

褐藻做為有機肥料之研究

前言

近年來生機飲食及環保意識引領了有機農業的發展。有機農業的特點在於不使用化學肥料與農藥進行農業生產，而是使用來自天然素材的有機質，包括海藻、骨粉、豆渣、廚餘堆肥等。由於天然有機質其化學結構太大，不能被植物直接吸收，須經由自然腐化或是藉由土壤微生物分解，使大分子有機質轉化成小分子以利植物吸收。和化學肥料比起來，有機肥料內含的營養成分較多樣化，包括氮素、磷酐、氧化鉀、腐植酸、胺基酸及多種微量元素，其作用為改變土壤的性質，具有長效性；化學肥料主要成分包括氮、磷、鉀等，是經由化學合成而來，其作用為提供農作物生長時的必需成分，具有速效性但效果不持久，且長期使用化學肥料會造成土質酸化，使得農作物的真菌型病害增加。

自 2002 年以來，台灣有機栽培面積以 19% 的年增率成長，至 2010 年達 5000 多公頃 (楊，2012)，然仍有 70% 有機農產品來自進口。隨著有機農業政策驗證標章制度日趨完善，國內有機農業可望繼續擴張，對於有機肥料的需求量亦將與日俱增。近年來台灣北部海岸常見大量漂流褐藻－銅藻 (圖 1)，每年平均有上千噸的漂流褐藻堆積於港邊、沙灘及潮間帶，不僅造成環境污染，也影響了船隻航行，甚至船隻的馬達葉片會因



關嶸、黃培安、吳純衡

水產試驗所水產加工組

捲入漂流褐藻而損壞。目前這些漂流褐藻被打撈清除後，多被當廢棄物焚燒，未被善加利用，因此筆者等彙整了褐藻肥料的相關文獻，希望能找出漂流褐藻的利用方式，創造其附加價值。



圖 1 台灣北海岸的漂流藻－銅藻 (本圖攝自和平島港口)

褐藻做為有機肥料的優勢

褐藻是製作有機肥料的來源之一，相較於其他有機肥料基質，褐藻中的生長刺激素 (biostimulant) 及海藻酸 (alginate) 倍受矚目。褐藻中的生長刺激素主要分為三類：生長素 (auxins)、細胞分裂素 (cytokinins) 和吉貝素 (gibberellin)，在低濃度的施用下就能對農作物的發育、生長、代謝產生重要的調

知識櫥窗

節功用 (Zhang and Schmidt, 1997)。且能加速農作物吸收及利用土壤中的養分 (Craigie, 2011)，促進生長並提高作物產量 (Crouch and Staden, 1992；Durand et al., 2003)，具有很高的生物活性。生長素的功能為促進細胞生長、引導莖葉之向陽性及根之向地性、保持頂芽優勢並促進根的形成與果實肥大等。細胞分裂素具有促進細胞分裂及分化、側芽生長等功能；另外吉貝素具有調節植物生長及發育功能，包括促進葉片、葉柄、莖之伸長肥大、促進種子發芽、開花及抑制果實老化等 (廖, 2000)。此外生長刺激素之間尚具有加成作用，如：吉貝素和生長素併用能加強細胞壁生長 (夏, 2006；張, 2003)。

海藻酸是存在於褐藻細胞壁中的一種多醣，能與土壤中的金屬離子形成高分子量複合物，由於該複合物易吸水膨脹，能保住土壤中的水分並改善土壤團粒結構，使土壤有更好的通氣與孔隙，能促進農作物根部的生長及提高土壤微生物活性 (Eyras et al., 1998；Moore, 2004)。另外，海藻酸能與土壤微生物產生協同作用，以緩效但持續的方式供給農作物養分，如：常見的土壤微生物 *Bacillus* sp. 與 *Fluorescent pseudomonads* 能將海藻酸分解成植物可利用的小分子有機物 (Elumalai and Rengasamy, 2012)。

褐藻肥料對農作物生長之影響

Jannin 等學者 (2012) 在褐藻肥料對於油菜花生長代謝的研究中發現：褐藻肥料能加速油菜花根部生長，同時強化根部吸收硝酸根及硫酸根的能力，在吸收力提升、養分

