

硼酸(硼砂)防治環境害蟲現況

臺北市立大學地球環境暨生物資源學系

黃基森、李明儒

一、前言

台灣氣候高溫多濕，近年氣候變遷與暖冬效應，病媒害蟲容易滋生而分布於各類環境場所中。又近來多有外來物種侵入，或者原生物種因為環境因素造成族群量短時間大量增加，進而侵入民眾的生活範圍造成干擾的新聞傳出，如地下家蚊、疣胸琉璃蟻等。病媒害蟲之防治作業實為經年常態性工作，過去一般農作物及環境害蟲防治多選以化學藥劑為主，因為成效快速，然而大量使用的結果是抗藥性的產生及環境生態破壞。隨著永續生態的觀念抬頭，更加重視生態平衡，要求抑制到危害密度以下即可，並非趕盡殺絕，強調使用生物防治、物理防治等取自自然資源的方式來防治害蟲，因此，逐漸發展並規範非農藥資材的使用^{[1][2]}。在礦物性資材中，硼酸與硼砂由於成份相對安全，對環境與人畜較無疑慮^[3]，且便於取得，進而發展各種自製防蟻防蟑餌劑、硼酸皂等防治資材，成為防治環境害蟲的選項之一^{[4][5]}。

二、硼酸特性簡介

硼元素(boron, B)，週期表中是第二週期、第十三族元素，常見穩定同位素有硼 10(¹⁰B)與硼 11(¹¹B)兩種，其他皆具有放射性，分子量約 10.811。在地殼中含量屬於痕量元素，鮮少以純物質的結晶存在，而是多以化合物或鹽類出現，尤其以硼砂為眾。硼是植物生長時必要微量元素之一，影響植物分生組織和花粉管的生長，若缺乏硼時容易造成植株植物生長點受到抑制，根系及莖生長受阻礙發育不良，生長點歪曲、萎凋、頂芽生長停止、幼葉畸形，頂葉葉脈黃化、木栓化，產生嚴重落葉，開花及結實率低，不易完成正常受精過程，果實果肉木栓化、褐變、果裂、劣化無商品價值^{[6][7][8]}。

而硼素(B)、硼酸(Boric acid, H₃BO₃)、硼砂(Borax)三者看似複雜，其實是相

同一種物質，隨環境變化的過程轉換不同的樣態呈現罷了，所以預料毒性表現都很相似。硼砂又稱四硼酸鈉(Na₂B₄O₇)，俗稱冰西，分子可不帶化合水、或帶有五化合水、十化合水^[9]。硼砂容易溶於水形成硼酸及氫氧根離子(Na₂B₄O₇ + 7H₂O → 4H₃BO₃ + 2Na⁺+2OH⁻)，因此水溶液帶鹼性，水溶液中硼酸分子進一步與氫氧根離子結合成硼酸根離子(H₃BO₃+OH⁻→B(OH)₄⁻)，此時的氫氧根離子可與長鏈分子們可形成 3D 網狀結構，這便是硼砂可使食物更為 Q 彈的關鍵，另一方面，硼砂也可以溶於硫酸、鹽酸等酸性溶液中，如工業上利用稀硫酸溶解硼砂來製備硼酸(Na₂B₄O₇ + H₂SO₄ + 5H₂O → 4H₃BO₃ + Na₂SO₄)，但酸性溶液中氫氧根離子濃度不如鹼性溶液中豐富，因此，硼酸不會再進一步反應而保留下來^[10]。

因此，除了當作農肥使用外，硼酸及硼砂應用於各行各業，用於陶瓷、玻璃，有助於改善成色、耐熱、耐久、耐磨性、提高機械強度；添加於洗滌材料、硼酸皂、化妝品中，作為潤滑劑、收斂劑、殺菌劑及防腐效果使用；應用於人造皮革及木製家具，可以用是漂洗劑、媒染劑、染料穩劑，並發揮良好的阻燃效果；在工業應用領域，可用以調節緩衝溶液的 pH 值，用作添加劑、助溶劑使硼鋼具有高硬度和良好延展性，作為防鏽劑可防止金屬焊接、銅焊、套焊的表面氧化，另外在許多電子產品的生產過程中，都需要使用硼酸，可提高電池荷電性能及電容效率。硼酸及硼砂具有天然且殺蟲效果佳，在病媒防治方面也被製成餌劑或其他劑型來當作殺蟲劑^[11](圖 1、圖 2)。



