기술강좌

식물생장조정제의 효율적 이용기술

5 앱사이식산(ABA)

기상재해등 환경스트레스 극복가능한 유일한 식물호르몬 대량생산 기술 개발로 농업적 이용 기대 커

강 충 길 농약연구소 농약생물과(農博)

1. 발견의 역사

인류가 식물처럼 피부조직에 엽록소를 가지고 있어서 光에너지를 이용할 수 있는 능력이 있다면 굳이 힘들게 작물을 재배할 필요가 없으나 그러한 능력이 없기에 인류의 생존을 위해 먹거리 문제를 해결하지 않을 수 없어, 작물재배를 통하여 인류의 식량을 마련해 가고 있는 것이다.

작물의 생육을 인위적으로 제어하기 위한 기술개발은 영원한 인류의 대과제이고 이것을 해결하기 위한 한가지 방법으로서 식물생리활성물질에 의한 생육조절의 연구가 많이 진행되고 있고 그 성과가 크게 주목되고 있다.

식물의 생육조절은 식물호르몬 작용의 제어가 기본이며, 식물호르몬은 옥신, 지베레린, 에치렌, 사이토카이닌, 앱사이식산(酸)으로 구성되어 있다. 앱사이식산은 식물의 잎, 꽃, 과실 등의 기관탈리(器管脫離)를 촉진하는 특이한 작용을 가지고 있다. 목화는 과실

이 성숙되기 전에 낙과가 많이 일어나는데, 이 현상에 대해 Adicott등이 그 원인을 조사하였고, 1961년 Liu와 Carns는 목화씨 꼬투리에서 결정물질을 추출하여 엽신을 제거한 목화유묘에 이 물질을 처리한 결과 엽병이 탈락하여 이것을 abscisin이라고 불렀다.

1963년 오오꾸마(大熊)는 어린 목화의 과실에서 제2의 물질을 결정형태로 추출하였는데 탈리 작용성이 아주 강하여 이를 'abscisin II'로, 이보다 먼저 발표된 물질을 'abscisin I'이라고 불렀다.

1963년 Robinson 등은 단풍나무 등 많은 식물의 정아가 가을이 되면 휴면하여 이듬해 봄에 다시 생장하는 것을 보고 이러한 현상(휴면)이 억제물질에 의하여 유기되는 것으로 추정하여 결국 단풍잎으로 부터 강력한 물질을 추출·정제하여 이를 dormin이라고 불렀는데, 1965년 Cornforth등이 dormin의 물리화학적 성질이 abscisin II와 동일함을 알게 되었고 이 물질을 abscisic acid(ABA라고 약칭)라고 불렀다.

2. 화학적 특징 및 생합성

앱사이식산은 특징적인 화학구조를 가진 유기산으로서 그 구조는 그림1과 같다. 화학적으로 앱사이식산은 하나의 칼복실기를 가지고 있고 glucose와 ester화되기도 한다. 분자는 비대칭 탄소원자를 가지고 있다. 그 결과 두개의 광학이성체로 생성되며, 식물체에서 생성되는 물질은 dextrorotatory [(+)ABA]인 반면 합성 앱사이식산은 dextro와 laevo형태인 [(±)ABA]로 되어 있다.

생합성의 경로는 두가지중 첫째가 크산토필(Xanthophyll)의 산화이고 두번째는 메바로닉(mevalonic)산으로부터 합성되는데, 비올라크산틴(violaxanthin)과 크산토필은 크산톡신(xanthoxin)을 형성

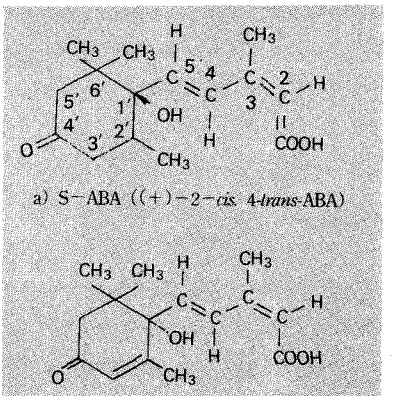

그림1. 앱사이식산의 화학구조

하는 효소에 의해서 산화된다. 크산톡신은 앱사이식산의 전구물질이며, 토마토에 크산톡신을 처리하면 앱사이식산의 함량이 높아지는데, 이 과정은 ^{14}C을 이용시 보다 쉽게 알 수 있다.

