

植物生長調節劑

在農業上之應用

吳常武

國立臺灣教育學院生物學系

植物生長調節物質在植物生長及發育上扮演著一個主要的角色。「無生長調節物質，即無生長。」雖然植物體內自然生成之生長調節物質控制著植物的正常生長，但若以人工合成的生長調節物質來處理植物，亦可改變其生長，甚至有些還會得到有利於人類的結果。因此對植物體內自然生成之生長調節物質之探討，已逐漸瞭解植物賀爾蒙控制著植物之生長及發育的機制。隨著各種實驗的研究及基礎科學的探討，已使人工合成的生長調節物質應用於農業上，而且被認為與殺蟲劑、殺菌劑同等重要。植物生長調節物質現已被廣泛地應用於防除雜草、控制果實之發育、落葉、生育及質與量之控制等。

目前植物賀爾蒙可分五大類：植物生長素 (auxins)，植物濫長素 (gibberellins)，細胞分裂激素 (cytokinins)，生長抑制劑 (inhibitors) 及乙烯 (ethylene) 等。植物生長調節劑 (plant regulators) 乃係除了營養素以外之有機化合物，只要極少量，便可促進、抑制或改變植物之任何生理過程。營養素 (nutrients) 係以能量或主要礦物元素供應植物之物質。而植物賀爾蒙 (plant hormones 或 phytohormones) 即由植物生成之調節物質，僅需低濃度即可調節植物之生理過程，賀爾蒙一般在

植物體內可由生成處轉移到作用處。賀爾蒙一詞之正確用法，僅限於植物之自然生成物。然而，調節劑 (regulator) 一詞，並不限定為合成之化合物，亦可包括賀爾蒙，但做為農業上控制作物生長之藥劑用時，則以使用調節劑為宜。茲簡述各種植物生長調節劑在農業上應用之實例。

植物生長素 (auxins) 乃係一般具有促進莖細胞延長機能之數種化合物之通稱。此種調節劑包括自然生成及人工合成的兩種。Indoleacetic acid (IAA) 係最為人們熟知之植物體內自然生成的植物生長素，他如 Indolebutyric acid (IBA), α -Naphthaleneacetic acid (NAA), β -Naphthoxyacetic acid (BNOA), 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), 及 4-Chlorophenoxyacetic acid (4-CPA) 等均為人工合成之植物生長素。

植物生長素之主要功能在促進莖及芽鞘之細胞增大，植物體內 IAA 促使幼莖之彎曲生長即為一例。它更能促進細胞的分裂，在組織培養中，可促使癒傷組織 (callus) 之發育。而此生長素對促進新根之形成最具效力，一般最好而最常用的乃是 IBA，其次是 NAA，但 NAA 較 IBA 具有毒性，故在施用 NAA 時避免過量使用。與此兩者比較起來，IAA 之效用較小，因它在植物體內較不穩定，易被分解，且強光可將 10 ppm 之 IAA 溶液於 15 分鐘內摧毀。IBA 能形成強壯的鬚根系，有時等量的 IBA 及 NAA 同時施用，較其個別單獨施用所促成之根系比率要高得多。低濃度之苯氧基化合物 (phenoxy compounds) 如 2,4-D 及 2,4,5-T 等亦有促進生根之效用。

植物生長素亦能促進鳳梨開花，NAA 及 2,4-D 均有效，但 IAA 則否。可能是因為鳳梨組織內有大量的植物生長素摧毀酵素存在，並且因為 IAA 易被光所摧毀之故。植物生長素之施

用亦可改變某些顯花植物之雄花為雌花。

許多人工合成之植物生長素可促進多種植物著果，通常 4-CPA 或 BNOA 可得到最佳的效果，IAA 則無效，可能因為它對光的不穩定及在植物體內很快被氧化過程所摧毀之故。植物生長素對一些多心皮之果實如無花果、草莓、南瓜、蕃茄、菸草、玫瑰及茄子等特別有效，而對於梨、李、櫻桃及其他核果均無甚效果。總計大約有 20% 之園藝作物對植物生長素有反應。植物生長素亦可用於控制果實之生長、增大果實或改變其生長之方式，現今在商業上已應用於黑莓、葡萄、草莓、桔子及無花果等。

