

逆境下的肥培策略與實務改善案例

陳汶楊（大虫農業有限公司作物栽培管理師）

前言

由於全球暖化氣候變遷的影響，近年來全球氣候已經不如往年來得風調雨順，對於植物生長來說已經沒有所謂的「順境」了，「抗逆境」這個詞在農業界逐漸成為顯學，在眾多農業資材中有許多抗逆境的產品，但裡面有什麼成分？為什麼有抗逆境的效果？為什麼有時候卻沒有效果？

在討論抗逆境之前要先了解什麼是逆境？逆境可能來自於自然界，例如高溫、寒害、淹水、乾旱、鹽害、酸化、鹼化、重金屬汙染、病蟲害、強風、強光和輻射逆境；或是由人為活動導致的機械傷害；抑或是來自植物本身族群數量的空間壓力和生態地位上的競爭壓力。簡單來說，逆境就是不利於植物生長、發育或存活的环境條件。認識逆境之後便可以探討其發生原因，了解植物與逆境的交互作用，從源頭解決造成逆境的因子，就能減少農業生產的成本，並提高農業經濟價值。

作物面臨逆境的反應

以強光及高溫逆境為例，植物常在夏天正中午、高溫且相對濕度低的環境下呈現萎凋狀態，鄰近傍晚時又可恢復正常，農民俗稱「睡午覺」。造成睡午覺的原因並不是因為土壤缺水，而是植物為了預防水分散失而關閉氣孔，當細胞失去膨壓呈現萎凋狀態，這個「停機」舉動導致蒸散作用停止，進一

步影響光合作用進行，也使得光合作用的產物，例如—碳水化合物的累積受到影響，也讓過多的熱無法藉由蒸散作用從氣孔排掉，留在植物體內造成中暑現象。

除了強光高溫逆境之外，鹽害逆境也是臺灣農業常見的問題，正常情況下根毛細胞藉由滲透壓差，將水分和養分從根圈土壤吸進根部表皮細胞中。許多農民長年以來習慣在種植前打底肥，希望藉此提高土壤有機質含量，卻忽略有機質肥料本身帶來的肥分，這舉動會提高土壤的電導度（EC 值）達有害程度，使得根部細胞處在高滲透壓的環境中，無法順利吸收水分和養分，造成幼苗死亡率提高，或是根部無法拓展，影響地上部的生長表現。

土壤酸化鹼化也是不可忽視的問題，除了特殊作物之外，大部分的農作物適合在弱酸性的土壤條件中生長，5.5 – 7.0 也是各種植物必需元素在水中溶解的最適區間。然而，許多農民在不了解自己耕地的土壤條件下，貿然改良土壤，或是過度施肥造成土壤酸鹼失衡，不僅影響植物根系吸收水分和養分的效率，也造成肥料有效性大幅降低，農民偏頗認為肥料不夠力進而下更多肥料，造成惡性循環。

土壤旱澇不均也是常見的水分逆境，土壤在乾旱的情況下會影響根系吸收水分和養分的效率，造成植物生長受到抑制；而植物在淹水的情況下會造成根系缺氧，無法順利

吸收水分和養分，影響地上部生長甚至死亡，常發生於強降雨如梅雨季、颱風天或夏季午後雷陣雨之後的大太陽。另外，在天氣驟乾驟濕的情況下，如果細胞無法維持滲透壓恆定便會反覆萎縮、脹大，造成細胞產生裂縫進而發生裂果。

而臺灣冬天雖不若往年寒冷，但在高海拔或空曠地區仍有發生低溫寒害的機會，植物在遇到低溫時，細胞內水分流動變差，蒸散作用效率也降低，導致植物生長發育受阻，也會影響光合作用的效率，進而影響碳水化合物的蓄積量，影響開花結果率，甚至是種子活性及存活率。

