾。

三、試驗材料與方法

將苦茶粕及無患子兩種試驗材料採取不同劑量分配下，分別就室內恆溫及室外曝曬兩者不同控制因子條件進行實驗，探討由溫度控制、施放劑量、pH 值穩定時間以及防治成效等各項變因間相互關聯與影響。

3.1 室內恆溫試驗

本項試驗流程如圖 1 所示，試驗前將苦茶粕與無患子以烘箱溫度 60°C 烘乾後，使用均值機將無患子果仁及果殼絞碎，分別以 0.2 g、1 g、10 g、50 g 和 100 g 等相同劑量之苦茶粕及無患子放入 600 cc 蒸餾水中，再將試驗液體放入恆溫水槽內。設定 20°C 為起始溫度，實驗中每小時量測 pH 值，如連續三小時之量測值都接近相同，則將溫度以 10°C 間距調升，以 80°C 為最終量測溫度；將 80°C 試驗液體放置常溫下冷卻，並參考彰化縣花壇鄉田區所做之田間福壽螺採樣統計⁽²²⁾，但若採用現地結果用於本次試驗中需放入不足一隻福壽螺，因此無法進行試驗，故選取殼高約 3.5 cm 且活動力良好之 10 隻福壽螺放入

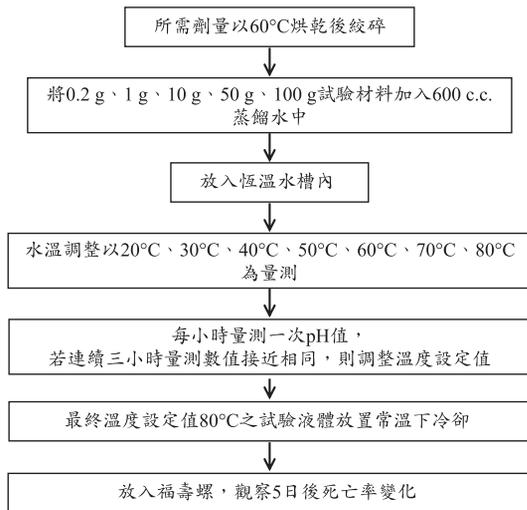


圖 1 室內恆溫試驗流程圖

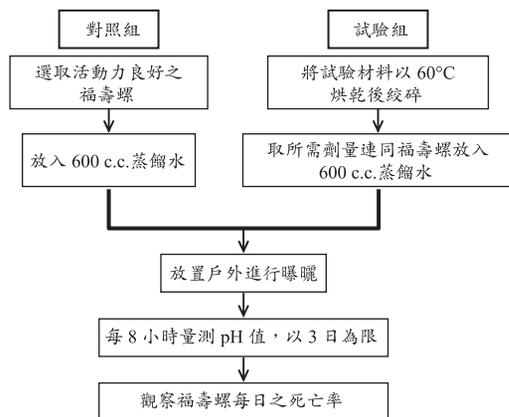


圖 2 室外曝曬試驗流程圖

試驗液體中，於五天後觀察兩種不同試驗液體對於福壽螺之撲殺率差異。

3.2 室外曝曬試驗

室外曝曬試驗流程如圖 2 所示，分為對照組及實驗組兩部分；對照組中，選取活動力良好之福壽螺放入 600 cc 蒸餾水中進行試驗。實驗組部分，苦茶粕及無患子以烘箱 60°C 烘乾至恆重後，使用均值機將無患子果仁及果殼絞碎，分別把 0.2 g、1 g、10 g、50 g 與 100 g 等相同劑量之苦茶粕及無患子放入 600 cc 蒸餾水中，並同時將殼高約

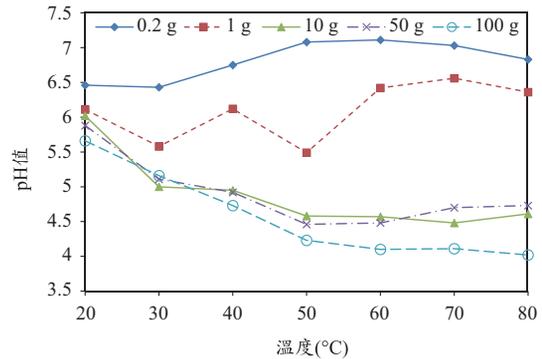


圖 3 苦茶粕於不同溫度之 pH 穩定值

3.5 cm 且活動力良好之 10 隻福壽螺放入試驗液體，將兩組試驗液皆放置常溫下進行曝曬，以 3 天時間為限，進行每日 3 次的試驗液 pH 值量測，並觀察各試樣液中福壽螺之死亡率。

