

나무가 숨쉬는 토양

- 나무와 이웃과의 관계 -



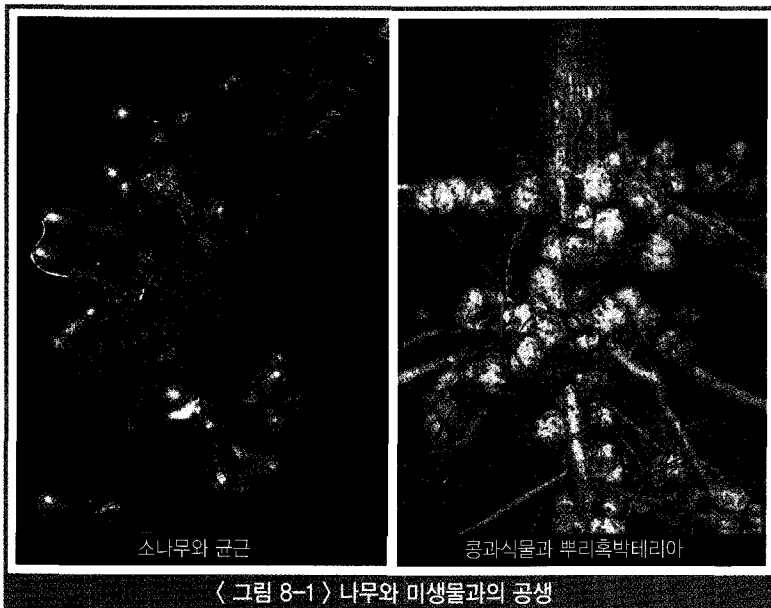
박현준 | 대표이사
(주)푸름바이오
hunjun1@hanmail.net

상호간의 관계(relation)중에 가장 좋은 것은 서로의 단점을 보완하면서 장점을 극대화시키는 win-win 적인 관계이다. 그렇다면 나무는 주변의 이웃하는 생물들과 어떠한 관계를 맺고 있을까? 즉 나무와 토양속에 있는 미생물과는 어떠한 관계이며, 나무와 주변 식물과는 어떠한 관계에 있는지 알아보고, 환경에 대응하는 나무의 체내 호르몬에 대하여 살펴해보도록 하겠다.



1. 균근과 뿌리혹박테리아

나무의 뿌리는 여러 가지 화학물질을 방출한다. 이러한 것들은 미생물을 유도하며 직접 먹이가 되기도 하면서 미생물과 공생한다. 대표적으로 <그림 8-1>과 같이 '소나무와 균근', '콩과식물과 뿌리혹박테리아'와의 공생이 있다. 그래서 나무뿌리 즉 근권부 주위에는 다른 곳보다 미생물의 개체수가 많고 비옥한 토양이 되는 것이다.



나무의 뿌리는 양분을 흡수할 때 미생물과 협동하여 더 효율적으로 또는 자기가 얻기 힘든 양분을 공급받는다. 즉 미생물과 공생하면서, 나무는 미생물이 필요로 하는 탄수화물을 주고 미생물은 질소, 인산, 무기염 등 필요로 하는 양분을 대신 흡수하거나 합성을 하여 나무에게 전달해준다.

1) 균근(菌根, mycorrhiza)

균근이란 식물의 어린뿌리가 토양 중에 있는 곰팡이와 공생(symbiosis)하는 형태를 의미한다. 균근은 고등육상식물의 약 97%에서 발견될 만큼 흔하게 존재하며, 산림생태계와 같이 무기영양소의 함량이 낮은 토양에서 균근의 도움으로 인산의 흡수를 촉진시켜주고, 암모늄태 질소를 흡수할 수 있다.

