

# 식물 생장조정제의 역사적 배경과 역할

이 효 승

농약연구소 농약생물과 · 농박

## 촉매작용 나타내는 유기물질

식물의 생육은 주로 식물의 질량적 증가를 의미한다. 즉 유효가 생육할 때 근경, 엽수, 생체중 등의 증가를 양적 증가라고 하면 종자발아, 개화형성, 착과, 화아형성, 낙엽, 낙과등은 식물체의 질적인 변화로 볼수 있다.

식물체의 생육과 분화, 소위 영양과 호르몬은 식물의 내생적인 두가지 측면에서 다루어지고 있다. 단백질, 탄수화물과 같은 유기물과 필수 미량 원소를 영양적 요소로 식물체에 공급한다. 이들은 식물체의 생육시 요구되는 조

물질로 구성되어 있다. 그러나 식물체의 균형을 유지하고 연속적인 발육을 위해서 이용되는 이들 물질은 반드시 어떠한 약제 즉, 물질의 촉매작용에 의해서 다루어지고 있다. 소위 식물 생장조절 물질로 불리워지고 있는 약제인 촉매는 종종 식물생장조정제에서 기인되고 있다.

이들은 식물체 내의 생리적 과정을 적은 양으로 증감하거나 조절하는 영양제이기 보다는 오히려 유기물질이다. 생장조정물질이라면 식물체 자체에 의해서 합성된 것이 주가 되어있다. 그러나 일부 인공적인 합성화학물질도 포함되

는데 후자의 경우를 천연 식물생장조절물질이라고 부르며 비타민, 호르몬이 이에 속한다. 호르몬은 전리되지 않으며 합성된 조직에서 이용되고, 시아나민과 같은 몇몇 비타민제는 앞에서 합성되기 때문에 인위적으로 공급할 필요는 없다. 비타민은 효소의 상호요인으로 작용되지 않는 한 생리적 활성은 존재할 수 없다.

### 총체적 상호작용, 식물호르몬

식물호르몬은 옥신, 지베레린, 싸이토키닌, ABA 그리고 에칠렌의 5가지로 분류하고 있다. 이들은 화학적 구조와 생물학적 활성의 측면에서 구분되고 있고 생리적인 특성의 측면에서는 유사성이 있다. 식물체의 조직은 동시에 이들 호르몬중의 하나 이상을 함유할 수 있다. 예컨대 식물체의 초엽(梢葉)의 분화 또는 종자의 발아에는 옥신과 지베레린의 절대적인 역할이 있다.

옥신과 지베레린은 분석상 차이가 있지만 줄기의 신장을 유발한다. 반면에 ABA와 에칠렌은 줄기의 신장을 억제하는데, 이는 두개 이상의 호르몬이 그들의 작용성에

서 유사하거나 혹은 다를수 있음을 의미한다.

이러한 작용성에는 그들의 전체 효과가 개개 집단이라고 할때 그 효과는 상가적 작용이 되고, 두개의 호르몬의 작용성이 다른 효과를 상쇄하거나 감소시킬 때 이를 상반적 관계라고 할 수 있다. 그러므로 식물체의 생육과 분화를 최종적으로 관찰하는 것은 식물체 내에서 나타난 다른 호르몬에 대한 총체적 상호작용인 것이다.

### 생장조절제의 성립

19세기 후반, 많은 연구자들의 연구결과 성장조절물질의 존재를 인정하면서, 특히 1930년대에는 소량의 화학물질을 이용하여 발아, 생장, 생육, 개화, 결실, 낙엽등의 생리적 작용을 지배하는 것은 식물호르몬이라는 것을 알게 되었다. 1940년대에는 인공으로 합성된 성장조절물질이 많이 나와서 최초로 생장과 발육촉진에 쓰이게 되었다. 1950년대에 들어서는 성장조절물질인 지베레린등이 등장해 그 이용도가 높았다. 지베레린에 이어 세포분열에 관여하는

카이네틴류와 휴면형성 및 이층형성에도 작용하는 ABA등이 발견되어 이를 이용함으로써 생리현상을 억제시키는 기술이 개발되었던 것이다.

1935년에 주로 원예작물에 이용된 성장호르몬은 호박, 수박의 단위결과를 유발함으로써 낙과를 방지하고, 사과, 감의 낙과방지나 과실의 비대촉진, 삼목시의 발근촉진 등의 효과를 보여주었다.

