

# 작물도 성장 호르몬이 필요하다?

다양한 생리현상 인위적으로 제어, 품질 및 저장성 향상 · 생력화 · 자연재난 경감도  
옥신류 · 지베렐린류 · 사이토키닌류 · 에틸렌류 · 생장억제제 및 기타약제로 분류 사용

시 장에 과일을 사러 가면  
깜작 놀랄 때가 자주 있  
다. 아니 이렇게 큰 배가 있나?  
크기만 큰 것이 아니라, 모양도  
좋고 색깔도 좋아 정말 먹음직스  
럽다. 배 뿐 만 아니라 포도송이  
도 탐스럽고 알차서, 어떻게 이  
렇게 좋은 과일을 생산하는지 대  
단하고 고맙고 또한 궁금하기도  
하다. 물론 좋은 품종을 심고 살충, 살균, 제  
초제를 적절하게 사용하여 병해충 · 잡초를  
잘 방제해서 생산한 결과이기도 하지만 소  
위 “식물생장조정제 (plant growth  
regulator, PGR)”를 처리한 효과를 톡톡히  
보고 있는 것이다.

식물생장조정제는 “농작물의 생리기능을  
증진 또는 억제하는데 사용하는 약제”로서  
식물호르몬을 비롯하여 식물호르몬과 같은  
역할을 하는 유기합성물질을 모두 포함한  
다. 식물호르몬은 식물의 생리현상을 조절  
하는 물질로서 식물의 특정부위에서 생합성  
되어 다른 조직이나 기관으로 이동하여 매  
우 낮은 농도(일반적으로 1 $\mu$ M이하)로 작용



김정한  
서울대 농생명과학대학 교수

한다. 옥신(auxin), 지베렐린  
(gibberellin), 앱사이식 에시드  
(abscisic acid), 사이토키닌  
(cytokinin), 에틸렌(ethylene)  
류로 크게 구분하고 그 외에 브  
라시노라이드(brassinolide)류가  
연구되고 있다. 농업에서 성장조  
정제는 과일 뿐 아니라 벼, 화훼  
등 여러 작물의 발아, 성장, 발근,  
개화, 착과 · 착립, 낙과, 성숙, 과실 착색,  
비대, 낙엽 등 다양한 생리현상을 인위적으  
로 제어하여 주로 품질향상, 생력화, 저장성  
향상 뿐 만 아니라 자연적인 재난 경감(도  
복경감) 등에 이용되고 있다. 옥신류, 지베  
렐린류, 사이토키닌류, 에틸렌류, 생장억  
제제 및 기타 약제로 분류되어 사용되고 있  
다(표 1).

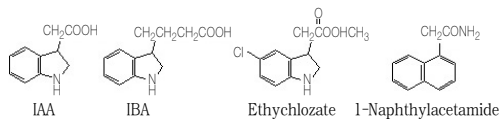
## 1. 옥신(Auxin)류 성장조정제

옥신은 식물호르몬 중에서 가장 먼저 연  
구되었으며 식물의 굴광성(빛을 향해 구부  
러지는 현상)을 유발시키는 생장촉진물로  
서 발견되어 indol-3-acetic acid (IAA)로

**표 1. 농업에 사용하는 식물생장조정제**

계 열	일반명 및 적용대상	계 열	일반명 및 적용대상
옥신	4-CPA: 토마토, 가지 생장촉진	지베렐린	Gibberellic acid: 감자, 국화, 딸기 토마토, 포도 생장촉진, 오이 숙기억제, 포도무종자화, 배 비대 및 숙기촉진, 벼 건답직파 출아촉진/초기생육촉진
	Dichlorprop: 사과 후기낙과방지		Gibberellic acid + Gibberellin A4 + 7: 배(신고) 과실 비대 및 숙기 촉진
	1-naphthylacetamide: 카네이션 발근촉진		Gibberellin A4+7 + 6-benzylaminopurine: 사과, 배 과실비대
	IBA: 국화, 카네이션, 허와이무궁화 발근촉진		Gibberellic acid + Prohydrojasmon: 배 비대촉진
	Ethychlozate: 감귤적과		Inabenfide: 벼 도복경감효과
	IAA + 6-benzylaminopurine: 콩나물 생장촉진	항 지베렐린	Mepiquat chloride: 포도 착립촉진, 적심노력절감
	Triclopyr: 감귤착색촉진		Trinexapac-ethyl: 잔디생장억제, 벼 답수직파 도복경감
	Cloxyfonac: 토마토 착과증진, 과실비대촉진		Hexaconazole: 벼 답수직파 도복경감
Quinmerac: 복숭아(유명)과실비대	Chlormequat chloride: 포인세치아, 아질레아 절간신장 억제		
항 옥신	Choline salt of maleic hydrazide: 담배액아역제, 감자, 양파액아역제, 포도신초신장억제	에틸렌	Ethephon: 토마토 착색촉진, 포도, 배, 담배 숙기촉진, 국화조기발육억제, 기형화예방
	사 이 토 카 이 닌	6-benzylaminopurine: 감귤, 국화 화아형성촉진	항 에틸렌
6-benzylaminopurine, IAA + 6-benzylaminopurine: 콩나물 생장촉진		1-methylcyclopene: 사과저장성향상	
Forchlorfenuron: 참다래포도과실비대 수박참외 착과증진		기 타	Carbaryl: 사과 적과
Gibberellin A4+7 + 6-benzylaminopurine: 사과, 배 과실비대			Metalaxyl: 벼(어린묘) 매팀형성 촉진
Thidiazuron: 포도 과립비대촉진			Calcite: 감귤 부패방지
Diquat dibromide: 벼, 보리, 감자 경엽건조			Chlorpropham: 감자 맥아역제
생장 억제제	Maleic hydrazide, Fatty alcohol, Butralin, Decyl alcohol: 담배액아 역제		
	Daminozide: 포인세치아 신장억제		
	기 타	Sodium-5-mononitro-guaiacol: 담배 생육촉진	

