

농업에서의 식물성장 조절제들 (Growth Regulators in Agriculture)

이 영 병

동아대학교 원예학과

1. 서 론

식물성장 조절제들의 두 유형은 천연물질과 합성물질로 대별이 되는데, 천연물질인 식물성장 호르몬들의 역사를 간단히 언급하고 세포의 수준에서 그들의 조절양상을 논의하고자 한다. 아울러 합성된 식물성장 조절제들은 *in vivo*에서 나타나는 고도의 안정성으로 농업과 원예에서 활용이 되는데 합성된 화합물들은 천연 호르몬들의 화학 구조를 닮아서 그들을 흉내내거나 식물 호르몬들의 생합성, 전류 및 신진대사를 조정하게 된다. 따라서, 알려져 있는 식물 호르몬인 옥신, 지베렐린, 시토키닌, 에틸렌과 앱시스산이 식물의 성장과 발육에 미치는 영향력과 합성된 성장 조절제들의 조절 메커니즘을 살펴본다.

식물의 성장과 운동에 관한 112년전의 찰스 다윈의 탐구는 식물의 생육은 화학물질의 영향으로 이루어진다는 기원이 되었다.¹²⁾ 즉, 귀리 떡잎집의 편광조사로 굴곡도를 측정하는 실험에서 다윈은 조사된 떡잎집의 끝부분에서 기부의 조직까지 어떤 메시지가 이동되어 일어나는 신경 전도현상을 보았다. 그 후 24년만에 Bayliss와 Starling은 그 현상을 사람과 동물의 호르몬은 시그널 전도라고 공식화했다.⁴⁾ 말하자면, 호르몬은 유기체의 한 부위에서 산출되어 다른 부위로 이행되어 특수한 생리적인 과정들에 영향을 미치게 된다. 또 24년이 지나야 이 정의가 Went의 논증으로 식물에 적용되어 1930년경 떡잎집의 기부조직으로 전달된 시그널이 화학적인 성질을 가지고 있고,³⁰⁾ 이 알려지지 않은 물질을 옥신이라고 불렀다. 2차대전이 지나서 옥신의 구조가 밝혀졌고, 1930년대에 이미 옥신의 활성을 가진 indoleacetic acid와 phenylacetic acid가 단리되었다.³¹⁾ 그래서 최초의 특허가 목본류의 삽수발근을 촉진시키는 일이었다.

앞서 언급한 다섯가지 식물 호르몬들은 아주 저농도에서 식물의 생육에 영향을 미칠 수 있지만 세포수준에서는 그 조절양상이 척추동물의 호르몬들에 비해서 아직 덜 밝혀져 있다.¹⁹⁾ 또한, 화학회사들에서 만든 합성화합물들은 천연 물질들에 견주어 유사한 효과를 발휘하거나 때로는 효소의 비활성에 대해 훨씬 저항적이어서 더욱 효능을 보이기도 한다. 천연화합물과 합성화합물을 모두 합쳐서 식물성장 조절제라 부르고 이들 화합물은 경우에 따라 식물의 기관들의 성장을 촉진하거나 억제한다. 호르몬이란 용어는 천연적으로 발생하는 식물성장 조절제에 국한되는 것이다. 실제의 응용에 있어서 합성된 성장조절제가 사용되는 것은 이 물질이 생체내에서 안정도가 더 크기 때문이다. 따라서, 합성물질은 식물 호르몬의 구조적인 유사성으로 흉내를 내거나 내생 호르몬들의 생합성, 전류, 및 대사를 조정해서 그 수준을 조절하게 된다. 그래서, 식물성장 조절물질들의 기능과 가능성을 이해하기 위해서는 분자수준에서 식물 호르몬들의 작용의 양상을 고찰해야 한다.⁹⁾

2. 식물 호르몬들의 작용형태

식물의 각 기관들은 대부분의 식물 호르몬들을 합성할 수 있다. 즉, 한 특수기관에서 국부적으로 산출되는 호르몬들과 도처에서 시그널로서 공급되는 호르몬들이 시간과 더불어 지속적으로 변화되면서 상호 작용하게 되는데, 여기서 그 기관의 발육을 결정하는 것은 호르몬들의 평형상태이다. 예를들어 호르몬은 각 기관의 성장을 지속하거나 끝낼 수 있는데, 발아나 싹을 틔우는 일을 촉진하거나 억제하고, 측지와 측근을 형성하는 일, 꽃을 유도하는 일, 노쇠와 휴면을 조절하는 일, 그리고 괴경과 구근들의 발육에 관계한다.