四、結果分析與討論

室內恆溫試驗所得數據之討論分為環境溫度與試驗材料穩定關係及環境溫度與施放材料劑量關係兩部分；此外，室外曝曬試驗中，就不同施放劑量放置 3 日後之撲殺成效與 pH 值趨勢進行探討。

4.1 環境溫度與劑量穩定關係

苦茶粕於不同溫度下之 pH 值變化關係如圖 3 所示，於連續加溫情況中，劑量 0.2 g 之 pH 值由 6.46 上升至 6.83，上升率為 5.73%；劑量 1 g 之 pH 值由 6.11 上升至 6.36，上升率為 4.09%；劑量 10 g 之 pH 值由 6.02 下降至 4.61，上升率為 -23.42%；劑量 50 g 之 pH 值由 5.88 下降至 4.73，上升率為 -19.56%；劑量 100 g 之 pH 值由 5.66 下降至 4.02，上升率為 -28.98%。由此可知當苦茶粕劑量少於 1 g 時，所測得之 pH 值會上升至弱酸範圍，但上升率隨劑量增加而降低。劑量由 10 g 增加至 100 g 時，pH 值呈下降趨勢至近於強酸，下降率隨劑量增加而增大。

而無患子之實驗結果如圖 4 所示，由此圖可知在連續穩定加溫下，劑量 0.2 g 之 pH 值由 5.60 上升至 6.10，上升率為 8.93%；劑量 1 g

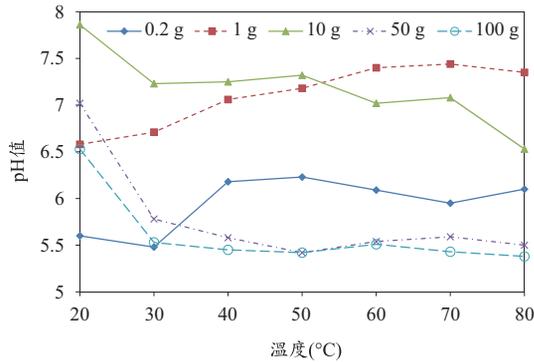


圖 4 無患子於不同溫度之 pH 穩定值

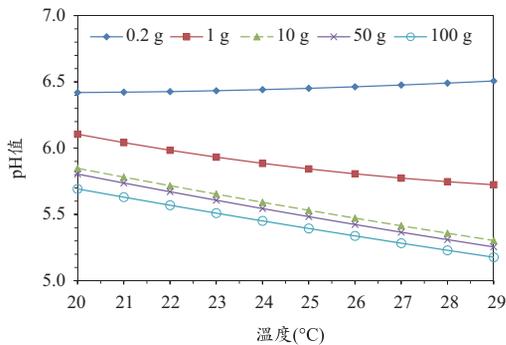


圖 5 苦茶粕室內恆溫試驗 20°C~29°C 下之 pH 推估值

之 pH 值由 6.58 上升至 7.35，上升率為 11.70%；劑量 10 g 之 pH 值由 7.86 下降至 6.53，上升率為 -16.92%；劑量 50 g 之 pH 值由 7.02 下降至 5.50，上升率為 -21.65%；劑量 100 g 之 pH 值由 6.53 下降至 5.38，上升率為 -17.61%。由分析綜合可得，無患子隨劑量增加由弱鹼性趨近於弱酸，而當劑量小於 1 g 時，pH 值上升率隨劑量增加而增加；當劑量由 50 g 增加至 100 g 時，pH 值具下降趨勢，下降率介於 17% 至 21%。

