

檳榔種子、檳榔素對福壽螺之 防治評估及對鯉魚毒性¹

廖君達²

摘 要

本研究測試檳榔(*Areca catechu* L.)種子及檳榔素(Arecoline)對福壽螺(*Pomacea canaliculata* Larmark)的毒殺效果，並使用鯉魚(*Cyprinus carpio* L.)的幼魚來分析魚毒性。對福壽螺急性毒性試驗結果顯示，檳榔種子對於福壽螺96 hr的半致死濃度(LC₅₀)及95%致死濃度(LC₉₅)分別為88.24及163.76 mg/L，檳榔種子水粗萃取物的LC₅₀及LC₉₅分別為12.37及23.31 mg/L，檳榔素的LC₅₀及LC₉₅分別為0.17及0.52 mg/L。田間防治效果試驗結果，施用檳榔種子粉末16 kg/0.1 ha及檳榔素0.24 kg/0.1 ha，對福壽螺的防治率分別為91.8及96.8%。魚毒性分析結果，檳榔種子對鯉魚96 hr的30%致死濃度(LC₃₀)及LC₅₀分別為26.04及30.69 mg/L，檳榔種子水粗萃取物的LC₃₀及LC₅₀分別為9.29及11.0 mg/L，檳榔素的LC₃₀及LC₅₀分別為25.73及30.49 mg/L。而且，經換算後的安全係數與其他殺螺劑進行比較，檳榔素有較高的安全係數，可能作為潛在的殺螺劑。

關鍵詞：檳榔籽、檳榔素、福壽螺、鯉魚、毒性

前 言

檳榔(*Areca catechu* L.)是棕櫚科(Arecaceae)的常綠喬木，分布於印度、印尼、中國、孟加拉、緬甸、泰國、馬來西亞及臺灣等亞洲地區⁽²²⁾，為當地重要的經濟作物。檳榔可作為咀嚼物及醫藥用途，具有促進消化、排除寄生蟲、壯陽劑、收斂劑、興奮劑及維持耐力等作用⁽⁶⁾。檳榔種子富含多種植物二次代謝物，生物鹼類以檳榔素(Arecoline)含量最高，每公克乾物重占7.5 mg，其次為檳榔次鹼(Arecaidine)，每公克乾物重占1.5 mg⁽²⁶⁾，兩者均可作用在毒蕈鹼受體(muscarinic receptor)，對於精神與行為層面有影響⁽²⁷⁾。而且，近年研究指出，檳榔種子對於淡水螺類的錐實螺(*Lymnaea acuminata*)有強的殺螺活性^(14,15)。

福壽螺(*Pomacea canaliculata* Larmark)原產於南美洲亞馬遜河下游及布拉大河流域的靜水區，1979年引進臺灣養殖，期能取代臺灣原生種田螺，作為食用螺類^(11,19)。1980年開始大量推廣，養殖戶遍及全臺灣。而且，亞洲各國因食用考量、水族寵物或雜草管理等目的，陸續將福壽螺引進當地應用，並在養殖業者的推波助瀾下，經由國際間水族類交易，使得東南

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0949 號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員。

亞地區如越南、高棉、泰國、寮國、印尼、馬來西亞、香港、菲律賓在短短數年內相繼淪為福壽螺繁殖地，甚至，中國華南地區、日本、南韓、新幾內亞、夏威夷、澳大利亞皆無一倖免⁽¹²⁾。福壽螺螺體可食部位少(<20%)，使加工成本偏高，且肉質鬆軟，不合於咀嚼感，養殖者求售無門而紛紛停養，任意棄置於水域而蔓延各地溝渠、池塘及稻田⁽¹⁹⁾。1982年首先於高屏地區發現危害初移植的二期作水稻秧苗^(5,10)，其後多種水生經濟作物，如茭白筍、蓮花、菱角、荷花、芋頭及蕹菜等陸續發現被害⁽²⁾，目前已成為國內水生經濟作物重要的有害動物，並對農業環境造成嚴重的衝擊。臺灣1986年統計資料指出，福壽螺危害水稻在當年造成3,009萬美元的損失⁽¹⁹⁾，若從經濟學之角度推估，福壽螺每年對臺灣農業生態環境所造成之損失高達新台幣50.7億元⁽⁹⁾。

