

現代國民基本知識叢書 第七輯

植物生長素與農業

教育部世界名著譯述委員會 主編

杜克 主編 富迺康 譯

中華文化出版事業社出版

現 民 國 民 基 本 知 識 叢 書

第 七 輯

植 物 生 長 素 與 農 業

杜 克 主 編

富 迺 康 譯

前 言

本書英文原名爲“Plant Regulators In Agriculture”，按Plant Regulator 一詞之含義爲“植物調節劑”，本書似應譯作植物調節劑與農業，惟鑒於以往國內若干學者已將此類名稱譯作植物生長素，生長素一詞在國內之應用已相當普遍，爲使一般人士易於瞭解本書內容起見，故本書書名乃譯成“植物生長素與農業”；而書內所討論者爲植物調節劑在農業上種種應用之理論與實際問題，幸讀者亮察。

原書係集體合作，由杜克(H.B. Tukey)主編。其各章撰述人爲：第一章 H.B. Tukey，第二章 C.L. Hamner and H.B. Tukey，第三章 A.G. Norman，第四章 V.T. Stoutemyer，第五章 S.H. Wittwer，第六章 L.C. Luckwill，第七章 Fredrick T. Addicott，第八章 L.P. Batjer，第九章 William S. Stewart，第十章 Ora Smith，第十一章 S.L. Emsweller，第十二章 R.F. Carlson and J.E. Moulton，第十三章 C.J. Willard，第十四章 J. van Overbeek，第十五章 Keith C. Barrons，第十六章 A.E. Mitchell。特予列明。

譯 者 識

目次

第一章	植物調節劑泛論	1
第一節	早期歷史	1
第二節	動物荷爾蒙	3
第三節	植物荷爾蒙	3
第四節	奧克辛 (Auxin)	5
第五節	植物調節劑與植物趨向性之關係	8
第六節	植物調節劑之實際應用	8
第七節	植物調節劑之分類與定名	9
第二章	植物生長原則及植物調節劑的作用	14
第一節	植物體簡介	14
第二節	調節劑對於單子葉植物與雙子葉植物的影響	17
第三節	植物各部的構造	17
第四節	根、莖、葉及花的產生	21
第五節	有關植物生長的生理學	23
第六節	植物調節劑進入植物體的入口	24
第七節	植物調節劑在植物體內的移動情形	24
第八節	植物調節劑之形態改造效能及潛延力	25
第九節	植物體內所發生的化學變化	26
第十節	環境與 2,4-D 反應的關係	27
第三章	植物調節劑的化學性質	29
第一節	植物調節劑簡介	29
第二節	植物調節劑與有關化合物的命名原則	29
第三節	吲哚乙酸及其衍生物	34

第四節	苯乙酸及其衍生物	36
第五節	苯酚化合物	38
第六節	鹽類、酯類及醯胺類	40
第七節	其他物質	42
第八節	一般應予考慮之點	48
第四章	利用植物調節劑促進生根	49
第一節	扦插繁殖法與植物調節劑的關係	49
第二節	有促進生根效能的化合物	51
第三節	植物調節劑的應用法	52
第四節	一般應注意之點	55
第五節	所有應用方法實際施用時之種種變異	56
第六節	有助於不易生根插條生根的情況	59
第七節	各種扦插法與調節劑的關係	60
第八節	植物調節劑在壓條方面的應用	61
第九節	在玻璃布內生根的方法	62
第五章	植物調節劑對開花與結實的控制作用	63
第一節	問題的本質	63
第二節	溫室栽培番茄的問題	67
第三節	田間栽培番茄的問題	68
第四節	豆類的問題	72
第五節	生長調節劑對其他作物的控制作用及有關用途	74
第六節	結 論	76
第六章	植物生長調節劑與單為結實及果實發育的關係	78
第一節	受精的刺激作用	78
第二節	種籽對果實發育的影響	80