4.2 恆溫控制與自然溫度之 pH 值變化

室外曝曬試驗中，每日所測得溫度均在 20°C~29°C 之間，故以此範圍來作為室內恆溫試驗之溫度區間驗證參考值。

由室內恆溫試驗值與室外曝曬試驗值所得之 pH 值變化如圖 5~圖 8 所示，苦茶粕劑量 0.2 g

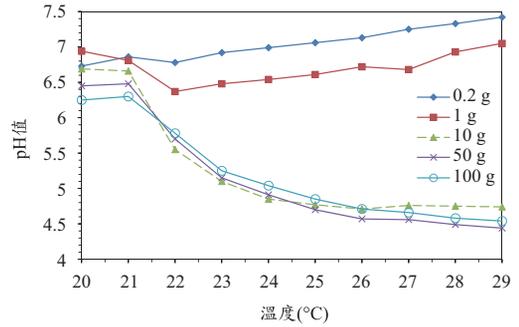


圖 6 苦茶粕室外曝曬試驗 20°C~29°C 下之 pH 試驗值

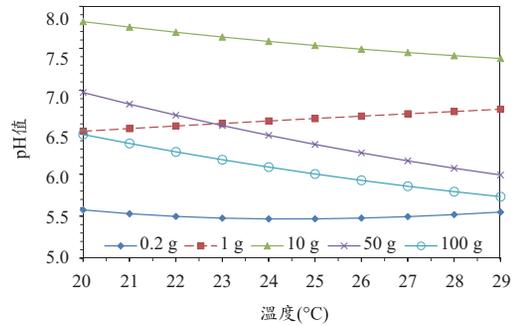


圖 7 無患子室內恆溫試驗 20°C~29°C 下之 pH 推估值

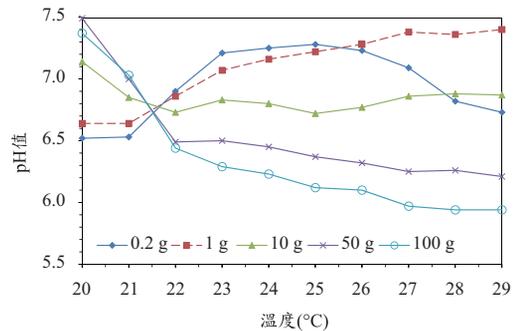


圖 8 無患子室外曝曬試驗 20°C~29°C 下之 pH 試驗值

之室內恆溫試驗 pH 由 6.42 升至最終值為 6.51，上升率為 1.40%，室外曝曬試驗 pH 由 6.73 升至最終值為 7.42，上升率為 10.25%；劑量 1 g 之室內恆溫試驗 pH 由 6.11 降至最終值為 5.72，上升

率為-6.38%，室外曝曬試驗 pH 由 6.94 升至最終值為 7.05，上升率為 1.59%；劑量 10 g 之室內恆溫試驗 pH 由 5.85 降至最終值為 5.30，上升率為 -9.40%，室外曝曬試驗 pH 由 6.69 降至最終值為 4.74，上升率為-29.15%；劑量 50 g 之室內恆溫試驗 pH 由 5.80 降至最終值為 5.25，上升率為 -9.48%，室外曝曬試驗 pH 由 6.45 降至最終值為 4.44，上升率為-31.16%；劑量 100 g 之室內恆溫試驗 pH 由 5.69 降至最終值為 5.18，上升率為 -8.96%，室外曝曬試驗 pH 由 6.25 降至最終值為 4.54，上升率為 -27.36%。由以上分析可知苦茶粕試驗之 pH 值變化率於室外曝曬比室內恆溫大，以劑量 50 g 之差異最大。

無患子於劑量 0.2 g 之室內恆溫試驗 pH 由起始值 5.58 降至最終值為 5.55，上升率為 -0.54%，室外曝曬試驗 pH 由起始值 6.52 升至最終值為 6.73，上升率為 3.12%；劑量 1 g 之室內恆溫試驗 pH 由起始值 6.51 升至最終值為 6.77，上升率為 3.99%，室外曝曬試驗 pH 由起始值 6.64 升至最終值為 7.40，上升率為 11.45%；劑量 10 g 之室內恆溫試驗 pH 由起始值 7.82 降至最終值為 7.38，上升率為-5.63%，室外曝曬試驗 pH 由起始值為 7.14 降至最終值為 6.87，上升率為-3.78%；劑量 50 g 之室內恆溫試驗 pH 由起始值為 6.97 降至最終值為 5.99，上升率為-14.06%，室外曝曬試驗 pH 由起始值為 7.49 降至最終值為 6.21，上升率為-17.09%；劑量 100 g 之室內恆溫試驗 pH 由起始值為 6.47 降至最終值為 5.73，上升率為 -11.44%，室外曝曬試驗 pH 由起始值為 7.37 降至最終值為 5.94，上升率為-19.40%。