圖 1、硼酸糖水溶液配方(黃基森攝)



圖 2、硼酸糖水溶液毒殺地下家蚊(黃基森攝)

三、防治應用

硼酸於 1940 年代在美國即已被註冊作為殺蟲劑之用，雖然已有報告說明會破壞外骨骼及消化道結構，但詳細如何與外皮層蠟質作用及胃毒性的作用機制尚不是非常明瞭^[12]，需要被昆蟲取食才有效果，可以做成含有引誘劑的食餌誘殺害蟲，也可直接撒佈在地板縫或牆角陰暗處，當害蟲走過時沾附，再清理身體時食入體內，過量的硼酸累積會影響昆蟲新陳代謝和腐蝕其外骨骼，導致死亡^{[3][9]}。

1、入侵紅火蟻

硼砂或硼酸開發價格便宜且易取得，而成為大眾可嘗試製作簡易餌劑。經實驗室及田間的試驗發現紅火蟻取食後，分別可於施用後 4 日及 7 日發現散落捲曲的蟻屍^[13]。1997 年時即有報告指出，餵食紅火蟻含有 0.26% 硼酸的糖水溶液，8 天後死亡率可達 90%，且若以硼酸濃度 0.25~1% 施藥可以在 6 週後減少 90% 以上的族群，12 週後有 25% 的蟻后會被消滅，然而超過 1% 以上甚至 5% 的高濃度，防治效果反而不佳^[14]。國內紅火蟻研究指出，室內試驗 15 日工蟻死亡率達 100%，田間試驗用於兩階段施藥的第二階段，每公頃的田地施用 3kg 的 7.5% 硼砂(Borax) 餌劑，8 週後防治率可以達 80% 以上，10 週防治率可以達 90%，12 週後防治率近 100%，且成本價格低^{[4][9]}。

2、蟑螂

硼酸粉劑作為都市害蟲防治藥劑由來已久，且可有效替代傳統神經毒性殺蟲劑，但粉劑劑型需要專門設備，而凝膠劑型的硼酸濃度過高使誘引效果不佳。配置糖水濃度 0.05~1M(莫耳濃度)(葡萄糖、果糖、麥芽糖、蔗糖皆

可)並含 0.5~2.0%硼酸水溶液，可快速且達 90%的防治德國蟑螂^[15]。另有報告認為蟑螂食入硼酸造成體內氧化壓力提高，並降低了乙醯膽鹼酯酶(AchE)活性降低，進而造成死亡^[16]。

3、蚊子

有學者探討硼酸水溶液對於瘧蚊(*Anopheles quadrimaculatus*)、庫蚊(*Culex nigripalpus*)、白線斑蚊(*Aedes albopictus*)三種常見病媒蚊的毒性，24 小時內對雄/雌蚊達半致死濃度(LC₅₀)分別為 0.317/0.885、0.273/0.560、0.174/0.527%，若 48 小時內雄/雌蚊達半致死濃度分別為 0.101/0.395、0.098/0.255、0.078/0.244%；在走入式生長箱模擬戶外實驗中，受試者暴露前臂 3 分鐘，與糖水對照組相比，被經過 1%硼酸溶液誘餌處理的白線斑蚊叮咬率降低 78%以上^[17]。無論雌雄蚊都需要吸食糖液或植物蜜液等補充維生能量^[18]，噴灑含 1%硼酸的糖水溶液，2 週後可降低 95%以上蚊子密度，但天然蜜源豐富時容易與糖水溶液產生競爭，施用 4 週後才降低至相似密度^[19]，效果與植物是否開花無關，但可能會受到天候因素影響^[20]。

4、白蟻

將含硼化合物(硼砂、硼酸、硼酸鋅等)添入 12%甲醛樹脂中後製成中密度纖維板，經實驗室測試比未經處理的樣區對白蟻侵擾具有更高的抗性，在接觸後的第 2 及第 3 週，含硼樣品記錄到近乎 100%的白蟻死亡率^[21]。