化學藥劑的聚乙醛(metaldehyde)及耐克螺(niclosamide)，是農民普遍用於水稻田福壽螺防治的殺螺劑，可在數天內達到90%以上的防治效果⁽²⁴⁾。然而，聚乙醛施用後在水中維持較長時間的殘留，耐克螺對於魚類有較高的魚毒性，且會顯著抑制直播稻的根部生長及地上部高度，存在對農業環境的風險^(8,16,18)。因此，具有殺螺特性的植物性資材或活性成分亦展開廣泛的研究⁽¹²⁾。苦茶粕為苦茶(*Camellia oleifra* Abel.)種子榨油後留下的殘渣，富含8~14%的皂素(saponin)，被農民應用於水田福壽螺的防治；然而，於水域施用苦茶粕存在水生魚毒性過高的問題^(3,5,23)，使得苦茶粕雖依據農藥管理法第9條登錄為「免登記植物保護資材」，可用於防除軟體動物，但限制不得用於農林作物之栽培水域⁽¹⁾。

本試驗在評估檳榔種子及檳榔素對於福壽螺的毒殺效果，並進行先期田間試驗及魚毒性分析，以評估檳榔種子或檳榔素作為開發對環境友善的福壽螺殺螺劑的可行性。

材料與方法

一、試驗材料

供試檳榔種子材料購自中藥行，藥材名為大肚子，外觀為切成薄片之檳榔種子，先以烘箱70°C乾燥48 hr，再以粉碎機研磨成粉末，作為檳榔種子粉末試驗用材料。檳榔種子水粗萃取物製備，先精秤檳榔種子粉末50 g，加入蒸餾水500 ml，以電磁攪拌器連續攪拌24 hr，經3 M Whatman濾紙過濾。將濾液以冷凍乾燥機(Alpha 1-4, Chaist Co.) -40°C冷凍乾燥24 hr，可得到5.25 g的紅棕色乾燥物，換算比率為10.5%，此水粗萃取物儲存於-20°C備用。檳榔素購自Sigma公司的產品Arecoline hydrobromide。

自位於彰化縣大村鄉的行政院農業委員會臺中區農業改良場水稻試驗田及溝渠採集福壽螺卵塊，先於室內孵化，幼螺以浮萍飼養2週後，移入網室水池內提供甘藷葉片飼養至殼高約1.5~2.0 cm，作為供試的福壽螺材料。

二、福壽螺急毒性測試

急毒性生物測試以對福壽螺造成50%致死濃度(LC₅₀)及95%致死濃度(LC₉₅)作為檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素等對福壽螺毒性測試之依據。測試時以容量2.5 L之透明

壓克力長方體容器內盛2 L逆滲透水，將20隻殼高約1.5 cm之福壽螺置入，檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素等測試資材濃度範圍分別為10.0~750.0、2.0~250.0及0.1~5.0 mg/L，均為6個濃度，4重複，對照組不添加任何資材。分別於處理後24、48、72及96 hr各觀察及記錄1次福壽螺之存活情形，依碰觸反應、口蓋緊縮殼內、以夾子拉出口蓋未見抵抗或肉足腫脹外露來判斷死亡並計算死亡率。利用對數機(Probit)分析法分析生物檢定後的數據，計算個別處理之LC₅₀及LC₉₅。

三、福壽螺田間防治先期試驗

於臺中區農業改良場水稻試驗田，採逢機完全區集設計(RCBD)，小區供試面積6.25 m²，重複4次，小區與小區間以高度60 cm塑膠浪板隔開。每小區釋放25隻殼高約2.0 cm的福壽螺，檳榔種子粉末分別為6.0、8.0及10.0 kg/0.1 ha處理，以未施用為對照。檳榔素分別進行0.24、0.32及0.40 kg/0.1 ha處理，以未施用為對照。分別於24、48及96 hr各調查1次。以人工撿拾福壽螺螺體，計算死亡及存活的福壽螺數量，並換算為防治率。每次調查完畢後，再將存活的福壽螺放回原調查小區。防治率(%)=(1-處理區施藥後活螺數/對照區施藥後活螺數)×100。試驗資料進行變異數分析(analysis of variance, ANOVA)，當結果之P-value<0.05時，進一步以最小顯著性差異(Fisher's least significant difference, LSD)比較各處理間平均值。