兩種試驗材料於五種不同劑量所得 pH 值，以室內恆溫試驗值與室外曝曬試驗值比較結果可知，經由溫度加熱後皆具有 pH 值下降趨勢，

由此得知造成 pH 值變動因子除時間關係外，溫度也是造成其改變因素之一。

4.3 藥劑施放量與對福壽螺撲殺效果

福壽螺撲殺成效探討中，苦茶粕及無患子室內恆溫試驗於 5 日撲殺效果顯示，在 20℃ 至 80℃ 不同溫度中，苦茶粕對於福壽螺撲殺率都可達到 100%，但無患子在 20℃ 試驗中僅達 70%撲殺率，30℃ 至 80℃ 皆可達到 100%撲殺率；此外於室外曝曬試驗中苦茶粕及無患子所採用五種不同劑量均於 24 小時內達到 100%之撲殺效果。

由於苦茶粕及無患子在五種不同劑量於 24 小時內皆可達到有效的撲殺率，因此將 24 小時內所測得之 pH 值做為撲殺效果的推估依據(如圖 5~圖 8 所示)。並由試驗觀察得知，福壽螺於第 8 小時後便無活動跡象，故以曝曬試驗中第 8 小時之苦茶粕劑量 0.2 g 至劑量 100 g 所測得 pH 值範圍 6.3~6.8；無患子劑量 0.2 g 至劑量 100 g 測得 pH 值範圍 6.5~7.1 作為 pH 值有效撲殺區間依據。並由前兩項試驗中得知，當劑量高於 10 g 時苦茶粕趨近於強酸；無患子呈現酸性。因此，利用劑量 0.2 g 及劑量 1 g 中苦茶粕與無患子弱酸特性進行田間應用，以推估溫度 18℃~40℃ 不同溫度下所需之藥劑施放量，藉以達到撲殺福壽螺之最大成效。

現地施放量中以每分地蓄水 3 cm 時所需施放劑量為設計目的，將室外曝曬試驗所得 pH 值有效撲殺區間與現地施放量進行回歸分析，所得曝曬試驗推估量後再將試驗水深 600c.c.轉換成每分地蓄水 3 cm 之現地條件，就可算出每分地單位劑量如公式(1)，再利用式(1)計算所得各數值繪出圖 9 及圖 10 之溫度對應所需的施放劑量。

$$\text{每分地單位劑量} = \left[\left(\frac{\text{曝曬試驗推估量}}{1000} \right) \div 0.0006 \right] \times 29.07 \dots\dots\dots (1)$$