四、已開發登記之商品

硼砂為殺蟲劑作用類型分類 IRAC 8D 項目有效成分，農用藥劑方面，現時並無以硼砂為有效成分登記之殺蟲劑商品^[22]，且硼素於農地上多作為肥

料使用，經行政院農委會田邊好幫手網站查詢登記成分含硼的肥料有 1,157 筆。再利用行政院環境保護署環境用藥許可證查詢發現，目前以硼砂或硼酸作為有效成分的防治藥劑分別有 17 及 43 張許可證(表 1)，前者量比例為 1.0%~5.0%，防治對象皆為螞蟻；後者有效成份含量差異大，從 1.0%~68.0% 都有，防治對象針對螞蟻有 14 張、白蟻 3 張、蟑螂 26 張，都是開發成餌劑的形式多以一般環境用藥販售，其中僅 1 張申請為特殊環境用藥^[23]。

五、人體代謝與環境流布

動物及人體中硼的含量很低，但若是缺少硼，不利於維持維生素 D 正常作用及骨鈣的保存，造成骨質疏鬆，甚至影響肌肉與部分代謝調控。然而目前對於硼酸如何在人體中被吸收、代謝、及應用的機轉尚不明朗，雖然普通成年人不至於缺乏，但年長者有必要注意適當攝取以協助鈣質的吸收。因而衛生福利部食品藥物管理署(TFDA)規定，硼酸及衍生物可於補充食品中營養素不足時，作為營養添加劑使用，但限制含硼總量每日添加上限為 700ug^[24]，唯建議應以自植物性食材作為補充之來源。一般狀態下，生物體並無法直接代謝硼酸鹽類，而是在吸收前，於合乎生理 pH 值的水相環境中，先轉化為硼酸；日常攝入的硼在食物中以硼酸或硼酸鈉形式存在，若再加上是吸入含有硼的粉塵、化妝品和醫療用品而進入身體的硼，90%會以硼酸型式從尿液代謝，超過 50%的硼會在 24 小時代謝出來，其餘的約 4 天時間會由尿液排泄出去，所以對於一般成人並不造成危害^{[25][26]}。

表 1、硼砂或硼酸有效成分之環境用藥商品數量一覽表

防治對象	有效成分		硼砂		硼酸	
	成品濃度	成品數量	成品濃度	成品數量	成品濃度	成品數量
螞蟻 (含紅火蟻、疣胸琉璃蟻)	1.0%	3	17	1.0%	3	14
	2.5%	6		2.5%	6	
	3.0%	3		2.74%	1	
	3.5%	2		3.0%	1	
	5.0%	2		3.1%	1	
	7.5%	1		3.5%	1	
				10.0%	1	
白蟻	尚無相關商品		0	5.0%	2	3
				7.5%	1	
蟑螂	尚無相關商品		0	15.0%	4	26
				16.0%	1	
				18.0%	2	
				20.0%	3	
				25.0%	1	
				30.0%	3	
				33.0%	2	
				35.0%	1	
				36.2%	1	
				40.8%	1	
				50.0%	4	
60.0%	1					
68.0%	2					
數量合計	14			43		

雖然硼砂現在已經禁止使用於食品了，但早期食品加工或長輩傳承鹼粽的製法時常常添入硼砂，作為防腐劑，並維持食物色澤及增添口感。儘管有經過洗滌及烹煮的過程，過量的硼砂仍會殘留在食物上並隨之進入消費者的消化道中^[27]。硼砂在胃酸環境中轉變為硼酸，連續的攝食將在體內大量蓄積，高過人體可代謝的能力，妨害消化酵素作用，進而造成食慾減退、消化不良、抑制營養素吸收；發

生硼酸中毒時，則有嘔吐、腹瀉、紅斑、循環系統障礙等現象，嚴重時甚至發生休克、死亡，即所謂「硼酸症」^[13]。因此雖然跟吃下劑量多寡有相當關係，但硼砂仍屬人體有害物質，依食品安全衛生管理法規定不得添入食品中使用^[27]。

目前田野間硼砂多應用作非農藥資材開發，以每公頃需施用 225g 硼砂來計算，需用 86.5kg 的花生醬來配成 0.26%的餌劑。若能平均施用於有 1 公

分厚的表土，則硼砂濃度約為 2.25ppm，其中硼砂約含 11%硼素(即 0.25ppm)，在硼肥缺少地區亦可當作硼肥補充^[28]。硼酸(砂)對皮膚、口、眼及黏膜接觸到高劑量的硼砂會有輕微的刺激感，然若經過此防治作業之園區蔬果於採收後未臻清洗，以 50~60 公斤體重成人而言，一天吃下該蔬果 5 公斤，則會達到容許暴露量(RfD)，在低於柑橘類果實收穫後殘餘容許量的 8ppm，故對於人體應為相對安全^{[29][30]}。

