

臺南水雉農藥中毒原因分析

An analysis on pheasant-tailed jacana pesticide poisoning in Tainan, Taiwan

林桂賢^{1,*}、陳慧珊²、羅雪平²、李仁厚²、盧欣怡²、詹芳澤¹、林育秀¹
Kuei-Shien Lin^{1,*}, Hui-Shan Chen², Hsueh-Ping Lo², Jen-Ho Li², Hsin-Yi Lu²,
Fang-Tee Chan¹, and Yu-Hsiu Lin¹

¹ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心，南投縣集集鎮民生東路 1 號

² 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所，臺中市霧峰區舊正里光明路 11 號

¹ Taiwan Endemic Species Research Institute, Nantou, Taiwan

² Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Taichung,
Taiwan

* 通訊作者：sds0308@tesri.gov.tw

*Corresponding author: sds0308@tesri.gov.tw

摘要

農藥為農業中很重要的農作物保護資材，然而不當的使用卻可能對生態環境和非目標生物造成危害。農藥對野生動物影響可分成直接毒害和間接傷害，而直接毒害又可細分成蓄意和非蓄意傷害。殺蟲劑加保扶過去常被違法用於毒殺鳥類以減少農作物損害，本研究即針對於 2017 年 1 月 1 日禁用高含量加保扶成品農藥前後，間隔 8 年之野生鳥類農藥中毒事件調查來分析特定農藥風險減輕措施之成效。特有生物研究保育中心分別於 2014 年及 2022 年接獲臺南地區 15 隻及 16 隻的水雉疑似農藥中毒通報事件。經解剖，於水雉砂囊中均觀察到未消化之去殼米粒及穀粒，採集胃內容物樣本送至農業藥物毒物試驗所進行農藥殘留分析。結

果顯示於 2014 年來自三處不同農地樣品各送驗 1 隻，3 隻胃內容物均驗出農藥加保扶 (0.55-165.00 ppm)，其中 2 隻亦分別驗出得克利 (0.11 ppm) 及福瑞松 (1.80 ppm)；於 2022 年之 16 隻疑似中毒檢體全部送驗，共驗出 13 種農藥，其中 12 隻均驗出高濃度加保扶 (1.41-115.22 ppm)，其餘 4 隻中有 3 隻驗出托福松 (8.39-61.64 ppm)。前述加保扶為鳥類劇毒藥物且驗出濃度大都在致死劑量。此外，在屍體附近發現之穀粒誘餌亦有高含量加保扶 (1159.24 ppm) 顯示此為故意毒殺事件。由此兩年度發生之水雉加保扶中毒事件顯示，加保扶的不當使用並未因 2017 年加保扶 40.64% 水懸劑、44% 水懸劑和 37.5% 水溶性袋裝可濕性粉劑的禁用而遏止，建議有關權責機構應加強風險減輕措施防止野生動物農藥中毒再次發生。

關鍵詞：水雉、農藥、加保扶、托福松、中毒

Abstract

Chemical pesticides are essential for plant protection and ensuring crop productivity. However, inappropriate pesticide use could adversely impact ecosystems and non-target organisms. Pesticides can directly or indirectly cause wildlife death, in which the direct hazards could include negligence or intentional behavior. Carbofuran, an insecticide, was illegally used in the past to minimize crop damage by birds. This study examined two events of pesticide poisoning of wild birds within a span of eight years, occurring before and after the ban of pesticides containing high amounts of carbofuran on January 1, 2017, so as to analyze the effectiveness of the mitigation measures for specific pesticides. The Wildlife Rescue and Research Center of the Endemic Species Research Institute of Taiwan received 15 and 16 cases of suspected pheasant-tailed jacana (*Hydrophasianus chirurgus*) poisoning in 2014 and 2022, respectively. Autopsies revealed that most of the gizzards of the dead jacana contained undigested grains. Samples of these grains and gizzard tissue were analyzed for pesticide

residue by the Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute. Three samples in 2014 from different farmlands were analyzed, all found to contain high concentrations of carbofuran (0.55-165.00 ppm), and two of which were found with tebuconazole (0.11 ppm) and phorate (1.80 ppm). Moreover, 13 pesticides were detected out in all the 16 samples in 2022, 12 of which contained high concentrations of carbofuran (1.41-115.22 ppm), while three of the other four samples contained terbufos (8.39-61.64 ppm). Carbofuran is highly toxic to birds, and the detected concentrations are mostly lethal doses. Finally, baits with a lethal concentration of carbofuran (1159.24 ppm) were found near the corpses' locations, indicating that these poisoning events could be a consequence of intentional behavior. In summary, the wild bird poisoning events in 2014 and 2022 implied that the partial ban on highly-concentrated carbofuran formulations (including 40.64% and 44% carbofuran suspension concentrate as well as 37.5% carbofuran wettable powder in water soluble bag) in 2017 had failed to prevent its misuse. We urge the regulatory authorities to strengthen their risk mitigation measures to prevent further incidents of pesticide poisoning in wildlife.

Keywords: pheasant-tailed jacana, pesticide, carbofuran, terbufos, poisoning

前言

水雉科廣泛分佈於熱帶及亞熱帶開放性的濕地中，主要生活在淡水湖沼中，在浮水植物上覓食及築巢，全世界的水雉科鳥類共有 6 屬 8 種，體型從 15 到 58 公分不等，雌性通常比雄性大 (del Hoyo *et al.* 1996, Whittingham *et al.* 2000, Dostine and Morton 2000)。雉尾水雉在臺灣屬於稀有留棲性鳥及少數遷移性候鳥。主要分佈於南亞，自印度、中國東南部到臺灣，臺灣是其分布的北限，南至馬來半島及菲律賓，雉尾水雉是 8 種水雉科中唯一具有繁殖羽 (夏羽) 及非繁殖羽 (冬羽) 二種羽色變換和季節性遷移現象的種類 (del Hoyo *et al.* 1996)。在臺灣因棲地消失、噴灑農藥及撿拾鳥蛋等人為破壞，面臨生存危機而逐漸變得稀有，目前已被列為第二級珍貴稀有之保育類動物。根據記載，以往水雉曾廣泛分布於臺灣低海拔的濕地，喜愛棲息於有浮葉植物生長的水澤濕地及埤塘，但隨著臺灣農業生態環境的改變與埤塘消失，許多地方的族群已不復見，目前主要多