由圖 9 及圖 10 可知在每分地所需藥劑施放量中苦茶粕施灑劑量與 pH 值成反比；無患子施

灑劑量與 pH 值成正比，在相同溫度下，苦茶粕之 pH 值變動幅度大小取決於藥劑施放的多寡，

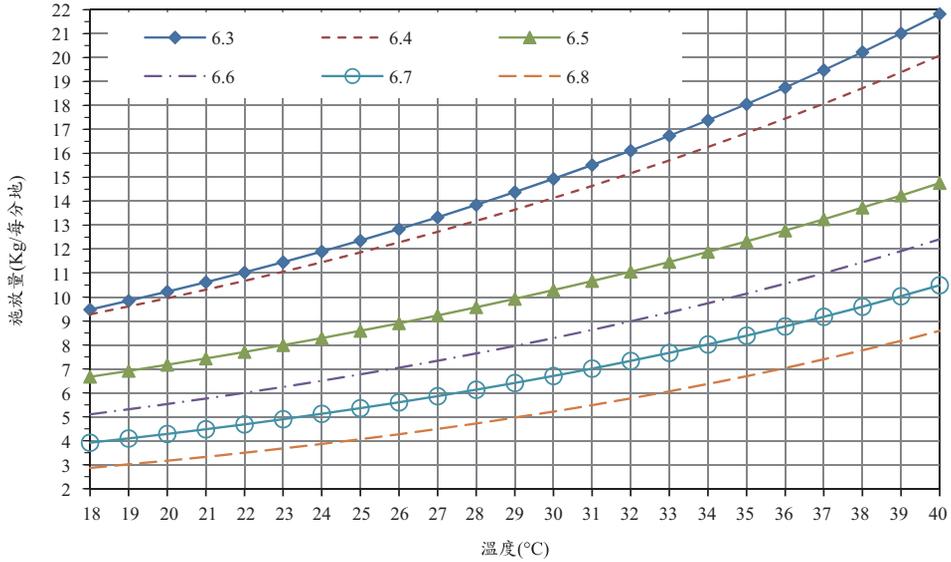


圖 9 苦茶粕在不同 pH 值下之溫度對應施放劑量

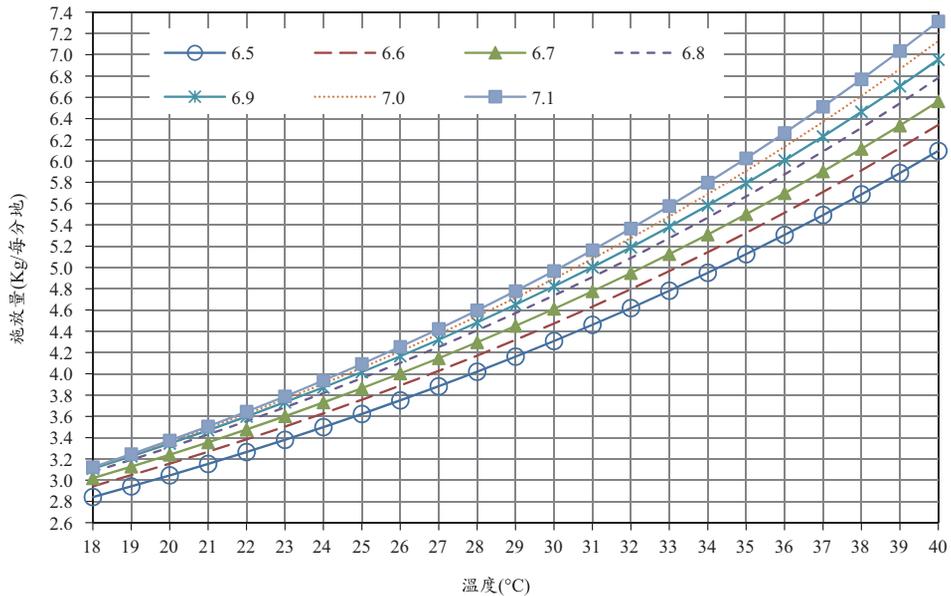


圖 10 無患子在不同 pH 值下之溫度對應施放劑量

故當 pH 值越小時所需施放劑量也顯著增加，而在 pH6.3~pH6.4 時，除非所需溫度較高，否則在低溫時欲達到 pH6.3~pH6.4 數值可以相似的施放劑量便可達到。

無患子施放量中，欲達到 pH6.5~pH7.1 此範

圍所需施放量極為相近，至 30°C 後，施放量多寡才有所區別，由此得知無患子之藥劑施灑量在低溫時 pH 值較容易有顯著變動，且兩者試驗材料於施放劑量比較下無患子所需藥劑用量比苦茶粕所需用量少，如此可減少成本的支出並達到撲

五、結 論

本研究以苦茶粕及無患子為試驗材料，分別就五種不同劑量做為分析依據，於室內恆溫試驗及室外曝曬試驗中所測得之 pH 值及對福壽螺撲殺成效分析結果可得以下結論：

1. 苦茶粕是為酸性物質，當劑量由 10 g 增加為 100 g 時其所測得數值已達 pH4，已屬強酸界定範圍，但劑量小於 1 g 時 pH 值會由弱酸性趨近於弱鹼性。
2. 無患子是為弱酸性物質，劑量由少至多所呈現之 pH 值均勻分布於 pH7.5 至 pH6 之間，但劑量 0.2 g 於溶液中為不穩定物質，相較於其他四種劑量，其所顯示之 pH 值變動性大。
3. 兩種試驗材料由室內恆溫試驗值與室外曝曬試驗值之整體數據顯示，室內恆溫所得 pH 值較室外曝曬所得測定值低，由此可知溫度及時間都為改變 pH 值大小之變因。
4. 探討撲殺福壽螺成效中，苦茶粕及無患子均可達到有效之撲殺目的，且由於無患子是為弱酸性、苦茶粕是為酸性，故兩者相較下，無患子對於水域環境影響較小並能達到福壽螺防治效果。
5. 劑量施放之影響由試驗結果顯示，以 10 g 以上施放量會造成苦茶粕及無患子之 pH 值呈現酸性甚至於強酸，故以劑量 10 g 以下為理想施放量。
6. 於苦茶粕田間施灑劑量結果得知，pH 6.8 可達到有效撲殺福壽螺目的且所需要施灑計量最少，故視為田間最佳成效對應值。
7. 於無患子田間施灑劑量結果得知，雖然無患子藥劑於低溫時 pH 值較易產生變動，但於 pH6.5 為藥劑使用量最少且可有效達成撲殺福壽螺目的，故視為田間最佳成效對應值。