균근은 외생균근(外生菌根, ectomycorrhizae)과 내생균근(内生菌根, endomycorrhizae)으로 나눌 수 있으며, 외생균근은 균사가 세포 안으로 들어가지 않고, 뿌리세포의 사이의 간극에 균사가 있으며 뿌리의 피층보다 더 안쪽으로 들어가지 않는다. 내생균근은 곰팡이의 균사가 뿌리세포 안으로 들어가 뿌리의 피층세포 안으로 침투하여 자라며, 내피 안쪽으로 들어가지 않는데, 이러한 특징은 외생균근이나 내생균근의 공통점으로써 뿌리 한복판의 통도조직을 침범하지 않는 것이 일반적인 병원균과는 다르다.



우리가 흔히 접하는 외생균근은 송이버섯(*tricholoma matsutake*)으로 우리나라에서는 적송림(*Pinus densiflora*)에서만 발견되며, 소나무과의 수목은 필수적으로 외생균근을 형성하며, 천연상태에서는 균근 없이는 살아갈 수 없다.

<그림 8-2>

균근은 토양의 비옥도가 낮을수록 나무의 뿌리와 공생을 잘하며 인산, 질소, 황, 구리 등 무기염의 흡수를 촉진한다. 특히 산림토양내 무기염의 흡수와 관련된 균근의 역할 중에서 중요한 것은 암모늄태 질소의 흡수로, 산성화와 타감작용으로 인한 질산화작용 억제로 산림토양에는 나무가 쉽게 흡수할 수 있는 질산태질소는 거의 존재하지 않고 암모늄태질소가 주종을 이룬다. 이때 균근이 암모늄태 질소를 흡수하여 나무에 전달해주는 것이다.

또 다른 중요한 역할은 수분흡수 능력이 뿌리에 비하여 크기 때문에 토양이 매우 건조하여도 나무의 뿌리가 수분을 흡수할 수 있다.

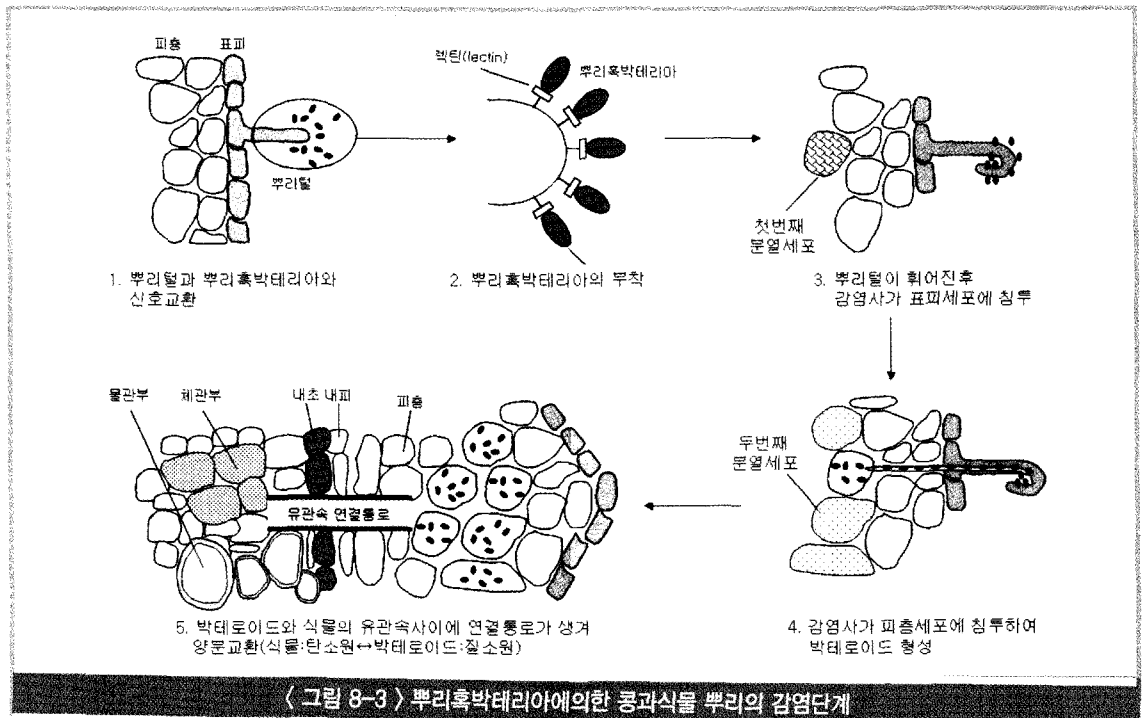
2) 뿌리혹박테리아(근류균)