分布於臺南八掌溪至曾文溪間以種植菱角與稻米為主的水田 (陳 2012, 黃等 2016)。臺南市官田區菱角種植區為其在臺灣最大與最主要的族群棲息地，食性以昆蟲、種籽及其他無脊椎動物為食，因常出現於菱角田而有「菱角鳥」及「凌波仙子」的美稱，是臺灣典型的農田濕地生態系代表生物之一。從 1999 年起臺南縣 (現為臺南市) 實施獎勵菱農辦法及劃設官田水雉復育區後，水雉受到較完善的保護而族群有逐漸成長的趨勢，但族群數量增加卻很緩慢。顯然，水雉的保育工作仍有些盲點需要突破 (Ueng and Yang 2008)。

菱角是臺南官田區的特色農產，農作型態農民多半採稻米及菱角輪作，以一期菱角一期稻作方式耕種。當菱角枯萎後，農民會趕著年初種植一期水稻。農民採行直播法種植水稻，收割完後的稻田稍微整地即可再引水淹田銜接菱角栽種 (洪等 2007)。臺灣早期嘉南沿海缺水地區農民就已有採用水稻直播法，只需簡易整地後即可直播，可以節省整地作業的費用，在

過去勞力不足之年代，較為省工的直播方式曾受農民喜愛，試驗改良場所亦曾大量推廣，臺灣 1980 年代之水稻直播栽培面積約為 2 萬至 3 萬 ha，此時為直播栽培之高峰期，但因當時直播技術未能完全克服，直播後的稻種會裸露田間，易受鳥類及鼠類等為害且暴露之稻種若無消毒等措施也會容易招致病蟲害的侵襲下，致使產量低且不穩定，故當時未能大規模推廣 (許及宋 1994)。過去所推行的直播栽培方式是以溼田表面播種為主，將催芽稻種直接撒播於整地後的湛水土壤表面，然而稻種裸露於土表易被野生動物採食，為減少田中播種之穀粒損失達到防鳥或防鼠目的，農民常將稻種與高毒性藥劑混拌處理後直播或放置於周邊田埂當毒誘餌導致鳥類誤食而死亡，造成生態上極大危害 (陳 2012)。當時農民最常使用俗稱好年冬精及蟲包無等加保扶水懸劑摻入穀種使用來防治鳥害，過去臺灣曾有 44% 水懸劑、40.64% 水懸劑和 37.5% 水溶性袋裝可濕性粉劑之高濃度加保扶劑型登記販售，因歸類為劇毒農藥及不

當使用造成多次鳥類中毒事件，因而於 2017 年 1 月 1 日禁用多種劑型的產品，目前僅保留分類為哺乳動物急毒性中等毒的加保扶 3% 粒劑、益保扶 4% 粒劑 (含益滅松 2% 和加保扶 2%) 和益保扶 20% 可濕性粉劑 - 水溶性袋裝 (含益滅松 10% 和加保扶 10%) 仍可合法使用。本研究擬藉由野生鳥類農藥中毒事件調查來分析禁用高濃度加保扶農藥措施之成效，並提供權責機構加強管理之參考資料。

材料與方法

1. 中毒水雉樣本來源：

特有生物研究保育中心 (以下簡稱特生中心) 在 2013~2014 年及 2021~2022 年期間，分別接獲 15 隻及 16 隻來自臺南市官田區之野生水雉屍體 (圖 1)。經病理解剖檢視其屍體狀態和胃內容物，懷疑死因為農藥中毒。2014 年採集三處地點各 1 隻檢體胃內容物 2g (圖 2)；2022 年採集 16 隻檢體胃內容物或胃組織各 2g (圖 2) 及 1 件現場採得疑似誘餌穀粒 (圖 3) 送農業藥物毒物試驗所 (以下簡稱藥毒所)

進行農藥殘留分析，樣本來源和採樣情形見表 1。其中拾獲疑似誘餌穀粒來源與樣品 6 位置和時間相同。

2. 樣品農藥殘留檢驗分析方法：

樣品冷凍儲存於 -18°C 下，分析方法參考歐盟 QuEChERS 方法 (European Committee for Standardization 2009, 2018) 萃取淨化後，所得檢液再以氣相層析串聯式質譜儀及液相層析串聯式質譜儀 (gas chromatography/tandem mass spectrometry and liquid chromatography/tandem mass spectrometry) 進行多重農藥殘留定性及定量分析。

結果

送驗的 19 件樣本中，樣本 1 至 3 號為 2013~2014 年疑似中毒之 15 隻水雉樣本中抽驗採得，4 至 19 號為 2021~2022 年疑似中毒之 16 隻水雉樣本，分析結果整理於表 2。多重農藥殘留定性及定量分析回收率介於 61% ~ 123%，回收率的偏差係數 < 20%，定量極限介於 0.004 ~ 0.02 $\mu\text{g/g}$ (ppm)。

2014 年送驗 3 隻水雉胃內容物，總共檢驗出 3 種農藥。3 隻水雉胃內含物均檢測出殺蟲劑加保扶 (carbofuran)，含量為 0.55-165.00 ppm，除加保扶外另有 2 隻分別檢測到殺蟲劑福瑞松 (phorate) 及殺菌劑得克利 (tebuconazole)，濃度分別為 1.80 ppm 及 0.11 ppm。

2022 年送驗 16 隻水雉胃內容物或胃組織，總共檢驗出 13 種農藥。有 12 隻檢體檢出加保扶 (75% 分析樣本)，濃度範圍為 1.4-115.22 ppm；另未驗出加保扶農藥之 4 隻樣本中，有 3 隻驗出有殺蟲劑托福松 (terbufos)，濃度範圍為 8.39-61.64 ppm。其餘 11 種農藥分別有殺蟲劑陶斯松 (chlorpyrifos) 和克福隆 (chlorfluazuron)；殺菌劑待克利 (difenoconazole)、得克利、亞托敏 (azoxystrobin)、撲克拉 (prochloraz)、福多寧 (flutolanil)、滅達樂 (metalaxyl) 及三賽唑 (tricyclazole)；除草劑丁基拉草 (butachlor) 及殺丹 (thiobencarb)。另現場拾獲之穀粒則分別驗出加保扶 (1159.24 ppm)、陶斯松 (0.04 ppm)、剋

