



淨化土壤污染 高效轉毒為肥

港大研新系統減農業廢物毒素 助改善城市海洋生態環境



◆謝俊銘(右三)寄語青年人,無論是從事科研抑或其他事業,都要敢於嘗試,不要害怕失敗。香港文匯報記者郭木又攝



煞「廢」苦心 之化毒為寶

隨著全球人口不斷膨脹,人類對糧食的需求有增無減,然而地球上的可耕地面積因過度發展而日益縮小,想要加快提升糧食產量以確保有足夠供應,增加施肥是常見的方法。不過,過多的肥料不僅無法被農作物完全吸收,大部分過剩的肥料更會釋放出大量如亞硝酸鹽、硝酸鹽等有毒氮氧化物,嚴重危害生態系統和人類健康。有見及此,香港大學化學系助理教授謝俊銘和團隊研發出「為永續農業而設的實時化肥生產系統EC-Flow」,可以檢測和去除土壤中大量有毒殘留物,並進一步把氮氧化物轉化成肥料作循環使用,藉以減低農業廢物中的毒素水平,改善城市和海洋生態環境。

◆香港文匯報記者 鍾健文



根據國際肥料工業協會(IFA)的《公開摘要:中期肥料展望2023-2027》數字顯示,預計在2023「肥料年」,全球的化學肥料消費量達1.925億噸,其中氮肥佔56.6%,高達1.09億噸。謝俊銘近日接受香港文匯報專訪時指出,氮肥在種植過程中會釋放出亞硝酸鹽(Nitrite, NO₂⁻)、硝酸鹽(Nitrate, NO₃⁻)等有毒氮氧化物(NO_x),尤其亞硝酸鹽和硝酸鹽的水溶性很強,灌溉時很容易隨水進入河流、大海等水源環境,從而產生兩個比較主要的問題。

亞硝酸鹽等入人體或致病

其一是引致有毒紅潮(harmful algal blooms, HABs)的出現,水中一些微型單細胞、浮游藻類在短時間內爆發式地大量繁殖,「搶奪」大部分水中的氧分,導致大量魚類因缺氧而死亡。

其二是氮氧化物可以經由食物鏈進入不同生物以至人類的身體之中,而亞硝酸鹽和硝酸鹽在人體中有可能會引起不同疾病,包括對胃、食道、鼻咽、肝臟、腎臟等器官具有致癌性,以及引發藍嬰症候群(blue baby syndrome),患者因血紅素的帶氧功能下降而缺氧,血含氧量較正常人低而造成發紺現象,身體呈現藍紫色,若處理不當可引致窒息、哽咽甚至死亡。

收集農地排水 處理後用作灌溉

為應對氮肥引起的污染問題,謝俊銘和團隊研發出EC-Flow系統,把氮氧化物回收並循環再用。他介紹,這是一個流體、流動的(fluidic)系統,大體來說,系統會將農地排放的水收集起來,再經轉化器處理之後,分別排出乾淨的水作灌溉之用,以及把可以用作肥料的水去施肥。

有關的轉化器運用了電催化的原理,利用放在其中一個電極的催化劑,把經過處理的亞硝酸鹽和硝酸鹽轉化成氨(NH₃, 又稱阿摩尼亞, Ammonia)或鉍(NH₄⁺, Ammonium),作為肥料重新施放應用在同一農地的作物之中。

謝俊銘的團隊發現,EC-Flow不但有助提升肥料的使用效率,更重要的是可以把亞硝酸鹽、硝酸鹽等有毒物質,重新循環製成有用的肥料,並且可以即時投入到系統中應用,避免它們流進水源環境造成污染,加上該系統是以太陽能電池這一可再生和潔淨能源驅動,整個過程不會產生任何如二氧化碳等溫室氣體,符合且貫徹了系統以環保及可持續發展作為出發點和目標的理念,為減低都市廢物中的毒素水平、緩解城市污水處理系統壓力,以及改善城市排污情況和本地海洋環境作出貢獻。

憑該研發項目,謝俊銘和團隊贏得2023年日內瓦國際發明展銅獎。

謝俊銘和團隊研發的「為永續農業而設的實時化肥生產系統EC-Flow」,除了可「轉毒為肥」外,還可以對減少碳排放發揮間接而積極的作用,這就要從氮肥的重要成分——氮說起。

根據國際肥料工業協會的《公開摘要:中期肥料展望2023-2027》數字,2022年全球合成氨的產量估計有約1.822億噸,當中約70%至80%會被用作生產農業肥料,而氮主要是採用著名的「哈伯—博施法」(Haber-Bosch process)製造,其以鐵作為催化劑,把氮和氫置於約攝氏400度的高溫和高壓(200大氣壓(atm))的高壓環境中產生化學作用以獲得氨。

然而,這種生產氨的方式雖然對農業有莫大貢獻,卻會消耗大量能源和依賴化石燃料,多項數據指出,以「哈伯—博施法」每生產1噸氨,就會產生2.6噸二氧化碳,每年總計排放超過4.2億噸,佔每年全球二氧化碳排放總量的約1.6%,以及佔每年全球能源消耗約2%,為地球製造龐大的溫室氣體排放,加劇氣候變化。

謝俊銘指出,以太陽能電池驅動的EC-Flow系統,直接把亞硝酸鹽和硝酸鹽轉化成氨,而不僅是無毒的氮氣(N₂, Dinitrogen)排出大氣層,可以免除收集氮再將其混合其他化學物加工合成為氨和肥料的程序,不單可以節省使用化石燃料能源,更不會為了製造氨而排放二氧化碳等溫室氣體,「產生非常低的碳足跡。」

