

壬酸原體及商品化乳劑對水生物急毒性之評估

郭喬培* · 林天生 · 楊順德

行政院農業委員會水產試驗所淡水繁養殖研究中心

摘 要

壬酸為自然界存在的脂肪酸，具有低生物毒性和半衰期短的優點，農業上作為非選擇性除草劑，能穿透角質層，並在光照下產生過氧化物，造成雜草快速的枯萎。目前壬酸對我國水生環境影響的評估數據不足，本研究探討壬酸原體 (98.5%) 和含有界面活性劑之壬酸乳劑 (80%) 對羅漢魚、尼羅吳郭魚、日本鰻、多齒新米蝦、淡水長臂大蝦和石田螺的半致死濃度，原體 96 hr 半致死濃度依序為 121.38、238.93、267.11、313.84、417.29 和 159.65 mg/L；乳劑 96 hr 半致死濃度依序為 15.94、31.14、18.24、242.84、178.90 和 51.81 mg/L，乳劑毒性高於原體，且對兩者的耐受性皆以蝦類最高。以半致死濃度的壬酸原體和乳劑處理尼羅吳郭魚 3 hr，可發現魚隻呼吸頻率異常，且鰓絲有明顯的紅腫出血，顯示壬酸會對魚類鰓部造成損傷，影響鰓的呼吸功能造成缺氧死亡。

關鍵詞：壬酸、半致死濃度、急毒性、水生物

前 言

壬酸 (pelargonic acid, nonanoic acid) 為九碳單羧酸脂肪酸，分子式 $C_9H_{18}O_2$ ， pK_a 4.95，是牻牛兒苗科 (Geraniaceae) 植物的脂肪酸類化合物，自然界中亦少量存在於水果、蔬菜、奶類、肉類和穀物等，含量 0.2 - 400 mg/kg (Kegley *et al.*, 2010)。美國食藥署 (USFDA) 將壬酸歸類於公認安全 (generally regarded as safe, GRAS)，可作為食品的調味劑、佐劑、消毒劑以及蔬果的剝皮液 (USFDA, 2019a, b)，此外還廣泛應用於農藥、抗真菌劑、照相底片、肥皂、塗漆、塑膠、潤滑、金屬切削液等多種工業用途 (Breeuwer *et al.*, 1997; Kegley *et al.*, 2010; Webber *et al.*, 2014)。

美國環保署 (USEPA) 於 1992 年首次核准壬酸農藥產品，主要用途為非選擇性的除草劑及果樹疏花劑，提高蔬菜和水果的品質及產量。壬酸對植物毒性的機轉可分為兩階段：(1) 破壞植物的角質層並在細胞膜上形成孔洞，造成細胞壞死；

(2) 進入細胞後破壞類囊體膜上的載體結構，葉綠素失去結合能力而游離，當植物接受光照時會產生具細胞毒性的過氧化物 (Lederer *et al.*, 2004)。

壬酸和其它大多數的脂肪酸一樣能被生物利用，在胞液中壬酸和輔酶 A 結合後活化，藉由肉酸素醯基轉移酶進入粒線體基質，經 β 氧化後產生乙醯輔酶 A，最後進入三羧酸循環和氧化磷酸化反應形成三磷酸腺苷，提供細胞能量。由於壬酸具有良好的生物可利用性，在土壤環境主要被微生物利用轉化為醋酸鹽，半衰期約 1 天 (USEPA, 1992)；若揮發至大氣中則能和氫氧自由基快速反應，半衰期約 1.6 天 (HSDB, 2019)。

壬酸對哺乳類的毒性低，大鼠妊娠第 6 - 15 天期間給予 1,500 mg/kg-day 的壬酸，並未發現任何不良影響 (HSDB, 2019)，2,000 mg/kg-day 的亞慢性毒性試驗亦未發現有任何影響 (Kegley *et al.*, 2010)，對於環境和操作者是理想的農業用藥。為改善常用農藥巴拉刈不當使用造成的社會問題，政府推動增加壬酸作為較高安全性的非選擇性除草劑之一，以逐步禁用巴拉刈，惟目前壬酸對水生物的毒性研究不多且以國外物種為主，在我國水生環境的影響評估上仍有缺口。本研究針對我國淡水水域及養殖常見物種，探討壬酸原體和乳劑