安勃 (chlorantraniliprole, 0.06 ppm)、亞托敏 (0.06 ppm)、待克利 (0.53 ppm) 及三賽唑 (0.33 ppm) 共 6 種農藥，其中加保扶、陶斯松及剋安勃是殺蟲劑，餘 3 種為殺菌劑。

討論

農藥是農業中很重要的農作物保護資材。依其用途及防治的對象可簡易分為殺蟲劑 (insecticide)、除草劑 (herbicide)、殺菌劑 (fungicide)、殺蟎劑 (miticides)、殺鼠劑 (rodenticide)、植物生長調節劑 (plant growth regulators)、殺線蟲劑 (nematocides) 及除藻劑 (algicides) 等 (蔡 2001)。又可依對為害生物的程度與其毒性、接觸劑量、暴露途徑及暴露時間長短有關來區分危害級別，在急性暴露下，通常會以半數致死劑量 (median Lethal Dose, LD₅₀)，即能讓處理之動物產生 50% 比例死亡所需要之化學物劑量作為危害等級分級標準 (附錄表 1)。2014 年和 2022 年之 19 隻水雉樣本的農藥檢出率是 100%，總共驗出 14 種農藥，依其農藥種類可歸

納為殺蟲劑、殺菌劑和除草劑三大類，以殺蟲劑加保扶的殘留檢出率 79% 最高 (15 隻)。以農藥有效成分急毒性來區分 (表 3)，殺蟲劑除克福隆外對於鳥類或哺乳動物之危害性較高，屬劇毒或極劇毒農藥；其餘殺菌劑及殺草劑農藥，多數屬於中等毒或輕毒，且驗出濃度相對不高，顯示殺蟲劑為水雉主要致死原因。

本研究水雉樣本和誘餌穀粒共檢驗出加保扶、托福松、福瑞松、陶斯松、克福隆和剋安勃 (僅誘餌檢出) 等 6 種殺蟲劑，主要是用以防除為害作物的昆蟲及其他節肢動物，依其不同化學結構特性而有不同作用機制及毒性 (行政院農委會動植物防疫檢疫局 2018)。加保扶屬於胺基甲酸鹽類，而托福松、福瑞松和陶斯松為有機磷類農藥，兩者作用機制都是透過抑制乙醯膽鹼酯酶而造成神經中毒症狀，於昆蟲、鳥類和哺乳動物具有共通之中毒機制 (Carey 2006)。殺蟲劑福瑞松及加保扶對哺乳類及鳥類動物都有很強的毒性，作用快且所需量少，引起臺灣野生動物的中毒案件也

最多 (Hong *et al.* 2018)。剋安勃屬魚尼丁 (ryanodine) 受體鈣離子通道調節劑，對於昆蟲之魚尼丁受體有高度之專一性和選擇性，對哺乳類動物受體親和力差，因此對哺乳動物安全性較高 (Chen *et al.* 2019)；克福隆屬昆蟲生長調節劑，為一種幾丁質合成抑制劑 (inhibitors of chitin biosynthesis)，機制為干擾昆蟲或蟎類之幾丁質合成，而影響蟲卵孵化和幼蟲發育，是依據昆蟲生長發育專屬的特性而開發的藥劑種類對哺乳類及鳥類毒性機制相關性低 (Merzendorfer 2013)。

加保扶在 1970 年代引進臺灣，由於對鳥類有很高的毒性，甚至當時的廣告文宣就將鳥類列為加保扶的防治目標之一，農業官方刊物也曾經推廣用加保扶等劇毒農藥來防鳥害 (洪等 2022)。加保扶經由口服途徑對雞、鴨、綠頭鴨、雉、鶇鶇、野鳥的急性中毒半數致死劑量分別為 6.3、0.415、0.71、4.2、5.0、0.42 mg/kg bw (Gupta, 2012; PPDB)，屬於鳥類極劇毒農藥 (表 3)，對禽鳥尤其是鴨和野鳥具有極高之危害性。當食穀性

鳥類誤食加保扶粒劑或經加保扶處理過的穀物時，在短時間內含毒的種子仍在食道及嗉囊內就會出現中毒症狀 (Tennakoon *et al.* 2009)。本研究除在水雉遺體驗出致死濃度之加保扶外，在案發現場田埂上拾獲之穀粒送驗結果包括合法登記於稻種消毒之殺菌劑撲克拉、得克利和三賽唑外，更有高濃度之殺蟲劑加保扶 (1,159.24 ppm)。以水雉體重 (雌鳥約 190-250 g，雄鳥約 120-150 g)(翁及王 2000) 和半致死劑量 (0.42 mg/kg bw) 估算，每隻水雉約攝入 0.05-0.11 mg 加保扶，可能會造成死亡；若以田埂上之穀粒內加保扶 1,159.24 ppm 濃度計算，每隻水雉約只需攝入 0.04-0.09 g 穀粒，相當於 2~4 粒穀粒即會造成死亡 (一般水稻穀粒千粒重為 23-26 g 重 (林 2007))。由此可推測為人為蓄意將稻穀混合加保扶製成毒餌撒在田間毒殺食穀性鳥類之毒害事件。

臺灣過去曾有高濃度加保扶劑型登記販售，包括：85% 可濕性粉劑、75% 可濕性粉劑、44% 水懸劑、40.64% 水懸劑和 37.5% 水溶性袋裝可

濕性粉劑，因歸類為劇毒農藥，分別於 1999 年 1 月 1 日 (前兩項) 和 2017 年 1 月 1 日全面禁用。目前僅餘加保扶 3% 粒劑、益保扶 4% 粒劑和益保扶 20% 可濕性粉劑 - 水溶性袋裝登記使用 (行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 2022)(附錄表 2)。加保扶在水稻登記害物範圍及使用時機均在苗期施用，防治玉米則於生育初期及抽穗前使用；益保扶則於分蘖盛期前施用，這二種化學農藥之使用方法，並未適用於穀粒，若用於直播法須符合登記之使用方法方能使用 (表 4)。