앱사이식산의 또 다른 경로는 메바로닉산(MVA)로 부터 합성되는데, 이 MVA가 지베레린의 전구물질이기도 하다. 다만 지베레린은 4개의 isoprene(diterpene)으로 된 반면에 앱사이식산은 3개의 단위(sesquiterpene)로 되어 있다. 그러므로 일부에서는 앱사이식산의 합성경로가 지베레린과 다소 유사할 것으로 추찰하기도 한다. 밀 잎에 수분 스트레스를 주면 밀을 신속하게 앱사이식산을 합성한다. 어린 식물에 메바로닉산(MVA)을 주면 처음에 2-trans 앱사이산으로 전환되며 이것이 다시 2-cis-trans 앱사이산으로 바뀌는데 광상태하에서만 가능하고 2-cis-trans 앱사이식산이 생물학적으로 활성을 가지고 있다.

앱사이식산과 지베레린은 서로 길항작용을 나타내는데 이는 앱사이식산이 증가할 경우 식물이 휴면하게 되고, 지베레린의 함량이 증가하면 발아가 촉진하게된다.

3. 분포

앱사이식산은 쌍자엽 및 단자엽 식물을 불문하고 모든 고등식물에 분포하고 있으며, 체내의 함량은 대체로 건물중 1kg당 0.5~1mg내외이고, 가지과 작물은 2.5mg내외로서 다소 많은 반면 다육식물은 적다. 식물의 모든 조직과 기관에 함유되어 있으며 특히 생육시기별로 크게 변화하는 것으로 알려져 있다. 세포와 세포사이에서 이동하지만 속도는 늦고 비극성적(非極性的)이다.

4. 생리작용

가. 뿌리의 중력굴성

수평으로 놓인 뿌리가 수직하방(垂直下方)으로 굴곡하는 것을 중력굴성(重力屈性)이라고 한다. 이 현상을 Went 등은 근단부(根端部)에서 생긴 옥신이 重力側으로 이동축적되어 그 결과로 일어나는 것으로 설명하였으나 식물이 중력에 자극하는 것은 근단부가 아닌 근관부(根冠部)이고 이 근관부에서 생장억제물질이 생성되고 있고, 뿌리에 光을 조사하면 중력굴성을 나타내는 것을 보고, 옥수수

근관부 추출물 중의 억제 물질에서 앱사이식산이 동정(同定)되어 앱사이식산에 의하여 뿌리가 중력굴성을 일으킴을 알게되었다.

나. 기공(氣孔) 개폐작용

기공은 호흡과 광합성을 하는 동안 공기교환을 가능케 하는 중요한 식물의 기관으로서 수분증발을 위한 배수구이며, 공기교환과 수분의 증산은 기공의 개폐에 의해 조절된다. 기공은 공변세포가 팽만할 때 열리고, 팽압을 잃으면 닫힌다. 공변세포에서의 팽압의 저하여부는 무기이온, 유기산 및 탄수화물의 삼투효과에 기인하는데 특히 K^+가 크게 관여하는 것으로 알려져 있고, 앱사이식산은 K^+흡수를 저해하는 것으로 보고 되고 있는데 앱사이식산 함량이 증가하면 K^+흡수가 저해되고 공변세포내의 팽압이 저하되므로써 기공은 닫히게 된다(그림2).