식물세포들에서 미소한 양의 식물 호르몬들이 어떻게 그 식물기관의 발육을 조절할 수 있는가 하는 문제가 분자 유전학적으로 정의 되었는데, 각 식물세포들의 DNA 물질을 code하는 일이다. 여기서 호르몬들은 식물의 종에 따라 세포의 유전정보의 expression을 조절하고 그 정보의 특수한 부분의 expression을 개시하거나 또다른 부분을 억제하기도 한다. 하지만, 호르몬들이 이 능력을 어떻게 수행하는지 아직 정확히 알지 못하며, 다만 옥신에 대한 가설이 있다.²⁰⁾

하나의 호르몬이 target cell에서 활성적이기 위해서는 그 세포에 의해 인지되어야 한다. 말하자면, 그 세포의 특정한 장소에 결합되어야 한다. 그런 특성의 결합장소가 없는 기관이나 세포는 특유의 호르몬을 지각할 수 없고 그 호르몬에 반응하지도 않는다. 따라서, 한 호르몬에 대해 접근이 가능한 다수의 결합장소를 가진 기관이나 세포는 그 호르몬에 고도로 민감하게 된다. 이러한 식물 호르몬의 결합장소로서 생각해 볼 수 있는 가설로는 결합장소에 관여하는 단백질들이 세포질에서 용해되었다. 즉, 호르몬의 분자가 원형질막을 통과해서 세포속으로 이행하는데 그 호르몬은 용성결합 단백질로 된 복합체로서 RNA-messengers의 생성에 특수한 변화로 이끄는 전사과정을 조절하기 위해서 핵안으로 이동했고 그 접합이 cytoplasm에서 발생

하지 않고 핵내에서 일어났기 때문이다. 그 밖에 그 호르몬이 원형질막의 한 부위에 결합하는 것으로 그 장소는 호르몬 분자들을 전류하는 단순운반체이거나 전사과정에 특별한 영향을 미쳐 핵까지 이동할 수 있는 특수 시그널을 산출할 수도 있다. 고등식물에서 그러한 시그널은 specific kinase proteins로 된 phosphorylation에 의해서 획득되거나 Ca-calmodulin 시스템으로 조정된다.

DNA의 전사 이외에 RNA messenger를 proteins로 번역하고 protein이 enzymes로 활성화되는 것도 호르몬들에 의해 영향을 받을 수 있지만, 발육과정에서 일어나는 특수변화들은 주로 전사를 조정하는 과정에서 일어난다고 보고 있다.

3. 천연 · 합성 식물생장 조절제들

식물계의 분자수준에서 식물생육을 변화시키는 물질들의 화학적인 성질을 살펴보면 다섯가지 천연물질들의 능력만으로는 부족하다. 왜냐하면 여러 발육과정들이 알려진 물질들로써는 해명이 되지 않는다. 특히 개화유도와 괴경형성은 아직 발견되지 않은 호르몬 물질들을 요구하고 있다. 다섯가지의 천연물질중에서 옥신과 에틸렌은 아미노산에서 유도되었다(Fig. 1). 옥신의 활성을 가진 천연물질들 중에서