四、魚毒性測試

魚毒性試驗係在容量2.5 L之透明壓克力長方體容器進行，內盛2 L逆滲透水，每缸放入10隻體長約2.0 cm經馴養後(馴養用魚缸以通器設備維持溶氧5 mg/L以上，缸水以過濾裝置循環過濾)之鯉魚(*Cyprinus carpio* L., Common carp)。檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素等資材濃度範圍從2~200 mg/L，共6個濃度，4重複，對照組不添加任何資材。以靜水式生物毒性試驗方法，測試時間為96 hr，測試時間不餵食餌料。每天觀察及記錄魚苗存活情形，將96 hr後之魚苗存活數量，換算為死亡率。以魚鰭及鰓的活動停止，並以玻璃棒輕觸沒有反應者判定為死亡。利用對數機分析法分析生物檢定後的數據，計算個別處理之30%致死濃度(LC₃₀)及50%致死濃度(LC₅₀)。依據孫等⁽⁴⁾的標準，以96 hr的LC₅₀值作為水生物毒性分類。另將鯉魚的LC₃₀除以福壽螺的LC₉₅，作為評估不同試驗材料的魚毒安全係數，比較其對環境生態的影響。

結 果

一、福壽螺急毒性測試

檳榔種子粉末處理48 hr對福壽螺之LC₅₀及LC₉₅分別為143.73及241.89 mg/L，檳榔種子水粗萃取物之LC₅₀及LC₉₅分別為27.13及54.61 mg/L，檳榔素之LC₅₀及LC₉₅分別為0.42及1.3 mg/L(表一)。檳榔種子粉末處理96 hr對福壽螺之LC₅₀及LC₉₅分別為88.24及163.76 mg/L，檳榔種子水粗萃取物之LC₅₀及LC₉₅分別為12.37及23.31 mg/L，檳榔素之LC₅₀及LC₉₅分別為0.17及0.52 mg/L(表一)。檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素均對於福壽螺具有毒殺效果。經

5.0 mg/L的檳榔素處理30 min後，福壽螺的觸角(tentacle)正常活動，但行動開始出現遲緩的情形(圖一B)；5.0 mg/L的檳榔素處理16 hr後，福壽螺開始停止移動，且肉足(muscular foot)明顯腫脹外露(圖一C、D)。而且，經過致死濃度之檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素處理後之福壽螺均出現肉足腫脹外露的現象。

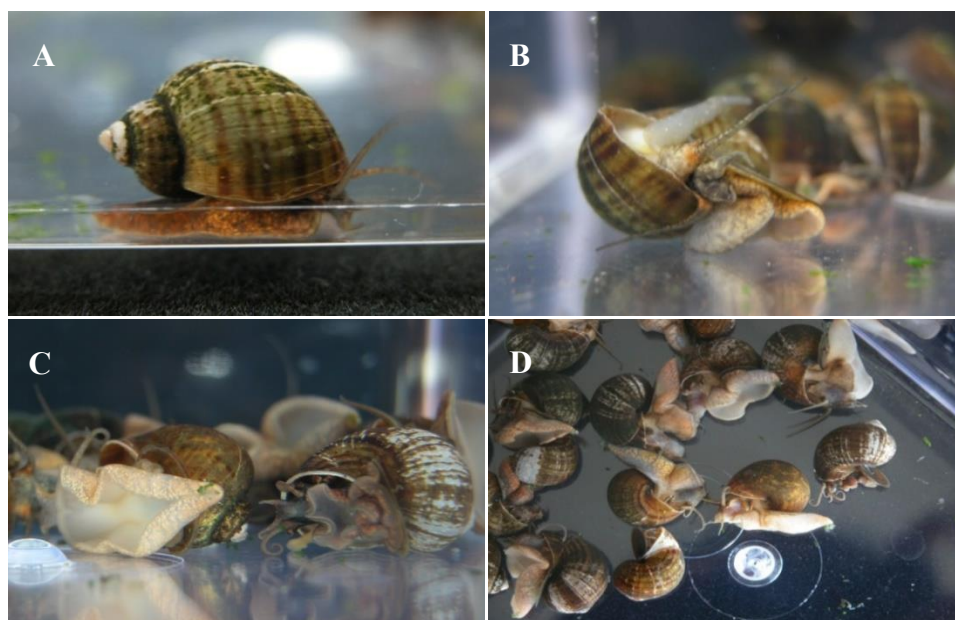
表一、檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素對福壽螺之 50%及 95%致死濃度

