

植物荷爾蒙介紹 及其對改善逆境之應用

亞洲大學生物科技系 林孟璇

農試所作物組 楊純明

一、前言

一般植物從種子發芽、幼株成長、植體成熟、開花結果至死亡，每階段面對許多環境因子。當植物處於適宜的生長環境時，生理活性造就了植株生長，但是當環境條件偏向過多或不及時，生理活性將會減弱，植株生長即停滯甚或受限，乃至於危及生存。隨著逆境與災害頻率及強度的增加，不僅損及植物的生物多樣性，也妨礙農作物的生產而減損糧食供給。植物除了本身遺傳基因具備的因應能力之外，亦透過荷爾蒙(或稱激素)的分泌、作用調控信號傳導與促使植物適應氣象變化與逆境。

二、何謂植物逆境？

植物在地球上的分佈十分廣泛，生長環境相對也極為複雜，處於不同經緯度、海拔高度或者地形地勢，周遭環境都會有不同的變化與差異。植物除了需要適應具有週期性、規律性特色的長期氣候，也必須針對短期的天氣變化隨時調適，而極端型天氣事件常造成植物傷害。吾人常將「植物逆境(plant stress)」定義為對植物生存與生長不利或不良的環境，而將可能快速造成植物損傷或

死亡的環境衝擊稱為「災害(hazard or disaster)」，而無論逆境或災害皆可區分為生物型(biotic)及非生物型(abiotic)兩種，而且都屬於外在因子(exogenous factors)。

以植物逆境來說，概分為六類：(一)由氣候造成，如乾旱、酷熱(高溫)、寒潮、霜凍等；(二)由地理位置造成，如土壤鹽害、缺水、淹水、光害(如強光、紫外光、電離輻射、夜間光污染)等；(三)由化學因素造成，如鹽類、離子、重金屬、農藥、有毒氣體等；(四)由機械力造成，如風力、土壤(塊)移動、水流浸潤等；(五)由生物因素造成，如病害、蟲害、雜草、動物掠食、植物間競爭等；及(六)其他逆境，如電場、磁場等。

三、植物荷爾蒙及其作用

植物荷爾蒙(plant hormones or phytohormones)，又稱為植物激素，係由植物體產生的微量小分子有機化合物，具有調節植物生長與發育的功能。植物生育階段都與荷爾蒙有關，即使是植物的外觀形態、葉片的老化與脫落與植體的死亡等都受到荷爾蒙控制。大多數植物細胞均可產生荷爾蒙，但是當經外界的刺激而生成之後，荷爾蒙就像是傳導信號被輸送(或滲透、擴散)至植體的標的位置，再誘引出後續的作用與功能。從

通訊作者：楊純明研究員
連絡電話：04-23317117

分子的層次上，荷爾蒙將影響基因的表現(expression)、轉譯(transcription)及細胞的分裂與生長。並非所有植物細胞對荷爾蒙均有所反應，使用在不同生長期的效用亦非相同，有時候更必須作用於特定的生長期。又因為植物荷爾蒙有濃度上的差別，濃度太高或太低所產生的影響不一，運用上必須先行瞭解之後再施用正確的劑量。

植物體內似乎具有產製不同植物荷爾蒙的機制，當不再需要荷爾蒙時，也有各種去除(降解)荷爾蒙的途徑。由於荷爾蒙的作用濃度甚低(10^{-6} 至 10^{-5} mol L⁻¹)不易進行研究，以至於截至1970年代才有完整而詳細的試驗探討，藉由添加少數與少量的荷爾蒙於組織培養中拼湊出輪廓。人類製造出類似植物荷爾蒙的化學物質被稱為植物生長調節劑(plant growth regulators; PGR)，在實用上即施用植物生長調節劑，以替代直接由植體萃取的植物荷爾蒙。常見的植物荷爾蒙的類型，計有五大類。

(一)生長素(auxins)

在於促進細胞伸長、芽生成及根形成等，黑暗有助於生長素的生成，光照則不利。生長素以根尖、莖頂生長點、嫩芽與嫩葉分生組織及種子內的胚分佈最多，藉由改變細胞壁的彈性來影響細胞伸長，也促進向根及鬚根的生長發育。花朵受粉形成果實後，生長素隨著果實及其中種子的成熟而增加。莖的向光性、根的向地性、卷鬚的向觸性等，亦被發現與生長素有關。然而試驗發現，過多的生長素濃度對於植物可能會造成毒害，特別是雙子葉植物，據此發展出類生長素之2,4-D及2,4,5-T等除草劑來控制田間的雙子葉雜草。植物中最常見的生長素為IAA(indoleacetic acid; 引朵乙酸)，係最早被發現的天

然植物荷爾蒙，人造的生長素以NAA(naphthaleneacetic acid)及IBA(indole-3-butyric acid)最常用，利用於如促進發根、防止落葉落果、單性結果、組織培養、加速傷口癒合及促進果實發育等用途。

(二)激勃素(gibberellins; GAs)