공과식물인 아까시나무는 질소고정작용(공기중 질소를 암모니아와 같은 결합태 질소화합물로 전환)을 할 수 있는 뿌리혹박테리아(표 8-1)와 공생하면서, 미생물에게 광합성산물을 주고 미생물의 질소고정산물을 얻는다.

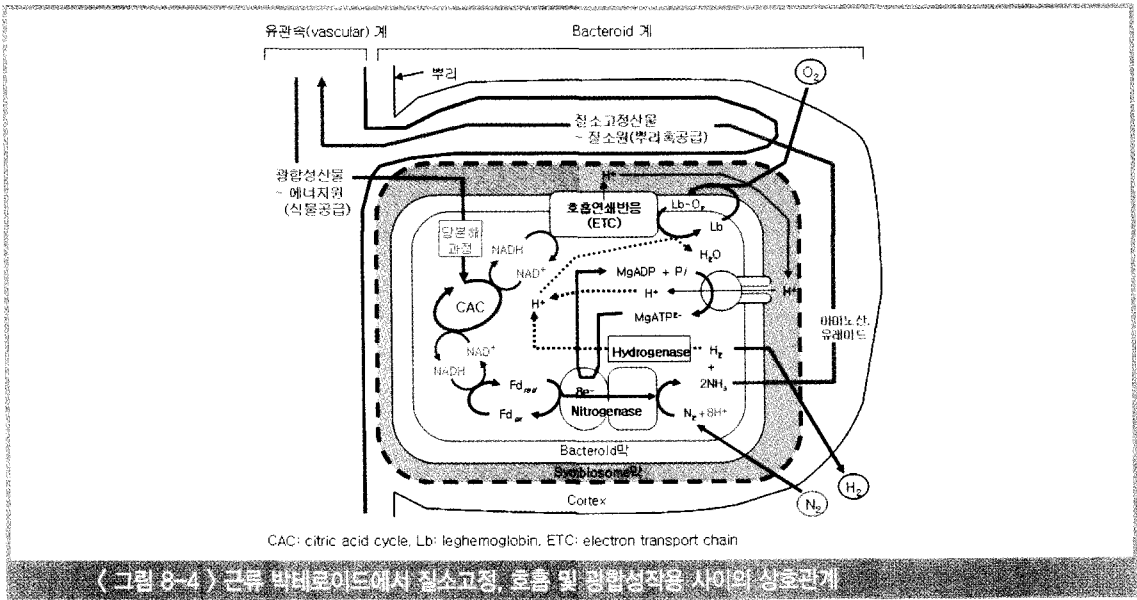
뿌리혹박테리아에 의한 공과식물 뿌리의 감염단계는 <그림 8-3>과 같으며, 뿌리혹에서 일어나는 그 공생관계는 <그림 8-4>과 같다.