*通訊作者 / 新竹縣竹北市泰和里 111 號, TEL: (035) 551190; FAX: (035) 554591; E-mail: ipkuo@mail.tfrin.gov.tw

的半致死濃度，並依據法規毒性分類標準之魚類 96 hr、無脊椎生物 48 hr 半致死濃度，初步評估對水生物的毒性強弱，作為政策推動的參考依據。

材料與方法

依據行政院環境保護署公告之羅漢魚 (*Pseudorasbora parva*) 靜水式法 (NIEA B902.13B) 和多齒新米蝦 (*Neocaridina denticulata*) 靜水式法 (NIEA B905.13 B) 檢測壬酸原體和乳劑的生物急毒性，並另以淡水水域及養殖常見之尼羅吳郭魚 (*Oreochromis niloticus*)、日本鰻 (*Anguilla japonica*)、淡水長臂大蝦 (*Macrobrachium rosenbergii*) 和石田螺 (*Sinotia quadrata*) 進行測試。

一、試驗藥品

壬酸原體 (98.5% technical material) 由農業藥物毒物試驗所提供，壬酸乳劑 (80% emulsion) 由農業科技研究院提供之臺肥安心掖 (植保製字第 00150 號)。

二、試驗生物

所有試驗生物操作與設施均遵守實驗動物照護及使用指引 (行政院農業委員會, 2018)，羅漢魚體長 2 - 3 cm，尼羅吳郭魚體長 2 - 3 cm，日本鰻體長 6 - 7 cm，多齒新米蝦體長 0.5 - 0.8 cm，淡水長臂大蝦體長 1 - 1.5 cm，石田螺殼長 2 - 3 cm。實驗開始前均蓄養 7 天以上，試驗前一天和試驗期間不投餵。羅漢魚、尼羅吳郭魚、多齒新米蝦及石田螺為本中心自行繁殖，日本鰻及淡水長臂大蝦購自民間業者。

三、養殖系統

玻璃缸長寬高 25×20×30 cm，生物密度控制在 2 g/L 以下，以循環式溫控水浴槽控制水溫 25±2°C，微量打氣維持溶氧在 5 mg/L 以上。淡水以 0.1 μm 濾袋過濾，曝氣 24 hr 後使用，pH 7.1 - 7.6。光照週期 12 hr 光照/12 hr 黑暗，光照強度 80 - 100 lux。

四、半致死濃度試驗

待測藥品以淡水配製成 5 組濃度，相鄰濃度之稀釋倍數不超過 2 倍，1 組純淡水作為控制組，每一濃度放入 10 隻實驗生物，2 重複。前 6 小時，每小時檢查生物的死亡情形，之後每隔 6 小時檢查，發現死亡時立即撈出以免污染。魚和蝦的死亡判定為鰓、鰭、觸鬚等各部位停止活動，螺的死亡判定為口蓋打開，且輕觸均無任何反應，分別計算 24、48、72 和 96 hr 的累計死亡率。

五、壬酸對魚類鰓部影響

10 尾尼羅吳郭魚以 24 hr 半致死濃度的壬酸原體 (238.93 mg/L) 和乳劑 (31.14 mg/L) 處理，控制組為純淡水，處理 3 hr 後挑選泳姿或呼吸頻率異常的瀕死個體，300 mg/L 的苯氧乙醇麻醉後剪取鰓絲，以複式顯微鏡觀察拍照。

六、統計分析

24、48、72 和 96 hr 累計死亡率以 minitab (version 18) 統計分析軟體進行機率單位分析 (probit analysis)，計算各時間點的半致死濃度 (median lethal concentration)。

