

海門冬在減少牲畜甲烷排放中的突破性進展

許自研、吳豐成

水產試驗所東港養殖研究中心

前言

在全球面臨氣候變遷的嚴峻挑戰之際，尋求創新的解決方案變得尤為重要。隨著溫室氣體排放量的不斷上升，科學家和企業家們正將目光投向海洋，以探索減少甲烷排放的方法。甲烷(Methane)是一種強效的溫室氣體，其對氣候變化的影響，即全球暖化潛勢(global warming potential, GWP) 是二氧化碳的數十倍，而人類圈養或放牧的牲畜，尤其是牛隻，是主要的甲烷排放來源之一。在這個背景下，特別是以海門冬 (*Asparagopsis* sp.) 為首的藻類，作為一種新興的天然解決方案，展現了巨大的潛力。通過創新和合作，研究機構和企業正致力於將這種海藻引入牲畜飼料中，以大幅減少其甲烷排放，為全球氣候變遷問題提供了一個切實可行的解方。這些努力不僅有助於減少溫室氣體排放，還為畜牧業及水產養殖業的可持續發展，提供了新的可能性！

Symbrosia 的創新與發展

Symbrosia 是一家總部位於夏威夷的新創公司，成立於 2019 年，致力於培育快速生長的海門冬品種，並開發 SeaGraze® 飼料添加劑 (圖 1) 以大幅減少牲畜的甲烷排放。Symbrosia 的合作夥伴包括有機谷 (Organic

Valley)、達能 (Danone) 和帕克牧場 (Parker Ranch)。Symbrosia 正在迅速擴大 SeaGraze® 的生產規模，並與研究人員、牧場主、分銷商和品牌合作，建立供應鏈，獎勵生產低甲烷動物產品的生產商。美國國家科學基金會 (NSF) 為 Symbrosia 提供了 100 萬美元，用來開發和實施新型自動化工具，以提高他們在夏威夷自然能源實驗室 (NELHA) 的海門冬農場的生產效率。Symbrosia 創辦人兼執行長 Alexia Akbay 表示，隨著勞動市場的變化和通貨膨脹的急劇上升，自動化將使公司能夠繼續為員工提供可維持生計的工資，這不僅推動了農業領域的可持續未來，也推動了夏威夷島上非旅遊業工作的可持續發展。



圖 1 位於夏威夷的 Symbrosia 公司所開發的飼料添加劑 SeaGraze® (圖片來源：Symbrosia)

CH4 Global 的商業化里程碑

CH4 Global 是一家總部位於美國矽谷的科技公司，經營目標專注於減少牲畜排放的

甲烷。該公司利用海門冬作為主要原料，開發出了一種飼料補充劑，旨在減少牛群等反芻動物在消化過程中產生的甲烷排放。CH4 Global 已獲得了多項國際認可，例如被《TIME》雜誌評為美國頂尖綠色科技公司之一，並獲得 Norrsken 2023 Impact/100 獎項，該獎項表彰了在減少溫室氣體排放方面的重大創新。另一方面，CH4 Global 最近正在慶祝其首次商業化交付海門冬飼料添加劑，這象徵著該公司在減少溫室氣體排放方面取得了重要里程碑。這種名為“甲烷馴服者”(Methane Tamer) 的添加劑可將牛隻的甲烷排放量減少高達 90%。在南澳大利亞的勞斯灣，CH4 Global 正在建造世界上第一個商業規模的海門冬養殖設施，該設施將在大型海水池中培育海門冬，然後將其加工配製為“甲烷馴服者”(圖 2)。該設施預計於今年第四季開始運營，最終目標為每天可以供應多達 30,000 頭牛服用。CH4 Global 的執行長 Steve Meller 表示，2024 年是關鍵的一年，世界將認識到海門冬在抑制腸道甲烷排放方面的巨大潛力，而該公司也將積極努力擴大以應對氣候變遷。他強調，首次商業交付甲烷馴化劑和生態園區建設的啟動是公司在 2030 年前實現減少 10 億噸二氧化碳當量排放量的具體里程碑。據稱，CH4 Global 的“甲烷馴服者”經過專門技術配製，可確保減少甲烷的化合物水平一致、穩定，並使農民能夠輕鬆地將其添加到牛飼料中。Meller 表示，未來將持續投資於研發，以實現海門冬的高效、可靠生長，再加上專有加工技術的改進，使公司能以足夠低的成本提供高品質的產品，讓農民獲得積極的投資回報。