### 집약농업의 필수자재로 정착

성장조정물질을 본격적으로 사용했던 1947년에는 제초제를 사용함으로써 일대 전기를 맞았다. 그 후 2,4-D가 식물호르몬으로 효과가 있음을 발견, 그 실용성을 확인하여 1952년에는 토마토의 단위결과 촉진물질인 도마도톤을 쓰게 되었다. 특히 비닐하우스 농가에서는 토마토에 이용, 생산의 안정을 가져오게 되었다. 2,4-D는 제초제로도 이용되는 한편 원예작물의 단위결과나 발근촉진 효과를 위한 이용면에서 실용화되었다.

1950년에는 지베렐린이 신 성장조정물질로 주목을 끌게 되면서 농업적 이용을 위해 각종 작물에

기초적 시험을 해본결과 포도의 착립증가, 배의 과실비대, 화훼의 개화촉진등에 효과적임이 밝혀졌다. 1958년 이후로는 농업인구의 이농현상이 심하여 농업의 기계화가 추진되면서 노동생산성을 향상시키는 것이 주된 문제점으로 되어왔다. 그 결과 기계의 이용을 보완하는 의미에서 유기화학물질을 이용한 식물성장조정제에 대한 관심을 끌게 되었다. 예컨대 원예작물의 발아촉진, 생육촉진 또는 억제, 휴면타파, 개화조절 등이 자유롭게 되면서 작물의 관리, 수확을 조정하여 농번기를 주년화시킬수 있게 되었다. 따라서 출하, 수송, 가공등에 있어서도 주년화되고 시설물의 가동율을 향상시킬수 있었다. 그 결과 각종 작물의 문제점이 드러나게 되고 아울러 원예작물의 실용화에 대한 필요성이 강조되면서 식물성장조정제가 집약농업에 없어서는 안될 중요한 것이 되었다.

### 식물성장물질의 올바른 이해

일반적으로 생장의 조정이나 결과의 조정에 쓰이는 물질을 식물

호르몬이라고 부른다. 호르몬이라면 동물에도 쓰이고 특정기관에서 추출이 가능하다. 그러나 식물에는 특정기관에 없기 때문에 작용성이 같으면 식물호르몬으로 부르게 되었다.

### 생장에 변화주는 유기화합물

그러나 성장조정물질은 미량으로 존재하면서 식물의 생장에 변화를 주는 유기화합물이며 영양물질이 아니다. 이 물질은 식물체내에서 성장호르몬 본래의 작용양식에 영향을 주는데 효과가 있으며 옥신, 안티옥신의 상조물질이나 저해물질 등이 모두 성장조정물질로 되어있다. 이것은 생체내에 존재하는 것은 물론 생체내에 함유되지 않은 것과 실험적으로 합성되는 합성화학물질도 쓰이고 있다.

1) 식물생장호르몬 고등식물의 체내에 자연적으로 생산되는 유기화합물로서 형성된 곳으로부터 다른 곳으로 전리하는데, 생장이외에 다른 생리적 기능을 지배하고 미량으로 존재하면서 활성이 인정되는 물질로 정의된다.

따라서 천연의 옥신, 지베렐린,

비타민 유상(癒傷)호르몬, 화성(花成)호르몬 등으로 구분된다.

식물호르몬과 동일한 내용물질이 있지만 천연에서 추출된 식물호르몬과 똑같은 작용을 하는 합성약품은 사용하지 않는 것이 바람직하다.

2) 옥신 고등식물의 체내로부터 발견되어 있는 수종의 식물생장 호르몬과 천연물질과 같은 활성을 나타내는 합성화학약품을 총칭한다.

3) 천연옥신 식물체내에서 이용되는 옥신의 작용을 행하는 물질의 총칭이다. 천연옥신은 대부분이 인돌초산(IAA)인데 그 이외에 에틸에텔등 수종이 발견되었다. 그리고 오래된 이노로부터 얻어진 옥신에이, 옥신비가 현재 식물체내에서 추출되고 있다. 식물의 싹이나 뿌리의 성장점, 형성층, 종자의 분열조직 등에 많이 보이며 식물체내의 전리는 일정한 극성으로 행하여져 성장, 분화에 관계하는 많은 생리현상을 지배한다.

4) 합성옥신 식물체내에서 합성된 것은 아니지만 천연옥신과 똑같은 작용을 하는 합성물질의

총칭이다.

5) 안티옥신 옥신의 작용과 길항하여 생장을 억제시키는 역할을 하는 물질을 총칭한다.

6) 지베레린 고등식물에 유효한 물질이며 세포의 신장을 촉진하고 고등식물의 생장을 강하게 촉진하여 잎 또는 절간의 생장을 촉진하는 역할을 하며, 옥신과 작용이 다르기 때문에 별도로 취급되고 있다.