充足的條件下，油菜花的根與莖部的含氮量均明顯高於控制組，且植株乾重也上升。進一步利用 DNA 微陣列 (DNA microarray) 分析褐藻肥料對油菜花代謝基因的影響：在施用褐藻肥料 30 天後，主要基因表現區域由莖部逐漸轉移至根部，使得根部的基因表現大幅上升，其中抗環境壓力、細胞代謝、碳、氮與硫等代謝途徑受到正向調控。此外由基因的表現量來看，氮與硫的代謝基因受到高度活化，顯示褐藻肥料具有促進油菜花吸收及利用養分的效果。然褐藻肥料並非萬靈丹，雖施用褐藻肥料能使油菜花的葉綠體數目增加，但是葉綠體內只有澱粉顆粒 (starch granules)，缺乏類囊體 (thylakoid)，故無法進行光合作用及提升其效率 (Anderson, 1986)。

Elumalai 及 Rengasamy (2012) 研究褐藻肥料對於綠豆生長的影響，得知施用褐藻肥料可使綠豆根及莖部的長度增加，根與葉的數量增多，但在總葉綠素及胡蘿蔔素含量則沒有顯著差異。學者亦發現，同時施以褐藻肥料及 *Bacillus* sp.，比單獨使用褐藻肥料更能促進綠豆生長，可使綠豆莖長度增加 47%，根部長度增加 24%，全株乾重增加了一倍，葉面的總葉綠素含量增加 22%，胡蘿蔔素含量增加 297%，且綠豆植株內的生長刺激素含量也倍增，顯示褐藻肥料與土壤微生物之間確實具有正向協同作用。

根據以上文獻得知，褐藻肥料中的生長刺激素能促進農作物吸收及利用養分，進而促進生長；海藻酸除了能改善土壤性質亦可使根部圈的土壤微生物數量增加，彼此產生正向協同作用，讓農作物生長的更好 (圖 2)。

褐藻肥料對於植病之影響

土壤的 pH 值過高是造成缺鐵性黃化症的主因之一，當土壤 $\text{pH} > 7.6$ 時，三價鐵溶解度降低，無法還原成植物可吸收的二價鐵離子 (Miller et al., 1984)；另外缺乏黏性的土壤，對於可溶性鐵離子的固定能力差，這些因素造成土壤中的鐵不足，最終造成果實的產量下降及植株因營養不良而壞死。對於改善植物的黃化症，現今農業主要以噴灑化學合成的鐵螯合劑來處理 (Lucena et al., 1990；Abadia et al., 2002)，但鐵螯合劑長期累積於水中，會造成河川污染及水質優氧化 (Paerl, 1997)，因此學者乃開始探討褐藻肥料在改善植病上的效用。

Spinelli 等 (2010) 發現，褐藻肥料中的維生素 K、海藻酸及甜菜鹼 (betaine) 能改善缺鐵性黃化症草莓的生長，其中維生素 K 能誘導細胞中的質外體 (apoplast) 分泌 H^+ ，讓根部圈的 pH 值降低，使得土壤的三價鐵還

原成草莓可吸收的二價鐵。海藻酸能增加根部圈的保水力，且與鐵離子形成複合物以利根部吸收。甜菜鹼能產生類似細胞分裂素的功能，包括增加葉片葉綠體含量及促進根莖部的生長，亦可產生調節滲透壓的功用。整體而言，褐藻肥料明顯的改善了植病問題，讓缺鐵性黃化症草莓的莖部乾重增加 27%、根部乾重增加 76%，並且使果實產量增加了 27%，其效果不遜於化學鐵螯合劑，且對環境無害。

結語

隨著有機農業市場的擴張，未來對於有機肥料的需求勢必提高，綜上所述可知，褐藻肥料不論在改善土壤環境，以及促進農作物生長兩方面，均有良好功效。若可以有效利用漂流藻，開發出對環境有益的海藻肥料，除了能創造附加價值，而且有助於實現永續農業，達到生態平衡的願景。

圖 2 褐藻是製作有機肥料的來源之一，所含的生長刺激素及海藻酸具有促進農作物生長的作用