因為硼酸及其衍生物僅具有極低毒性且為自然發生，很多農作物自然收穫後硼素的殘量高，部分甘藍類蔬菜甚至高達 300 ppm，故美國環保署認為一般農業商品應該免除最高殘量限制，並取消了類似作物的殘量疑慮^[29]，惟土地近期已有施用過硼肥或耕作對硼敏感之作物，應避免施用以防硼害^[31]，但美國環保署仍然限定了食品或飼料添加劑中硼酸的最高容許值，因為藉由動物實驗所獲得的數據評估，仍對人體健康存有潛在風險^[29]。

六、硼酸毒性與對人體的危害

硼來自海洋、火山、地熱蒸氣等進入自然環境中，廣泛地遍佈於地表水、地下水體、土壤、沈澱物或與水的粒子結合成化合物，因此人體本來就很容易暴露到硼。硼是植物的必需營養元素，因此成年人光是食用蔬果每天平均攝取硼 1~1.28mg，飲用水中的硼含量約為 1~3mg / L，而空氣中平均濃度約為 2×10^{-5} mg.B/m³。因此一般人暴露到的劑量低，人體可自然代謝，然而礦場工作人員，或者相關製造產業，如前述陶瓷、玻璃機械、鋼鐵電子業從業人員，因為需要使用到含硼的溶

劑，才會暴露到較高劑量的硼，或一般消費者在使用清潔劑、防腐劑、殺蟲劑、化妝品等時會接觸到額外的硼^[25]

硼酸的口服與非經口毒性低，從 2 年的動物試驗中沒有觀察到硼酸與硼砂具有致癌性(Carcinogenic)與基因變異性(Genotoxic)的潛力^{[32][33]}，所獲得的硼酸半致死劑量(LD₅₀)資料，大鼠口服急毒性為攝入硼酸 2,200~4,000 mg.H₃BO₃/kg (相當於硼元素 400~700 mg.B /Kg)^[26]，若改由靜脈注射則劑量為 1,300 mg/kg^[34]；對狗、兔、貓等寵物的影響，單次口服毒性劑量測試顯示，半致死劑量(LD₅₀)範圍為硼酸 1,430~2,002 mg.H₃BO₃/kg (相當於硼元素 250~350 mg.B/Kg)^[26]，其中兔子經靜脈注射硼酸劑量為 800~900 mg.H₃BO₃/kg^[34] (表 2)，由此可知以硼酸或硼砂自製餌劑來防治居家病媒害蟲時仍應避免寵物或狗、兔、貓取食。

亞致死表現方面，例如在大鼠暴露到硼酸的實驗發現有延遲排精的現象，甚至是高劑量暴露下造成生殖上皮細胞萎縮剝落^[35]；造成發育遲緩方面，目前的機轉不是很清楚，但大部分認為是因為硼酸會抑制組蛋白去乙酰酶(histone deacetylase)，而造成骨骼發育出問題^[36]；又小鼠在維持長期暴露的狀態下，若每日每公斤體重硼劑量達 60mg，造成血紅素下降，脾臟造血能力增加，若達 79 mg，會發現肝臟慢性發炎及凝固性壞死^[25]。臨床上動物毒性反應多呈現腳爪僵硬及休克症狀，並對腎絲球及神經系統造成損傷^[32]。

另外從大鼠的生長發育無影響劑量(NOEL)為每日每公斤攝入硼酸 55 mg (boric acid/kg/day)，或相當於硼素

9.6 mg(B/kg/day) ^[37]，來推估普通體重 50 公斤成人每日最大的硼素攝取量 (Upper Intake Level, UL)應不超過 10mg (B/person/day)，如未成年人應相對降低，若年齡介於 1~3、4~6、7~10、11~14 與 15~17 歲間，相對最大攝取量分別為 3、4、5、7 與 9 mg (boron/person/day)；

當然涵蓋平時經飲用水喝下的硼、蔬菜水果中天然的硼酸、加工食品中做為營養添加劑的硼、及日常從清潔劑、染劑、殺蟲劑、甚至彩妝保養品中會接觸到的硼酸(砂)，都應包括在這最大攝取量中^[38]。