結果與討論

一、壬酸原體對水生物急毒性

壬酸原體對水生物的半致死濃度如 Table 1 所示，羅漢魚、尼羅吳郭魚和日本鰻的 96 hr 半致死濃度分別為 121.38、238.93 和 267.11 mg/L，多齒新米蝦、淡水長臂大蝦和石田螺的 48 hr 半致死濃度分別為 339.72、423.54 和 159.65 mg/L，耐受性由高至低依序為淡水長臂大蝦、多齒新米蝦、日本鰻、尼羅吳郭魚、石田螺以及羅漢魚，蝦類對壬酸原體的耐受性最高。

和其他水生物相比，壬酸原體對藍鰓太陽魚 (*Lepomis macrochirus*)、胖頭鱖 (*Pimephales promelas*)、虹鱒 (*Oncorhynchus mykiss*) 和斑馬魚 (*Danio rerio*) 的 96 hr 半致死濃度分別為 105、104、

Table 1 The median lethal concentrations (mg/L) of pelargonic acid technical material in aquatic species

Species	24 hr	48 hr	72 hr	96 hr
<i>Pseudorasbora parva</i>	121.38	121.38	121.38	121.38
<i>Oreochromis niloticus</i>	238.93	238.93	238.93	238.93
<i>Anguilla japonica</i>	270.40	270.40	267.11	267.11
<i>Neocaridina denticulata</i>	347.24	339.72	333.96	313.84
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	423.54	423.54	423.54	417.29
<i>Sinotaia quadrata</i>	159.65	159.65	159.65	159.65

Table 2 The median lethal concentrations (mg/L) of commercial pelargonic acid emulsion in aquatic species

Species	24 hr	48 hr	72 hr	96 hr
<i>Pseudorasbora parva</i>	15.94	15.94	15.94	15.94
<i>Oreochromis niloticus</i>	31.14	31.14	31.14	31.14
<i>Anguilla japonica</i>	18.24	18.24	18.24	18.24
<i>Neocaridina denticulata</i>	252.75	245.04	242.84	242.84
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	179.92	178.90	178.90	178.90
<i>Sinotaia quadrata</i>	187.24	92.76	53.08	51.81

104、91 和 81.2 mg/L (Brook *et al.*, 1984; USEPA, 2000; Techer *et al.*, 2015)，本研究使用的 7 種臺灣常見淡水水生物，其半致死濃度均較上述物種高。根據我國農藥對水生物毒性分類及其審核管理規定，對魚類和無脊椎生物的毒性分類分別依據 96 和 48 hr 半致死濃度判定，壬酸原體對淡水魚類和無脊椎生物的毒性分類皆為低毒 IV (> 100 mg/L)。

壬酸原體對本研究所有實驗物種的死亡均集中於 24 hr 內，爾後至 96 hr 均僅有零星死亡，此結果與 Techer *et al.* (2015) 進行壬酸對斑馬魚的半致死濃度試驗結果相符，24 hr 的半致死濃度 81.9 mg/L，48、72 和 96 hr 的半致死濃度均為 81.2 mg/L。

水體中的藥物濃度會隨著時間逐漸揮發或是降解而降低，壬酸的亨利常數為 1.6×10^{-6} atm·m³/mol (HSDB, 2018)，依據參數估算，壬酸在河流與湖泊的揮發半衰期約為 29 和 210 天 (FR, 2004)。壬酸雖然本身的揮發速率緩慢，但具有良好的生物利用率，在自然環境能快速被微生物利用分解，土壤環境的半衰期約 1 天 (USEPA,

1992)。本試驗壬酸原體對水生物的死亡均集中發生於 24 hr 內，推論是壬酸在水體中會被常態微生物快速分解，處理 24 hr 後的壬酸濃度已低於水生物的致死濃度。

二、壬酸乳劑對水生物急毒性

壬酸乳劑對水生物的半致死濃度如 Table 2 所示，羅漢魚、尼羅吳郭魚和日本鰻的 96 hr 半致死濃度分別為 15.94、31.14 和 18.24 mg/L，多齒新米蝦、淡水長臂大蝦和石田螺的 48 hr 半致死濃度分別為 245.04、178.90 和 92.76 mg/L，耐受性由高至低依序為多齒新米蝦、淡水長臂大蝦、石田螺、尼羅吳郭魚、日本鰻以及羅漢魚，乳劑對水生物的毒性高於原體，且無脊椎生物的耐受性高於脊椎生物。