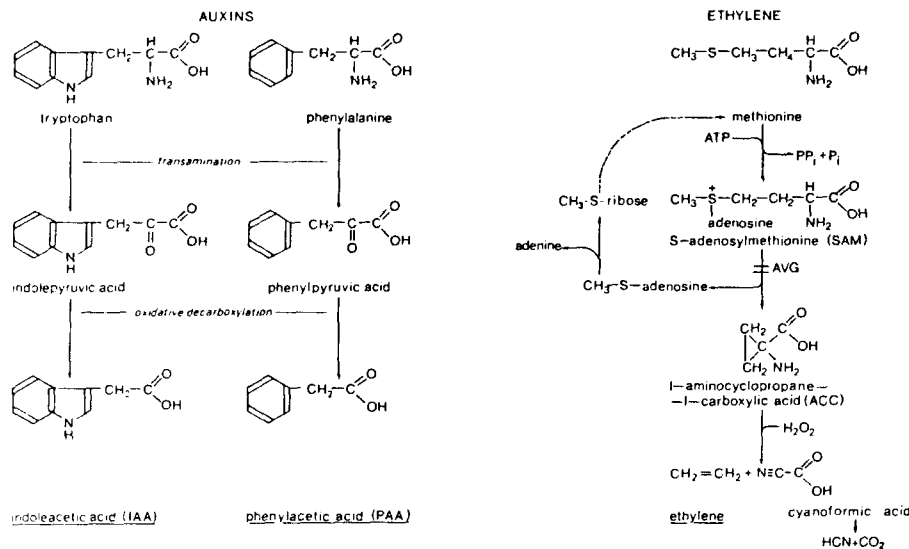


Fig. 1. Phytohormones derived from amino acids(after J. Bruinsma, 1985).

indoleacetic acid와 phenylacetic acid만이 활성적인 호르몬이고 나머지는 생합성과정의 신진대사체의 중간생성물로서 접합체들은 가수분해를 통해 옥신으로 재활성될 수 있다.²⁷⁾ 옥신은 기생식물에서 합성되며, 세포분열과 신장을 촉진시키고, 줄기·과일·종자의 발육에 관한 역할을 한다. 수정된 배주에서 생산된 옥신은 열매의 탈리를 방지하고, 꽃자루가 과일자루로 전환되는 것을 촉진하며, 세포분열과 신장을 촉진시켜 발육하는 종자들의 내부에 sink activity를 일으켜 종자와 과일이 영양생장 기관들로부터 영양소를 끌어 당길 수 있도록 해 주고, 그리고 과일을 성숙시킨다. 그런데, 많은 합성물질들을 외생으로 처리했을 때 원형질막에 있는 옥신을 운반하는 특수물질들과 경쟁을 하게 된다. 예를 들어 TIBA(2, 3, 5-triiodo-benzoic acid) 와 NPA (N-1-naphthylphtalamic acid)는 흔히 항옥신으로 작용한다. 하지만, 가끔 이 물질들은 옥신의 이동을 차단하는 기관들에서는 옥신의 활성을 촉진시켜 종자의 발육개시와 과일의 생장을 촉진하는 데 사용된다.⁵⁾ 옥신의 또 다른 효과는 목본류의 삼수들에서 부정근과 측근을 유도하는 일로서 이 경우에 합성옥신이 더 안정성이 있어서 선호되고, 사과와 배에서 착과를 촉진하고 낙과를 방지해 준다. 합성물질은 indoleacetic acid 와 phenylacetic acid와 화학적인 구조의 특이성을 닮아서 옥신의 결합장소에 수용되어 옥신의 효과를 발휘한다. 그러나, 합성옥신들 중에서 작용의 정도가 아주 강하고 오래 지속되어서 식물생장을 조절하는 범위를 넘어서 과과하게 되는데 전시중 영국에서는 2, 4-D 및 MCPA와 같은 옥신 제초제를 개발했다.⁶⁾