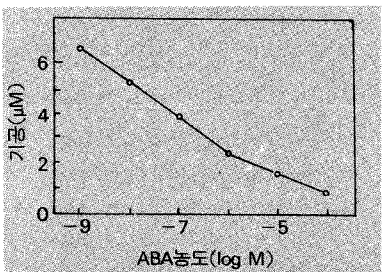

그림2. *Commelina communis*의 단리 표피조직에 있어서 기공크기에 대한 ABA의 효과

또한 강남콩 유묘에 건조한 공기를 10분정도 공급하면 내생(內生) 앱사이식산이 1.5배로 급증하고, 이어서 기공이 닫히기 시작하는데 이와같이 식물이 스트레스 조건에 놓이게 되면 식물의 수분증발은 앱사이식산에 의하여 억제되게 되어 앱사이식산을 스트레스 호르몬이라고 부른다. 한편 내건조성 작물육종의 지표로서 앱사이식산을 이용하기도 한다.

다. 휴면

온대식물은 가을이 되면 휴면을 하게 된다. 휴면기간중 정아는 생장이 정지되면서 인편엽으로 덮히게 되며 절간은 짧으면서 밀집하게 된다. 이와같이 식물에서 휴면을 일으키는 주요 요인은 일장이고, 명기보다는 단일의 긴 암기가 보다 중요하다. 단일의 영향을 감지하는 것은 성숙된 잎이다. 성숙엽은 단일조건하에서 앱사이식산을 합성하게 되고 이는 사부를 통해 이동하여 휴면을 일으키는 정아에 도달하게 된다. 결국 휴면을 유기하는 환경조건은 앱사이식산의 축

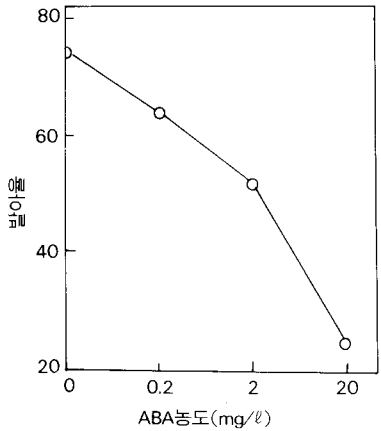

그림3. 상추(cv. Great Lakes) 종자 발아에 대한 ABA의 효과

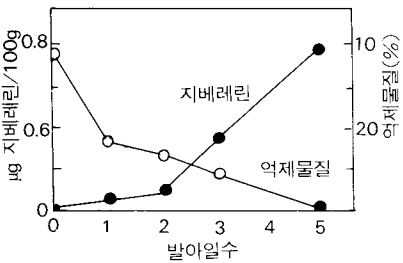

그림4. 자작나무 종자의 발아기간중 억제물질 함량의 감소와 GA 함량증가

적과 지베레린의 감소에 의하여 야기된다(그림 3).

휴면하고 있는 종자는 앱사이식산을 함유하고 있고 종자에 앱사이식산을 연속 투여하면 발아가 억제되는데 이것은 앱사이식산과 지베레린과의 바란스에 의한 것으로 알려져 있다(그림 4).

라. 탈리 및 노화

목화에서 앱사이식 함량은 그림 5에서 보는 바와같이 과실이 발육하는 동안 2배로 증가한다. 최대 함량은 미성숙과실의 낙과시기와 일치하며 또한 성숙된 목화가 열개될 때 함량이 크게 증가한다.

목화에서는 10^{-4}M의 농도에서도 탈리는 일어나며 농도가 증가할수록 탈리 또한 증가한다(그림 6, 7).

완숙과실(복숭아, 사과 등) 및 꽃의 탈리는 앱사이식 살포로 촉진되며, 엽절편의 노화 또한 촉진된다(그림8). 그런데 무상(無傷) 식물전체에 대하여 앱사이식산을 처리하면 잎에 대한 노화효과는 현저하지 않는데 이는 앱사이식산의 흡수 이동과 깊은 관계가 있는 것으로 사료된다.

마. 환경스트레스

밀의 유묘가 수분의 공급이 제한되면 잎은 위조현상이 나타나게 되고 이 때 앱사이식산은 증가하게 되는데 이는 토마토, 시금치, 사탕수수 등 거의 모든 식물에서 나타난다. 반대로 식물이 물속에 침수할 경우에도 앱사이식 함량은 크게 증가하게 되며 염류장애와

강풍을 받을 때도 유사하다(그림 9). 즉 환경스트레스를 식물이 받을 때 체내 앱사이식 함량은 크게 증가한다.