在歐美地區，加保扶粒劑曾被廣泛運用於種植雜糧，暴露的顆粒容易被鳥類誤判為細砂礫而誤食 (Mineau *et al.* 1999, Parsons *et al.* 2010)。加保扶在國際上已被多國禁止使用，並在 2017 年被鹿特丹公約登錄為附錄 III 禁用或嚴格限用的化學品和危害性高的農藥產品。歐盟因為加保扶產品對於較敏感消費者族群的急性暴露風險高、污染地下水和對哺乳動物、鳥類、魚類、蚯蚓等非目標生物之生態毒性等具有疑慮，自 2007 年 6 月

16 日起不再通過申請，並公告所有含加保扶的植物保護產品需在 2007 年 12 月 13 日前回收；在加拿大，因為加保扶產品對於工作者、綜合飲食暴露和對陸生和水生非目標生物風險超過可接受標準，且在美國和加拿大地區有 33 次環境意外報告，自 2010 年 12 月 31 日起禁用 (Spencer 2006)；赫勒州常設州際抗旱委員會 (Permanent Interstate Committee for drought control in the Sahel) 因為加保扶產品已經影響到生態系平衡和造成益蟲的消失，且觀察到農民不依照標示方法安全施藥、飲用水被污染、對鳥、水生無脊椎生物和淡水魚中均有較高的毒性等因素，自 2015 年 4 月 8 日起禁用加保扶 (FAO and UNEP. 2017, 盧 2020)。另外在美國、澳洲和日本亦無加保扶的登記使用 (Poledníková *et al.* 2010)。

而在國內，民眾有意或無意地不當使用加保扶，造成犬、貓或野生動物傷害甚或死亡事件層出不窮。家畜衛生試驗所報告在 2011 至 2013 年受理的 24 件疑似犬隻中毒案件中，有 13 件是加保扶中毒，且高劑量指向人

為故意毒殺 (吳 2013)。屏東科技大學鳥類生態研究室自 2014 年 10 月至 2016 年 9 月期間，共收到 213 則通報。其中有 29 起小型鳥類中毒案件和 7 起黑翅鳶死亡案件送化學分析，其結果在 28 件小型鳥類樣品中驗出加保扶 (0.010–21.640 $\mu\text{g/g}$)，1 件驗出托福松 (0.075 $\mu\text{g/g}$)；4 隻黑翅鳶驗出加保扶和 3 隻黑翅鳶驗出殺鼠劑。顯示加保扶為最常使用於農地毒鳥的農藥並有可能透過食物鏈而影響到猛禽 (Hong *et al.* 2018)。由本研究相隔 8 年的鳥中毒調查事件可得知，即使本國於 2017 年 1 月 1 日以後市面上禁售高含量加保扶製劑產品，只保留低含量加保扶產品登記使用，因其對鳥類的高毒性，仍無法杜絕農民或不肖人士蓄意用於毒害野生動物。

在本次農藥種類調查中，分別於 2014 年和 2022 年驗出較高濃度之福瑞松及托福松等兩種有機磷劑殺蟲劑，其中福瑞松不管對鳥類或哺乳類動物均為極劇毒農藥；而托福松對鳥類雖為中等毒性但對哺乳類動物而言為極劇毒性農藥。前述兩農藥檢驗濃

度雖未達鳥類半數致死劑量，仍可能造成敏感個體中毒死亡。由於托福松和福瑞松並未核准使用於水稻，為何水雉會在胃內容物中發現穀粒且死於水稻種植區呢？經過尋訪當地農民間接得知，可能有不肖農藥商家教導農友以這兩種農藥用於田地上抑制鼠類及蛇類，此外經查在過去藥毒所之植物保護信箱中亦有民眾詢問可否使用福瑞松、托福松或加保扶化學藥劑來防治鼯鼠；以往也有文獻指出福瑞松及托福松可用來防治鼯鼠 (施錫彬和游俊明 2000)，因此不當使用福瑞松及托福松於鼠害防治的情形存在可能性。推測在本研究中福瑞松或托福松對於田地上覓食鳥類為非蓄意的直接毒害事件，然而對地棲型哺乳類直接性蓄意的毒害事件也必須被關注。

本水雉中毒案件並非僅是臺南官田區個案，毒殺野生動物案件持續發生在臺灣各個角落，除了鼓勵農友們使用友善農法或毒性較低的農藥，地方主管機關應加強宣導毒殺動物觸犯之法律及刑責 (附錄資料)，也應對農藥販賣場所之推廣違法使用農藥之行