激勃素(或譯成吉貝素)，具有促進種子萌發、莖生長、開花及果實發育等不同功能。單子葉植物的種子浸水後，胚所分泌的激勃素可使糊粉層產生水解酵素來分解胚乳養分，打破種子和芽的休眠並促成種子萌發。基本上激勃素可促進分生組織生長點與延長部之間的細胞進行分裂增加細胞數目，促進莖的生長；又具有類似春化作用之功能，促使二年生植物能在當年抽穗開花；落於柱頭的花粉粒，則促進花粉粒萌發為花粉管。對於受到離層酸抑制的莖部生長及誘引的休眠，可經由處理激勃素來恢復。

(三)細胞分裂素(cytokinins; CKs)

在於影響細胞的分裂，也與高等植物莖的形成有關，又可延緩組織老化、媒介生長素在植體中的傳輸及影響節間與葉片生長。所以，可推知細胞分裂素分佈於根尖與莖頂的分生組織、萌發種子內的胚及發育的果實等，具有促進細胞分裂、子葉生長及延遲葉片組織老化、延長花卉蔬果的保存期限等多種功能。由於植體中的細胞分裂素及生長素常維持一定的比例，植物的組織培養基質常同時添加此兩種荷爾蒙，以平衡細胞伸長與分裂。

(四)離層酸(abscisic acid; ABA)

此一荷爾蒙因大量存在於新脫落的葉片中，故被稱為離層酸(素)，惟尚未證實其媒介植物的自然落葉過程。當植物處理逆境時，即誘導葉片之葉綠



體產生離層酸，其一般功能在於抑制芽的生長及促成芽與種子的休眠，而在部分植物中當離層酸濃度降低、激勃素(gibberellin)增加時將恢復生長(兩者可能互為拮抗)。在缺水逆境下，離層酸將在根部大量生成後輸送至葉片，濃度升高的離層酸會促使保衛細胞膨壓升高而關閉氣孔。成熟果實中的種子會逐漸累加離層酸，以避免種子於果實中或進入寒冷冬季前發芽。在低溫的組織中離層酸的抑制發芽效應將漸漸衰退，種子萌芽前的浸種亦可消除原有離層酸濃度，發芽中的離層酸濃度將顯著下降，到了成熟株的葉片中又見離層酸濃度的增加。

(五) 乙烯(ethylene)



乙烯為最小分子的植物荷爾蒙，在成熟的果實、老化的組織及莖上的節等部位都會產生，惡劣環境下亦會促使乙烯生成。研究指出乙烯係由細胞中的蛋氨酸(methionine，又稱甲硫丁氨酸)經由楊氏循環(Yang Cycle)裂解而成，通常不會累積於細胞中，絕大部分逸釋出植體之外。生長與分裂快速的細胞產生較多的乙烯，尤其在黑暗裏中，新生的幼苗亦會釋放較多的乙烯，若未及時排出則會影響生長。木本植物受風吹時，橫向的壓力可刺激植體生成大量的乙烯，可因此促進莖桿的增粗加大。果實中的種子成熟時，增加的乙烯濃度可加速果實完熟。

四、利用植物荷爾蒙改善逆境

短期的環境逆境在一日當中可能會不斷的出現，如高溫、強風、烈日等，而長期的逆境主要係季節交替的變化或長時間的異常天氣事件。植物可以利用生理或型態的改變耐受逆境，以改變體內化學物質、生理活性及型態性狀等馴化及適應逆境的衝擊。針對逆境常見的



兩種植物調適策略為：(1)逆境逃避(stress avoidance)，如自身以調整生育期避開季節的不利因素，或以積儲水分與增生角質層(如仙人掌)躲避乾旱及燥熱天氣；(2)逆境耐性(stress tolerance)，指透過生理與形態改變來耐受逆境的影響，維持正常的代謝功能。

關於植物荷爾蒙在改善環境逆境的應用上，謹以離層酸為例說明。

(一)改善缺水逆境：植物遭逢缺水逆境時，細胞膨壓下降、葉片漸形萎凋，而水分過多的飽和土壤易使植物根部缺氧，限制根系呼吸與養分吸收等。由於離層酸可以明顯降低葉片細胞膜通透性，增加可溶性蛋白質含量，以及誘導生物膜系統保護酶形成，並關閉葉片氣孔，而減少水分自葉片蒸散損失，因此可以增強植物對於乾旱的耐受性環境。

(二)改善高鹽分逆境：當土壤的鹽分過高時，會產生滲透逆境或鹽分逆境，也會造成植物缺水。因此，高鹽分引起的缺水現象，亦可藉由增加離層酸濃度來減少植物的蒸散作用消耗水量。

(三)改善低溫逆境：研究發現，抗寒性強的作物品種比較於抗寒性弱的品種較容易累積離層酸，無論根、莖、葉皆然，尤其離層酸可增強根部的輸導作用，施用離層酸可並保護膜的完整性而增強其抗寒力。

五、結語

由上述說明，可初步瞭解植物荷爾蒙的功用及其在逆境改善上扮演角色，有關植物荷爾蒙的研究雖然已超過百年，目前國內相對偏少，尤其欠缺利用理論於實務方面的探討，亟待投入更多深入研究，以因應未來極端天氣及氣候變遷帶來的環境改變。