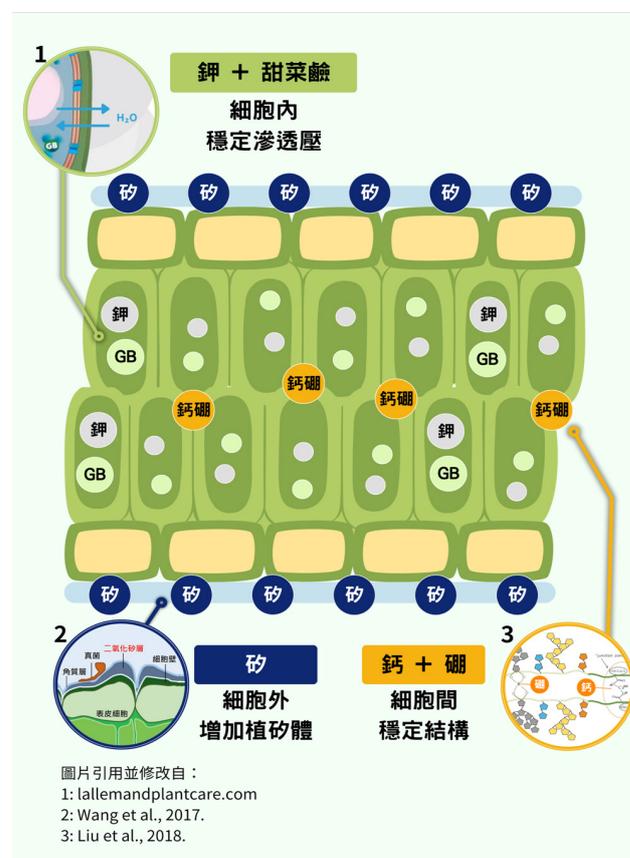
植物如何面對逆境？

以微觀的角度來看，逆境主要是影響細胞的酵素活性及生理結構。逆境發生時會導致細胞產生活性氧（ROS），這些活性氧會攻擊細胞中的酵素蛋白，使得酵素蛋白失去活性而導致生理活動受到抑制。除此之外，活性氧也會破壞膜上的脂肪酸和結構蛋白，造成膜的不穩定性而導致膜滲漏，最後走向細胞死亡。

為了要穩定酵素活性和生理結構，植物會以抗氧化物質例如葉黃素、胡蘿蔔素或甜菜鹼（Glycine betaine, GB）來保護光合系統的穩定性，也會以滲透壓調節物質例如鉀、鈣、蔗糖、甜菜鹼及脯胺酸（Proline）來穩定細胞內外的水分平衡。而在細胞之間會以鈣、硼兩種元素來穩定細胞結構，鈣與細胞壁中膠層的果膠形成果膠酸鈣結構，硼則以硼酸鹽橋方式形成 B-RG-II 二聚體，鈣與硼兩者互相搭配強化細胞間隙之結構，如同鋼筋水泥般把細胞鞏固起來減少細胞崩解的發生率。

在細胞外則以矽強化細胞壁和角質層之間的「植矽體」結構，調整蒸散作用並減少病原菌孢子入侵的機會。

但是抗逆境對植物來說是一件非常消耗能量的事，所以在平時就應該要定時補充上述元素，幫助植物提高對逆境的抗性，並順利累積碳水化合物。簡單來說，矽鈣硼鉀甜菜鹼就是目前最簡單且最有效的抗逆元素。



圖一、「矽鈣硼鉀甜菜鹼」抗逆元素。

實務改善案例－以草莓為例

近年來草莓價格仍居高不下，主要是草莓苗的良率不甚以往，導致產期延後並提早結束，產量大幅降低且品質越來越不穩定造成草莓價格逐年攀升，觀察數個草莓重要產區如大湖、卓蘭的種植現況，歸納 4 個造成草莓良率不佳及產量下降的主要逆境：

(1) 高溫逆境

夏季是草莓的育苗季節，通常會在 9 月至 10 月定植，但近年來氣候越來越熱，直至 11 月定植後氣溫仍然燠熱。草莓在育苗期遇到高溫強光逆境常會發生睡午覺的狀況，而夜間高溫亦會增加呼吸作用，使得碳水化合物蓄積量嚴重不足，嚴重影響草莓定植後的長勢及花芽分化的能力。大部分農民會以遮光網減少強光和高溫對草莓苗的傷害，但過度遮蔭而產生日照不足的徒長現象，葉面積不足導致光合作用效率變低，造成碳水化物的蓄積量也不足。

(2) 鹽類逆境

有些草莓育苗業者習慣在育苗盆內投入多種肥料，例如有機質肥料和緩效肥，希望草莓能在肥料的幫助下快速生長，但結果通常適得其反，草莓根系在過量肥料的環境下更不容易生長，水分及養分的吸收效率更差，導致地上部表現缺肥症狀，農民以為草莓缺肥又投入更多肥料，造成惡性循環。



圖二、過量施肥反而造成根系吸收水分和養分的能力下降，導致葉片黃化。

在定植階段，草莓農民一向習慣每分地施用 1 至 2 噸的雞糞肥或其他有機質肥料，換算每分地有 30 至 60 公斤的氮肥在土壤中，但是草莓全期僅需約 25 公斤的氮肥量，也難怪草莓苗在定植時便遇到鹽類逆境，根系生長受到阻礙，連帶地上部發展更加緩慢，也限縮後續連續採收期的追肥額度。