植物濫長素 (gibberellins) 一般乃指其結構式內含有 gibbane 架構，且能促進細胞分裂、細胞延長或兩者均有的化合物。至目前為止，至少有 37 種已知的植物濫長素，其數量更年年增長中，其中至少有 16 種可從黴菌中分離出來，有 27 種已可從高等植物中分離而得，在從 GA₁ 到 GA₃₇ 中，其號碼並不一定顯示其被發現的順序，因為 GA₃ 係第一個被確定的。

植物濫長素能促使許多品種植株之莖顯著增長，尤其是某些矮化的變種。植株之生長主要係由幼嫩之節間及組織促成，一般係節間增長而節數不變。很多被處理過的植株，其葉面積增大，而葉色變淡，但在十天內即可恢復色澤。

植物濫長素係唯一可替代某些特殊環境條件而使一些非經過該種環境不能開花之植物開花結果，而不致於一直行營養生長之化學物質。應用 GA₃ 可引致大多數需要長日照及冷處理之植物開花，而許多短日植物或無需藉光照變化促使開花之植物，GA 之施用一般均可能延遲或甚至完全阻止其開花。此種延遲開花，可能係因快速的莖生長而導致在營養生長與花芽發育間之更大的競爭性。

植物濫長素對松柏科植物可引致開花，而對

於萵苣、蘿蔔、胡蘿蔔、芥菜、菠菜、甘藍菜等蔬菜類亦有很好的效果。

植物濫長素能打破數種植物種子之休眠而加速其萌芽，此種效應在榛、櫟、樺、楓等木本品種及柑桔、山茶、葡萄、蘋果、桃、可拉、櫻桃等果樹均見成效。

植物濫長素雖然亦與植物生長素同能促進著果，但其果實則較小，如蕃茄即為一例。然對於果實的成長及產量的增進在數種果實及蔬菜如無子葡萄、無花果及芹菜等則頗具成效。

細胞分裂激素 (cytokinins) 係在植物體內致使細胞分裂之植物生長調節物質。所有植物體內自然生成的及大部分人工合成的細胞分裂激素均源自於腺嘌呤 (adenine)，最早被發現之自然生成的細胞分裂激素是 zeatin，係由玉米種子中分離而得，但它亦有人工合成者，其活性較 kinetin 至少大十倍。6-Furfuryl-amino purine (kinetin), 6-Benzylamino purine (BA), 6-(Benzylamino)-9-(2-tetrahydropranyl)-9H-purine (PBA), 及 6-(γ , γ -Dimethyl-allylamino) purine (2ip) 等均為人工合成之重要的細胞分裂激素。

細胞分裂激素最顯著的兩個效應，係促使細胞分裂及調節癒傷組織之分化，因此無細胞分裂激素即無法促使並延續細胞之分裂，細胞分裂激素使得許多組織得以培養，在培養基內僅需加上植物生長素及細胞分裂激素及其他少量必需的有機化合物，許多組織便能在活體外 (in vitro) 生長發育。

細胞分裂激素之另一效應是延遲植物組織之老化。應用最多的細胞分裂激素為 BA 及 PBA，它在蔬菜如甘藍、萵苣、花椰菜、芹菜等以及切花如康乃馨、蒲公英等均極見效。細胞分裂激素之延遲老化主要係在維持大量的蛋白質合成，而延緩蛋白質及葉綠素之分解變質，使呼吸作用率