商業化農藥產品除原體外，為了提升使用方便性與增強效用，會添加各類佐劑如表面活性劑、固著劑、展固劑、持久劑、助溶劑、緩衝劑、消泡劑、黏稠劑和誘引劑等 (羅, 1989)，由於目前法規並未要求要詳細標示農藥產品中的佐劑種類與添

Table 3 The 96-hour median lethal concentrations (mg/L) of paraquat in aquatic species

Species	Technical material	Commercial product	Reference
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	48.20	15.00	Tukmechi <i>et al.</i> , 2014 USFWS, 1980
<i>Labeo rohita</i>	25.71	–	Arivu <i>et al.</i> , 2016
<i>Oreochromis niloticus</i>	40.77	–	Akinsorotan <i>et al.</i> , 2019
<i>Heterobranchus bidorsalis</i>	18.44	–	Aghoghovwia and Izah, 2018
<i>Cyprinus carpio</i>	15.11	–	Ma <i>et al.</i> , 2014
<i>Danio rerio</i>	48.50	–	USEPA, 2000
<i>Poecilia reticulata</i>	22.00	–	USEPA, 2000
<i>Lepomis macrochirus</i>	–	13.00	USFWS, 1980

Table 4 The 96-hour median lethal concentrations (mg/L) of glyphosate in aquatic species

Species	Technical material	Commercial product	Reference
<i>Pimephales promelas</i>	97.00	2.30	Folmar <i>et al.</i> , 1979
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	130.00	8.30	USFWS, 1980
<i>Cyprinodon variegatus</i>	240.00	–	USEPA, 2000
<i>Lepomis macrochirus</i>	140.00	5.00	Folmar <i>et al.</i> , 1979
<i>Ictalurus punctatus</i>	130.00	13.00	Folmar <i>et al.</i> , 1979
<i>Huso huso</i>	–	26.40	Filizadeh and Islami, 2011
<i>Acipenser stellatus</i>	–	23.20	Filizadeh and Islami, 2011
<i>Acipenser persicus</i>	–	27.50	Filizadeh and Islami, 2011
<i>Rhamdia quelen</i>	–	7.30	Kreutz <i>et al.</i> , 2008
<i>Clarias gariepinus</i>	–	52.61	Kingsley, 2019
<i>Piaractus brachypomus</i>	–	97.47	Ramírez-Duarte <i>et al.</i> , 2008

加劑量，容易忽略佐劑對環境及生物的影響。

比較巴拉刈 (Table 3) 和嘉磷塞 (Table 4) 兩種我國常用除草劑的半致死濃度，巴拉刈原體和商品化產品 (有效濃度 24%) 對虹鱒的 96 hr 半致死濃度分別為 48.20 和 15.00 mg/L (USFWS, 1980; Tukmechi *et al.*, 2014)；嘉磷塞原體對虹鱒、胖頭鱘、藍鰓太陽魚、斑真鯛 (*Ictalurus punctatus*) 的 96 hr 半致死濃度分別為 140.00、97.00、140.00 和 130.00 mg/L，商品化產品 (有效濃度 41%) 半致死濃度分別為 8.30、2.30、5.00 和 13.00 mg/L (Folmar *et al.*, 1979)。巴拉刈和嘉磷塞兩者對水生物的毒性，皆是含有佐劑的商品化產品顯著高於原體，尤其嘉磷塞原體和商品化產品的半致死濃

度相差可達 10 倍以上。

歐洲食品安全局 (European food safety authority, EFSA) 毒性評估報告中指出，嘉磷塞商品化產品中的介面活性劑聚乙氧基化牛脂胺 (polyethoxylated tallow amine)，毒性和皮膚刺激性皆高於嘉磷塞原體，有些研究報告還顯示聚乙氧基化牛脂胺會造成 DNA 損傷，可能具有基因誘突變性 (EFSA, 2015)。