Table 1. The 50% and 95% lethal concentrations of the powder and crude water extract of betel nut, and arecoline against the golden apple snail, *Pomacea canaliculata*

Treatments	LC ₅₀ ¹ (mg/L)		LC ₉₅ ² (mg/L)	
	48 hr	96 hr	48 hr	96 hr
Powder of betel nut	143.73	88.24	241.89	163.76
Crude water extract of betel nut	27.13	12.37	54.61	23.31
Arecoline	0.42	0.17	1.3	0.52

¹ LC₅₀ is the lethal concentration (mg/L) that kills 50% of the snails.

² LC₉₅ is the lethal concentration (mg/L) that kills 95% of the snails.



圖一、檳榔素處理後福壽螺的反應 A.對照未處理、B. 5.0 mg/L 檳榔素處理 30 min 後，福壽螺開始出現行動遲緩的情形、C. D. 5.0 mg/L 檳榔素處理 16 hr 後，福壽螺肉足明顯外露且失去行動能力。

Fig. 1. Responses of *Pomacea canaliculata* treated with arecoline. A. untreated control, B. after 30 min arecoline (5.0 mg/L) treatment, the movement of *P. canaliculata* slowly, C. and D. after 16 hr arecoline (5.0 mg/L) treatment, the muscular foot of *P. canaliculata* was exposed outside of the shells and failed to move.

二、福壽螺田間防治先期試驗

田間防治試驗結果顯示，檳榔種子粉末6、8、16 kg/0.1 ha處理組經24 hr後，福壽螺的存活數量已顯著低於對照組；經96 hr處理後，6、8、16 kg/0.1 ha處理組的平均存活螺數分別為4.7、4.3、1.7隻，對照組為20.7隻，經換算防治率分別為77.3、79.2及91.8% (表二)。顯示每公頃水田施用160 kg檳榔種子粉末，經過96 hr後對於福壽螺防治率可達90%以上。檳榔素0.32、0.40 kg/0.1 ha處理組經24 hr後，福壽螺的存活數量已顯著低於對照組；經96 hr處理後，0.24、0.32、0.40 kg/0.1 ha處理組的平均存活螺數分別為0.7、1.3、1.0隻，對照組為21.7隻，經換算防治率分別為96.8、94.0及95.5% (表二)。經換算為公頃施用量，顯示水田施用2.4 kg/ha以上的檳榔素，對於福壽螺有優異的防治效果。

表二、不同劑量檳榔種子粉末及檳榔素對福壽螺田間防治試驗

Table 2. Field control efficiency of the powder of betel nut and arecoline against the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* at different doses

Treatments	Doses	No. Survival <i>P. canaliculata</i>			Control rate (%)
		24 hr	48 hr	96 hr	96 hr
Powder of betel nut	6 kg/0.1 ha	21.7 a*	16.7 b	4.7 b	77.3
	8 kg/0.1 ha	20.7 a	12.3 b	4.3 b	79.2
	16 kg/0.1 ha	20.7 a	9.7 a	1.7 a	91.8
	Untreated control	24.7 b	24.7 c	20.7 c	-
Arecoline	0.24 kg/0.1 ha	22.3 ab	10.0 b	0.7 a	96.8
	0.32 kg/0.1 ha	18.3 a	2.7 a	1.3 a	94.0
	0.40 kg/0.1 ha	16.0 a	2.3 a	1.0 a	95.5
	Untreated control	24.0 b	23.7 c	21.7 b	-

*Mean within each column by the same letter are not significantly different at the 5% level according to LSD.