[용어 설명: 적과-과일 숙아내기, 액아-겉눈, 맥아-싹, 화아-꽃눈, 도복-쓰러짐, 적심-순지르기, 발육-꽃봉오리가 나옴]

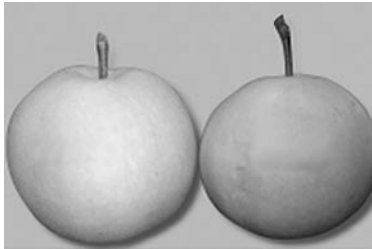
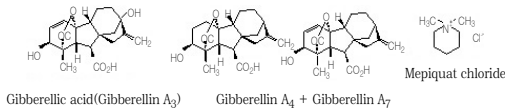


알려졌다. IAA의 생합성 과정을 보면 tryptophan에서부터 시작하여 tryptamine 이나 indol-3-pyruvic acid를 거쳐 indol-3-acetaldehyde로 전환된 후 옥신이 생성된다. 옥신의 생리 작용은 다양해서, 세포의 신장과 분화 촉진효과는 물론 단위결실(單位結實; 수정이 일어나지 않아도 자방이 비대해짐)작용도 있고 탈리현상(脫離現象, abscission; 식물의 잎이나 과실이 줄기로부터 떨어지는 현상)을 지연시키는 역할도 있다고 여기고 있다. 따라서 옥신의 유사구

조를 갖는 화합물이 다수 합성되어 생장조정제로 사용되고 있는데, IAA, 4-CPA, dichlorprop, 1-naphthylacetamide, IBA, ethychlozate, triclopyr, cloxyfonac, quinmerac등은 옥신과 같은 역할을 하고 maleic hydrazide의 염화염은 항(抗)옥신 작용으로 이용하고 있다. 예를 들어 cloxyfonac을 토마토에 처리한 경우 착과율이 16.0%(무처리)에서 77.9%로 증가하였다.

## 2. 지베렐린(Gibberellin)류 생장조정제

벼의 키다리병에 감염된 벼의 묘는 지속적으로 성장하며, 잎색이 담녹색으로 변하고 심할 경우에는 고사(枯死)한다. 이러한



〈지베렐린 처리〉      〈무처리〉  
(자료제공: 동부한농)



〈mepiquat chloride 처리〉      〈무처리〉  
(자료제공: 바이엘크롭사이언스)

벼 키다리병균인 *Gibberella fujikuroi*의 대사산물로서 지베렐린이 발견되었다. 생합성의 1 단계는 mevalonic acid가 여러 단계의 isoprenoid 생합성 경로를 거치면서 탄소 20개로 구성된 GGPP(geranyl geranyl pyrophosphate)로 전환되고 이것이 synthetase A에 의해 copalyl pyrophosphate(CPP)로 전환, 이 CPP는 다시 synthetase B에 의해 ent-kaurene 전환된다. 생합성 2단계는 ent-kaurene이 GA12 aldehyde로 되는 다단계 과정이고 제 3 단계에서 GA12 aldehyde가 여러 단계를 거쳐 지베렐린으로 합성된다. 현재까지 100여종 이상의 지베렐린의 존재가 확인되었고 그 중 활성이 가장 높은 것은

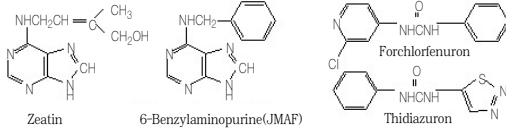
gibberellic acid (GA<sub>3</sub>)로서 gibberellin A<sub>4</sub>+7과 함께 식물생장조정제로 널리 사용되고 있다. 지베렐린 도포제는 주로 배의 비대 촉진에 사용되며, 항지베렐린으로서 mepiquat chloride(DPC)는 포도 착립촉진에 사용하는데 한 송이당 포도알이 무처리 시는 16.1개이었으나 이 약제를 처리하면 43.8개로 증가하고 과방 무게도 189.3g에서 508.1g으로 증가하여 대단한 효과를 보이고 있다.