## 식물생장조장제의 해석

### 1. 옥 신

생장조정물질의 효시는 옥신이였다. 17세기경 식물체내를 흐르는 수액이 양측을 결합시키는 역할을 한다는 최초의 기록이 있다. 1958년에는 나무의 줄기, 표피를 통하여 뿌리가 형성되는 것을 보고 하강하는 수액이 그 원인임을 알게 되었다. 꽃과 뿌리가 분화하는 것은 식물체의 내부에서 상하로 움직이는 화학물질의 역할에 의해 이루어지며, 뿌리나 화아 형성물질의 분석을 통하여 옥신의 존재를 확인하게 되었다.

### 1931년 인노로부터 옥신추출

현재 생장조정물질, 특히 옥신에 관하여 의견을 제시한 다윈은 목초를 암실에서 발아시켜 광을 조절하였을 때 식물의 생육방향이 다른 점을 보고 식물체내에 필시 굴곡하는 물질이 존재하기 때문에 수액이 위로부터 아래로 움직인다고 하면서 이것이 바로 옥신이라고 하였다. 1910년에 동물호르몬의 개념이 확립된 이래 1913년에 귀리의 자엽순을 이용해서 광의 방향과 차광처리를 통하여 자엽순이 굴곡되는 것을 보고 식물에도 동물과 같이 호르몬이 있다는 것을 알게 되었다. 또한 호르몬물질 추출이 가능하게 되면서 그것을 화학적 성분으로 정하여 추출하게 되었다. 그러나 귀리의 선단부에는 양이 적기 때문에 균류나 인노에서도 귀리의 자엽순을 굴곡할 수 있었다. 1931년에 인노로부터 호르몬 형태의 물질을 분리하여 그것을 옥신이라고 불렀다. 그 후 옥수수 기름으로부터 유사한 물질을 얻어 옥신비라고 불렀으며, 인노중에서 추출된 물질을 인돌에서드라고 하였다.

현재 인돌에시드는 식물의 생장 부와, 발아된 종자에 많은 것으로 알려져 있다. 1936년에 유기합성에 착수하여 비로소 많은 생장조절물질이 나왔다. 이용면에서 보면 인돌계과 나프톡신계는 주로 발근과 착과용으로 쓰이고 그 후 키신계는 제초제용과 과실의 비대, 성숙촉진에 쓰인다. 또한 벤조이스계는 주로 제초용으로 쓰이고 있다.

### 옥신의 생장촉진 작용원리

옥신이 생장촉진 작용을 하게 되는 이유를 들여보면 다음과 같다.

① 옥신은 세포벽을 부드럽게 하는 가소성을 가지고 있다. 세포벽은 세포질이 삼투압의 균형을 이룰수 있도록 하는 역할을 하고 있기 때문에 이러한 점에 영향을 주고 있다.

② 셀룰로즈, 헤미셀룰로즈, 백신과 같은 세포벽을 구성하는 물질을 증가시킨다.

③ 세포의 수분흡수를 증가시킨다.

그러나 농도에 따라 반대작용이 나타날수는 있으나 반면에 옥신의 세포벽의 가소성에 대한 증가는

고농도에서도 감소하지 않는다. 그 이외에도 세포의 신장주기를 단축하는 역할을 하며 현재 식물체내의 옥신의 역할은 외부로부터 주어진 합성옥신에 의해 i) 세포신장, ii) 굴성, iii) 목부와 근의 분화, iv) 정부(頂部)우세성 v) 이층형성(離層形成), vi) 화아 분화의 발달 vii) 화분관 신장, viii) 과실의 착과와 생장, ix) 침엽수의 재(材)형성, 구근과 괴근의 형성, xi) 발아등의 생리현상에 영향을 주고 있으나 사용방법에 따라 그 반대현상도 나타난다.

옥신 사용후 세포의 형태를 보면 i) 세포벽의 가소성 ii) 신축성, iii) 세포질의 점도(粘度) iv) 원형질 유동 iv) 호흡율, vi) 동화경로 vii) 산화작용, viii) 핵산함량, ix) 효소활성등에 관계하고 있다.

### 2. 안티옥신

옥신의 작용과 길항하여 생장을 억제하는 물질로서 1942년경에 알려졌다. 예로서 2,4-D, 2,6-D, TIBA, MH, 2,3,4,5-T 등이 있으며 비타민도 옥신에 길항적 역할을 하고 있다. 직접적으로

옥신의 작용을 길항하기도 하고 옥신으로 인해 유발되는 생장에 간접적으로 억제하는 니코틴산 등이 있다. 이 물질은 화학구조가 옥신과 유사하기 때문에 생장에는 길항하나 뿌리의 생장에는 촉진적 역할을 한다. 그러나 최근연구에 의하면 구조적으로 당연히 안티옥신에 속하지만 쉽게 옥신으로 전환하는 성질을 보여서 일괄적으로 취급하기는 어려운 점이 있다.