에틸렌은 아미산에서 유도된 또 하나의 식물호르몬으로 합성옥신의 많은 효능들은 에틸렌에 원인되어 일어나는 간접적인 효과들이 많다. 에틸렌은 스트레스 요인의 하나로써 과량의 옥신반응으로 합성될 수 있다. 예를 들어, 과인애플의 개화는 옥신의 분무로 유도되고 그 분무는 장차 에틸렌을 생성하는 조직을 유도하고 그 후에 꽃의 시원체를 개시한다. 이와 유사한 연쇄반응으로는 옥신처리에 따라 발생하는 에틸렌은 낙엽제로서 작용한다.¹⁾ 온실을 제외한 장소에서 에틸렌은 개로서 처리하기 어려워서 에틸렌을 방출하는 화학제인 에테폰이 합성되어서 분무나 토양에 처리되면 식물세포의 내부에서 분해되어 에틸렌을 생성하게 된다. 또한 이 화합물들은 곡물이나 아마와 같은 작물의 도복을 방지하기 위해 식물의 키를 왜소화하는 데 사용된다.

고등식물에서 에틸렌은 S-adenosylmethionine(SAM)이 adenosylation된 후의 methionine에서 형성되는데 SAM에서 경쟁하는 통로는 억제물질인 polyamines를 생성하게 된다.²⁵⁾ 에틸렌의 전구물질은 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid(ACC)로서 이 물질이 SAM으로 어떻게 전환되는지가 언제나 에틸렌 생합성의 비율을 결정한다. 그런데, 거기에 수반되는 ACC 합성효소의 활성은 극도로 가변적이어서 상처나 과량의 옥신과 같은 스트레스 조건아래서 쉽게 합성되었다가 이내 사라지기도 한다. 예를 들어 토마토 열매의 조직에서 ACC 합성효소의 절반이 30분 이내에 변경되었다. 한편으로 에틸렌 그 자체는 ACC 합성효소의 활성을 유도해서 자신의 생산을 촉진시킬 수 있어서 이 현상은 autocatalytic ethylene evolution이라 불린다. 그러한 효소의 활성은 amino-oxyacetic acid(AOA) 와 aminothoxyvinylglycine(AVG)과 같은 화합물에 의해 억제될 수 있고 이들 화합물은 에틸렌의 생성을 억제한다. ACC로부터 에틸렌이 합성되는 최종단계에서 산소기와 유리기들이 필요한데 유리기는 포착제들에 의해 억제될 수 있다. 에틸렌은 성장하는 그리고 성숙된 기관들에서 여러가지 효과들을 가지고 있다. 즉, 어린 절간의 신장을 억제하고 성숙된 기관들의 탈리와 노쇠를 촉진하고 잎의 황변화, 꽃의 퇴색과 과일의 후숙을 촉진한다.⁸⁾ 에틸렌의 합성을 억제하는 물질들은 에틸렌이 유도한 발육과정들을 제한하는 데에 효능있는 생장조절 물질로서 수확된 상품의 저장과 보존기간을 연장하는데 좋은 조절제이지만 경제적인 독물학적인 이유들로 그들의 사용은 제한되어 있다. 또한 이 물질들은 세포의 수용체를 차단해서 에틸렌의 작용을 억제한다. 이 점에서 은이온은 매우 활성적으로 나타나는데, 특히 은이온이 흡수될 때와 티오황산염에 은 이온을 복합시켜 전류가 향상될 경우 일어난다. 대표적인 예로 silverthiosulphate(STS)를 절화에 처리해서 꽃의 생명을 연장시키는 데에는 효과적이지만 은의 사용은 제한되어 있다.²⁸⁾

시토키닌은 천연물질이든 합성물질이든 간에 그 처리는 독물학적인 이유로 제한된다. 뿌리가 만드는 이 물질은 에틸렌과는 대조적으로 세포분열과 동화대사를 촉진하고 노쇠증상을 지연한다. 그런데 이 물질의 대부분은 아데닌 유도체들로서 발암성으로 보고 있다. 이 화합물들은 아미노산에서 유도된 것이 아니고 mevalonic acid에서 유도된 세 그룹의 식물호르몬들 중에서 첫번째의 것이다(Fig. 2).