第三節	花粉的荷爾蒙	81
第四節	自然的單爲結實	82
第五節	誘致的單爲結實	85
第六節	應用生長調節劑以誘致單爲結實	87
第七章	植物調節劑與離層的關係	95
第一節	分離作用的解剖學和組織學	96
第二節	分離層的生理	99
第三節	分離作用的調節	105
第八章	植物調節劑之防止採收前落果，調節葉期與花期，以及疏花、疏果的效能	112
第一節	採收前落果的防止	112
第二節	延遲木本植物的芽的發育	118
第三節	疏花與疏果	121
第九章	植物生長調節劑對於植物成熟度及成熟進行的影響	124
第一節	花期及幼果期施用植物調節劑的影響	134
第二節	採收前施用植物調節劑的影響	134
第三節	採收後施用植物調節劑的影響	136
第十章	應用植物調節劑抑制植物發芽	140
第一節	應用植物調節劑抑制馬鈴薯發芽	141
第二節	應用植物調節劑抑制洋葱發芽	145
第三節	應用植物調節劑抑制根用作物發芽	146
第四節	應用植物調節劑抑制其他作物發芽	147
第十一章	植物生長調節劑與植物育種	149
第一節	植物育種的基本原理	149

第二節	利用調節劑增加結實	151
第三節	利用調節劑克服不親和性	152
第四節	其他可能性	155
第十二章	植物調節劑的殺草效能——驅除園藝作物田間的野草	157
第一節	驅除草地野草	157
第二節	驅除花園野草	159
第三節	驅除苗圃野草	160
第四節	驅除唐菖蒲園中野草	162
第五節	驅除菜園野草	164
第六節	驅除草莓園野草	165
第七節	驅除樹莓園野草	167
第八節	驅除其他果樹間野草	168
第十三章	植物調節劑的殺草效能——驅除農藝作物田間的野草	169
第一節	應用調節劑時應加考慮之點	170
第二節	用作殺草劑的主要調節劑	171
第三節	2,4-D	172
第四節	驅除禾穀類田間的野草	183
第五節	萌芽期前應用 2,4-D	185
第六節	應用 2,4-D 除去石刁柏田間野草	188
第七節	除去玉米田間野草的萌芽後處理法	188
第八節	驅除蜀黍間的野草	189
第九節	驅除亞麻田間的野草	190
第十節	豆科作物應用 2,4-D	190
第十一節	用 2,4-D 處理加拿大薊	191

第十二節	用 2,4-D 處理旋花	191
第十四章	植物調節劑的殺草效能——驅除熱帶野草	193
第一節	熱帶除草與溫帶除草之比較	194
第二節	熱帶野草種類	196
第三節	生長調節殺草劑與其他各種除草方法間之關係	197
第四節	以 2,4-D 作萌芽後噴射處理	199
第五節	以 2,4-D 作萌芽前噴射處理	199
第六節	2,4-D 對植物生理作用的影響	202
第七節	結 論	205
第十五章	植物調節劑的殺草效能——驅除非耕地上的野生植物	207
第一節	主要殺草劑及其一般應用	208
第二節	2,4-D 與 2,4,5-T 的一般性質及其應用	209
第三節	施用方法與施用率	210
第四節	對鄰近作物的危險性	212
第五節	鈉 TCA	212
第十六章	施用生長調節劑所需用具及使用法	215
第一節	選擇用具時應予注意之事項	215
第二節	藥劑飄散問題之重要	217
第三節	選用手提式用具時的特殊建議	218
第四節	選用動力設備時的特殊建議	219
第五節	所需藥劑及噴射量計算法	223
第六節	地面噴霧器之速度計	227
第七節	噴霧器內殘留之 2,4-D 的危險性	227

第一章 植物調節劑泛論

關於植物調節劑的歷史是科學史中饒有趣味的一章，其來也，與一般科學的發現與發展相似，並非由某一個人所突然發現，而係由許多人士經長時期之研究所逐漸發現者。至1930年前後，各項發現始積聚演變而成爲一大科學。