巴拉刈和嘉磷塞添加佐劑後對水生物的毒性提高，與本實驗壬酸乳劑毒性較高的結果符合，根據我國農藥對水生物毒性分類及其審核管理規定，壬酸乳劑對淡水魚類和石田螺的毒性分類為輕毒 III (> 10 – ≤ 100 mg/L)，對淡水蝦類為低毒 IV。

壬酸乳劑對本試驗的水生物之毒性，除石田螺持續至 72 hr 內仍發生死亡，其它物種的死亡均集中於 24 hr 內，顯示貝類能在短時間內對抗高濃度的毒物，但隨處理時間延長，對毒物的耐受力會持續降低。相似的實驗結果如氯化汞對文蛤 (*Meretrix lusoria*) 稚貝的 24、48、72 和 96 hr 半致死濃度分別為 0.99、0.40、0.25 和 0.19 mg/L，對秉氏鱸鯉 (*Percocypris pingi*) 則為 0.44、0.35、0.33 和 0.33 mg/L (Chin and Chen, 1993; Yuan, 2017)。

許多軟體動物能在受緊迫時採取無氧呼吸，並透過降低生理代謝速率，提高在逆境的活存時間 (Tagliarolo *et al.*, 2012)，石田螺死亡的持續時間較長，原因推測是在受到緊迫時能緊閉口蓋減少藥物進入，因此起初的 24 hr 內能忍受較高濃度的乳劑，但隨處理時間提高，藥物進入生物體的量增加而開始出現死亡，惟壬酸乳劑中添加的佐劑成分並未載明，無法完整探討佐劑的毒性以及半衰期，有待後續實驗探討。

三、壬酸對魚類鰓部影響

壬酸具有細胞穿透力，能作為藥物的滲透增強劑，Kandimalla *et al.* (1999) 以 5% 壬酸搭配褪黑激素對大鼠和豬皮進行體外試驗，實驗組的滲透量分別為控制組的 3.83 和 1.45 倍。根據美國環境保護局的毒性分類，壬酸對眼的刺激毒性為中度 (moderate toxicity)，對皮膚和呼吸毒性為低度 (low toxicity)，口服急毒性為極低度 (very low toxicity)，顯示壬酸對於生物的黏膜及皮膚有刺激性。

Techer *et al.* (2015) 在壬酸對斑馬魚的半致死濃度試驗中發現，76 - 98 mg/L 的壬酸會造成斑馬魚鰓蓋呼吸頻率異常，推論壬酸對鰓部有嚴重的刺激性，影響氧氣吸收造成缺氧死亡。本試驗以半致死濃度的壬酸原體和乳劑處理尼羅吳郭魚，處理 1 hr 即有部分個體出現呼吸頻率異常，處理 3 hr 出現泳姿異常的瀕死現象，以顯微鏡進行鰓絲壓片檢查，可發現壬酸原體組有大面積的出血情形 (Fig. 1B)，符合 Techer *et al.* (2015) 推論壬酸對鰓部受損是導致魚死亡的機轉；乳劑組亦有發現出血情形 (Fig. 1C)，但狀況以原體組較嚴重，顯示

鰓部出血可能並非是壬酸乳劑造成死亡的單一因素。

界面活性劑會影響鰓細胞的脂雙層結構，不活化或破壞整合蛋白，干擾鰓部的氧氣運輸 (Uppgård *et al.*, 2000)，商品化的壬酸乳劑為提高使用方便性，添加界面活性劑以利稀釋與噴灑，推測是乳劑對水生物毒性大於原體的原因，另外乳劑吸收進入體內後，是否對其他臟器有影響，亦需後續實驗探討。