5. 작용 메카니즘

앱사이식산은 억제호르몬으로서 종자발아나 식물의 생장을 억제하고 종자의 휴면을 유도한다. 이 물질에 의해서 유기되는 생장억제는 세포분열과 세포신장이 억제되므로써 일어난다(그림10). DNA

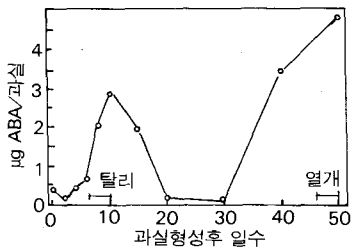

그림5. 목화열매 발육기간 중에 있어서 ABA 함량의 변화

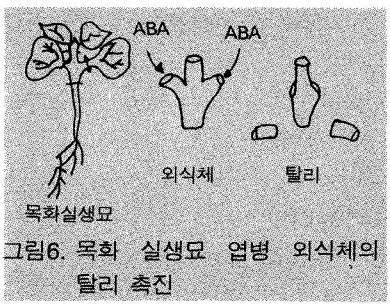

그림6. 목화 실생묘 엽병 외식체의 탈리 촉진

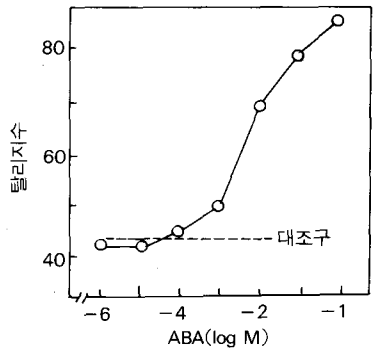

그림7. 목화실생묘 외식체의 탈리에 대한 ABA의 효과

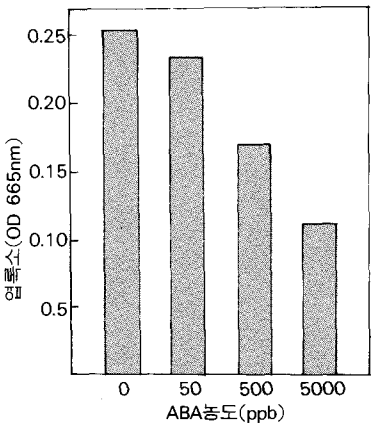

그림8. *Nasturtium* 엽편의 엽록소 소실에 대한 ABA의 효과

와 RNA의 합성을 억제하는데 이로 인해 어떤 특수한 효소의 합성이 억제되는 것으로 알려져 있다. 종자발아시 α-amylase와 protease와 같은 가수분해 효소가 증가되는데 이들 효소는 內生지베레린의 작용에 의해서 합성된다. 그런데

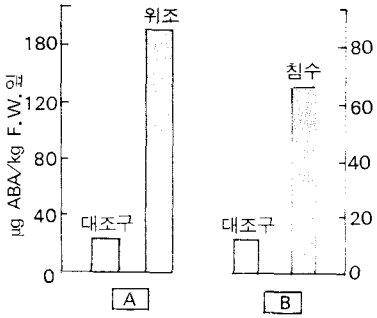

그림9. Ⓐ Carbowax 용액 내에서 위조된 밀 실생묘의 엽내 ABA 함량 Ⓑ 왜성 강남콩의 ABA 함량에 대한 침수 5일의 효과

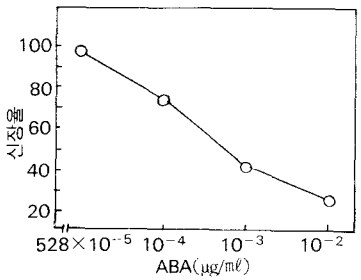

그림10. 밀 자엽초의 절편생장에 대한 ABA의 효과

앱사이식산은 이러한 과정을 차단시킴으로서 발아를 억제시키는데 어떻게 해서 억제현상이 유발되는지에 관해서는 아직 잘 알려져 있지 않다.

