

海門冬做為減少甲烷排放之反芻動物飼料添加物之發展現況

許自研、吳豐成

水產試驗所東港生技研究中心

前言

目前國際上普遍認為氣候變遷所帶來的負面影響不容忽視，在 2015 年於法國巴黎舉辦的第 21 屆締約國會議 (Conference of the Parties, COP 21) 中規定締約國致力推動減碳政策，目標是本世紀末全球氣溫升幅控制不超過 2°C，最理想是控制在 1.5°C 以內，也就是著名的《巴黎協定》(Paris Agreement)。為此所有簽署國須提出國家自定貢獻 (Nationally Determined Contributions, NDCs) 的承諾，並於每 5 年檢討一次對減排的貢獻。直到最近 2021 年於英國格拉斯哥所召開的 COP26 會議中，加強檢討 2030 年國家自定貢獻 (NDCs)，並要求於 COP27 前提交 2050 年長期低碳發展策略，爰此催生了各國「2050 淨零排放」的宣示與行動方案，各項減碳科技與政策思維蓬勃發展之際，最受矚目的一項發現即為海門冬 (*Asparagopsis* sp.) 作為反芻動物飼料添加物之應用。

根據 Kinley 等 (2016) 研究發現，自海灘收集 20 多種海藻，在模擬牛胃的體外裝置進行發酵時，海門冬抑制甲烷生成的效果最好；而後 Li 等 (2016) 及 Roque 等 (2019) 則發現，僅需在牛、羊等反芻動物飼料中添加不到 1% 的乾燥藻體，便可達到大幅降低甲

烷排放效果。甲烷在大氣中的含量雖比二氧化碳少很多，但造成全球暖化的相對能力，即全球暖化潛勢 (Global warming potential, GWP) 在 20 年間卻是二氧化碳的 72 倍，而全球數以億計的畜牧產業正是除了農業以外最大的甲烷排放源，研究指出反芻動物腸道內的產甲烷菌會在草料發酵消化的過程中產生甲烷，藉由打嗝或是放屁排出體外，而海門冬藻體所含的溴化物能阻斷甲烷的合成反應，且不會對牛羊的肉質、乳質、毛質等產品造成殘留或不良影響，甚至能減少能量耗損而提高成長速度，可說是益處多多！

海門冬飼料添加劑獲准上市

自從最初的研究發表問世之後，主要的研究機構如澳大利亞的聯邦科學與工業研究組織 (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO) 以及美國加州大學戴維斯分校動物營養與環境建模應用實驗室 (Animal Nutrition & Environment Modeling Applications Laboratory, ANEMAL) 接續進行相關的量產培育、萃取、保存、加工及投餵效果的試驗研究。各國政府與業界紛紛發現背後龐大之商機，假想以每頭牛每天食用 50 g 乾燥藻體 (濕重約 500 g) 計算



(圖 1)，全球十幾億頭反芻動物所需之海藻料源，將是非常可觀的市場價值，因此畜牧大國如澳大利亞、紐西蘭、美國等已募集資金成立數間新創公司準備搶食市場大餅，如位於澳大利亞與紐西蘭的 CH4 GLOBAL、FutureFeed、SEA FOREST、SEA STOCK、GREENER GRAZING，瑞典的 VØLTA GREENTECH，美國的 BLUE OCEAN BARNS



圖 1 新鮮海門冬藻體 (上圖) 進行烘乾作業，烘乾後藻體 (下圖) 僅剩鮮重的 10% 不到

及夏威夷 Symbrosia 等 (圖 2)，其中截至目前已有 CH4 GLOBAL、SEA FOREST、SEA STOCK 等 3 間公司獲准於澳大利亞販售以海門冬製成的飼料添加劑。

根據澳大利亞政府研究機構 AgriFutures Australia 的研究估計，到 2040 年，澳大利亞海藻產業的價值可能達到 15 億美元，並可創造 9,000 人的就業機會，將可幫助澳大利亞的溫室氣體排放量減少 10% 以上。另外報告指出，如果澳大利亞所有的飼養場都在牲畜的飲食中加入海門冬添加劑，那麼每年將需要超過 26,500 噸的海門冬，從而幫助畜牧業到 2030 年實現碳中和，然而實際上前述三間公司雖然已朝商業經營模式進行發展，但現階段仍無法大規模量產足以供應大部分畜牧業所需的產品。

目前進度最快的企業應屬 CH4 GLOBAL，它在今年與位於紐西蘭的陸上水產養殖公園—海洋海灘 (Ocean Beach) 進行合作，將建造大規模的海門冬陸上循環水產養殖系統，未來可擴建 500 座生物反應器進行生產培養，與此同時 CH4 GLOBAL 已經



VØLTA GREENTECH



圖 2 各國成立從事海門冬養殖及加工的新創公司 (筆者整理)

簽署了一項價值數百萬美元的協議，未來將向專門生產蛋白質材料與功能性食品的加工製造商 CirPro Australia 供應飼料添加劑，可供其在南澳大利亞的商業飼養場合作夥伴用於餵養牛隻的商業生產，這將大大減少畜養過程的甲烷排放。但值得注意的是，作為飼料添加劑能發揮功效的重要前提之一，投餵對象必須是被人類嚴格控制飲食所圈養的牛羊，如果是在戶外自然放牧的動物則難以發揮效果，因此也有學者與業者提出舔塊、水藥、緩釋顆粒等方式進行干預飲食攝取的手段，期能將甲烷減排的成效普及到任何形式的畜養動物身上（圖 3）。