圖 2 位於澳洲的 CH4 Global 公司所研發的產品 Methane Tamer (圖片來源：CH4 Global)

FutureFeed 與 Greener Grazing 的合作

FutureFeed 是一家總部位於澳洲的海門冬生產者和加工商，與其智慧財產權具有合作夥伴關係的對象，涉及聯邦科學與工業研究組織 CSIRO、科學家 Rob Kinley 以及澳洲肉類和畜牧業公司。最近該公司與 Greener Grazing 簽署了一份合作備忘錄，Greener Grazing 是一家總部位於越南的公司，致力於擴大海門冬養殖規模。這份合作旨在加速高品質海藻的供應，作為消除反芻動物甲烷排放的有效自然解決方案。Greener Grazing 成功克服了一些海門冬養殖的挑戰，實現了穩定的大量孢子的連續生產，並將這些孢子播種到海洋栽培的基質上。根據其合作備忘錄，Greener Grazing 將能夠向 FutureFeed 授權商和新興耕種者提供種苗繩（海門冬附著生長之基質）及諮詢支援和結果分析。此外，還可以提供設施評估和培訓，這可能有助於建立種原庫、育苗場和規模養殖等領域。

FutureFeed 執行長 Alex Baker 表示，這

份合作備忘錄將利用 Greener Grazing 在海門冬養殖的豐富知識，加速供應高品質的海藻，致力於消除全球反芻動物甲烷排放。Greener Grazing 執行長 Josh Goldman 補充道，他們迫不及待想分享經驗與教訓，幫助該領域的其他人，並提供急需全球規模的產業轉型動能。Greener Grazing 的團隊擁有世界知名的海藻專家，包括 Leonardo Mata 博士和 Phil Kerrison 博士。Mata 博士自 2002 年以來在海門冬水產養殖和生物技術方面投入研究，並發表了 20 篇研究論文。Kerrison 博士則在海藻附著和優化人工養殖基材方面擁有豐富的研究經驗，與此同時，該公司的業務推動還得到全球主要慈善組織的支持。

CH4 Global 的進一步成就

CH4 Global 最近宣布，第一批商業生產的牛隻已成功使用甲烷減少飼料添加劑 Methane Tamer，這些牛隻現已屠宰加工，其減少甲烷的牛肉將銷往澳洲國內市場。在南澳大利亞的一個飼養場，70 頭牛被餵食海藻添加劑 100 天，估計消除了 105 公噸二氧化碳當量的甲烷排放，相當於 1,700 多棵樹苗 10 年的碳封存量。CH4 Global 的創新添加劑係利用海門冬的獨有特性，當少量作為每日添加劑投餵給牛隻時，可將甲烷排放量減少高達 70%。該添加劑經過商業試驗後，將首先在南澳大利亞的零售商處銷售，並確認於 9 月開始出口銷售。CirPro Australia 執行長 Reg Smyth 表示，服用 Methane Tamer 補充劑的牛獲得了與對照組相同的體重增加，同時每天消耗的飼料更少，這表明飼料轉換效率