三、魚毒性測試

檳榔種子粉末處理96 hr對鯉魚之LC₃₀及LC₅₀分別為26.04及30.69 mg/L，檳榔種子水粗萃取物之LC₃₀及LC₅₀分別為9.29及11.0 mg/L，檳榔素之LC₃₀及LC₅₀分別為25.73及30.49 mg/L (表三)。顯示檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素均對於鯉魚具有魚毒性。將30%鯉魚致死濃度除以95%福壽螺致死濃度，得到檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素等魚毒安全係數分別為0.159、0.399及49.481 (表四)，檳榔素相較於檳榔種子粉末及檳榔種子水粗萃取物有較高的安全係數，顯示檳榔素對環境生態的影響較小。

表三、檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素 96 hr 對鯉魚之 30%及 50%致死濃度

Table 3. The 30% and 50% lethal concentrations of 96 hr of the powder and crude water extract of betel nut, and arecoline against the common carp, *Cyprinus carpio*

Treatments	LC ₃₀ ¹ mg/L	LC ₅₀ ² mg/L ₁	Conc. used mg/L
Powder of betel nut	26.04	30.69	5 ~ 200
Crude water extract of betel nut	9.29	11.0	2 ~ 100
Arecoline	25.73	30.49	5 ~ 200

¹ LC₃₀ is the lethal concentration (mg/L) that kills 30% of the fishes.

² LC₅₀ is the lethal concentration (mg/L) that kills 50% of the fishes.

表四、檳榔種子、檳榔種子水粗萃物及檳榔素之魚毒安全係數比較

Table 4. Comparison of the safety factors of fish toxicity with the powder and crude water extract of betel nut, and arecoline

Treatments	Safety factor ¹
Powder of betel nut	0.159
Crude water extract of betel nut	0.399
Arecoline	49.481

¹ The safety factor corresponds to the ratio between the 30% fish toxicity to the common carp and the 95% lethal concentration to the golden apple snail. The higher safety coefficient represented the little effect on the ecological environment.

討 論

檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素對福壽螺的LC₅₀ (96 hr)分別為88.24、12.37及0.17 mg/L，LC₉₅ (96 hr)分別為163.76、23.31及0.52 mg/L (表一)，顯示3種材料對於福壽螺均具有毒殺效果；然而，檳榔種子粉末及檳榔種子水粗萃取物的LC₅₀ (96 hr)分別為檳榔素的519.1及72.8倍，LC₉₅ (96 hr)分別為檳榔素的314.9及44.8倍，顯示檳榔素是檳榔種子具有殺螺活性的重要成分。檳榔素對於另一種淡水螺類-錐實螺(*Lymnaea acuminata*)的LC₅₀ (96 hr)為0.14 mg/L，已被認為是檳榔種子主要具有殺螺活性的成分⁽¹⁴⁾。而且，不同來源的檳榔種子經過水萃取後，可得到0.64~2.2 mg/g乾物重的檳榔素⁽¹³⁾。

Morallo-Rejesus及Punzalan⁽²⁰⁾將植物性殺螺資材進行毒性分類，處理48 hr可造成80~100%福壽螺死亡的致死劑量低於200 mg/L為非常高毒性(very high toxicity, VHT)、>200~1,000 mg/L為高毒性(high toxicity, HT)、>1,000~5,000 mg/L為中等毒性(moderate toxicity, MT)。根據上述殺螺毒性分類，檳榔種子粉末及檳榔種子水粗萃取物的LC₉₅ (48 hr)分別為241.89及54.61 mg/L，對福壽螺分屬為高毒性及非常高毒性。6個常用來防治福壽螺的植物性材料包括印度苦楝樹(*Azadirachta indica*)油、菸草(*Nicotiana tabacum*)葉、夾竹桃(*Nerium indicum*)葉、水黃皮(*Pongamia pinnata*)油、薑(*Zingiber officinale*)根莖及黑胡椒(*Piper nigrum*)種子等萃取物對福壽