(3) 生物逆境

草莓主要真菌性病害－萎凋病（由 *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* 引起）及炭疽病（由 *Colletotrichum gloeosporioides* 引起）是連作障礙的重要因素，除了土壤本身帶有初次感染源之外，草莓種苗帶菌也是不可忽視的問題。近年來，Cohen & Leach（2020）發現高溫會增加作物對特定病原菌的感病性；Smith（2008）亦發現草莓炭疽病的發病度與氮肥施用量有高度相關，而銨態氮比硝態氮有更高的發病度，這些證據都顯示作物在複合逆境的交互作用下會大幅增加病害的嚴重度，有可能導致在育苗期或本田期有較高的死亡率。

(4) 缺氧逆境

目前地植型的草莓園習慣以銀黑色塑膠布覆蓋，好處是可以維持園區整潔避免果實沾染泥土，增加觀光效益。但銀黑色塑膠布阻隔了土壤孔隙與外界空氣交換的機會，在高溫的天氣，土壤孔隙中的溶氧量降低，使得根系能取得的氧氣變少，進而降低根系活性。另外，如果使用過量的雞糞肥或銨態氮做為底肥，則會在硝化作用的過程中大量消耗土壤中的氧氣把銨根離子（ NH_4^+ ）氧化成硝酸根離子（ NO_3^- ），造成根系缺氧。

在許多過量施肥的草莓田區亦發現土壤

表面呈現板結狀態，如同形成一道屏障，加上沒有良好的團粒構造，使得土壤孔隙無法達到連續性，除了水分和空氣難以移動到下層土壤，亦使肥料停留在土壤表面不往根圈移動，使得根系難以吸收足夠的水分、氧氣及肥料，造成地上部發展受到阻礙。



圖三、過量施肥容易破壞土壤團粒結構，造成土壤板結。

上述4種逆境都是草莓產區常見的逆境，農民常用許多抗逆境產品或是營養劑來對抗逆境。然而，比施肥或抗逆境更重要的是土壤健康，在定植之前應先了解土壤的「物理性狀」，好的土壤應該具備良好的透氣性、排水性、保肥性及保水性，靠的是低肥分高纖維的有機質資材，例如蔗渣或粗糠，可以促進土壤形成團粒結構。再來是土壤的「微生物性狀」，草莓產區長年來一直都有萎凋病菌或炭疽病菌的問題，建議向有品質保證的種苗場購買種苗，避免使用來路不明的種苗，以免將病原菌帶入田間；土壤消毒方法可採用改良場建議的氰氮化鈣消毒法或是厭氧消毒法來減少土壤病原菌的族群密度，再增加土壤有益微生物的族群數量，除了可以大幅降低病原菌造成的生物逆境，也可以促

進根系發展，減少使用防治資材的成本。最後是土壤的「化學性狀」，在定植之前檢測土壤的酸鹼值、電導度和其他肥分數值以做為之後施肥依據，現今草莓園不論是地植或高架均使用滴灌系統，完全符合少量多餐的供肥供水模式，在合理施用底肥的狀況下可完全控制草莓的生長方向，減少鹽類逆境造成的風險。



圖四、建構土壤健康的優先順序。

在本次改善案例中，園主在去年（113）整地前先做了土壤檢測，檢測結果酸鹼值6.01、電導度為 $48\mu\text{S}/\text{cm}$ （土水比1:5），故整地時建議使用蔗渣及等值9公斤氮肥的複合肥打底，定植後在營養生長期以滴灌方式輪替施用硝酸鈣及平均性水溶肥，到生殖生長期則轉用硝酸鈣及低氮低磷高鉀水溶肥輪替施用，種植期間再定期施用胺基酸和綜合微量元素，必要時再葉面施用抗逆境產品如甜菜鹼和矽酸鉀。要想滿足作物健康必須優先改善土壤條件，在種植之前先排除可能



圖五、建構作物健康的優先順序。

造成風險的成分，再依照天氣和植株狀況調整肥培策略，最後再加上抗逆境產品可以大幅提高植株健康程度，相較前年（112）以傳統經驗的栽培模式減少不必要的底肥、營養劑及防治資材，也減少了草莓苗的費用以及補植和噴藥花費的人力工時，綜合成本節省至少 50% 以上，雖然投入的資材減少了，但是草莓產量及品質比以往更高、更好，更提高農民對草莓栽培的信心及收入。

結語

逆境已經是近年農業栽培無可避免的問題，如果還在用過去栽種農作物的經驗來面對新挑戰，可能無法順利栽種出高品質高產量的農作物。現在市面上有越來越多的抗逆境產品，與其花大錢一味追求抗逆境產品的效果，不如將重點放在土壤健康，畢竟土壤健康才是種好農作物的前提，再依天氣、植株表現來調整肥培策略，按照「矽鈣硼鉀甜菜鹼」的口訣按部就班操作，可以大幅減少逆境對作物造成的損失了。