在 100 天期間提高了好幾個百分點，可以證明以商業規模餵養 Methane Tamer 補充劑不僅提高了生產效率，而且對動物 100% 安全。

澳洲研究的新發現：海門冬補充劑確實可減少牛隻甲烷排放

根據近期一項在澳洲昆士蘭州的圈飼場 (feedlot) 進行長達 200 天的試驗研究，結果顯示，餵食牛隻海門冬補充劑可以將甲烷排放減少一半以上。然而，專家表示，這項技術距離廣泛應用於農場還有一段距離。試驗中，牛隻會被引誘到一個安裝在拖車上的太陽能裝置中，這個裝置可以測量牠們打嗝時排放的甲烷濃度。此外，另一個裝置則計算牛隻的體重，而飼料的攝取量則由放置在磅秤上的飼料桶記錄。在這個距布里斯本西邊 150 km 的 Kerwee 圈飼場裡，除了這些高科技監測設備外，其他設置與典型的圈飼場無異，圈飼場中的牛隻每日被餵食兩次新鮮的麥子和大麥飼料，但這些飼料中額外添加了海門冬 (圖 3)。這是目前為止針對這種補充劑所進行的最長時間的商業試驗之一。



圖 3 在圈飼場的欄舍裡圈養的牛隻食物來源可經由人為控制

全球牛隻打嗝所排放的甲烷佔所有人為引起的全球暖化約 5.5—5.7%。在澳洲，這些

排放佔了畜牧業排放的主要部分。在這次試驗中，160 頭安格斯牛被分成兩組進行對比試驗。結果顯示，餵食了海門冬補充劑的牛隻，其甲烷排放量平均減少了超過一半（減少了 51.7% 的產量，並減少了 50.5% 的排放量），在第 29 天，甲烷減少達到了高峰，達到了 91% 的減少率。此外，補充劑並未影響肉質與口感，且這些牛隻比未餵食補充劑的牛隻增重了 20 kg。雖然這些結果相較於 2023 年在和牛隻試驗中觀察到的 19% 的甲烷減少有了很大的改善，但專家指出，由於試驗僅限於圈飼場，而圈飼場只佔澳洲畜牧業甲烷排放量的不到 1%，要在開放式農場上達到相同的效果仍然存在挑戰。在開放式農場上，牛隻大部分時間是在遼闊的牧場上放牧，無法像圈飼場一樣每日餵食補充劑（圖 4）。雖然在部分牧場上進行的初步試驗中，使用含有抑制劑的舔塊（lick block）減少了 12% 的甲烷排放，但這樣的效果仍未達政府設定的減排目標。



圖 4 在牧場放牧的牛隻攝食狀況較難掌控

專家估計，透過綜合使用多種技術，澳洲牛群的甲烷排放量有望在 2030 年減少 15–20%，但這距離政府承諾的減排三分之一的目標還有一段距離。要達成這些減排目標，可能還需要進一步減少紅肉的消費。即使在圈飼場內，因為成本較高，使用海門冬

補充劑的商業可行性仍不明確。目前，補充劑價格處於研究階段，隨著技術的推廣和量產，成本可能會降低。未來，如果政府提供碳信用額度（carbon credits）或其他激勵措施，或許能讓這項技術更具吸引力。

結語

全球甲烷排放預計在 2050 年前增加 30%，因此，減少牛隻甲烷排放對於應對氣候變遷至關重要，這些創新的研究和發展展示了海藻在減少牲畜甲烷排放方面的巨大潛力，尤其是海門冬。從 Symbrosia 的快速生產擴展到 CH4 Global 的商業化成就，再到 FutureFeed 與 Greener Grazing 的合作，這些努力不僅有助於應對氣候變遷，還為農業和相關產業提供了可持續的發展模式。隨著全球對減少溫室氣體排放的關注日益增加，這些先驅公司的進展無疑將在未來產生深遠的影響。與此同時，本所作為臺灣少數從事海門冬養殖研究之研究機構，現已初步掌握該藻養殖技術，刻正建立試量產模組（圖 5），盼能在未來輔導廠商投入減少甲烷排放之行列，除可爭取龐大潛在市場商機外，更名為環境永續貢獻心力。



圖 5 本所自野外採集之海門冬四分孢子體已可穩定在人工環境中培育增殖