海門冬飼料添加劑外的選擇

另一方面，雖然以人工方式進行海門冬繁養殖的瓶頸已有所突破，但量產海門冬的技術仍尚未成熟，因此一家位於西澳大利亞

的公司 Rumin8 嗅出另一條商機，他們認為既然已知海門冬體內有效抑制甲烷生成的物質是溴化物，為何要花費大量的資金、場域、設備及人力去大規模生產海門冬（圖 4），再花一番功夫從中提取溴化物，如果一開始便直接複製溴化物是不是可以更加省事？因此他們決定嘗試在實驗室合成製造含有與海門冬添加物一樣效果的無機生物活性物質，並藉此降低反芻動物的甲烷排放，目前剛推出的第一項產品已初步證實有效，接下來將進入動物試驗階段，如未來成功確認功效與安全性無虞後，將可繞過量產海門冬的技術門檻，直接在實驗室或工廠內進行有效成分之合成生產，雖然發展前景一片看好，不過該公司負責人認為兩年內無法達到商業化的目標，故該構想與產品仍只是停留在起步階段，後續的發展讓人拭目以待。

與此同時，總部設在荷蘭的跨國公司帝斯曼（Royal DSM N.V.）開發出一款成分含



圖 3 人為圈養的牛羊飲食受到嚴格的控制

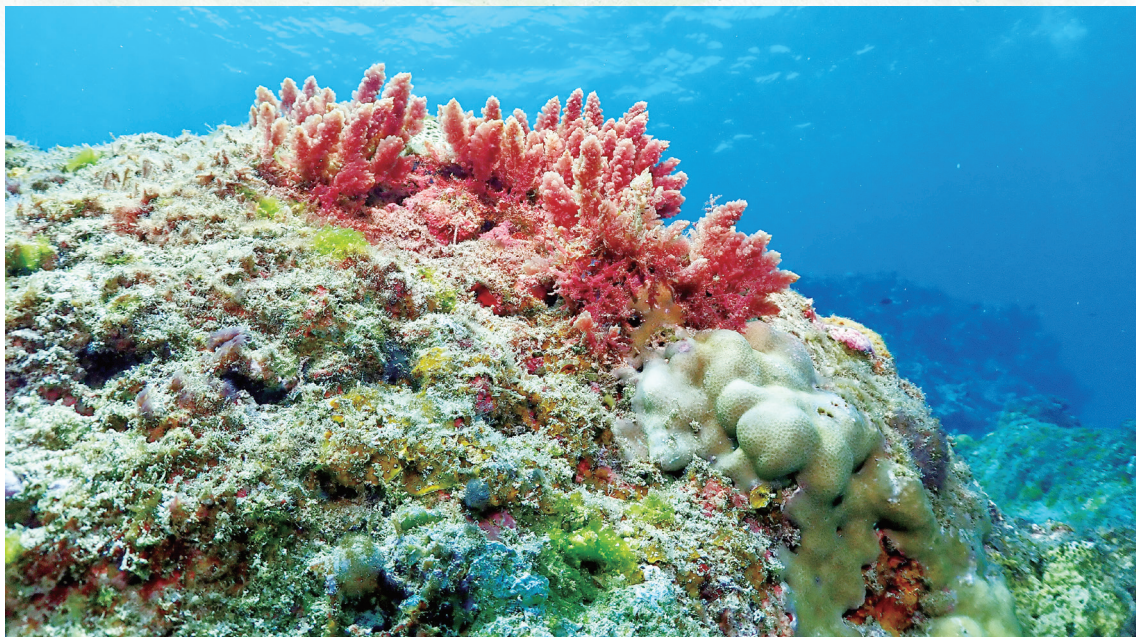


圖 4 臺灣鄰近海域自然生長之海門冬族群

有 3-硝基氧丙醇 (3-Nitrooxypropanol, 3-NOP) 的新型飼料—Bovaer®, 可作為乳牛或其他反芻動物的飼料添加劑, 該產品已在全球 14 個國家中進行廣泛測試, 同時也是在歐盟中第一個獲批具有環境影響的飼料添加劑, 證實其對甲烷排放的影響以及對動物、消費者、環境的安全性, 其作用機制係可抑制牛隻瘤胃中催化甲烷生成的酶, 並可被分解成安全無毒的化合物, 已獲科學證明不會影響牛奶品質, 只要在每頭牛的日糧中添加四分之一匙的 Bovaer®, 便可減少約 30% 的甲烷排放量, 相信在這樣的實證基礎上, 定能有效降低肉類與乳製品生產過程的碳足跡。

結語

各國政府所採行的減碳措施中, 以 2022 年紐西蘭政府環境部門公布的一項草案最為

令人矚目, 紐西蘭雖僅有 500 萬人口, 卻飼養約 1,000 萬頭牛和 2,600 萬頭羊, 所造成的甲烷排放數量相當可觀, 因此當局決心於 2025 年開始要求農民支付「農業碳排放稅」, 主要針對達到畜牧牲口族群和肥料使用門檻的業者, 而對於使用飼料添加劑以減少碳排放的農民則會提供獎勵機制, 在鼓勵農民轉型動力的同時, 也會把該項稅收用在研究、開發及諮詢推廣服務等方面。

綜上可見世界各國為了達成淨零排放的永續目標, 可說是絞盡腦汁、搜索枯腸, 專研化學、物理、生物等各領域的專家學者, 皆無所不用其極想要找出可以克服人類及地球生存危機的一帖良藥。處在大家齊心努力的氛圍之下, 身為普羅大眾的我們, 如果也想盡上一份心力, 或許可以從生活中隨手關燈、冷氣調高 1 度做起, 處處節約能源便是愛護地球的最佳具體作為。