### 3. 지베레린

이 물질은 병리학자인 일본의 쿠로사와가 벼의 호마엽고병(Bakanae)을 조사하던중 1920년에 발견하였다. 이 물질은 식물의 줄기를 신장시키는 것으로 1938년 야부타 등에 의하여 작용원리가 밝혀져 지베레린으로 분리하였다. 그후 이 물질을 순수 분리하여 1954년 커티스에 의하여 지베레릭 에시드로 불리면서 그의 구조식이 결정되었는데 9종중 6종은 균류이고 3종은 고등식물에 있다. 이 물질은 옥신과 같이 생육을 촉진하는 것도 있고 왜성 완두콩을 덩굴성으로 하는 역할을 한다. 이는 세포의 분열과 신장에 관여하는

것을 의미할 뿐만 아니라 휴면현상, 개화, 광과 온도에 대한 반응 등에도 관여한다.

현재까지 약56종이 발견되어 있고 그중 가장 실용적인 것은 GA<sub>3</sub>로 알려져 있다 이 물질은 극단적 성질을 피하고 식물체내에 분포하지만 휴면타파, 일장반응, 저온 요구성을 갖는 식물의 개화를 유도한다. 또한 감귤에서 암꽃을 수꽃으로 전환하기도 하고, 토마토에 이 물질을 처리해 주면 옥신이 많아지기 때문에 착과촉진, 줄기의 신장촉진 등의 효과가 있지만 측시의 신장을 억제하기 때문에 옥신과 지베레린이 미치는 주효과의 영향력에 관한 불확실하다. 그러나 양자가 다 생육을 촉진하지만 왜성식물에 유효한 것은 지베레린 뿐이고 식물의 부위에 대한 억제작용을 옥신만이 가지고 있다. 또한 옥신은 극성을 가지고 있지만 지베레린은 그렇지 않다. 특히 개화에 관해서는 지베레린만이 독특한 효과가 있다.

구마린 같은 저해물질에 대해서는 이 물질만이 경감시키는 작용을 할 수 있고 효소 활성을 높이는 역할도 한다.

광선은 철 이온(Ion)에 의해서 엽록소합량을 억제시키지만 이 물질은 억제효소를 회복시켜 준다. 일반적으로 광은 식물체내의 지베레린 함량을 증가시키고 저온에 대한 식물체내의 생리적 기능을 촉진시켜 준다. 휴면타파나 개화 촉진이 그러한 것이고 저온장해를 어느 정도 경감시킨다.

#### 4. 안티지베레린

지베레린의 효과를 억제시키는 화합물로 알려져 있다. 예로서 엠오-1618, 포스포, CCC, BCB, B-995등이 이에 속한다. 이 물질은 생장, 휴면등에 대해서도 지베레린의 작용을 억제시킬 수 있다. 현재 국화, 포인세티아 등은 실용화되고 있다. 또한 장일식물의 개화를 억제하기도 한다.

#### 5. 싸이토카이닌

이 물질의 역할은 주로 세포분열을 촉진시키지만 특히 뿌리, 잎, 약(葯)의 세포분열에 효과적이다. 그러나 그 정도는 옥신, 지베레린의 생육촉진과 같이 현저하지는 않다. 뿌리의 형성에는 옥신의 농도보다 낮으므로 높이는 것

이 좋다. 싹의 생육촉진, 정부(頂部) 우세성에 변화를 주고 잎의 신장을 촉진시킨다. 또한 이 물질은 광의 역할을 조장하므로 광발아종자, 잎줄기의 신장 및 싹의 형성등에 대한 효과를 증진시킨다.

이 물질의 작용기작은 특히 변화가 많아서 간단하지 않으나 옥신과 지베레린과 같이 정도의 차이는 있어도 세포분열을 유기하는 것으로 되어있다. 옥신과 카이네틴과는 유사세포 분열에 관여하는데 차이가 없기 때문에 양자가 다 결핍되지 않도록 해야한다. 그리고 옥신은 충분히 DNA 핵내의 내용물에 대한 증가와 유사분열의 단계에서 카이네틴은 세포분열의 단계에 관여한다.

화학적으로 카이네틴은 식물체 조직내의 단백질과 핵산합량을 변화시키는 역할을 하는데 잎에 처리한 부위의 단백질과 핵산을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 그리고 옥신이나 지베레린은 산이지만 카이네틴은 산이 아닌 점에 큰 차이가 있는데 세포막은 산성이기 때문에 염기성 물질의 통과를 저해시킨다고 하였다.