螺處理48 hr的LC₅₀及LC₉₀分別為365及624、205及375、179及341、512及804、485及767、202及359 mg/L⁽²¹⁾。顯示檳榔種子對福壽螺的毒性與其他植物性材料相近。

田間防治試驗結果顯示，檳榔種子粉末施用量160 kg/ha對於福壽螺有優異的防治效果(表二)。其他植物性具殺螺活性的資材，如牛角瓜(*Calotropis gigantean*)葉片施用量200 kg/ha對於福壽螺具毒殺效果⁽¹⁷⁾，毛魚藤(*Derris elliptica*)的根、十二蕊商陸(*Phytolacca dodecandra*)的漿果及印度苦楝樹(*Azadirachta indica*)的種子，對於福壽螺防治最有效的田間施用量分別為90、20及100 kg/ha⁽²⁰⁾。顯示檳榔種子粉末於水田的施用量與其他植物性材料相近。

植物性資材施用於水域防治有害生物，除了防治效果之外，必須考量其對水生生物的毒性。檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素對鯉魚96 hr的LC₅₀分別為30.69、11.0及30.49 mg/L(表三)。依據國內頒訂之「農藥對水生物毒性分類及其審核管理規定」，農藥對淡水魚急毒性LC₅₀(96 hr)值介於10~100 mg/L 為輕毒性、介於1~10 mg/L為中等毒性、≤1 mg/L為劇毒性⁽⁴⁾。顯示檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素對水生物毒性分類屬於輕毒性。相較於耐克螺對鯉魚的LC₅₀(96 hr)為0.14 mg/L⁽²⁰⁾，檳榔資材及檳榔素的魚毒性低於耐克螺。至於聚乙醛對2種虹鱒魚(*Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mykiss*)及藍鰂魚(*Lepomis macrochirus*)的LC₅₀(96 hr)分別為62、75及10 mg/L，且高劑量的聚乙醛對於鯉魚、吳郭魚(*Tilapia mossambicus*)、虱目魚(*Chanos chanos*)幼魚、蝦類(*Penaeus monodon*, *Metapenaeus ensis*)等幾乎不具有毒性^(7,8)，顯示檳榔資材及檳榔素的魚毒性高於聚乙醛。至於農民經常使用的苦茶粕對於龜殼攀鱸(*Anabas testudineus*, Climbing perch)的LC₅₀(48 hr)為33 mg/L⁽²⁵⁾。

將30%魚毒性致死濃度除以95%福壽螺致死濃度作為評估檳榔資材及檳榔素對魚毒之安全係數，當安全係數愈高表示該資材對於環境生態的影響愈小。檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素的安全係數分別為0.159、0.399及49.481(表四)，顯示檳榔素相較於檳榔種子粉末及檳榔種子水粗萃取物對環境生態較為安全。與推薦於福壽螺防治之化學藥劑相比較，聚乙醛6%餌劑、聚乙醛80%可濕性粉劑、耐克螺70%可濕性粉劑之安全係數分別為>28.5、>14.3及0.15⁽⁵⁾，檳榔素明顯較耐克螺70%可濕性粉劑對環境衝擊較小。至於植物性殺螺資材中，煙草渣及苦茶粕之安全係數分別為0.33及0.025⁽⁵⁾，顯示檳榔素及檳榔種子水粗萃取物較煙草渣及苦茶粕為安全，至於檳榔素種子粉末較苦茶粕安全。

檳榔種子、檳榔種子水粗萃取物及檳榔素對於福壽螺均具有毒殺效果，但考量到應用於田間可能造成水生生物的毒害，且檳榔種子粉末、檳榔種子水粗萃取物的安全係數偏低，並與菸草渣或苦茶粕的安全係數值相近，施用於水域有影響環境生態的疑慮，較不建議作為福壽螺的防治資材。至於檳榔素的安全係數高於耐克螺70%可濕性粉劑及其他植物性殺螺資材，極具潛力開發成為防治福壽螺的殺螺劑產品。