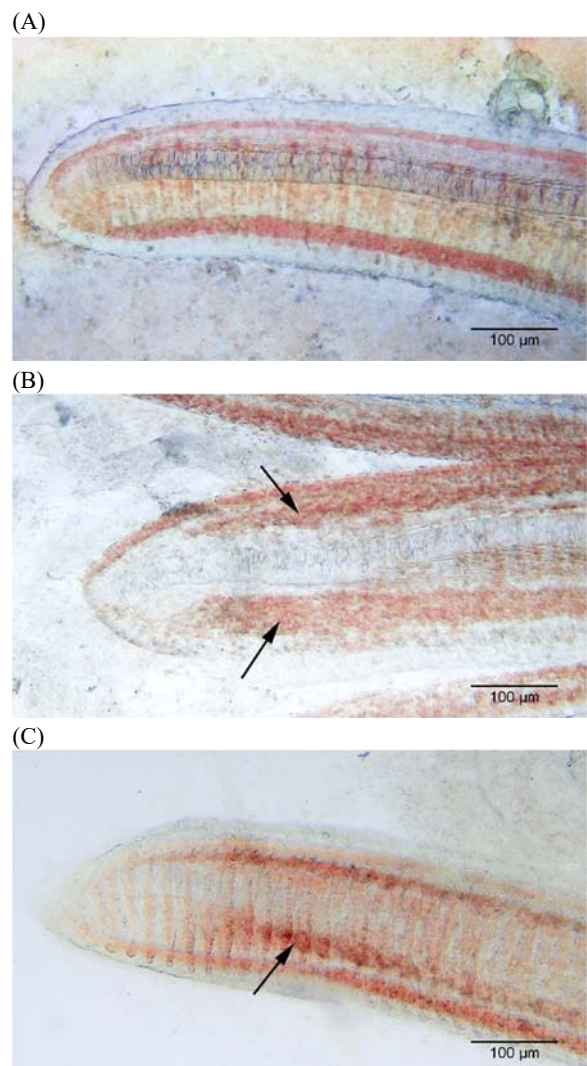


Fig. 1 The gill filaments of *O. niloticus* treated with median lethal concentrations of pelargonic acid technical material and emulsion. (A) control; (B) technical material; (C) emulsion. Arrows indicate hemorrhage.

結 論

半致死濃度是評估藥物毒性的重要依據，可供政府相關單位作為藥物使用許可和管理的依據。本試驗結果顯示，壬酸原體對魚類的 96 hr 半致死濃度為 121.38 - 267.11 mg/L，對無脊椎生物的 48 hr 半致死濃度為 159.65 - 423.54 mg/L，毒性分類皆為低毒 IV，符合免登記植物保護資材審核原則所要求的對水生物急毒性半致死濃度應大於 100 mg/L (動植物防疫檢疫局, 2015)，且降解速率快，在水體 24 hr 後，對水生物的毒性大幅降低。乳劑毒性較原體略高，對魚類的 96 hr 半致死濃度為 15.94 - 31.14 mg/L，毒性分類為輕毒 III；對無脊椎生物的 48 hr 半致死濃度為 92.76 - 245.04 mg/L，毒性分類為低毒 IV 至輕毒 III。綜上所述，本試驗並未發現壬酸原體或乳劑對水生物有明顯急毒性，建議後續可以進行慢性毒性試驗，評估水生物長期性暴露於壬酸，是否會對生長、健康或生殖等造成負面影響。