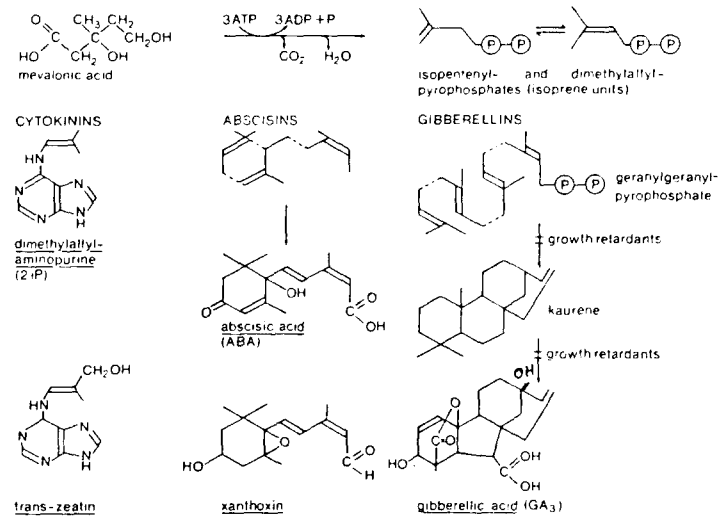


Fig. 2. Phytohormones derived from isoprene units(after J. Bruinsma, 1985).

이 C₆화합물은 C₅-isoprene 단위인 isopentenyl- and dimethylallylpyrophosphate로 탈 카르복시된다. 시토키닌이 단 1개의 isoprene 단위로 구성되어 있는데 자연에서 발견되는 isoprenoid 물질들은 isoprene 단위들의 중합반응으로 산출된 것이다. 앱시신과 지베렐린은 각각 3개와 4개의 isoprene 단위들로 구성되어 있다.

앱시신은 그 작용의 양상이 에틸렌을 닮았다. 반면에 이 물질은 어린 조직들의 성장을 억제하고, 줄기와 뿌리의 세포신장을 국부적으로 억제해서 굴성에 따른 굴곡에 관한 역할을 한다.^{10, 23)} 또한 이 화합물들은 노쇠와 성숙기관들의 탈리를 촉진하고 종자와 눈의 휴면을 유도한다.²⁾ 그러나 두가지 천연 앱시신인 abscisic acid와 the neutral xanthoxin은 실제로 사용하기에는 불안정하고, 다소 안정된 합성 유사물질은 아직 유효하지 않다.¹⁴⁾ 다만 유사한 활성을 나타내는 조절제로서 jasmonic acid(JA)와 JA-Me(methyl ester)가 식물들 사이에 널리 보급되어 있지만 이 물질들은 성장을 너무 지연시키고 노쇠를 촉진하고, 그리고 기공의 닫힘을 촉진한다.²¹⁾ 하지만 두 조절제의 작용의 양식은 다른 것으로 보고되었다.¹¹⁾

지베렐린은 발아와 신초의 신장을 촉진하는 천연물질의 거대한 그룹을 형성하고 있다. 이 물질은 꽃의 크기와 착과를 향상하는 목적으로 원예에 사용되는데 야간에 된 서

리를 맞아 배가 파괴된 어린과일들에 지베렐린을 분무해 줌으로써 단위결과의 성장을 달성한다.²⁶⁾ 이제까지 알려져 있는 79개의 지베렐린들 중에 대부분의 호르몬들은 아마 생합성과 신진대사의 통로들을 조정하는 역할을 한다. 지베렐린의 생합성의 기본골격은 C₂₀-geranylgeranyl pyrophosphate 사슬의 닫힌 고리와 kaurene이 kaurenoic acid로 되는 산화가 필요하다. 그런데 지베렐린 생합성의 과정들에서 여러개의 유력한 식물생장 조절제는 억제물질로 판명이 되어 이 물질들은 독성이 없이 식물의 키를 줄이는 생장억제제로서 원예상 유용하다. 예를 들어 과수의 신초 성장을 축소하고 관상식물을 알맞은 크기로 왜소화하며, 최대의 활용은 곡물류와 목화에서 농작물의 도복을 줄이는데 있다.¹⁸⁾