降低，而維繫細胞之活力。

細胞分裂激素有時對萌芽亦有影響，例如須要光照才能萌芽之萵苣種子，若先以 Kinetin 處理，在暗處亦能萌芽。又如施用細胞分裂激素於蘋果之側芽及杏之枝條，可抑制其頂端優勢，而使側芽萌發。而蘋果及葡萄之休眠芽亦可以此種激素打破。利用 Kinetin 處理亦可促進馬鈴薯塊莖之形成，且能增加澱粉之聚積。

生長抑制劑 (inhibitors) 係在植物體內抑制或延緩一種生理或生化過程之植物生長調節物質，其種類繁多。有些植物體內生成的生長抑制劑係其生理必須之植物賀爾蒙，然其作用各異，如生長抑制劑、植物生長素抑制劑、植物濫長素抑制劑或萌芽抑制劑等。近年來新合成的有機藥劑——植物生長延緩劑 (plant growth retardants) 能延緩細胞分裂及莖組織的延長，在生理上調節植物的高度而不致形成畸形的葉及莖，此種化合物同時可加深綠葉，且間接的影響開花。

植物體內自然生成的生長抑制劑以 ABA (abscisic acid) 為主，它可從許多植物之不同部位分離出來。此化合物一般出現於成熟及老化的組織，但在嫩葉及幼果亦曾被發現。ABA 之作用一般在誘導老化，加速葉、花及果實離層之形成，抑制幼苗生長及延長種子休眠等。除 ABA 以外，其他尚有十數種由植物體自然生成的生長抑制劑，如 Benzoic acid, Gallic acid, Cinnamic acid, Coumarin 等等。人工合成的生長抑制劑，在農業上非常重要，有些被用來解決過度生長的困擾，有些則用來促進開花，延緩老化及控制其他的植物生理機能。最初在農業上應用之生長抑制劑為 MH (Maleic hydrazide)，此種化合物可用來防止馬鈴薯塊莖及洋蔥在貯存時之發芽及烟草之抽枝，並且在某些範圍內被用來控制草本植物之過度生長。

在 1950 年及 1960 年代被發現之植物生長延緩劑包括 SADH (Succinic acid-2,2-dimethylhydrazide), CCC (2-chloroethyl trimethylammonium chloride), phosphon-D (2,4-dichlorobenzyltributyl-phosphonium chloride) 及 Amo-1618 (Ammonium (5-hydroxycarvacryl) trimethyl chloride piperidine carboxylate)，這些化合物一般可防止次頂端分生組織 (subapical meristem) 之細胞分裂，而延緩莖之伸長，但却不一定影響到頂端分生組織。不過施用 SADH 於蘋果却顯示出抑制頂端分生組織之活力。生長抑制劑一般來說對根的發生，芽及種子的萌發均有抑制作用。

生長抑制劑如 CCC 及 SADH 等有促進開花之功效，主要係因其抑制莖之生長，而將多餘的養分供做花芽之發育。然而，若使用之濃度過高，對某幾種的植物，不但不能促進開花，反而有抑制的作用。曾經利用 CCC 或 SADH 促進開花之果樹有桃、蘋果、梨、檸檬，及蔬菜如蕃茄、菜豆等，其他並有多種花卉。CCC, SADH 及 phosphon D 亦能增進葡萄及蘋果的著果，但多半會使果實減小。然而，ABA 對著果則有反效果。

乙烯 (ethylene) 在所有植物組織內均能自然產生，其中以成熟的果實產量最豐。一種人工合成的藥劑 ethephon 能在植物組織內分解而放出乙烯氣體，在植物體內發生作用。如今 ethephon 已廣泛地被應用在農業上，因其作用與 ethylene 相似。

直到 1960 年代乙烯才被公認為一種賀爾蒙。其化學構造係植物賀爾蒙中最簡單的一種，但其活性很強，僅需微量氣體即對植物生理現象產生很大的影響。

乙烯有促進萌芽及種子發芽之效應。休眠的馬鈴薯塊莖，及其他球莖、鱗莖、潤葉樹之切枝及根，以及一些品種之種子發芽均可用乙烯氣體