〈 표 8-1 〉 뿌리혹 박테리아의 종류

종류	기주 식물
A. 콩과식물 근류균(Rhizobiaceae) a. <i>Rhizobium</i> <i>R. leguminosarum</i> bv. trifolii bv. viciae bv. phaseoli <i>R. loti</i> b. <i>Sinorhizobium</i> <i>S. meliloti</i> <i>S. fredii</i> <i>S. teranga</i> c. <i>Bradyrhizobium</i> <i>B. japonicum</i> d. <i>Azorhizobium</i> <i>A. caulinodans</i> e. <i>Mesorhizobium</i>	크로바 완두 강낭콩 Lotus, 개자리 스위트크로바, 알팔파 대두 세스버니아(뿌리, 줄기에 흑형성), 아카시아속(Acacia) 대두 세스버니아 아카시아나무(<i>Robinia Pseudoacacia</i>)
B. 방선균(Actinomycetales) <i>Frankia</i>	오리나무속(Alnus) 카수아리나속(Casuarina) 보리나무속(Elaeagnus) 소케나무속(Myrica)
C. 남색세균(Cyanobacteria) <i>Gunnera</i> <i>Macrozamia</i> <i>Azolla</i> <i>Blasia</i> <i>Rhizosolenia</i>	피자식물종 나자식물종 선태류 규조류



〈 그림 8-3 〉 뿌리혹박테리아에 의한 콩과식물 뿌리의 감염단계



2. 타감작용(Allelopathy)

타감작용이란 한 식물종이 어떤 특이한 물질을 몸 밖으로 배출하여 가까이 있는 같은 종류 또는 다른 종류의 식물에 대하여 생육을 저해하는 현상을 말하며, 다른 미생물이나 원생동물에게 저해적으로 작용하는 것도 포함시킨다.

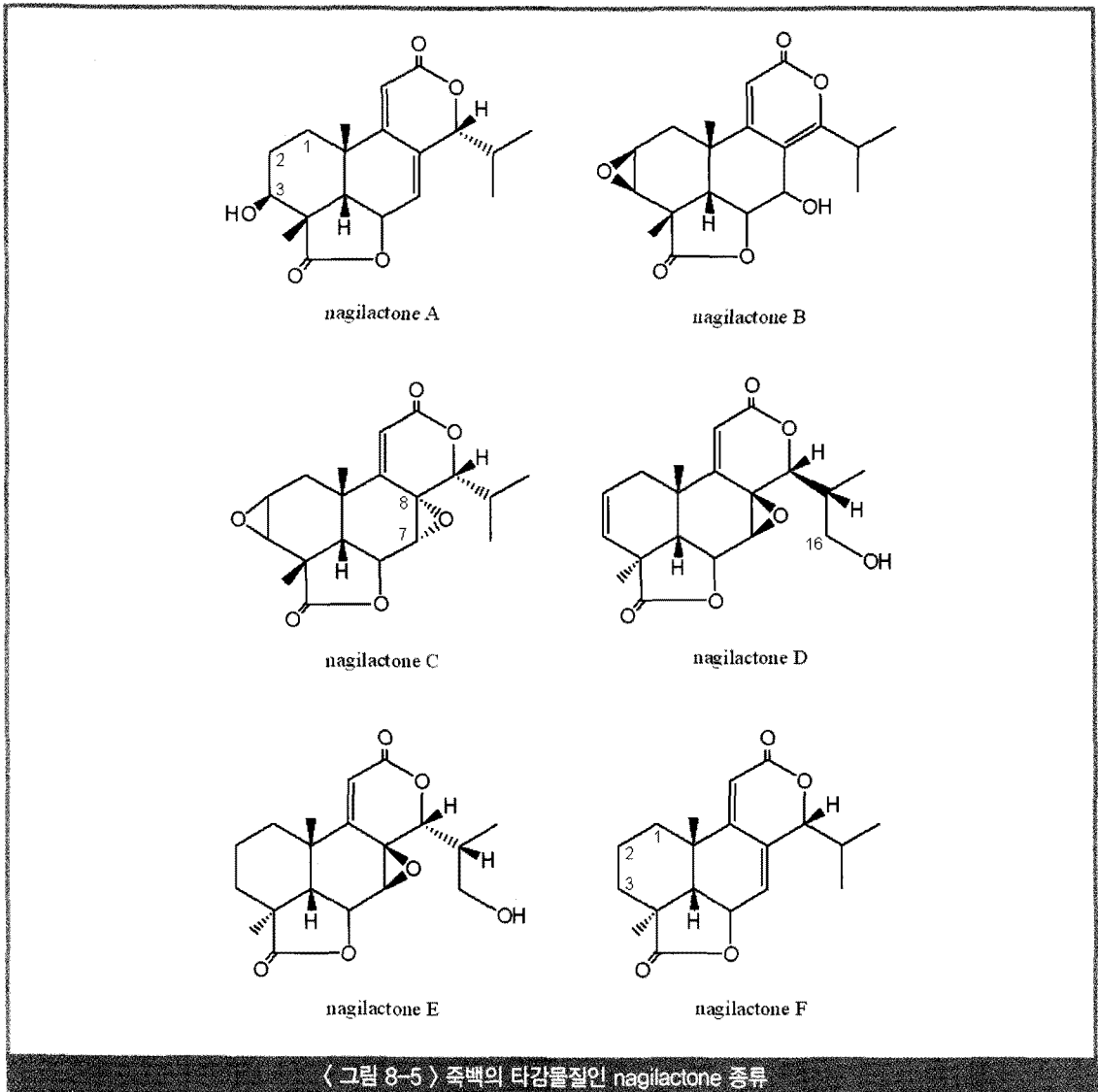
나무의 경우도 마찬가지로 특히 천이가 급격하게 일어나지 않은 산림생태계에서 같은 종류 또는 다른 종류의 수목 간에 수많은 타감작용현상이 일어난다. 두 종류의 호두나무(*Juglans nigera*, *Juglans mandshrica*)의 잎으로부터 방출되는 juglone이 대표적인 예이며, 주변의 식물생육을 억제하는 것으로 보고되어 있다. 실험적으로 토마토, 감자 및 알파파에 대하여 호두나무 수피(樹皮)와 뿌리의 추출물을 줄기나 토양에 주입(注入)하면 생육이 심히 억제되는 것을 확인할 수 있었다.

