



農產空污不容忽視

港中大學者戴沛權研農業和氣候變化關係 獻力建設美麗中國

空氣污染是嚴峻的全球危機，對人體健康、氣候變化和環境均會帶來威脅。人們普遍認知的空氣污染主要來源，在於能源和交通等化石燃料燃燒，但原來我們每天的日常飲食，都跟空氣污染以至氣候變化息息相關。有香港中文大學學者多年來致力研究農業、林業、畜牧業與土地管理等，與空氣污染和氣候變化之間的關係，包括通過結合電腦建模、觀察和政策分析等工具，全面評估農業和糧食系統轉型對空氣質素、人類健康、農作物產量和生態系統生產力的過去和未來影響，冀為國家建設美麗中國的目標作出貢獻。

●香港文匯報記者 姜嘉軒

「空氣污染中，大約有一半以上來自化石能源的燃燒，包括發電、汽車、交通等，但也有不少的一部分，來自農業生產。」為此，中大地球與環境科學系教授戴沛權自數年前起已就糧食生產系統進行重點研究，「到底它會釋放多少溫室氣體，當中有什麼污染物？我們是否有辦法，通過改良糧食系統，改善空氣污染及氣候變化？」

其中，由他領導的「改造中國農業和糧食系統以減少活性氮排放及其對空氣污染和氣候變化的影響」項目，獲研資局2024/25年度協作研究金資助開展研究。「事實上，導致全球暖化的溫室氣體當中，約三分之一來自糧食系統，而當中就有約一至兩成是來自中國」，戴沛權強調，中國近年已很積極減少能源與交通相關的排放，並已取得顯著成果，包括空氣污染相比2014年時，已有很大改善。

然而，相比起控制能源及交通排放，處理農業排放問題一來關注度較少，二來其難度更高，「因為前者需要管理的持份者相對較少，主要就是發電廠或化石能源供應商，至於交通，要鼓勵或管制大眾使用什麼車種等，還算相對容易。相比之下，農田遍布各地，個體農戶與畜牧者多不勝數，他們各自決定種多少、飼養多少、用多少化肥，種種因素都令農業排放較難控制。」

更好規劃牲畜與農地的空間分布

即使不容易，國家近年始終堅定不移走綠色發展之路，包括積極推動農業發展全面綠色轉型，「現在正是大家思考具體策略與方案的階段，而我這個項目也是希望為國家獻計，包括如何更有效地減少氮排放，例如可通過國家導向，更好地規劃牲畜與農地的空間分布，已是一個相當可行的發展方向。」

戴沛權解釋，因開墾農地而砍伐林木、使用化學肥料施肥、飼養牲畜而需額外種植穀物、牲畜產生排泄物等多個環節，均會帶來氮污染，對空氣質素、人類健康、生態系統和氣候帶來不利影響。

響。其項目致力研究中國糧食系統轉型，「一個最簡單例子，牲畜的排泄物，現在大部分情況都只會倒掉，釋放到環境當中，但古人知道，排泄物可以用作有機肥，只要更有規劃和系統去做，已能減少很多氮排放。」

另外，從減少廚餘、改善大眾膳食等方面，亦可多管齊下改善有關情況。

「從上而下」着手 提供經濟誘因規管

惟他同時強調，有關提倡必須「從上而下」着手，「例如提供足夠經濟誘因或規管，讓農民改變，又或好比昔日政府提倡『清潔龍』、『勿隨地吐痰』等，大規模向市民提倡『地球健康永續飲食（Planetary Health Diet）』，這些都必須從制度與政策做起，否則很難改變人們的行為模式。」



●由戴沛權領導的研究項目「改造中國農業和糧食系統以減少活性氮排放及其對空氣污染和氣候變化的影響」，獲研資局2024/25年度協作研究金資助開展研究。 香港文匯報記者曾興偉 攝

研活性氮排放 了解比例防止空污

戴沛權領導的項目主要研究中國農業和糧食系統的活性氮排放，對空氣污染和氣候變化的影響。戴沛權解釋，與農業排放相關的氮化物主要有幾種，其中有一氧化二氮是相當主要的溫室氣體，另外還有氨氣，懸浮粒子裏兩種重要的成分是硫酸銨和硝酸銨，而氨氣則是它們的重要組成部分；第三種則是氮氧化物，主要包括一氧化氮及二氧化氮，它們都會生成懸浮粒子當中的硝酸部分，亦會促進臭氧的增加。

氮排放因全球暖化增加 或加劇氣候變化

他說：「不過還有一些氮化物，直至現在仍是比較不確定的，例如有一種叫氣態亞硝酸，我們慢慢發現它會在農田生產很多出來，有機會對臭氧等空氣污染物造成很多影響，然而一直以來較少受到關注，亦不清楚它到底釋放多少；又例如農田排放的氧化氮，我們亦未算確實了解，究竟將來有什麼趨勢，故仍需持續研究，尤其是氮排放如何因全球暖化而增加，之後再變成空氣污染物，可能加劇氣候變化？這一類的正反饋作用，

惡性循環，我們都要加深了解。」

準確知悉每一種與農業排放相關的氮化物情況與比例，其必要性何在？戴沛權表示，不同氮化物對空氣污染的影響多寡，是非線性的，亦取決於其他污染物的濃度，「如果兩樣一齊減，就可以達到很好的效果，但如果只減其中一樣，而不減另外一樣，效果可能會很低，因為兩種氮化物，加上煤發電釋放的硫化物，相輔相成地結合成為空氣污染物中的重要成分。」因此只有準確地了解各自比例，才能知悉如何更加有效地防止空氣污染，「否則可能你減其中一樣減得再多，但原來卻被另一樣限制了成效，最後減來都無用。」