第一節 早期歷史

1758年法國園藝界權威 Duhamel Du Monceau 氏注意到植物莖部受到束縛或刺激後（如環狀剝皮等），傷口上部常較腫大，並有根生長其上，氏認爲植物根部之形成當係由莖枝上部向下輸送之植物體液所引起。其後德國著名植物學家 Julius Sachs (1880, 1882, 1893) 斷定植物的根及花的分化是因植物體內上下運送的少量化合物的存在的關係，相信植物體內確有形成根部及花部的物質存在。荷蘭科學家 (M. W. Beijerinck 1888-1897) 研究植物之瘤瘰 (gall)，認爲植物瘤瘰之產生乃由於某種昆蟲所分泌之少量物質之刺激所致，並定名該物質爲“生長酵素” (growth enzymes)。（譯者按：如五倍子即屬樹瘰之一種）。

談到植物調節劑的早期歷史，人們常會聯想到 Charles Darwin。達爾文氏對於植物之有向光性甚感奇異。達爾文氏曾用禾草種籽作試驗，使草籽在一簡陋暗室內發芽，再將芽鞘暴露在由單一方向射來

的光線下（見圖1），芽鞘即向光線方面彎曲。若將芽鞘尖端用錫箔蓋起，或將尖端切去時，則雖直接暴露光下，亦無向光彎曲現象。反之，若將馬口鐵薄片包於芽鞘基部，同時將芽鞘暴露光下，則芽鞘向光彎曲（見圖2）。因之，達爾文氏認為必有某種物質由鞘尖向下移送，芽鞘之彎曲乃由該物質所引起。