表 2、硼酸對試驗動物致死劑量一覽表

mg.H ₃ BO ₃ /Kg	急性口服 LD ₅₀	靜脈注射 LD ₅₀	口服發育無影響劑量
小鼠	3,450	--	248
大鼠	2,200~4,000	1,300	55
兔	1,430~2,002	800~900	125
天竺鼠	1200	--	--

不過有關人類的急慢性中毒資料，目前很多都僅是根據動物實驗觀察到的結果，主要會影響生殖系統和胚胎發育，才因此推論人類也可能會有相同的結果，但直接佐證相對地薄弱。實際上硼及其化合物引發人類中毒的機轉並不是很清楚，目前的文獻大多是個案報導，且大多是急性暴露而造成中毒的現象，例如短時間食入大量的硼(大約 30 克的硼酸)就會影響胃、小腸、肝、腎及腦，甚至會造成死亡。文獻報告指出，人類食入硼酸最小的致死劑量(minimal lethal dose)，嬰兒為 2~3 克，小孩為 5~6 克，大人為 15~20 克^[25]。少數的死亡案例中，1964 年有報告指出 11 名平均體重 1.9 公斤的嬰兒誤食了含有硼酸的配方(相當每日每公斤大於≥184 mg 硼元素)，其中 9 名出現典型症狀，包括噁心、嘔吐、腹瀉、腸絞痛等，接受緊急洗後，仍有 5 名死亡，2 名有明顯腦水腫、腦出血、腦栓塞等現象腎，可見肝、腎、中樞神經系統、皮膚及消化道都有受到影

響，而致死的主要因素是呼吸系統衰竭導致^[39]；又或者症狀的表現可能也與個體差異有關，一位 77 歲男性吃了約 30g 硼酸後，出現嘔吐和腹瀉等症狀，但隨後就出現急性腎衰竭、低血壓，甚至死於心臟衰竭^[40]。然而另兩位女性分別吃了含 14 克硼(80 克硼酸)及 52 克硼(297 克硼酸)，只有出現嘔吐的症狀^[41]。另外曾有報告研究 784 例中毒個案臨床表現中，除無死亡案例發生外，甚至有 88.3%沒有明顯的徵狀表現，從血液中硼酸半衰期經透析結果得知約 13.4 小時，顯示多數患者並不需要積極治療^[42]。

七、結語

自古以來硼酸在各行各業中應用範圍甚廣，良好的除蟲效果，用來替代傳統合成神經毒藥劑使用，頗為適合居家病媒害蟲用途。雖然食品安全衛生管理法上明訂未經許可的添加物不可添入食品內，故硼砂不可做為品質改良劑使用，但毒性仍與接觸劑量

多寡有較大關係；反觀若能正確應用在土地作物蟲害或病媒害蟲上，則可一舉數得。惟應避免施用過量硼害，此外，在施用於居家、農田或果園時應適時、適地與適量才能避免硼害產生。

硼酸(砂)餌劑曾被美國國家環境保護局用作防治蟑螂、白蟻、火蟻、跳蚤、蠹魚和其他爬行害蟲的殺蟲劑，例如硼酸(砂)製成餌劑後應用於火蟻防治的好處是利用火蟻取食後再分食交哺的特性，使平時難以察覺的蟻丘也能得到良好控制，且硼酸(砂)具易取得及價格便宜的特性。此外，硼酸對狗、兔、貓等寵物的影響而言，單次口服毒性劑量測試顯示，半致死劑量(LD₅₀) 範圍為 硼酸 1,430~2,002 mg.H₃BO₃/kg，其中兔子經靜脈注射硼酸劑量為 800~900 mg.H₃BO₃/kg，由此可知，以硼酸或硼砂自製餌劑來防治居家病媒害蟲時應置於容器或餌盒中使用，避免寵物或狗、兔、貓取食。

參考資料:

- [1] 王清玲。2010。前言。王清玲(主編)，作物蟲害之非農藥防治資材(2~6 頁)。行政院農業委員會農業試驗所。
<http://ir.tari.gov.tw:8080/bitstream/345210000/3317/2/no142-all.pdf>
- [2] 黃基森、薛翔泰。2014。苦茶粕對福壽螺的防治效能評估。教育部校園外來入侵種及動植物疫病防治輔導團電子報專題(2014年5月)
- [3] 王裕權、黃惠琳。2017。非化學農藥植物保護技術。台南區農業改良場技術專刊 106-2 (106)。
<https://book.tndais.gov.tw/Brochure/tech168.pdf>
- [4] 邱一中。2010。礦物性資材 二、硼砂與硼酸。王清玲(主編)，作物蟲害之非農藥防治資材(74~81 頁)。行政院農業委員會農業試驗所。
<http://ir.tari.gov.tw:8080/bitstream/345210000/3317/2/no142-all.pdf>
- [5] 陳淑佩。2010。植物性資材-植物油 三、殺蟲皂液。王清玲(主編)，作物蟲害之非農藥防治資材(47~49 頁)。行政院農業委員會農業試驗所。
<http://ir.tari.gov.tw:8080/bitstream/345210000/3317/2/no142-all.pdf>
- [6] 卓家榮。1993。印度棗的重要微量元素--硼。台南區農業專訊第6期：7-8。行政院農委會台南區農業改良場。
<https://book.tndais.gov.tw/Magazine/mag6-4.htm>。2018/04/27。
- [7] 林正忠、蔡叔芬。2004。生理障礙—元素缺乏症。植物保護圖鑑系列 14：103-109。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。
https://www.baphiq.gov.tw/Publish/plant_protect_pic_14/T_pdf/05-01.pdf。2018/04/29。
- [8] 張淑賢。2002。營養要素缺乏、過多或毒害徵狀。植物保護圖鑑系列 9：282-297。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。
- [9] 邱一中、王清玲。2009。利用硼砂餌劑防治入侵紅火蟻(*Solenopsis invicta* Buren)(膜翅目：蟻科)之效果評估。台灣農業研究。第 58(2)期：84-92 頁。
- [10] 李成泰。2017。是好幫手還是壞朋友？令人又愛又恨的「硼酸」。

- 行政院環境保護署毒物及化學物質局評估管理組。
<https://www.tcsb.gov.tw/fp-263-2724-1c94a-1.html>。2018/04/30
- [11] 壹讀。2016。硼酸在各行各業的應用。
<https://read01.com/AEegRP.html>。2018/04/26。
- [12] Mansoori R, Sadekarpawar S, Parikh P. 2015. Boric acid induced oxidative stress response in American cockroach: *Periplaneta Americana*. J. Chem. Bio. Phy. Sci. Sec. B, May 2015 - July 2015; Vol.5, No.3; 2756-2761。
- [13] 陳淑佩、王清玲、翁振宇。2004。防治入侵紅火蟻簡易餌劑之開發。農業試驗所技術服務(60): 23-25。
http://ir.tari.gov.tw:8080/bitstream/345210000/2538/1/journal_jts_60-7.pdf。
- [14] Klotz, J. H., K. M. Vail, and D. F. Williams. 1997. Toxicity of a boric acid-sucrose water bait to *solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). Household and structural insects. J. Econ. Entomol. 90: 488-491.
- [15] Gore JC, Schal C.2004. Laboratory evaluation of boric acid-sugar solutions as baits for management of German cockroach infestations. *J Econ Entomol.* 97(2):581-7.
- [16] Mansoori R, Sadekarpawar S, Parikh P. 2015. Boric acid induced oxidative stress response in American cockroach: *Periplaneta Americana*. J. Chem. Bio. Phy. Sci. Sec. B, May 2015 - July 2015; Vol.5, No.3; 2756-2761.
- [17] Xue RD, Barnard DR. 2003. Boric Acid Bait Kills Adult Mosquitoes (Diptera: Culicidae). J. Econ. Entomol. 96(5): 1559-1562.
- [18] Gary RE, Jr and Foster WA, Diel timing and frequency of sugar feeding in the mosquito, *Anopheles gambiae*, depending on sex, genotrophic state and resource availability, Med. Vet. Entomol. 2006 ; 20 : 308-316.
- [19] Beier JC, Müller GC, Gu W et al. Attractive toxic sugar bait (ATSB) methods decimate populations of *Anopheles malaria* vectors in arid environments regardless of the local availability of favoured sugar-source blossoms, *Malar J.* 2012 Feb ; 1-118.
- [20] Xue RD, Müller GC, Kline DL, et al. Effect of application rate and persistence of boric acid sugar baits applied to plants for control of *Aedes albopictus* J Am Mosq Control Assoc. 2011 Mar ; 27(1) : 56-60.
- [21] Usta M, Ustaomer D, Kartal SN, Ondaral S. 2009. Termite resistance of MDF panels treated with various boron compounds. *Int J Mol Sci.* 10(6): 2789–2797.
- [22] 許如君、吳昌昱。2017。農用藥劑分類及作用機制檢索第二版。行政院農委會動植物防疫檢疫局。
https://www.baphiq.gov.tw/files/web_articles_files/baphiq/16394/162