不過,他強調,EC-Flow系統現時不可能完全取代用「哈伯—博施法」去製造肥料,「不過,若能降低一定程度對它的依賴,從而減少一定百分比的二氧化碳排放,也可以為應對氣候變化挑戰作出一些貢獻。」

自動測水毒素濃度 無須人手操作

EC-Flow系統還設有自動感應功能,可以偵測到水中毒素的濃度,當其達到預設的水平後,便會自動進行轉化程序,全程無須人手操作干預,不像垂直耕種(vertical farming)、水耕栽培(Hydroponics)或魚水共生(Aquaponics)等方式需要定期靠人手施加藥粉或營養液,不用顧慮時效或有效期等事宜,亦無需像傳統農業般儲存和搬運化學廢料,避免因為要大量儲存而構成的潛在安全隱患,以及免卻物運輸時所造成的碳排放。

擬與深圳大型溫室農場合作

除了港大之外,該系統亦正在與不同中小學、商業和政府機構商議合作,有些更已經開始進入系統建設階段。同時,團隊正準備和深圳大鵬區的一些大型溫室農場合作發展該「轉毒為肥」的技術項目。

謝俊銘提到,現時在內地開始流行精準農業(precision farming)和育種產業,這兩者表面上雖然看似是EC-Flow系統的競爭對手,但是實際它們是該系統的上游產業,「因為它們到底還是

需要施肥,最終還是會產生和排放有毒廢水的情況,因此它們不僅不是EC-Flow的競爭對手;相反,EC-Flow作為它們的下游產業,可以使整個產業生態更加完善、環保和安全。」

展望未來,他希望將EC-Flow系統推廣到更多地方,包括透過更多的空中花園推動舊區綠化,在住所的花園和高爾夫球場等有大量植被的處所使用,以至最終在大型的農田應用,「這是我們的終極目標,但是這牽涉到要把農田的污水收集起來進行中央處理,意味著要把系統技術應用到污水處理廠之中,將來會再逐步作出相應的研究和設計。」

終極目標:大型農田採用EC-Flow

可以作為較容易的起點以確保系統順利運作。」

雖然該項目現時尚屬剛剛起步的階段,但是已經在內地和本港多處地方的真實場景陸續投入應用。

目前集中空中花園等應用

謝俊銘介紹,EC-Flow系統的應用場景十分廣泛,目前先要集中在香港本地的一些空中花園和綠化屋頂使用,「因為這些地方通常都有特定的接水位置,不像農田或耕地般灌溉後水會四散開去,

除了港大之外,該系統亦正在與不同中小學、商業和政府機構商議合作,有些更已經開始進入系統建設階段。同時,團隊正準備和深圳大鵬區的一些大型溫室農場合作發展該「轉毒為肥」的技術項目。

謝俊銘提到,現時在內地開始流行精準農業(precision farming)和育種產業,這兩者表面上雖然看似是EC-Flow系統的競爭對手,但是實際它們是該系統的上游產業,「因為它們到底還是

需要施肥,最終還是會產生和排放有毒廢水的情況,因此它們不僅不是EC-Flow的競爭對手;相反,EC-Flow作為它們的下游產業,可以使整個產業生態更加完善、環保和安全。」

展望未來,他希望將EC-Flow系統推廣到更多地方,包括透過更多的空中花園推動舊區綠化,在住所的花園和高爾夫球場等有大量植被的處所使用,以至最終在大型的農田應用,「這是我們的終極目標,但是這牽涉到要把農田的污水收集起來進行中央處理,意味著要把系統技術應用到污水處理廠之中,將來會再逐步作出相應的研究和設計。」

減耗化石燃料 產碳足跡極低

終極目標:大型農田採用EC-Flow

科研成果從來都不是一蹴而就的,謝俊銘與團隊的「為永續農業而設的實時化肥生產系統EC-Flow」也不例外。謝俊銘表示,自己的獨立研究組自2018年9月成立開始,便投放不少資源進行電催化(Electrocatalysis)相關的研究,一直圍繞提升催化劑的活性(activity)、選擇性(selectivity)、持久性(durability)、可規模性(scalability)等工作。轉眼一晃,至今已近5年,

雖然該項目現時尚屬剛剛起步的階段,但是已經在內地和本港多處地方的真實場景陸續投入應用。

目前集中空中花園等應用

謝俊銘介紹,EC-Flow系統的應用場景十分廣泛,目前先要集中在香港本地的一些空中花園和綠化屋頂使用,「因為這些地方通常都有特定的接水位置,不像農田或耕地般灌溉後水會四散開去,

可以作為較容易的起點以確保系統順利運作。」

擬與深圳大型溫室農場合作

除了港大之外,該系統亦正在與不同中小學、商業和政府機構商議合作,有些更已經開始進入系統建設階段。同時,團隊正準備和深圳大鵬區的一些大型溫室農場合作發展該「轉毒為肥」的技術項目。

謝俊銘提到,現時在內地開始流行精準農業(precision farming)和育種產業,這兩者表面上雖然看似是EC-Flow系統的競爭對手,但是實際它們是該系統的上游產業,「因為它們到底還是

需要施肥,最終還是會產生和排放有毒廢水的情況,因此它們不僅不是EC-Flow的競爭對手;相反,EC-Flow作為它們的下游產業,可以使整個產業生態更加完善、環保和安全。」

展望未來,他希望將EC-Flow系統推廣到更多地方,包括透過更多的空中花園推動舊區綠化,在住所的花園和高爾夫球場等有大量植被的處所使用,以至最終在大型的農田應用,「這是我們的終極目標,但是這牽涉到要把農田的污水收集起來進行中央處理,意味著要把系統技術應用到污水處理廠之中,將來會再逐步作出相應的研究和設計。」