參考文獻

1. 行政院農業委員會 2018 修正「免登記植物保護資材」公告，臺北市。民國107年8月23日，取自https://pesticide.baphiq.gov.tw/web/NewsDetailView2_3.aspx?news_sn=1538/ 免登記植物保護資材修正案.pdf。
2. 林金樹 1986 福壽螺之生態觀察 臺中區農業改良場研究彙報 13: 59-66。
3. 陳榮松、吳嘉瑩 2010 水田施撒苦茶粕對泥鰍之影響評估 興大工程學刊 21(1): 1-10。
4. 孫斐、翁愷慎、李國欽 1994 農藥對水生生物毒性分類準則之研訂 臺灣農業 30: 131-140。
5. 鄭允、高靜華 2000 福壽螺緊急防治始末 p.59-66 植物疫情與策略 高清文、郭克忠、曾經洲編 中華民國植物保護學會編印。
6. Bradley, B. G. B. 1979. Arecaidinism. Betel chewing in transcultural perspective. Can. J. Psychiatry 24: 481-488.
7. Borlongan, I. G., R. M. Coloso and R. A. Blum. 1996. Use of metaldehyde as molluscicide in milkfish ponds. p. 205-212. In: Henderson, I. F. (ed.). Proceedings of the British Crop Protection Council on Slug and Snail Pests in Agriculture. UK.
8. Calumpang, S. M. F., M. J. B. Medina, A. W. Tejada and J. R. Medina. 1995. Environmental impact of two molluscicides: Niclosamide and metaldehyde in a rice paddy ecosystem. B Environ. Contam. Tox. 55: 494-501.
9. Chen, Y. H., P. Yang, W. T. Chen and Y. H. Chen. 2004. The impact of golden apple snail (GAS) on Taiwan's agricultural and ecological environment: an economic approach. p. 35-46. In: Lai, P. Y., Y. F. Chang and R. H. Cowie (eds.). Proceedings of APEC Symposium on the Management of the Golden Apple Snail, Institute of Science and Technology, National Pingtung University, Pingtung, Taiwan.
10. Cheng, E. Y. 1989. Control strategy for the introduced snail, *Pomacea lineata*, in rice paddy. pp. 69-75. BCPC Mono. No. 41 Slugs and Snails in World Agriculture.
11. Cowie, R. H. 2002. Apple snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts and management. p. 145-192. In: G.M. Barker ed. Molluscs as Crop Pests. CABI Publishing, Wallingford.
12. de Brito, F. C. and R. C. Joshi. 2016. The golden apple snail *Pomacea canaliculata*: a review on invasion, dispersion and control. Outlooks Pest Manag. 24: 157-163.
13. Jain, V., A. Garg, M. Parascandola, P. Chaturvedi, S. S. Khariwala and I. Stepanov. 2017. Analysis of alkaloids in areca nut-containing products by liquid chromatography-tandem mass-spectrometry. J. Agric. Food Chem. 65: 1977-1983.
14. Jaiswal, P. and D. K. Singh. 2008. Molluscicidal activity of *Carica papaya* and *Areca catechu* against the freshwater snail *Lymnaea acuminata*. Vet. Parasitol. 152: 264-270.