- 13.pdf.
- [23] 行政院環境保護署毒物及化學物質局。環境用藥許可證及病媒防治業網路查詢系統。 <https://mdc.epa.gov.tw/PublicInfo/Permit/List>。2018/04/26。
- [24] TFDA。2018。營養添加劑專章。食品添加物標準草案查詢系統。 <https://tsfa.fda.gov.tw/nutrient>。2018/04/27
- [25] 陳俊宏。2015。硼及其化合物引起之中毒及其續發症-參考指引。勞動部職業安全衛生署。 <https://www.osha.gov.tw/media/2910/硼及其化合物-boron-and-its-compounds-引起之中毒及其續發症認定參考指引.pdf>。
- [26] International Programme on Chemical Safety. 1998. *Environmental Health Criteria* 204: Boron. Geneva, Switzerland: World Health Organisation. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc204.htm>. 2018/05/01
- [27] 台美檢驗科技有限公司。常見食品非法添加物檢驗分析。 <https://www.superlab.com.tw/s136/>。2018/04/30
- [28] Kelling, K. A. 1999. Soil and applied boron. Understanding plant nutrients. University of Wisconsin-Extension.
- [29] USEPA. 1993. Boric acid. R.E.D. FACTS.
- [30] USEPA. 2004. Toxicological review of boron and compounds (CAS No. 7440-42-8).
- [31] USDA. 1960. Boron injury to plants.
- [32] European Medicines Agency (EMA), 2015. Background review for the excipient boric acid. Committee for Human Medicinal Products. http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Report/2015/08/WC500191476.pdf.
- [33] NTP. 1987. Toxicology and Carcinogenesis Studies of Boric Acid (CAS No. 10043-35-3) in B6C3F1 Mice (Feed Studies). *Natl Toxicol Program Tech Rep Ser.* 324: 1-126。
- [34] EMEA。2009。committee for veterinary medicinal products boric acid anf borates summary report。 http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Maximum_Residue_Limits_-_Report/2009/11/WC5000111109.pdf。
- [35] Treinen KA, Chapin RE. Development of testicular lesions in F344 rats after treatment with boric acid. *Toxicol Appl Pharmacol.* Feb 1991; 107 (2): 325-335。
- [36] Fail PA, Chapin RE, Price CJ, Heindel JJ. 1998. General, reproductive, developmental, and endocrine toxicity of boronated compounds. *Reprod Toxicol.* 12(1):1-18。
- [37] Price, C J, P L Strong, M C Marr, C B Myers, and F J Murray. 1996. "Developmental Toxicity NOAEL and Postnatal Recovery in Rats Fed Boric Acid during Gestation." *Toxicological Sciences* 32(2): 179-93. doi:10.1093/toxsci/32.2.179.

- [38] Scientific Committee on Consumer Safety. 2010. Opinion on Boron Compounds. European Commission, Directorate-General for Health and Consumers.
http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_027.pdf °
- [39] Wong LC, Heimbach MD, Truscott DR, Duncan BD. 1964. Boric Acid Poisoning: Report of 11 Cases. *Can Med Assoc J.* 90: 1018-1023.
- [40] Ishii Y, Fujizuka N, Takahashi T. 1993. A fatal case of acute boric acid poisoning. *J Toxicol Clin Toxicol.* 31(2): 345-352.
- [41] Linden CH, Hall AH, Kulig KW, Rumack BH. 1986. Acute ingestions of boric acid. *J Toxicol Clin Toxicol.* 24(4): 269-279.
- [42] Litovitz TL, Klein-Schwartz W, Oderda GM, Schmitz BF. 1988. Clinical manifestations of toxicity in a series of 784 boric acid ingestions. *Am J Emerg Med.* 6(3): 209-213.