모아비(Moabi)과의 교목(喬木)인 *Baillonella toxisperma*의 지상부(地上部)에 함유되어 있는 수용성 성분 3-hydroxy uridine은 빗물에 씻겨 주변의 토양에 옮겨지면 그곳에서 잘 이행(移行)되지 않는 유리형의 3-hydroxy uracil로 변하여 주변의 식물생육을 억제하는 것으로 알려졌다.

유카리나무(*Eucalyptus* sp)에서도 타감작용성 물질로 추정되는 <표 8-2>와 같은 여러 화합물의 오일 또는 지방산이 발견되어 실제로 몸에 바르는 화장품, 천연살균제 등으로 상품화되기도 한다.

< 표 8-2 > 유카리속 나무의 타감작용성 물질

유카리속 나무 종류	타감작용성 물질	용도
<i>Eucalyptus citriodora</i>	p-menthane-3,8-diols	레몬향 아로마테라피
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	(+)-spathulenol	거담 등 아로마테라피
<i>Eucalyptus delegatensis</i>	p-menth-2-en-1-ols Thymol Carvacrol	방부, 살균제
<i>Eucalyptus pauciflora</i>	4-phenylbutan-2-one α -eudesmol β -eudesmol γ -eudesmol	아로마테라피
<i>Eucalyptus viminalis</i>	D- β -phenyllactic acid 2-furoic acid p-coumaric acid	항진균제



또한 다른 예로서 일본에 많이 자생(自生)하는 죽백(竹柏, *Podocarpus nagi* Z.)나무는 순수림(純粹林)의 군락을 형성하고 그 나무 밑에는 다른 식물이 거의 자라지 못하므로 그 원인을 조사한 결과 위에 <그림 8-5>과 같이 생장억제 활성의 norditerpen류 화합물 nagilactone A, B, C, D, E, F가 검출되었고 특히 A~D는 잎과 과실에 함유되어 있음이 확인되었다.