1960년대 alkylated ammonium과 phosphonium 유도체들이 유력한 생장억제 물질로 발견되어 그 중 가장 잘 알려진 것이 cholemequat이다(Fig. 3). 이 물질은 지베렐린 생합성의 연구에 사용된 호박의 미숙배유의 cell-free system에서 geranylgeranyl pyrophosphate가 copalylpyrophosphate로 전환되는 고리화를 억제한다.¹⁵⁾ 그 후에 활성적인 고리형 onium 유도체들 중에서 sulfonium 화합물들이 개발되었는데 그 중에서 mediguat가 ethephon과 혼용되어 분리에 활용되었다.²⁶⁾ 최근에 훨씬 효과적인 식물

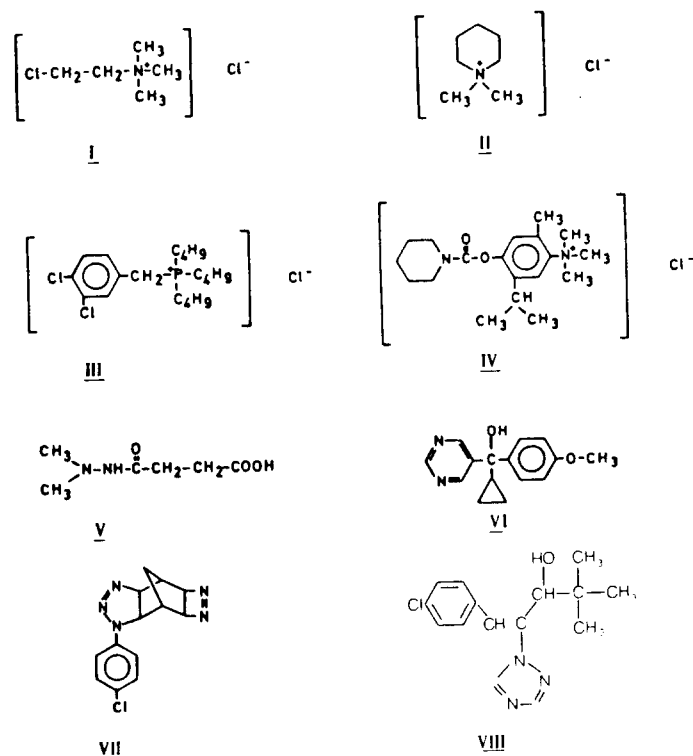


Fig. 3. Growth retardants.

- | | |
|--------------------------------------|--|
| I. Chlormeguat chloride(CCC). | VI. Ancymidol. |
| II. Mepiguat chloride (DPC). | VII. Tetcyclacis. |
| III. CBBP(chlorophonium, phosfon-D). | VIII. Paclobutrazol(after W. Rade macher, J. Jung, E. Hil- |
| IV. ACPC(Amo-1618). | debrandt and J. E. Graebe, 1983). |
| V. Daminozide(alar, B-Nine, SACH). | |

생장 조절제들이 합성되어 이 물질들은 1헥타르당 1그램으로 활성적이며 더욱이 종자에 처리되었을 경우에도 동일한 효력을 나타낸다. 즉, pyrimidine 유도체들 중에서 ancymidol이 목본류와 관상식물에 사용되고 triazoles 중의 하나인 paclobutrazol(PP 333)은 곡물류와 화본과 식물에 시험했고, norbornodiazines를 대표하는 것이 tetcyclacis이다. 이들 화합물들의 일반적인 구조는 a lone electron pair of the sp^2 -hybridised nitrogen atom of the heterocyclic ring으로서 이 형태의 화합물들은 kaurene 산화과정에서 한 역할을 수행하는 시토크롬인 protoheme iron of the oxygenase에 결합할 수 있다. 이 화합물들의 다른 세부적인