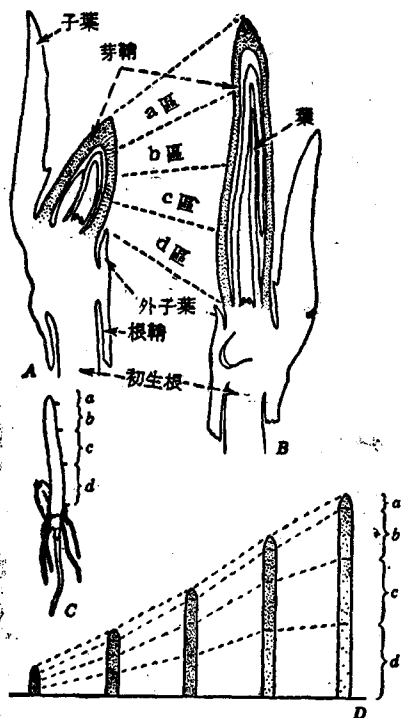


圖1 燕麥胚圖，顯示用芽鞘作生長調節劑試驗的情形

A, B 為胚的各發育期。

C, D 圖示在不同發育期最大生長帶的位置的變遷。

a 為奧克辛 (auxin) 的製造區，b, c, d 為伸長及彎曲區。

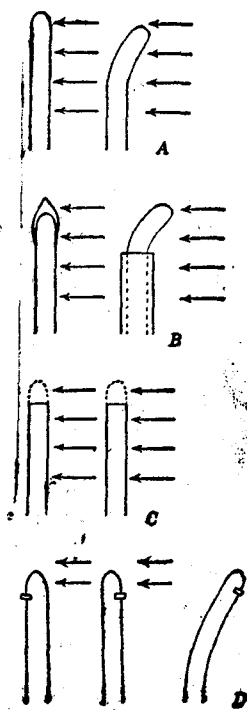


圖2 燕麥芽鞘試驗

A. 芽鞘向光彎曲。

B. 設將鞘尖用錫箔遮蓋時則無彎曲現象；但若遮蔽鞘基，則仍有彎曲現象。

C. 若將鞘尖2.5-4公釐 (mm.) 處除去，則無向光彎曲現象。

D. 設將一薄雲母片插入黑暗一方，則不發生彎曲現象；但將之插入有光一面則發生彎曲。

第二節 動物荷爾蒙

早於1770年時，動物生理學界即認為動物體內有一種內分泌物，對動物個體可產生顯著影響。至1848年時，揭示雞去勢後，用移植睪丸方法，即可克服原有去勢之影響。可見睪丸中可分泌某些物質至雞體中，而產生顯著影響。至1935年，此種物質已可用化學方法分離出來，其後並由商業方面大量生產，是即睪丸激酮亦名雄性激素（testosterone）。將之注射母雞體中，可使母雞顯出雄性特徵，甚至發出喔喔啼聲。

學術界稱此類內分泌物為荷爾蒙（hormone），該字起源於希臘，意為“I arouse to activity”，即“激起活動”之意。此字係由Hardy氏所提議，於1906年時由Starling氏首先採用。普通認為荷爾蒙者，乃由任何生物組織所產生之物質，以少量此種物質傳至其他部分，即可影響某一特殊生理作用。

胰島素（insulin）亦稱因素林即為荷爾蒙一實例。胰島素乃由動物胰臟分泌到血液內的一種分泌物，再由血管輸送到肌肉同肝臟，使之能利用血內的糖份。胰島素一經由化學方法分離並鑑定成功後，已可用化學方法合成製造，現為醫治糖尿病必需藥品。

第三節 植物荷爾蒙

有關荷爾蒙概念在動物學界雖在1910年即已建立，但在植物學界的發展則較為緩慢。雖然植物界有關荷爾蒙的事實早期亦有發現，惟學者多注意到其他方面。例如德國科學家Hans Fitting氏於1909年在爪哇（Java）工作時，曾發現將蘭花花粉的水溶液汁加至蘭花上時，則花瓣脫落，子房漲大，與花粉本身作用相似。P. Boysen Jensen氏於1910—1913年在德國W. Pfeffer實驗室內發現，將燕麥芽鞘尖端切去後再置其上，而於斷面間置一膠質薄層，由鞘尖所產生之物質

可經由膠質薄層傳至下部，則芽鞘仍能向光彎曲。（見圖3）

吾人回溯至此時，可見植物體內所存在之某種物質的作用與動物體中之荷爾蒙相似。惟當時學者多從葉脈、電流及類似機械作用的反應方面着想，故荷爾蒙觀念在植物學界進展較慢。

現在有關植物調節劑問題已引起學術界廣泛注意，而以德國 W. Pfeffer 實驗室及荷蘭 Utrecht 的 F.A.F.C. Went 所作有關研究較多。A. Paal 氏在1914至1919年間發現，將燕麥芽鞘尖端切去，再將尖端置於斷株之一邊，則此邊生長較速，而使斷株彎向另一邊。A. Paal 氏認為此種現象乃由生長調節物質之分配不均而起。A. Paal 氏於1919年所發表之說明，目前仍可通用，即：“尖端是生長調節劑之中心，一種物質或混合物由尖端內部形成分泌，經由生活組織平均分佈到各方面，如果傳送在某方面被干擾，該方生長率可因之減低，使器官彎曲。”

有關生長調節劑的另一重要發展，是由 F.W. Went 氏研究所得，1926年時 Went 氏在 Utrecht 其父親之實驗室工作，其後 Went 氏即到軍隊中受訓，利用晚間空閒時間，繼續燕麥苗的試驗工作。將燕麥芽鞘尖端切下置於微小膠塊上，以便鞘尖內某些物質擴散至膠塊中，再將膠塊置於斷株之一邊，則斷株向另一方彎曲，此