6. 농업적 이용

종래 앱사이식산은 유기합성에 의해 공급되었으나 너무 가격이 비싸 농업적으로 이용에 많은 제한을 받았으나 최근에 들어 1982년 미생물 *Botrytis cinerea*균에 의한 효율적인 생산기술이 발견되어 量産기술이 개발되었다.

가. 발아억제, 보존연명 효과

앱사이식산의 기본적인 생리억제작용을 이용하는 것으로서 10 ppm 이상의 용액에 단시간 침지시키므로서 단명한 종자나 최아상태 종자 및 배아(胚芽)의 연명과 발아력유지에도 유효할 것으로 생각되며, 특히 종자의 장기저장과 보존성 향상이 기대되어 인공종자의 장기보존에의 응용이 시사되고 있다.

나. 발아, 발근, 재분화 촉진

억제적인 작용에 반하여 1ppm 이하의 극히 저농도로 처리시 발아, 발근 및 재분화를 촉진하는 것으로 알려져 수도 특히 건답직파시 그 효과가 기대되며, 조직배양에 있어서 부정아 형성과 재분화에 미치는 효과 또한 기대된다.

다. 증산·위조 억제선도유지

앱사이식산은 기공 폐쇄 작용이 아주 강한데 수송중의 작물의 기공을 폐쇄하므로서 작물의 증산 위조억제 및 선도(鮮度)유지에 크

게 기여할 것으로 사료된다.

라. 耐寒, 耐旱, 耐塩性 증강

앱사이식 산은 환경 스트레스를 받으면 그 함량이 증가하는데 이를 역이용하여 미리 앱사이식산을 살포 하므로서 耐寒性, 耐旱性 및 耐塩性을 增強시켰다는 보고가 있어 앞으로 기상재해 등 작물생육에 환경적 스트레스가 심할 경우 그 이용 가능성이 크게 기대된다.

마. 괴근·괴경 비대발육촉진

앱사이식 산을 10~50 ppm 정도 처리시 고구마나 감자등의 20~30 %가 증수된다고 하며 이러한 증수는 세포비대에 의한 것으로 알려져 있는데 아마도 앱사이식산 처리에 의한 다른 식물호르몬과의 바란스에 어떤 영향을 미치는 것으로 추찰된다.

앱사이식산은 유기합성에 의한 것이 판매되어 아직은 실험용으로 이용되고 있으나 최근에 대량생산 체제가 열리게 되므로서 여기에 많은 연구가 진행될 것으로 생각된다. 특히 환경스트레스를 극복할 수 있는 유일한 식물호르몬이고 더구나 금년처럼 가뭄이 심한 경우에 더욱 값진 물질로 생각된다.

렙토스피라症 주의보

保社部

추수때 保護衣착용 당부

렙토스피라증은 들쥐나 집쥐의 배설물에 들어있는 렙토스피라균이 피부상처를 통해 침입, 감염되는 전염병으로 9~11월중 농부들에게 집중적으로 발생하고 있다.

렙토스피라증은 유행성출혈열과 증세가 비슷하고 치사율은 떨어지지만 간이나 신장기능에 이상이 있는 사람이 감염될 경우 제대로 치료를 받지않으면 20% 이상의 치사율을 나타내고 있다.

평균 10일간의 잠복기간을 거쳐 발열 두통 오한 근육통 결막충혈이 생기며 때때로 황달 신부전증 빈혈 피부출혈의 증세를 나타낸다.

렙토스피라증은 지난 87년 제2종전염병으로 고시된이후 작년까지 5년동안 모두 7백61명의 환자가 발생, 12명이 사망했다.

보사부는 지금까지 렙토스피라증환자는 99% 이상이 9월이후에 집중적으로 발생했다며 특히 농촌지역주민들에게 작업시 고무장갑 장화 보호의를 착용하고 작업이 끝난뒤 깨끗한 물로 손발을 씻도록 당부했다.