과수류에서도 기지(忌地)현상(연작장애)이 뚜렷한 예가 잘 알려져 있다. 특히, 복숭아와 사과재배지에서 심하며 사과의 경우 phenolic 배당체(醣糖體)인 "phlorizin"이 토양중에서 분해되어 몇 가지 저해물질을 생성하는 것으로 보고되어 있고 복숭아에서는 뿌리와 잎에 함유된 배당체 amygdalin이 분해되어 HCN, benzaldehyde 또는 benzoic acid가 생성되면 이들의 저해작용이 기지현상으로 나타나는 것으로 설명되고 있다.

기지(忌地)현상은 수목류에 있어서도 발생하는 예가 알려져 있다. 침엽수(針葉樹)인 편백나무와 활엽수(闊葉樹)인 오리나무의 묘목이 연작장애를 입으며 방크스 소나무는 연작지에서 발아가 저해되나 그 원인물질은 아직 확인되어 있지 않다.



3. 식물호르몬

나무의 성장에 영향을 끼치는 요인은 내부적인 것과 외부환경요인으로 크게 구분되며 내부적인 것에는 유전적 특성과 특유한 조절기능물질이 포함되며 외부적인 것에는 수분, 양분, 온도, 그리고 빛 등이 포함되나 각 인자의 요구도는 나무의 종류, 생육시기, 생육상태 등에 따라 차이가 있다.

나무와 같이 거대한 크기를 가진 식물이 정상적으로 한 세대(世代)를 경과하려면 모든 내·외부적인 인자가 조화를 이룬 상태에서 발아(發芽)로부터 시작되는 영양생장에 이어 생식생장과정을 거쳐 끝맺게 된다.

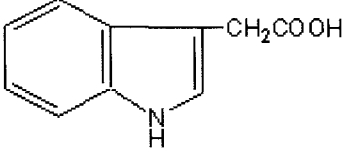
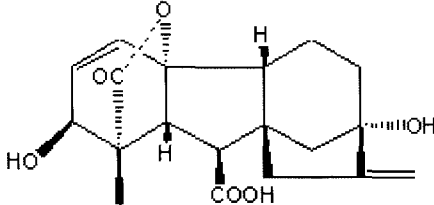
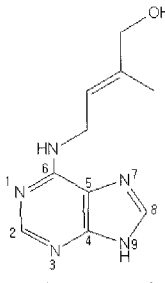
식물호르몬의 역할은 식물의 각 부위 간의 내적 연락체계와 외부자극을 감지할 수 있는 체계의 두가지 생리적 현상, 즉 외부의 자극을 감지하고 이 자극을 내적으로 각 부위에 연락하여 공통적인 대응책을 마련하기 위한 수단으로서 혹은 이러한 정보를 전달하는 매개체 혹은 전령의 기능을 하는 것이다.

보통 종자식물이라면 영양생장기간에는 종자의 발아, 줄기와 잎, 뿌리의 분화(分化) 및 그의 성장이 이루어지고 생식생장기간에는 꽃눈의 분화, 개화(開花), 결실(結實), 종자의 성숙으로써 완료된다.

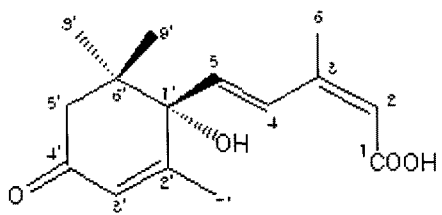
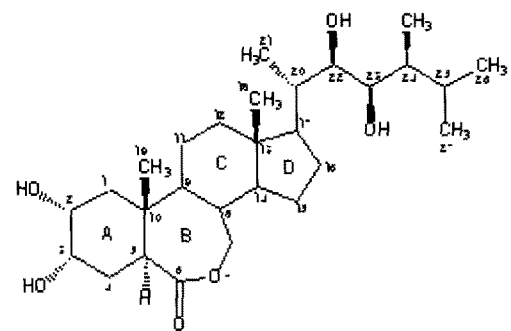
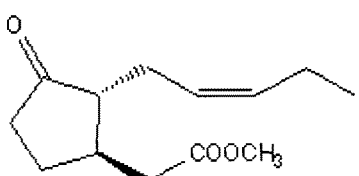
이와같이 나무의 연속되는 생리작용은 유전자의 조절작용에 의하여 질서바르고 균형이 잘 유지되면서 성장하게 되고 그 조절작용은 본래 자체내에서 필요한 시기에 적합한 양의 조절물질이 생성되어 관련 유전자를 제어하므로써 어느 대사작용이 조절되어 성장에 변화를 가져오는 것이다.