為予以查緝。針對不易管理之高風險性農藥如加保扶，主管權責機關應評估完全退場之可行性。

致謝

本研究承蒙藥毒所徐慈鴻副所長提供農藥分析專業意見和指導，謹致謝忱。

引用文獻

行政院農委會動植物防疫檢疫局。

2018。農用藥劑分類及作用機制檢索第三版。

行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。

2022。農藥資訊服務網。

<https://pesticide.baphiq.gov.tw/information/Query/Pesticide>。

吳建志。2013年。簡介動物農藥中毒的禍首—加保扶（carbofuran）。行政院農業委員會家畜衛生試驗所獸醫專訊第九期：27-31。

林國清。2007年。水稻新品種臺南糯12號之育成。臺南區農業改良

場研究彙報 49：1-23。

洪立三、韋煙灶、吳仁邦、鄧伯齡。

2007。臺南官田菱角產業與水雉保育互動之探討。自然保育季刊。58:38-44。臺南區農業改良場研究彙報第 49 號。

洪孝宇、林惠珊、許雅玟、林德恩、

林桂賢、詹芳澤。2022。大冠鷲的農藥加保扶中毒案例。臺灣生物多樣性研究。24(2):1-16。

施錫彬、游俊明。2000。鼯鼠（土撥鼠、

地鼠）生態與防治。農業世界 208:90-94。

翁榮炫、王建平。2000。水雉的生殖

生物學研究。臺灣濕地雜誌 (17):18-26。

許志聖、宋勳。1994。水稻直播栽培。

臺中區農業專訊 7:18-24。

陳榮坤。2012。綠色保育水稻栽培模

式—官田區水雉保育輔導實例。臺南區農業專訊 81：13-17。

- 黃群策、許曉華、李文珍。2016。水雉保育之路。臺灣林業 42(2):38-49。
- 盧欣怡、田奕葶、李彥芸、林良怡、楊予霈、蔡韙任。2020。高危害性農藥辨識原則介紹。臺灣農藥科學 (Taiwan Pesticide Science) 9 : 1-19。
- 蔡文珊。2001。農藥毒理特性與管理。農政與農情 113:97-104。
- Carey N.P. 2006. CHAPTER 20 - Central Nervous System Effects and Neurotoxicity, pp 271-291. In: Ramesh C. Gupta, Toxicology of Organophosphate & Carbamate Compounds, Elsevier Academic Press, UK.
- Chen J., Xue L., Wei R., Liu S., and Yin C.C. 2019. The insecticide chlorantraniliprole is a weak activator of mammalian skeletal ryanodine receptor/Ca²⁺ release channel. Biochem Biophys Res Commun 508(2):633-639.
- del Hoyo, J., Elliott, A., and Sargatal, J. eds. 1996. Handbook of the Birds of the World. vol.3 Lynx Editions, Barcelona. p.276-291.
- Dostine, P.L. and S.R. Morton. 2000. Seasonal abundance and diet of the Comb-crested Jacana Irediparra gaallinacea in the tropical northern territory. EMU 100:299-311.
- European Committee for Standardization. 2009. Foods of plant origin-determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE-QuEChERS-method. European Standard, BS EN 15662:2009.
- European Committee for Standardization. 2018. Foods of plant origin. Multimethod for the determination of pesticide residues using GC- and LC-based analysis following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE. Modular QuEChERS-method. European Standard,

- BS EN 15662:2018.
- FAO and UNEP. 2017. Rotterdam Convention (Operation of the Prior Informed Consent Procedure for Banned or Severely Restricted Chemicals). Decision Guidance Document: Carbofuran. Retrieved from <http://www.pic.int/TheConvention/Chemicals/AnnexIIIChemicals> (Dec 17, 2022)
- Gupta R.C. 2012. Carbamate insecticides (Toxicity). The Merck Veterinary Manual Available at: http://www.merckmanuals.com/vet/toxicology/insecticide_and_acaricide_organic_toxicity/carbamate_insecticides_toxicity.htm.
- Hong, S.Y., Lin, H.S., Walther, B.A., and Shie, Y.H. 2018. Recent avian poisonings suggest a secondary poisoning crisis of black kites during the 1980s in Taiwan. *Journal of Raptor Research* 52(3) : 326-337
- Mineau, P., Fletcher, M.R., Glaser, L., Thomas, N., Brassard, C., Wilson, L., Elliott, J., Lyon, L., Henny, C., and Bollinger, T. 1999. Poisoning of raptors with organophosphorus and carbamate pesticides with emphasis on Canada, US and UK. *Journal of Raptor Research*, 33: 1-37.
- Merzendorfer H. 2013. Chitin synthesis inhibitors: old molecules and new developments. *Insect Sci.* 20(2):121-38. doi: 10.1111/j.1744-7917.2012.01535.x.
- Parsons, K.C., Mineau, P., and Renfrew, R.B. 2010. Effects of pesticide use in rice fields on birds. *Waterbirds*, 33: 193-218.
- Pesticide Properties DataBase. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>.
- Poledníková, K., Větrovcová, J., Poledník, L., and Hlaváč V. Carbofuran - a new and effective method of illegal killing of otters (*Lutra lutra*) in the Czech Republic . *IUCN Otter Spec. Group Bull.*,

27 (3): 137 - 146, 2010.

Spencer R.M. 2006. CHAPTER 46 - Toxicity of Organophosphorus and Carbamate Insecticides Using Birds as Sentinels for Terrestrial Vertebrate Wildlife, pp 673-678. In: Ramesh C. Gupta, Toxicology of Organophosphate & Carbamate Compounds, Elsevier Academic Press, UK.

Tennakoon, S., Perera, B., and Haturusinghe, L. 2009. Intentional poisoning cases of animals with anticholinesterase pesticide-carbofuran in Sri Lanka. *Legal Medicine*, 11: S500-S502.

Ueng, Y.T. and Y.C. Yang. 2008. The strength of non-governmental organizations for protection of the pheasant-tailed jacanas in Taiwan. in "Asian Wetland, Global Position." 2008 Asian Wetland Convention and Workshop (2008/10/23~24). Society of Wetland Scientists (SWS) Asia

Chapter.

Whittingham, L.A., F. H. Sheldon, and S.T. Emlen. 2000. Molecular phylogeny of Jacana and its implications for morphologic and biogeographic evolution. *The Auk* 117:22-32.

表 1、臺南市官田區水雉樣本來源、拾獲日期和採集部位

Table 1. The locations, pick-up dates, sampling sites, and sampling dates of the pheasant-tailed jacanas found in Guantian District, Tainan.

編號	拾獲地點	拾獲時間	採樣部位	採集時間	胃內容物
1	葫蘆埤	2013/12/25	胃內含物	2014/1/3	米粒/穀粒
2	瓦窯庄	2013/12/25	胃內含物	2014/1/4	米粒/穀粒
3	葫蘆埤	2013/12/25	胃內含物	2014/1/5	米粒/穀粒
4	官田里	2021/4/30	胃內含物	2022/1/3	米粒/穀粒
5	官田里	2021/4/30	胃內含物	2022/1/3	米粒/穀粒
6	南廊里	2021/12/24	胃內含物	2022/1/3	米粒/穀粒
7	隆本里	2021/12/29	胃內含物	2022/1/3	米粒/穀粒
8	南廊里	2022/1/7	胃內含物	2022/3/1	米粒/穀粒
9	東庄里 ^{註1}	2022/1/14	胃組織	2022/3/1	無
10	隆本里	2022/1/14	胃內含物	2022/3/1	米粒/穀粒
11	嘉南里 ^{註2}	2022/1/14	胃內含物	2022/3/1	米粒/穀粒
12	隆田里	2022/1/14	胃內含物	2022/3/1	米粒/穀粒
13	隆田里	2022/1/14	胃內含物	2022/3/1	米粒/穀粒
14	南廊里	2022/1/18	胃內含物	2022/3/1	米粒/穀粒
15	隆本里	2022/1/18	胃內含物	2022/3/1	米粒/穀粒
16	隆本里	2022/1/18	胃內含物	2022/3/1	米粒/穀粒
17	隆本里	2022/1/18	胃內含物	2022/3/1	米粒/穀粒
18	隆本里	2022/1/18	胃內含物	2022/3/1	米粒/穀粒
19	東庄里	2021/5/17	胃內含物	2022/1/3	米粒/穀粒