參考文獻

- 行政院農業委員會 (1988) 農藥對水生物毒性分類及其審核管理規定. 87年7月24日農糧字第 87020490 號公告.
- 行政院農業委員會 (2018) 實驗動物照護及使用指引. 107年6月22日農牧字第 1070043010A號公告.
- 行政院環境保護署 (2013) 生物急毒性檢測方法 - 米蝦靜水式法. 102年8月13日環署檢字第1020069444 號公告.
- 行政院環境保護署 (2013) 生物急毒性檢測方法 - 羅漢魚靜水式法. 102年8月13日環署檢字第 1020069401號公告.
- 動植物防疫檢疫局 (2015) 免登記植物保護資材申請程序及審核原則. 104年8月14日農授防字第 1041488800號公告.
- 羅致述 (1989) 農藥增效劑之應用. 藥毒所專題報導, 15: 123-130.
- Aghoghovwia, O. A. and S. C. Izah (2018) Acute toxicity of paraquat dichloride based herbicide against *Heterobranchus bidorsalis* fingerlings. *EC Agric.*, 4(2): 128-132.
- Akinsorotan, A., A. F. Ajisodun, S. Izah and J. Jimoh (2019). Acute toxicity of paraquat dichloride on fingerlings of *Oreochromis niloticus*. *Int. J. Res. Stud. Biosci.*, 7(1): 29-36.
- Arivu, I., M. Muthulingam and M. Jiyavudeen (2016) Toxicity of paraquat on freshwater fingerlings of *Labeo rohita* (Hamilton). *Int. J. Sci. Eng. Res.*, 7(10): 1965-1971.
- Breeuwer, P., J. C. De Reu, J. Drocourt, F. M. Rombouts and T. Abee (1997) Nonanoic acid, a fungal self-inhibitor, prevents germination of *Rhizopus oligosporus* sporangiospores by dissipation of the pH gradient. *Appl. Environ. Microb.*, 63(1): 178-185.
- Brooke, L.T., D. J. Call, D. T. Geiger and C. E. Northcott (1984) Acute Toxicities of Organic Chemicals to Fathead Minnows (*Pimephales promelas*). University of Wisconsin-Superior, Superior, U.S.A., 349 pp.
- Chin, T. S. and H. C. Chen (1993) Toxic effects of mercury on the hard clam, *Meretrix lusoria*, in various salinities. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.*, 105(3): 501-507.
- EFSA (2015) Request for the evaluation of the toxicological assessment of the co-formulant POE-tallowamine. *EFSA J.*, 13(11): 4303-4316.
- Filizadeh, Y. and H. R. Islami (2011). Toxicity determination of three sturgeon species exposed to glyphosate. *Iran. J. Fis. Sci.*, 10(3): 383-392.
- Folmar, C. L., H. O. Sanders and A. M. Julin (1979). Toxicity of the herbicide glyphosate and several of its formulations to fish and aquatic invertebrates. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 8: 269-278.
- FR (2004) Ammonium nonanoate: Notice of filling a pesticide petition to establish a tolerance for certain pesticide chemical in or on food. *Federal Register*, 69: 12670-12676.
- HSDB (2019) Hazardous Substances Data Bank.
- Kandimalla, K., N. Kanikkannan, S. Andega and M. Singh (1999) Effect of fatty acids on the permeation of melatonin across rat and pig skin in-vitro and on the transepidermal water loss in rats in-vivo. *J. Pharm. Pharmacol.*, 51(7): 783-790.
- Kegley, S., E. Conlisk and M. Moses. (2010) Herbicide Risk Assessment. Pesticide Research Institute, Berkeley, U.S.A., 7: 3-34.
- Kingsley, K. C. (2019) Acute toxicity of copper hydroxide and glyphosate mixture in *Clarias gariepinus*: Interaction and prediction using mixture assessment models. *Environ. Health Toxicol.*, 34(1): 1-8.