다음 <표 8-3>는 대표적인 식물호르몬의 종류와 주요 생리작용을 나타낸 것이다.

<표 8-3> 식물호르몬 종류 (대표화합물) 와 주요 생리작용

종류	주요 생리작용
<p>옥신</p>  <p>Indole acetic acid(IAA)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 줄기의 신장(伸長)성장 촉진 뿌리의 성장 저해 과실의 성장 촉진 세포분열의 촉진 측아(側芽)의 성장 저해 부정근(不定根) 형성 유도 단위(單爲)결실의 유도 Callus 형성의 유도 암꽃 형성 유도 탈리(脫離)층 형성 저해 노화(老化)의 억제 에틸렌 합성의 촉진
<p>지베렐린</p>  <p>GA₃(활성형)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 줄기, 엽초(葉鞘)의 신장 성장 촉진 휴면(종자, 싹)의 타파, 발아 촉진 잎의 확장성장 촉진 뿌리의 성장촉진(저해) 기관의 분화(分化) 저해 꽃눈(花芽) 형성 유도(장일식물) 숱꽃 형성 유도 단위 결실 유도 과실 성장 촉진 호소합성의 유도
<p>시토키닌</p>  <p>trans-zeatin</p>	<ul style="list-style-type: none"> 세포분열 촉진 노화(잎) 억제 잎의 성장촉진 발아촉진 잎 확장성장 촉진 뿌리성장 저해 부정근(不定根) 형성 저해 부정아(不定芽) 형성 유도 증산작용 촉진 목질부(木質部) 분화의 촉진 잎의 물질이동 활성화

〈표 8-3〉 계속

종 류		주요 생리작용
앱시스산	 <p>(+)-ABA, 천연형</p>	<p>낙엽, 기관 탈리 촉진 발아 억제 뿌리성장 저해 휴면아(休眠芽) 형성 유도 신장 성장 저해 기공(氣孔)의 폐쇄 촉진</p>
에틸렌	<p>$\text{CH}_2=\text{CH}_2$</p> <p>Ethylene</p>	<p>과실의 성숙촉진, 노화촉진 낙엽의 촉진, 기관탈리작용 촉진 잎의 신장성장 저해, 비대촉진 개화(開花)운동의 저해 굴지성(屈地性)의 상실 상편(上篇) 성장의 촉진 부정근 형성 촉진 뿌리성장 저해 발아 억제 암꽃 형성 유도 꽃눈 형성 촉진</p>
브라시노스테로이드	 <p>Brassinosteroid</p>	<p>종자의 발아 촉진 줄기의 신장 성장 촉진 잎의 확장 성장 촉진 상편(上篇) 성장의 촉진 에틸렌 합성의 촉진 과실 성장 촉진 부정근(不定根) 형성의 저해 노화(老化) 촉진 엽신(葉身) 굴곡 촉진</p>
자스몬산	 <p>Jasmonic acid</p>	<p>기공의 폐쇄 촉진 잎의 노화 촉진 낙엽 촉진 신장(伸長) 성장 저해 괴경(塊莖) 형성 유도 병원균 저항성 alkaloid 합성 유도 Proteinase inhibitor 합성 유도</p>