15. Jaiswal, P., P. Kumar, V. K. Singh and D. K. Singh. 2011. *Areca catechu* L.: A valuable herbal medicine against different health problems. Res. J. Med. Plant. 5: 145-152.
16. Joshi, R. C., M. S. Desmito, A. R. Martin, L. S. Sebastian and J. B. Coupland. 2004. Detrimental effects of niclosamide 250EC at preseedling in direct-seeded rice culture. Int. Rice Res. N. 29: 36-37.
17. Lobo, P. P., M. A. Liagas and F. D. Laysa. 1997. Evaluation of starflower (*Calotropis gigantean*) against golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in lowland transplanted rice. Philipp. J. Crop Sci. 16: 103-107.
18. Marking, L. L. and J. W. Hogan. 1967. Toxicity of Bayer 73 to fish (No. 19). US Fish and Wildlife Service, 13pp.
19. Mochida, O. 1991. Spread of freshwater *Pomacea* snails (Pilidae, Mollusca) from Argentina to Asia. Micronesica Suppl. 3: 51-62.
20. Morallo-Rejesus, B. and G. Punzalan. 1997. Molluscicidal action of some Philippine plants on golden snails, *Pomacea* spp. Phil. Entomol. 11: 65-79.
21. Prabhakaran, G., S. J. Bhore and M. Ravichandran, 2017. Development and evaluation of poly herbal molluscicidal extracts for control of apple snail (*Pomacea canaliculata*). Agriculture 7:22; doi: 10.3390/agriculture7030022
22. Rethinam, R. and K. Sivaraman. 2001. Arecanut (*Areca catechu* L.) present status and future strategies. Indian J. Arecanut, Spices Med. Plants. 3: 35-50.
23. Roy, P. K., J. D. Munshi and H. M. Dutta. 1990. Effect of saponin extracts on morpho-history and respiratory physiology of an air breathing fish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). J. Freshwater Biol. 2: 135-145.
24. Schnorbach, H. J., H. W. Rauen and M. Bieri. 2006. Chemical control of the golden apple snail, *Pomacea canaliculata*. p. 419-438. In: Joshi, R. C. and L. S. Sebastian (eds.). Global advances in ecology and management of golden apple snails. Nueva Ecija: Philippine Rice Research Institute.
25. Vanichkul, K., V. Hamthanon and T. Siripong. 2014. Acute toxicity of tea seed cake on climbing perch (*Anabas testudineus* (Bloch)). Int. J. Environ. Rural Develop. 5: 126-129.
26. Wang, C. K., Lee, W. H. and C. H. Peng. 1997. Contents of phenolics and alkaloids in *Areca catechu* during maturation. J. Agric. Food Chem. 45: 1185-1188.
27. Xie, D. P., L. B. Chen, C. Y. Liu, C. L. Zhang, K. J. Liu and P. S. Wang. 2004. Arecoline excites the colonic smooth muscle motility via M3 receptor in rabbits. Chin. J. Physiol. 47: 89-94.

Evaluation of *Areca catechu* L. Nut and Arecoline against the Golden Apple Snail, *Pomacea canaliculata* Lamarck and Fish Toxicity to Common Carp (*Cyprinus carpio* L.)¹

Chung-Ta Liao²

ABSTRACT

In this study, the powder of betel nut (*Areca catechu* L.), crude water extract of betel nut and arecoline were used to test the acute toxicity of the golden apple snail (*Pomacea canaliculata* Lamarck), field control efficiency, and the fish toxicity using young common carp (*Cyprinus carpio* L.). The half lethal concentration (LC₅₀) and 95% lethal concentration (LC₉₅) of the powder of betel nut in *P. canaliculata* were 88.24 mg/L and 163.76 mg/L, the LC₅₀ and LC₉₅ of the crude water extract of betel nut were 12.37 mg/L and 23.31 mg/L, and the LC₅₀ and LC₉₅ of arecoline were 0.17 mg/L and 0.52 mg/L at 96 hr post-treatment, respectively. Percentages of field control efficiency against snails of the betel nut powder (16 kg/0.1ha) and arecoline (0.24 kg/0.1ha) were 91.8 and 96.8%, respectively. The fish toxicity of the betel nut powder to common carp were 26.04 mg/L and 30.37 mg/L for LC₃₀ and LC₅₀, the LC₃₀ and LC₅₀ were 9.29 mg/L and 11.0 mg/L for water extract of betel nut, and 25.73 mg/L and 30.49 mg/L for arecoline at 96 hr post-treatment, respectively. The safety factors (LC₃₀ of fish / LC₉₅ of snail) were calculated and compared with the existing molluscicides and materials, arecoline with a higher safety factor could be a potential molluscicide against the snails.

Key words: *Areca catechu*, arecoline, *Pomacea canaliculata*, *Cyprinus carpio*, toxicity

¹Contribution No. 0949 from Taichung DARES, COA.

²Associate Researcher of Taichung DARES, COA.