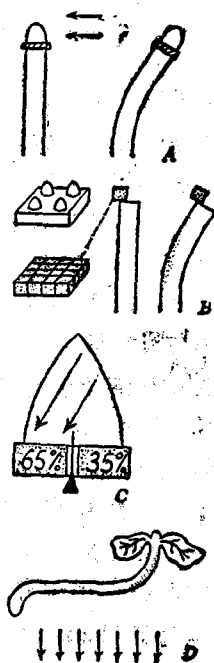


圖3 燕麥芽鞘試驗

- A. 鞘尖所產生的生長調節劑經過薄膠質層向下輸送時，使芽鞘發生彎曲現象。
- B. 使鞘尖中的生長調節劑擴散至小膠質塊內，再將小膠質塊置於切去尖端的芽鞘斷株的一邊，可使斷株發生彎曲現象。
- C. 芽鞘尖端之生長調節劑在暗黑一邊的移送量為65%，在有光一方為35%。
- D. 在水平的幼苗內，生長調節劑累積在苗的下方，使枝彎向上方，根則彎向下方。

試驗明白顯示燕麥鞘尖中可產生某種物質，此物質可用物理方法提出，芽鞘之彎曲與此物質有關。（見圖3）

第四節 奧克辛 (Auxin)

1. 奧克辛的分離和鑑定：

自經證實植物體內確有一種或數種與動物體中荷爾蒙相似之物質存在，且此類物質可由植物中提取出來以後，次一步驟即如何由植物中提取出足供化學試驗應用之分量，更進一步用人工方法合成之。對此類物質之稱呼各方有不同的名稱，如 Wuchsstoff，生長素 (growth substance)，荷爾蒙 (hormone)，植物荷爾蒙 (phytohormon) 及形態改造素 (formative substance) 等皆屬之。

燕麥芽鞘中所存在之該種物質為量甚微，不足以應化學家之需要，因之人們乃用其他植物材料作類似試驗，結果發現有些菌類及人類尿中都含有可使燕麥幼苗芽鞘彎曲之物質。1931年荷蘭化學家 F. Kögl 及 A. J. Haagen-Smit 由人類尿中分離出該種物質，二氏名之為奧克辛 (auxin)，含有生長和細胞伸長之意。其後於玉蜀黍油 (maize oil) 中提出另一種類似物質，乃將前述之奧克辛稱之為奧克辛甲 (auxin a)，後者稱為奧克辛乙 (auxin b)。其後不久二氏與 H. Erxleben 共同由人類尿中分離出第三種物質，而此種物質即為 3-吲哚乙酸 (3-indole acetic acid)，曾於 1885 年蛋白質腐化分解時鑑定過，三氏名之為異型奧克辛 (heter-auxin)，以與前二種奧克辛相區別，其後不久即發現由菌類中所提出之物質即為 3-吲哚乙酸。

2. 奧克辛的發生：

與此有關試驗發現，人們尿中所含奧克辛量並不相同，且每人每日含量亦各不同，孕婦尿中奧克辛含量特高，有一 18 歲男孩尿中奧克

辛之含量較一般人高至4-5倍之多。尿中何以含有吲哚乙酸 (indole acetic acid) ? 何以各人含量間差異甚大? 主要原因由於各人飲食不同之故。食用奧克辛含量高之食物, 尿中奧克辛含量亦高。玉蜀黍油, 其他蔬菜油、麥芽、酵母、種子中所含奧克辛較多。其後更發現植物中存在很廣的嗜氨酸 (tryptophan) 可以在腸道中變成吲哚乙酸, 而在毒瘤組織中所含奧克辛量較正常組織中之含量為高。

現知吲哚乙酸在植物體中分佈很廣, 在生長部分如枝尖、幼葉等處含量特高, 花粉、胚珠幼期及幼果中的含量亦很高, 萌芽種籽的子葉中亦含有很多奧克辛。生長調節劑在休眠的種籽中係呈不活動狀態存在, 及至種籽萌芽時, 乃轉變為活躍的生長調節劑。

3. 奧克辛的生物學的測定:

關於奧克辛的生物學的測定法, 此處似不需過份詳細介紹, 故僅作簡單報導, 以增讀者對奧克辛之認識。奧克辛的活動力的定量測法係由 Went 氏所規定, 乃以前述之燕麥芽鞘試驗作基礎, 利用芽鞘中奧克辛可擴散至膠塊中之事實, 加以技術方面改善, 即為聞名的 Avena 試驗, 因燕麥學名為 *Avena sativa* 故名。

所用燕麥品種為 Victory, 種籽係由瑞典人絡續供給, 使種籽在黑暗處之潮濕濾紙上發芽, 於發芽後 24-30 小時將幼苗置於把持器內, 俟芽鞘長達 25-40 公釐 (m.m.) (1-1.5 吋) 時, 將長 1 公釐 (1/25 吋) 鞘尖切去, 3 小時後再將尖部切去 1-2 公釐, 以保證可生成奧克辛之部分已完全除去, 其後將芽鞘內葉子拉鬆抽出, 以免阻礙試驗進行。至此時芽鞘已準備妥善可供處理, 此項準備工作係在溫度 24°C (76°F), 相關濕度 88-90% 之暗室中進行。將試驗材料注入 2×2×0.5 公釐大小之膠塊中, 再以此膠塊放在芽鞘之一邊, 待 110 分鐘後測定芽鞘之彎曲度, 由芽鞘彎曲度大小即可測知試驗材料之活動強度。規定在此種情形下, 二小時內, 凡使芽鞘彎曲達 10° 之一膠塊上之調節劑活動力

爲 1 AE 單位 (Avena Einheit) (AE units)。

此法可測定並比較植物水溶液汁內奧克辛及各不同化學藥品之活動力。Went 氏發現每公絲 (mg.) 奧克辛甲同奧克辛乙有五千萬 AE 單位，每公絲異型奧克辛有二千五百萬 AE 單位。關於測定方法與各種不同變化的精密技術，現已設計妥善。其中之一應用到“deseeded coleoptile”一辭，意爲移去每一幼苗中之子葉，以免除子葉內奧克辛移至芽鞘的可能性，而影響到測量的準確度。

奧克辛的生物學的測定除上述試驗外，尚有直接生長測定 (straight-growth test)，器官開裂或豌豆開裂測定 (split organ or split-pea test)，葉柄測定 (petiole test)，分離測定 (abscission test)，根之生長測定 (root growth test) 及豆類葉部測定 (bean-leaf test) 等。直接生長測驗係將三公釐長之芽鞘置於要試驗材料上，而測量其伸長率。器官開裂試驗爲使豌豆在暗室中生長，七日之後枝長十公分 (4 吋) 時，將其尖端除去，將莖縱裂爲二，置於要試驗之溶液中，設有奧克辛存在時，裂開部即向內彎曲，彎曲程度可加以測量，即爲溶液之強度。葉柄測定爲將試驗材料加於番茄幼苗的葉基，由葉片角度之改變表示試驗材料之強度。分離測定爲將試驗材料施於某種選定植物 (如葫蘆科之 *coleus* 屬) 之葉柄切端，因調節劑可阻止落葉，葉柄斷落前之時間長短可表出調節劑之強度。根的生長測定乃將試驗材料放入溶液中，使敏感種籽如黃瓜 (胡瓜) 種籽在控制情況下生長於其中，由於某些調節劑可阻礙根的生長，阻礙之程度即可代表該調節劑之強度。豆類葉部測定係以紅菜豆幼苗作試驗，菜豆發芽七天後，兩個心形子葉出現時，將一滴試驗溶液施於葉片表面基部上，調節劑可阻礙枝條之生長，在一定日數之後，由枝條重量，可測知調節劑之強度，此種測定法曾廣用於測定調節劑除草效能的強弱。