구조들은 그 식물의 작용부위에 부가되는 상호작용들 뿐만 아니라, 흡수, 전류, 그리고 대사작용들에 따른다.²⁵⁾

4. 부가되는 생리학적인 효과들

생장조절 물질들은 부가적으로 생리적인 효과들을 발휘하는데 DNOC(2,4-dinitro-o-cresol)와 dinoseb과 같은 독한 제초제들은 잡초가 없는 지역에서도 shoot/root 율을 줄여서 생산을 증대하기도 한다. 말하자면, 지상부에 비해 상대적으로 더 큰 근거는 토양 위로 여분의 무기염류·물 그리고 시토크닌을 공급해서 더 많은 곡물류의 생산을 가

저왔다.⁷⁾ 하나의 유사한 방편이 생장억제제인 paclobutrazol에 의해 일어날 수 있고 이 물질은 사과의 꽃형성을 향상하고 내냉성을 증대시킨다.²⁹⁾ 그리고 지베렐린 생합성을 억제하는 물질들은 공통적으로 많이 가지고 있는 통로인 sterols의 생합성을 증대한다.²⁴⁾ 스테롤 화합물들은 식물의 구성성분으로 그 중의 하나가 유채 꽃가루의 steroid인 brassinolide로서 가끔 옥신과 상호적으로 작용한다.^{17, 3)} 이와는 대조적으로 sterol의 합성을 차단시켜 자신의 활성을 유도하는 어떤 살충제들은 때때로 지베렐린의 생합성을 조절해서 생장 조절제로서 작용한다. 예를 들어 살균제인 triazole이나 triadimefon은 식물의 증산작용을 줄여 수분 스트레스를 받은 식물들의 생산을 증대시킬 수 있다.¹³⁾

5. 결 론

식물의 생활에 효과를 나타내는 합성 화학물질들 중의 일부는 식물의 무기영양에 영향을 주기도 하고 또 다른 것은 일반 신진대사의 통로를 억제하기도 한다. 말하자면 식물 전체 또는 일부를 간단히 죽일 수 있는 제초제나 건조제와 같은 화합물들을 식물생장 조절제라고 부르는 어렵다. 종자가 출아하기 전후에 제초제를 처리했을 때 종자를 보호하는 피복물질인 safeners는 제초제와 경쟁하거나 해독을 촉진시킨다는 보고가 있다.¹⁶⁾ 하나의 탐색은 식물의 동화작용의 합성과정들을 촉진시켜 수확기관의 특수한 구성성분들의 함량을 증대시킬 수 있는 물질을 찾는 일이다. 하지만 현재까지 수확기관의 증가된 함량은 단지 작물내부의 분배양상을 바꾸 변경시켜 획득되었다. 그 예가 shoot/root 율을 변경하는 일이다. 그 밖에 성숙단계의 사탕수수에 glyphosine과 같은 후숙제를 처리하여 줄기의 정부생장을 저지해서 자당의 함량을 높였다.²²⁾ 따라서, 수확작물의 양과 질을 최적으로 하는 고도의 정교한 길을 가기 위한 식물의 대사작용과 물질의 분배와 형태형성에 영향을 미치는 차원과는 아직 거리가 멀다. 하지만, 정원에 자라고 있는 식물들이 어떻게 자신들의 생육을 조절하는지 정확하게 알지는 못하지만 그래도 수십년에 걸친 노고로 식물의 생장과 발육을 조절하는 몇몇의 매우 유용한 화학적인 도구를 획득했다.