註 1：水雉胃中無內容物，採胃組織送驗；註 2：水雉屍體已風乾。

表 2、水雉胃內容物 (組織) 驗出之農藥種類及濃度^{註 1}

Table 2. The types and concentrations of pesticides detected in jacanas' stomach contents or tissues.

編號	送驗時間	檢出農藥種類/名稱 (中文/英文)	濃度(ppm)
1	2014/1/3	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	165.00
		殺菌劑/得克利/Tebuconazole	0.11
2	2014/1/3	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	145
3	2014/1/3	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	0.55
		殺蟲劑/福瑞松/Phorate	1.80
4	2022/3/24	殺蟲劑/托福松/Terbufos	8.39
5	2022/3/24	殺蟲劑/托福松/Terbufos	61.64
6	2022/3/24	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	4.79
		殺菌劑/得克利/Tebuconazole	1.05
		殺菌劑/三賽唑/Tricyclazole	0.02
7	2022/3/24	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	1.41
		殺蟲劑/托福松/Terbufos	0.03
8	2022/3/24	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	25.74
		除草劑/丁基拉草/Butachlor	0.15
		殺蟲劑/陶斯松/Chlorpyrifos	0.03
9	2022/3/24	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	1.66
		殺菌劑/得克利/Tebuconazole	0.28
		殺菌劑/亞托敏/Azoxystrobin	0.15
		殺菌劑/撲克拉/Prochloraz	0.40
		殺蟲劑/克福隆/Chlorfluazuron	0.04
10	2022/3/24	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	18.96
		除草劑/丁基拉草/Butachlor	28.96
		殺蟲劑/托福松/Terbufos	0.07
11	2022/3/24	殺菌劑/亞托敏/Azoxystrobin	0.06
		殺菌劑/待克利/Difenoconazole	0.19

編號	送驗時間	檢出農藥種類/名稱(中文/英文)	濃度(ppm)
1	2014/1/3	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	165.00
		殺菌劑/得克利/Tebuconazole	0.11
2	2014/1/3	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	145
3	2014/1/3	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	0.55
		殺蟲劑/福瑞松/Phorate	1.80
4	2022/3/24	殺蟲劑/托福松/Terbufos	8.39
5	2022/3/24	殺蟲劑/托福松/Terbufos	61.64
6	2022/3/24	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	4.79
		殺菌劑/得克利/Tebuconazole	1.05
		殺菌劑/三賽唑/Tricyclazole	0.02
7	2022/3/24	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	1.41
		殺蟲劑/托福松/Terbufos	0.03
8	2022/3/24	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	25.74
		除草劑/丁基拉草/Butachlor	0.15
		殺蟲劑/陶斯松/Chlorpyrifos	0.03
9	2022/3/24	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	1.66
		殺菌劑/得克利/Tebuconazole	0.28
		殺菌劑/亞托敏/Azoxystrobin	0.15
		殺菌劑/撲克拉/Prochloraz	0.40
		殺蟲劑/克福隆/Chlorfluazuron	0.04
10	2022/3/24	殺蟲劑/加保扶/Carbofuran	18.96
		除草劑/丁基拉草/Butachlor	28.96
		殺蟲劑/托福松/Terbufos	0.07
11	2022/3/24	殺菌劑/亞托敏/Azoxystrobin	0.06
		殺菌劑/待克利/Difenoconazole	0.19

註 1：除樣品 9 檢驗胃組織外，其餘樣本均檢驗胃內容物（即未消化穀粒 / 米粒）。

表 3、農藥對鳥類及哺乳動物急性毒性數據^{註1}

Table 3. Acute toxicity data of pesticides found in birds and mammals.

農藥種類/中文/英文 名稱	鳥類 ^{註2}	哺乳類動物 ^{註3}		
	經口 LD ₅₀ (mg/kg bw)	經口 LD ₅₀ (mg/kg bw)	經皮膚 LD ₅₀ (mg/kg bw)	經呼吸 LC ₅₀ (mg/L)
殺蟲劑/加保扶 /Carbofuran	0.71 (極劇毒)	7 (劇毒)	1000 (中等毒)	0.05
殺蟲劑/托福松 /Terbufos	>185 (中等毒)	1.3 (極劇毒)	1 (極劇毒)	0.0061
殺蟲劑/陶斯松 /Chlorpyrifos	39.2 (劇毒)	66 (中等毒)	1250 (中等毒)	0.1
殺蟲劑/福瑞松 /Phorate	2.25 (極劇毒)	2 (極劇毒)	2.5 (極劇毒)	0.06
殺蟲劑/剋安勃 /Chlorantraniliprole	>2250 (相對無毒)	>5000 (低毒)	5000 (輕毒)	>5.1
殺蟲劑/克福隆 /Chlorfluazuron	>2510 (相對無毒)	>8500 (低毒)	1000 (中等毒)	>2.4
殺菌劑/亞托敏 /Azoxystrobin	> 2000 (相對無毒)	>5000 (低毒)	2000 (中等毒)	0.69
殺菌劑/待克利 /Difenoconazole	> 2150 (相對無毒)	1453 (中等毒)	2010 (輕毒)	>3.3
殺菌劑/得克利 /Tebuconazole	1988 (輕毒)	1700 (中等毒)	2000 (中等毒)	>5.09
殺菌劑/撲克拉 /Prochloraz	662 (輕毒)	1023 (中等毒)	2100 (輕毒)	>2.16
殺菌劑/福多寧/Flutolanil	> 2000 (相對無毒)	>10000 (低毒)	5000 (輕毒)	>5.98
殺菌劑/三賽唑 /Tricyclazole	> 1528 (輕毒)	289.7 (中等毒)	2000 (中等毒)	>1.15
殺菌劑/滅達樂 /Metalaxyl	1466 (輕毒)	>669 (中等毒)	5000 (輕毒)	>3.6
除草劑/丁基拉草 /Butachlor	> 4640 (相對無毒)	2000 (中等毒)	13000 (低毒)	3.34
除草劑/殺丹 /Thiobencarb	> 2000 (相對無毒)	560 (中等毒)	5000 (輕毒)	> 2.43