第五節 植物調節劑與植物趨向性之關係

植物調節劑發現後，首次應用是 Cholodny-Went 原理的發展，以之解釋植物何以具有趨向性，如植株對於光源之定向，即枝之向上生長（背地性），根之向下生長（向地性）等是。有關枝尖生長帶可製造奧克辛的學說，目前已被各界普遍接受。當奧克辛平衡傳送到植物各部時，植物細胞生長均勻；分佈不平衡時，植物生長受到干擾，且不能均勻生長，致有彎曲現象發生。當光線由單一方射向植物尖端生長部份時，奧克辛多聚集在無光之一面，致使該面之細胞伸長較大，枝條乃向光源方面彎曲。當枝條被置成水平位置時，奧克辛多聚在枝條下方，下方細胞較上方細胞生長多，枝乃向上方彎曲。（見圖3）

目前對於根之向下生長及彎曲之解說尚未十分清楚，一般理論認為根部對奧克辛之反應極為敏感，其生長可因奧克辛而受到抑制。當根部呈水平狀放置時，奧克辛聚積在根之下位，根之下方細胞生長受到阻礙，而上方細胞仍照常生長，根遂向下彎曲。（見圖3）

植物其他生長現象，均可以此理論作同樣之解釋，例如生於高地植物常較生於平地者為矮，乃因奧克辛易為短光波（紫外線）所破壞，而高地短光波較多，植物生長因之受阻。據試驗結果證實矮生玉米中所含奧克辛量較正常玉米中奧克辛之含量為少。又發生瘤狀物之生物可導使植物上形成瘤，現發現其可製造奧克辛，因之刺激其附近組織的生長而形成瘤。

第六節 植物調節劑之實際應用

植物調節劑新觀念應用於實際問題為時很短，於1933年 Kögl, Haagen-Smit, 及 Erxleben 鑑定吲哚乙酸同年內，Went 氏與其合作者及 Zimmerman 與 Hitchcock 二氏等報告，將此化學藥品噴

於植物上，可在莖部甚至果實上誘導生根，3-吲哚乙酸立即被應用在植物繁殖上，以幫助植物其他部分之插條生根。

回憶調節劑的早期歷史是很有趣味的，1880年時 Sachs 氏即提議植物中含有一種可形成根之物質。1888-1897年間 Beijerinck 氏曾謂葉的存在有助於根的形成。尤有進者1925年時 Van der Lek 氏發現生長壯旺枝條更適於根之發展。以上各現象都可以調節劑作基礎而加以解釋，即皆因植物或葉部生長部可製造吲哚乙酸，有利於根之形成之故。

其他化學藥品能否誘導植物生根問題立即引起各方廣泛興趣，已有千餘種藥品試作同樣試驗，亦有人用化學方法綜合而成之新化合物作類似試驗，於1934-1937年間約有5,000篇有關植物調節劑的論文刊行問世，科學界對此之重視可見一般。

有關調節劑的新發現和應用隨之有極速的進展，比較重要者除扦插生根外，尚有防止果實早落，增加結實率，產生無籽果實，延長苗圃內砧木之休眠期，延滯果樹之開花期，調節鳳梨開花期，去葉，疏果，促進果實成熟，果實人工加色，減少新鮮蔬果中水分之損失量，果實人工催熟及清除野草及野生木本植物等各方面的應用，均將於本書以下各章中詳論之。

第七節 植物調節劑之分類與定名

調節劑名稱繁複而發音繞口，常易使人望而却步，實際上如能瞭解其名稱含義及命名原則，則植物調節劑實為一有趣味之學問，並不若初見其名稱時之令人易生困惑之感。讀者或許要問：異型奧克辛與吲哚乙酸何以為同義字？實則只因發現異型奧克辛時尚不知其即為吲哚乙酸，為與奧克辛甲及乙相區別，故定名為異型奧克辛，heter 含有其他之意，異型奧克辛 (heter auxin) 意即為其他一種型式之