參考文獻

1. 張寬敏，1986，在台灣猖獗的福壽螺，貝友，第 10 期，第 34-43 頁。
2. 李金龍，2002，我國動植物防疫檢疫現況與

未來，科技農業，第 50 卷，第 1-2 期，第 78-84 頁。

3. 陳威廷，2004，有害生物對台灣農業生態環境影響之經濟分析—以福壽螺、果實蠅為例，國立臺灣大學農業經濟研究所碩士論文，台北，第 1-9 頁。
4. 行政院農委會，農業政策白皮書淺說，<http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=17603>。
5. 葉一隆，李怡賢，陳庭堅，2010，福壽螺習性與阻隔防治探討，農業工程學報，第 56 卷，第 3 期，第 57-62 頁。
6. 廖君達，2000，福壽螺引進的省思，台中區農情月刊，第 8 期，<http://tdares.coa.gov.tw/view.php?catid=1363>。
7. 全球入侵種資料庫 GISD/ISSG. <http://gisdbiodiv.tw/>。
8. 台灣省政府農林廳，1986，台灣農業年報，台北：台灣省政府農林廳。
9. 廖君達，2003，青魚在福壽螺生物防治上的應用，農政與農情，第 133 期，第 76-78 頁。
10. Liao, C. T., Lin, C. S. and Chang, C. C., 2004, Biological control of the golden apple snail (*Pomacea Canaliculata*) by black carp (*Mylopharyngodon piceus*) and walking catfish (*Clarias batrachus*), APEC Symposium on the Management of the Golden Apple Snail, pp.6-11.
11. Teo, S. S., 2001, Evaluation of different duck varieties for the control of the golden apple snail (*Pomacea Canaliculata*) in transplanted and direct seeded rice, Crop Protection, Vol. 20, pp. 599-604.
12. 鄭熾甄，2005，福壽螺(*Pomacea Canaliculata*) 誘引劑開發之研究，國立臺灣大學動物學研究所碩士論文，台北，第 7 頁。
13. 徐保雄，1986，慎防福壽螺禍害，花蓮區農業推廣簡訊，第 3 卷，第 3 期，第 4-5 頁。
14. Cruz, M. S. de la., Joshi, R. C. and Martin, A. R., 2001, Basal application of fertilizer reduces golden apple snail population, International

- Rice Research, Vol. 26, No. 1, pp. 20-21.
15. Joshi, R. C. and Cruz, M. S. de la., 2001, Newspaper: a new attractant for golden apple snail management, International Rice Research, Vol. 26, No.2, pp. 49-50.
 16. Teo, S. S., 2003, Damage potential of the golden apple snail (Lamarck) in irrigated rice and its control by cultural approaches, International Journal of Pest Management, Vol. 49, No. 1, pp. 49-55.
 17. 邱阿勤, 楊顯章, 2002, 水稻福壽螺防治技術示範觀摩會, 台中區農情月刊, 第 39 期, http://tdares.coa.gov.tw/show_monthly.php?id=tdares_tdares_subadmin_20080520170012。
 18. 吳嘉盈, 2008, 有機水田區生態廊道改善及苦茶粕危害之初步研究, 國立中興大學土木工程學系碩士論文, 台中, 第 15 頁。
 19. 楊昭順, 黃煜琿, 陳玉芬, 張銘湘, 2008, 無患子皂素抽取及在化妝品工業之應用與未來發展, 化工, 第 55 卷, 第 3 期, 第 30-34 頁。
 20. 廖信昌, 廖蔚章, 2001, 天然植物皂甘成分無患子果實萃取物對害蟲及福壽螺防治藥劑之研發, 行政院農委會高雄區農業改良場年報, 第 1146-1147 頁。
 21. 劉知昱, 1997, 苦茶籽生物活性成分之研究, 國立臺灣大學農業化學系碩士論文, 台北, 第 10-51 頁。
 22. 行政院農業委員會, 2009, 推廣休耕水田蓄水及水田生態環境調查計畫期末報告, 國立屏東科技大學, 第 1-37 頁。

收稿日期：民國 103 年 1 月 2 日
修正日期：民國 103 年 4 月 10 日
接受日期：民國 103 年 4 月 26 日