農藥種類/中文/英文 名稱	鳥類 ^{註2}		哺乳類動物 ^{註3}	
	經口 LD ₅₀ (mg/kg bw)	經口 LD ₅₀ (mg/kg bw)	經皮膚 LD ₅₀ (mg/kg bw)	經呼吸 LC ₅₀ (mg/L)
殺蟲劑/加保扶 /Carbofuran	0.71 (極劇毒)	7 (劇毒)	1000 (中等毒)	0.05
殺蟲劑/托福松 /Terbufos	>185 (中等毒)	1.3 (極劇毒)	1 (極劇毒)	0.0061
殺蟲劑/陶斯松 /Chlorpyrifos	39.2 (劇毒)	66 (中等毒)	1250 (中等毒)	0.1
殺蟲劑/福瑞松 /Phorate	2.25 (極劇毒)	2 (極劇毒)	2.5 (極劇毒)	0.06
殺蟲劑/剋安勃 /Chlorantraniliprole	>2250 (相對無毒)	>5000 (低毒)	5000 (輕毒)	>5.1
殺蟲劑/克福隆 /Chlorfluazuron	>2510 (相對無毒)	>8500 (低毒)	1000 (中等毒)	>2.4
殺菌劑/亞托敏 /Azoxystrobin	>2000 (相對無毒)	>5000 (低毒)	2000 (中等毒)	0.69
殺菌劑/待克利 /Difenoconazole	>2150 (相對無毒)	1453 (中等毒)	2010 (輕毒)	>3.3
殺菌劑/得克利 /Tebuconazole	1988 (輕毒)	1700 (中等毒)	2000 (中等毒)	>5.09
殺菌劑/撲克拉 /Prochloraz	662 (輕毒)	1023 (中等毒)	2100 (輕毒)	>2.16
殺菌劑/福多寧/Flutolanil	>2000 (相對無毒)	>10000 (低毒)	5000 (輕毒)	>5.98
殺菌劑/三賽唑 /Tricyclazole	>1528 (輕毒)	289.7 (中等毒)	2000 (中等毒)	>1.15
殺菌劑/滅達樂 /Metalaxyl	1466 (輕毒)	>669 (中等毒)	5000 (輕毒)	>3.6
除草劑/丁基拉草 /Butachlor	>4640 (相對無毒)	2000 (中等毒)	13000 (低毒)	3.34
除草劑/殺丹 /Thiobencarb	>2000 (相對無毒)	560 (中等毒)	5000 (輕毒)	>2.43

註1：資料來源為 Pesticide Properties DataBase.

註2：參考美國環保署農藥鳥類毒性分級：LD₅₀<10 mg/kg bw 屬極劇毒、LD₅₀ 為 10-50 mg/kg bw 屬劇毒、LD₅₀ 為 51-500 mg/kg bw 屬中等毒、LD₅₀ 為 501-2000 mg/kg bw 屬輕毒和 LD₅₀ 為 >2000 mg/kg bw 屬相對無毒。

註3：參考國家標準 CNS15030-17 急毒性物質危害級別和農藥標示管理辦法第十二條附表一農藥急性毒性分類修正(附錄表一)。

表 4、檢出農藥的分群、登記於水稻使用時機和米之農藥殘留容許量標準
 Table 4. The chemical categories, application timing, and MRL on rice for detected pesticides in pheasant-tailed jacanas' stomach.

農藥名稱	農藥分類	於水稻使用時機	米 MRL (ppm)
加保扶 Carbofuran	殺蟲劑 氨基甲酸鹽類	孕穗期至齊穗期害蟲防除 育苗箱秧苗害蟲防除	0.1
托福松 Terbufos	殺蟲劑與殺蟎劑 有機磷類	無登記在水稻	無
陶斯 Chlorpyrifos	殺蟲劑與殺蟎劑 有機磷劑	無登記在水稻	無
福瑞 Phorate	殺蟲劑與殺蟎劑 有機磷類	無登記在水稻	無
剋安 Chlorantraniliprole	殺蟲劑與殺蟎劑 二醯胺類	限育苗箱使用種子處理 (水稻瘤野螟)	0.1
克福隆 Chlorfluazuron	殺蟲劑與殺蟎劑 苯甲醯尿素類	無登記在水稻	無
亞托敏 Azoxystrobin	殺菌劑 甲氧基丙烯酸酯類	無登記在水稻	5.0
待克利 Difenoconazole	殺菌劑 三唑類	紋枯病發生初期開始施藥	0.5
得克利 Tebuconazole	殺菌劑 三唑類	稻種直接消毒 24 小時後， 再浸水催芽	0.05
撲克拉 Prochloraz	殺菌劑 咪唑類	稻種直接消毒 24 小時後， 再浸水催芽	0.5
福多 Flutolanil	殺菌劑 苯基苯醯胺類	紋枯病發生初期開始施藥	1.0

三賽唑 Tricyclazole	殺菌劑 三唑苯并噁唑類	插秧前育苗箱使用 插秧後葉稻熱病 抽穗前穗稻熱病	3.0
滅達樂 Benalaxyl	殺菌劑 醯基丙胺酸類	水稻立枯病，限育苗箱秧 苗使用。	1.0
丁基拉 Butachlor	草除劑 氯乙醯胺類	防治水稻移植本田雜草 直播田移除雜草	0.5
殺 Thiobencarb	丹除劑 硫代胺基甲鹽類	防除直播田雜草 防除秧田或本田雜草	0.5

註：國內登記狀態 / 使用範圍，資料來源為行政院農業委員會動植物防疫檢疫局農藥資訊服務網

<https://pesticide.baphiq.gov.tw/information/Query/Pesticide#>

註：MRL 為農藥殘留容許量標準，資料來源為衛生福利部食品藥物管理署 <https://consumer.fda.gov.tw/Law/PesticideList.aspx?nodeID=520>



圖 1. 懷疑農藥中毒之野生水雉屍體。A.2014 年；B.2022 年。

Fig. 1. The corpses of suspected pheasant-tailed jacana poisoning in 2014(A) and 2022(B), respectively.