- Kreutz, L. C., L. J. G. Barcellos, T. O. Silva, D. Anziliero, D. Martins, M. Lorenson, A. Marteninghe and L. B. D. Silva (2008) Acute toxicity test of agricultural pesticides on silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings. *Cienc. Rural*, 38(4): 1050-1055.
- Lederer, B., T. Fujimori, Y. Tsujino, K. Wakabayashi and P. Böger (2004) Phytotoxic activity of middle-chain fatty acids ii: Peroxidation and membrane effects. *Pesticide Biochem. Physiol.*, 80(3): 151-156.
- Ma, J., X. Li, Y. Li, Y. Li and D. Niu (2014) Toxic effects of paraquat on cytokine expression in common carp, *Cyprinus carpio* L. *J. Biochem. Mol. Toxicol.*, 28(11): 501-509.
- Ramírez-Duarte, W. F., I. S. Rondón-Barragán and P. R. Eslava-Mocha (2008) Acute toxicity and histopathological alterations of roundup herbicide on cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Pesq. Vet. Bras.*, 28: 547-554.
- Tagliarolo, M., J. Clavier, L. Chauvaud, M. Koken and J. Grall (2012). Metabolism in blue mussel: Intertidal and subtidal beds compared. *Aquat. Biol.*, 17: 167-180.
- Techer, D., S. Milla, P. Fontaine, S. Viot and M. Thomas (2015). Acute toxicity and sublethal effects of gallic and pelargonic acids on the zebrafish *Danio rerio*. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 22: 5020-5029.
- Tukmechi, A., J. Rezaie, V. Nejati and N. Sheikhzadeh (2013). Effect of acute and chronic toxicity of paraquat on immune system and growth performance in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquacul. Res.*, 45: 1737-1743.
- Uppgård, L. L., Å. Lindgren, M. Sjöström and S. Wold (2000) Multivariate quantitative structure-activity relationships for the aquatic toxicity of technical nonionic surfactants. *J. Surfactants Deterg.*, 3(1): 33-41.
- USEPA (1992) Reregistration eligibility document for soap salts. US Environmental Protection Agency.
- USEPA (2000) Pesticide Ecotoxicity Database. US Environmental Protection Agency.
- USFDA (2019a) Synthetic flavoring substances and adjuvants. 2019 April 1 Code of Federal Regulations 21CFR172.515.
- USFDA (2019b) Chemicals used in washing or to assist in the peeling of fruits and vegetables. 2019 April 1 Code of Federal Regulations 21CFR173.315.
- USFWS (1980) Handbook of Acute Toxicity of Chemicals to Fish and Aquatic Invertebrates. United States Department of the Interior Fish and Wildlife, Washington, U.S.A., 43-56.
- Webber, C., M. Taylor and J. Shreffler (2014) Weed control in yellow squash using sequential postdirected applications of pelargonic acid. *Horttechnology*, 24: 25-29.
- Yuan, D. (2017) Acute toxicity of mercury chloride (HgCl₂) and cadmium chloride (CdCl₂) on the behavior of freshwater fish, *Percocypris pingi*. *Int. J. Aquacult. Fish. Sci.*, 3(3): 66-70.

Acute Toxicity Evaluation of Pelargonic Acid Technical Material and Commercial Emulsion in Aquatic Animals

I-Pei Kuo*, Tain-Sheng Lin and Shuenn-Der Yang

Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Pelargonic acid is a naturally occurring fatty acid that has the advantages of low biotoxicity and a short half-life. Pelargonic acid is used as non-selective herbicide in agriculture. It can penetrate the wax cuticle of plants and generate peroxide under light, rapidly causing the burn-down effect in weeds. The domestic evaluation data regarding the influence of pelargonic acid on aquatic environments is currently insufficient. This study sought to establish the median lethal concentrations of a pelargonic acid technical material (98.5%) and emulsion (80%) containing surfactant for the species *Pseudorasbora parva*, *Oreochromis niloticus*, *Anguilla japonica*, *Neocaridina denticulate*, *Macrobrachium rosenbergii* and *Sinotaia quadrata*. The 96-hour median lethal concentrations of the pelargonic acid technical material for those species were 121.38, 238.93, 267.11, 313.84, 417.29 and 159.65 mg/L, respectively, while the 96-hour median lethal concentrations of the pelargonic acid emulsion for those species were 15.94, 31.14, 18.24, 242.84, 178.90 and 51.81 mg/L, respectively. The toxicity of the pelargonic acid emulsion was higher than that of the technical material, and the shrimps had the highest tolerance of both the technical material and the emulsion. After *O. niloticus* was immersed in the pelargonic acid technical material and the emulsion at the median lethal concentrations, an irregular opercular beat frequency and hemorrhaging in the gill filaments were observed. The results indicated that pelargonic acid is irritating to fish gills, and confirmed that pelargonic acid impairs the oxygen uptake of gills and leads to asphyxia mortality.

Key words: pelargonic acid, median lethal concentration, acute toxicity, aquatic animal

*Correspondence: 111 Tai-Ho, Chupei, Hsinchu 302, Taiwan. TEL: (03) 555-1190; FAX: (03) 555-4591; E-mail: ipkuo@mail.tfrin.gov.tw