需通過科學方法釐清現象指標

戴沛權補充，大自然非常複雜，必需有效地運用科學知識，以釐清不同的現象和指標，例如大眾也許覺得「環境」、「氣候」、「生態」之間分別不大，但在科學角度上，卻是三種截然不同的範疇，但它們彼此相互影響，「例如我一直在說要減少氮排放，因氮排放過量並釋放到環境，會造成空氣污

染，但植物卻需要氮，所以氮排在某程度上會令自然植被生長得更好，當過量的氮流入天然生態中，可增加當地生態系統的活力。」正是由於當中的協同效應（Synergy）與權衡（Trade-off）錯綜複雜，才更需要通過科學方法去釐清。

至於研究方法，戴沛權分享，在氣候科學中，模擬和歸因（Attribution）是了解氣候變化及其影響的重要工具。電腦能模擬現實世界包括物理、化學、生物學過程的運作及變化，讓科學家進行不同實驗，「例如我們現在開始停止排放，氣候會變得如何？又或者我們想知道究竟有多少空氣污染來自農田，於是可於模型裏中斷所有農業排放，模擬出結果，再跟原先有農業排放的數據進行比對，就會知道當中有多少（空氣污染）是來自農業。」

不過，科學家絕非單純根據相關性（Correlation）去達成結論，而是用電腦模擬進行歸因實驗，能確切說明某一結果是如何發生。其後更會將電腦模擬結果進一步跟現實數據對比，待確定電腦模型足夠可信後，再預測未來。

氣候變化急劇惡化 地球史上前所未見

完善的基礎設施和措施應對，卻也因此導致大家對事情的嚴重性視而不見。相比繼續提倡氣候危機如何嚴重和迫切，他認為更應從價值教育着手，培養大眾的共情力和同理心，才能真正有效提升社會關注氣候危機。

「氣候變化的嚴重性，在於其惡化速率是地球歷史上前所未見，快得根本連生態系統都沒有時間適應。現在的海水暖化和酸化，基本上會導致九成以上的珊瑚礁collapse（崩潰），海洋生態系統和漁業亦都會collapse，這些都是幾乎可以確定的事情。所以我會很糾結，為何人們還是不太在乎？」戴沛權認為，香港市民對氣候危機並非全然不知，「但就算知道、睇到，始終香港本身是片福地，沒有旱災，即使遇上嚴重水浸，都可憑着先進完善的基建和措施抵禦。」例如前年世紀黑雨攻陷黃大仙廣場，「若發生在發展中國家，可能已經傷亡慘重，但在香港，大家成功疏散，排水系統又很快應對到，大家就覺得『OK啊，沒什麼大事』。」

港屬福地 冀育大眾同理心同情心

現實情況是不少鄰近香港的東南亞國家，又或非洲赤道國家，近年已因日益嚴峻的氣候危機而影響大眾生計以至生命安全。他指香港是人均碳排放最高的地區之一，「我們無論是食物還是能源的消耗，都與氣候變化有關；當地球上另一角落有人因為氣候而受苦，這跟我們並非全無關係，希望更多人能知道，建立同理心和同情心。」

戴沛權上月帶同中大學生代表參加在巴西貝倫舉行的第三十屆聯合國氣候變化大會（COP30），他指是次大會的亮點之一是聚焦森林保護，包括啟動熱帶雨林保護基金，承諾至少20%的資金撥給原住民管理使用。「我們連續兩年都有帶學生參加，除了希望增進他們的國際視野和見聞外，更是希望他們在現場，親身聽聽真正受着氣候變化影響的國家代表和原住民的意見和想法，這個影響力會很大。」他和學生稍後亦將於中大舉行COP30分享會，分享所見所聞。

●砍伐林木會加劇氣候變化，如何護林成為重要的工作。圖為西安的森林，保養情況良好。 資料圖片



林木砍伐加劇氣候變化

談及糧食系統與溫室氣體排放的關係，戴沛權解釋，開墾農地往往涉及砍伐林木，「這樣才有更多田地進行種植，以滿足目前已非常龐大並且仍在增長的全球人口。」而被砍伐的林木，不論是燒毀或任由其自行分解，其本身儲存的碳最終都會因此釋放到環境中，加劇氣候變化。

「第二就是在農業很常使用大量化學肥料。製造化學肥料本身就要用上很多化石能源，並且它亦有很多氮元素成分在裏面」，由於化學肥料價格相對便宜，加上一些國家為了支持農業生產和糧食安全，會對購買化學肥料提供補助，他指出，「導致一些農民沒有控制好施肥，結果有大約一半以上的氮化物，其實是釋放到環境，而並非真正給到植物。」

牲畜釋放大量甲烷破壞環境

此外，氮化物的另一主要來源是牲畜。戴沛權表示，譬如牛羊是反芻動物，會釋放大量甲烷，「為了準備牠們的飼料，需要專門開墾農地種植穀物。在整個過程中，假設你有100個卡路里的穀物，人們直接食用就可獲得100個卡路里，但如果用作飼養動物，到最後你吃掉那隻動物的話，牠能給你的能量就只會剩下大約十分之一，即大約10個卡路里。」因此，吃肉的能量轉化效率不高，加上飼養動物的過程、飼料生產，以至排泄物本身亦含大量的氮，各樣因素均導致了環境後果。



●戴沛權認為，香港本身是片福地，即使遇上嚴重水浸，都可憑着先進完善的基建和措施抵禦。圖為2023年世紀黑雨攻陷黃大仙廣場，政府很快解決水浸情況。 資料圖片