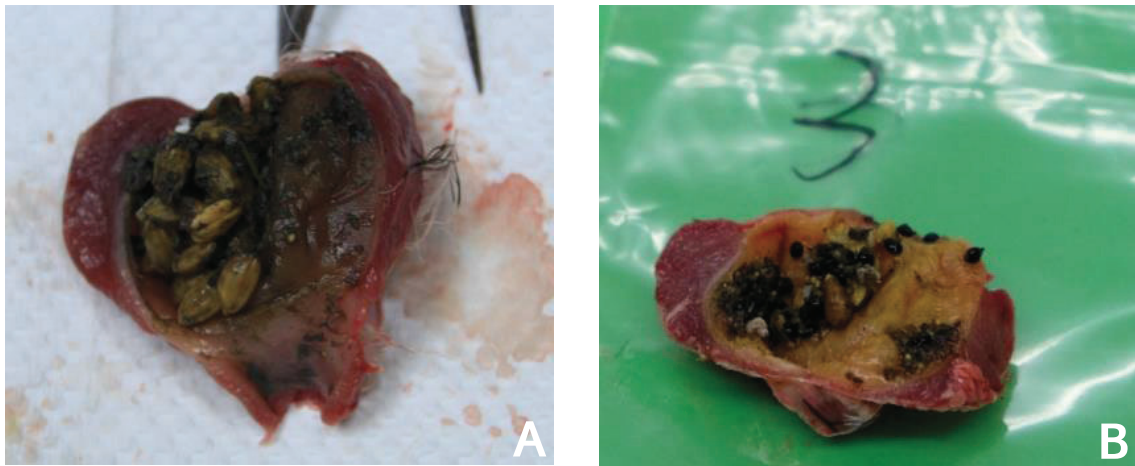


圖 2. 懷疑農藥中毒水雉之砂囊內穀物。A.2014 年；B.2022 年。

Fig. 2. The undigested grains found in the gizzards of suspected pheasant-tailed jacana poisoning in 2014(A) and 2022(B), respectively.



圖 3. 於水雉死亡周邊發現之疑似誘餌穀物。

Fig. 3. The baits found near the corpses' locations.

附錄表一、國家標準 CNS15030-17 急毒性物質危害級別

Appendix 1. The acute toxicity categories under National Standard CNS15030-17.

毒性分類	第 1 級	第 2 級	第 3 級	第 4 級	第 5 級
經吞食 LD ₅₀ (mg/kg bw)	≤5	>5~≤50	>50~≤300	>300~≤2000	>2000~≤5000
農藥分類 <small>註</small>	極劇毒	劇毒	中等毒	中等毒	輕毒
經皮膚 LD ₅₀ (mg/kg bw)	≤50	>50~≤200	>200~≤1000	>1000~≤2000	>2000~≤5000
農藥分類 <small>註</small>	極劇毒	劇毒	中等毒	中等毒	輕毒
經呼吸 LC ₅₀					
氣體 (ppmV)	≤100	>100~≤500	>500~≤2500	>2500~≤20000	
蒸氣 mg/L)	≤0.5	>0.5~≤2.0	>2.0~≤10	>10~≤20	不適用
粉塵和霧滴 (mg/L)	≤0.05	>0.05~≤0.5	>0.5~≤1.0	>1.0~≤5.0	

註：參考農藥標示管理辦法第十二條附表一農藥急性毒性分類修正規定（經吞食或皮膚 LD₅₀>5000 mg/kg 屬低毒，未於本表摘錄）。

附錄表二、加保扶成品登記作物範圍

Appendix 2. The scope of crops registered for carbofuran formulations.

農藥名稱	登記作物
加保扶 3%粒劑	水稻、玉米、落花生、大豆、十字花科包葉菜類、十字花科小葉菜類、油菜、十字花科根菜類、馬鈴薯、胡蘿蔔、薑、番茄、香蕉、鳳梨、菊
益保扶 4%粒劑 (含益滅松 2%和加保扶 2%)	水稻
益保扶 20%可濕性粉劑-水溶性袋裝 (含益滅松 10%和加保扶 10%)	水稻

附錄法規資料：現行法規中，農藥販賣業者違反農藥管理法第 29 條第 8 款要求：「詢問購買者之用途，非為核准登記之使用方法或範圍者，不得販賣」、農藥使用者違反第 33 條第三項所定辦法中未依「使用農藥者應按農藥標示記載之使用方法及其範圍施藥」，可處 1 萬 5000 元至 15 萬元之罰鍰；而動物保護法中第五條第二項、第六條、第十二條第一項、第二項或第三項第一款規定，使用藥物、槍械，致複數動物死亡情節重大者，處一年以上五年以下有期徒刑，併科新臺幣五十萬元以上五百萬元以下罰金。另野生動物保法中亦有相關規定如果農民對於農作物有受到野鳥危害時，需要進行驅離或獵捕(毒)殺，應依野生動物保育法第 19 條規定先向當地市府農業局或各區公所申辦申請設置網具電網、陷阱或其他獵具(租用農田應取得土地租用契約書)，並經同意後才可獵捕。隨意毒害野生動物依據野生動物保育法第 19 條規定：未經許可擅自設置網具陷阱、使用毒物等，獵捕「一般類」野生動物者，依同法第 49 條處新臺幣 6 萬元以上 30 萬元以下罰鍰；如獵捕(毒)殺「保育類」野生動物，則依同法第 41 條處 6 個月以上 5 年以下有期徒刑，得併科新臺幣 20 萬元以上 100 萬元以下罰金。