참 고 문 헌

1. Abeles, F. B., In *Ethylene in Plant Biology*, Academic Press, New York, London(1973).
2. Addicott, F. T., In *Abscisic Acid*, Praeger Publ., New York(1983).
3. Arteca, R. N., *Physiol. Plant*, **62**, 102-104(1984).
4. Bayliss, W. M. and Starling, E., In *The Chemical Regulation of The Secretory Process*, Proc. R. Soc., London, Ser. B, **73**, 310-322(1904).
5. Beyer, E. M. and Quebedeaux, B., *J. Amer. Soc. Hort Sci*, **99**, 385-390(1974).
6. Blackman, G. E., *Nature*, **155**, 497(1945).
7. Bruinsma, J., In *Plant Growth Regulators in Field Crops*, Butterworth, London, pp. 3-11(1982).
8. Bruinsma, J., In *Hormonal Regulation of Senescence, Aging, Fading and Ripening*, Plenum Press, New York, London, 141-163(1983).
9. Bruinsma, J., *Sci. Hor.*, **36**, 1-11(1985).
10. Bruinsma, J., Franssen, J. M., and Knegt, E., In *Phototropism as A Phenomenon of Inhibition*, Spring Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 444-449(1980).
11. Curtis, R. W., *J. Plant Growth Regul.*, **3**, 157-168(1984).
12. Darwin, C., In *The Power of Movement in Plants*, John Murray, London(1880), **110**, 7888(1988).
13. Fletcher, R. A. and Nath, V., *Physiol. Plant.*, **62**, 422-426(1984).
14. Franssen, J. M., Knegt, E., and Bruinsma, J., *Z. Pflanzenphysiol.*, **94**, 155-158(1979).
15. Graebe, J. E., In *Gibberellin Biosynthesis in Cell Free Systems from Higher Plants*, Academic Press, London, pp. 71-80(1982).
16. Hatzios, K. K., *Weed Sci.*, **32**, 51-58(1984).
17. Hewitt, S., Hillman, J. R., and Knights, B. A., *New Phytol.*, **85**, 329-350(1980).
18. Jung, J. and Rademacher, W., In *Plant Growth Regulating Chemicals-Cereal Grains*, CRC Press, Boca Raton Fl., **1**, 253-271(1983).

19. Kolata, G., *Science*, **215**, 1383-1384(1982).
20. Mean, A. C., In *Analysis of Auxin Binding to Plant Membranes*, Thesis, Leyden(1985).
21. Meyer, A., Miersch, O., Buttner, C., Dathe, W., and Sembdner, G., *J. Plant Growth Regul.*, **3**, 1-8(1984).
22. Nickell, L. G., In *Sucrose Increases with Bioregulators*, Amer. Chem. Soc., Washington D.C., 101-112 (1984).
23. Pilet P. E., In *Control of Root Growth by Endogenous IAA and ABA*, P. G. R. Group Monograph No. 10, Wantage, U. K., 15-24(1983).
24. Rademacher, W., Jung, J., Graebe, J. E., and Schwenen, L., In *On The Mode of Action of Tetacyclis and Triazole Growth Retardants*, P. G. R. Group Monograph No. 11, Wantage, U. K., pp. 1-11(1984).
25. Roberts, D. R., Walker, M. A., Thompson, J. E., and Dumbroff, E. B., *Plant and Cell Physiol.*, **25**, 315-322 (1984).
26. Sauter, H., In *Chemical Aspects of Some Growth Regulators*, Amer. Chem. Soc., Washington D. C., 9-21 (1984).
27. Schliemann, W. and Liebisch, H. W., *Biochem. Physiol. Pflanzen*, **179**, 533-552(1984).
28. Veen, H. and Geyn, S. C. v. d., *Planta*, **140**, 93-96 (1978).
29. Wang, S. Y., Byun, J. K., and Steffens, G. L., *Physiol. Plant.*, **63**, 169-175(1985).
30. Went, F. W., *Recl. Trav. Bot. Neerl.*, **25**, 1-116(1928).
31. Went, F. W., *Proc. K. Ned. Akad. Wet., Ser., C* **42**, 581-591, 731-739(1939).

연구회 회비 납부 안내

본 연구회의 회원으로서 1991년도 회비(정회원 10,000원, 학생회원 5,000원, 협찬회원 150,000원, 특별회원 100,000원)를 납부하지 않으신 분은 체신부 부산대학교 우체국(고객번호 : 600585-0007896, 가입자명 : 최홍식)으로, 무통장 예입영수증을 사용하셔서 온라인으로 송금해 주시기 바랍니다. 조속한 시일내에 납부하시어 본 연구회의 운영에 적극 협조해 주시면 대단히 감사하겠습니다.