Mepiquat chloride와 Chlormequat chloride의 작용기작은 지베렐린 생합성 1 단계 중 synthetase A 및 synthetase B를 저해해서(주로 synthetase A) 지베렐린의 생합성을 억제한다고 알려져 있다.

### 3. 사이토카이닌(Cytokinin)류 생장조정제

세포의 조직 배양 시 생성되는 세포 덩어리를 캘러스(callus)라 하는데, 가열하여 멸균시킨 청어의 DNA가 담배의 캘러스의 세포 분열을 촉진하는 현상이 관찰되었고 이러한 효과는 DNA에 의한 것이 아니라 멸균과정에서 생성된 DNA분해산물에 의한 것으로 밝혀졌다. DNA를 가열함으로써 생긴 분해산물을 카이네틴(kinetin)으로 명명하고 이와 유사한 세포분열 촉진효과를 내는 물질을 사이토카이닌이라 부르며 purine이 기본 구조를 이룬다. 그 후 고등 식물에서는 옥수수로부터 제아틴(zeatin)이 최초로 분리되었다. 농업용 사이토카이닌류 생장조정제는 6-benzylaminopurine, forchlorfenuron, thidiazuron 등이 있다. Thidiazuron의 경우를 예로 든다면 포도

(캠벨어얼리)의 과립 비대촉진용으로 개발된 약제이며 처리 시 과립중이 19.4~20.4% 증가한다.



#### 4. 에틸렌(Ethylene)류 성장조정제

에틸렌은 유일하게 가스상태로 존재하는 호르몬으로서 과실의 등·성숙(登·成熟)에 관여한다. 이는 에틸렌에 의해서 식물의 호흡이 증대되고 과실의 성숙이 촉진되기 때문으로 알려져 있다. 에틸렌의 생합성은 아미노산인 메티오닌(methionine)으로부터 시작하여 S-adenosyl-L-methionine(SAM)이 만들어지고 이것은 ACC synthase에 의해 비 정상적인 고리구조를 갖는 아미노산인 1-aminocyclopropene-1-carboxylic acid(ACC)로 전환되며 이 ACC가 에틸렌을 방출한다(그림 1). Ethephon (2-chloroethylphosphate)은 pH 4.1 이하의 수용액 중에서 빠르게 분해되어 에틸렌을 발생시키므로 ethylene generator라고 한다. Aminoethoxyvinylglycine(AVG)은 사과, 복숭아 낙과방지에 이용되는데, 항에틸렌 작용기작은 에틸렌의 생합성과정 중 ACC synthase의 활성을 억제하여 식물체내에서의 ethylene 생합성을 억제시킨다.

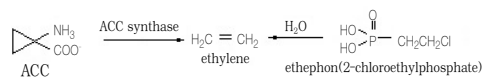
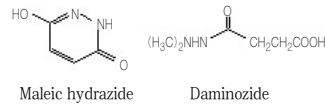


그림 1. ACC 와 ethephon으로 부터의 에틸렌 생성 (참조: 최신 농약학)

#### 5. 식물 생장억제제

Diquat dibromide, butralin과 같은 제초제도 사용되는데, 생장억제제는 주로 작물의 건조, 액아 억제, 신장억제 등에 사용된다. Fatty alcohol을 예로 들면 이 약제는 천연물 질로서 환경 및 인축에 독성이 적고 작물잔류 염려가 거의 없는 안전한 물질로서 접촉형 액아제거제이므로 살포된 약액이 액아에 접촉되면 수 시간 후 까맣게 타 죽게 된다. 또한 상위엽이 개장되고 하위엽이 두꺼워져 품질향상 및 증수효과를 얻을 수 있는 것이 특징이다.



#### 6. 기타 성장조정제

흥미롭게도 carbaryl, metalaxyl, chlorpropham과 같은 살충, 살균, 제초제도 사용되고 있다. calcite는 초미립자의 탄산칼슘으로서 감귤의 과육과 과피가 분리되어 과피가 부풀어 오르는 부피현상(浮皮現象)을 방지하는 약제로서 감귤의 고품질 생산을 위해서 필수적이다. 이 약제 살포시 탄산칼슘이 감귤껍질의 기공에 들어가 기공을 폐쇄하면서 칼슘피막을 형성하여 과실의 표면을 보호할 뿐 아니라 수분 증발억제, 호흡 조절에 의한 부피방지, 착색촉진, 증당, 감산 및 저장성 증대의 부차적인 효과도 갖고 있다. 다른 작물에 대해서는 약해경감제로 이용되고 작물에 칼슘 공급원으로서의 역할도 보고되어 있다(자료를 제공해 주신 농과원의 강충길 박사님께 감사드립니다).