기술강좌

식물생장조정제의 효율적 이용기술

3 생장조정제 에치렌

에세폰(에스렐)액제

포도·배·단배 숙기촉진

토마토 착색촉진

강 충 길 농약연구소 농약생물과(農博)

1. 발견의 역사

레몬이나 오렌지의 과피 색깔이 녹색을 띠고 있다가 기름이나 등유를 태움으로써 탈록화(脫綠化)하여 성숙이 촉진되는 것을 보고 연기가 식물생장에 관여하거나 혹은 식물체에 유해하다는 것을 알게 되었다. 사람들은 이러한 현상이 열과 고습도에 의해 일어나는 것으로 생각하였다. 그래서 재배농민과 통조림 업계에서는 레몬이나 오렌지에 열처리를 하면 과실성숙이 촉진될 것으로 생각하게 되었다. 결국 증기로 열처리가 가능한 시설(Sweat rooms)에 많은 투자를 하였으나 불행히도 과실의 성숙촉진은 일어나지 않아 실패하였다.

에치렌이 생물반응 일으킨다

그러던중 1901년 Neljubow가 에치렌(ethylene)이 생물반응을 일으킴을 처음으로 밝혔다. 1908년에는 Crocker와 Knight가 연기의 구성물질이 에치렌이라고 했고, 2

년 뒤인 1910년에 Cousins는 식물체가 에치렌을 생성한다는 것을 알게 되었다. 1924년 Denny는 등유를 태울때 발생하는 에치렌이 바나나와 감귤의 후숙에도 관여한다고 했고, 1934년 Gane는 에치렌이 사과 후숙 도중에 발생하는 내생물질이라고 하였다. 1962년 Burg는 식물의 모든 부분 뿐만 아니라 박테리아와 세균들도 에치렌을 생성한다고 보고 했다.

2. 에치렌의 생리작용

에치렌은 화학구조가 매우 간단한 가스상태의 화합물(C_2H_4)이지만 표1에서와같이 극히 높은 생리활성을 가지고 있다. 식물생육의 거의 모든 단계에 걸쳐 응용 가능성이 극히 높아 식물생리학상의 차원에서 뿐아니라 농학상의 차원에서도 넓게 취급되고 있다. 에치렌의 작용성에 반응의 특수성은 없다. 다만 식물종, 기관 또는 영(齡)에 따라 촉진되기도 하고 저해되기도 한다. 이것은 에치렌의 작용기구가 극히 복잡할 뿐 아니라 세포내의 생리적 상태, 세포와 세포의 상호작용, 세포 또는 조직의 극성등 고차원의 생체반응이 작용하고 있음을 시사하고 있다.

가. 세포신장 저해와 세포비대

일반적으로 쌍자엽식물의 경엽, 뿌리의 신장생장은 0.1μℓ/ℓ이상의 에치렌에 의해 저해된다. 옥신에 의한 신장촉진 효과는 고농도 옥신에서는 거꾸로 저하되는데, 이것은 옥신의 신장촉진 작용이 최대치를 넘는 농도에서는 에치렌의 생성속도가 증대되어 옥신의 신장촉진작용을 억제하는 것으로 알려져 있다. 한편 에치렌은 세포의 신장생장을 억제하지만 동시에 비대생장을 촉진시키는 것으로 알려져 있다.

나. 신장생장의 촉진

단자엽식물에 있어서 벼의 경우 에치렌은 자엽초(子葉鞘)의 신장을 촉진시킨다.

이것은 단자엽식물이 쌍자엽식물과 다른 반응성을 보이는 것은 아니고, 벼의 반수생적(半水生的) 성질이 반응에 관계하는 것으로 생각된다. 근(根) 또는 가근(仮根)이 수중에 있고, 잎 또는 꽃이 수면상에 있는 반수생식물은 줄기, 엽병, 또는 화축(花軸)의 신장속도가 공기중에 있을 때보다 수중에 있을 때 빠른데, 에치렌에

의한 식물의 수중축(水中軸)의 신장은 일종의 환경적응 반응으로 해석된다.

다. 세포분열의 저해

에치렌은 세포분열을 저해시킨다. 이것은 DNA 합성의 저해에 의한 것으로 상해(傷害)를 준 부위 주변의 세포에 유기된 DNA 합성도 에치렌에 의해 저해된다.

라. 옥신 극성이동의 저해와 노화촉진

일반적으로 옥신은 조직의 유약성(幼若性)을 유지시키는 노화 억제 작용을 하는데 비하여 에치렌은 노화를 촉진함과 동시에 옥신의 극성이동을 저해한다. 옥신은 엽신(葉身)에서 생산되어 엽병내로 극성이동을 하는데, 에치렌을 처리할 경우 이층(離層)의 옥신농도가 저하되면서 이층세포의 노화가 촉진된다.

3. 에치렌의 생합성 경로

에치렌의 생합성 경로는 그림 1에서 보는 바와 같이 주로 메치오닌(Methionine)의 제 3, 4 탄소원자에서 유래된다. 메치오닌이 SAM(S-adenosylmethionine)이 되고, SAM은 ACC(1-Amino-cyclopropane-1-carboxylic acid)와 MTA(5′-Methylthioadenosine)로 분리되고, MTA는 MTR(5′-Methylthioribose)로 변한 뒤 다시 메치오닌이 된다.

ACC는 1957년 배 과즙에서 발견된 비단백성 아미노산인데 에치

표1. 에치렌의 생리작용

생 리 작 용	대표적인 검식물 또는 기관
휴 면 타 파	종자(보리, 땅콩, 상추 등)
(발아촉진)	구근(글라디올러스)
	괴경(감자)
	화분(복숭아)
발 아 저 해	측아
신장생장저해	줄기, 뿌리, 화분관
신장생장촉진	수생식물의 수중축(벼)
	원사체(Onoclea sensibilis)
전개엽저해	오이
상 편 성 장	엽병(토마토, 감자 등)
부정근형성촉진	담배, 베고니아
근모발생촉진	완두
화 성 촉 진	파인애플, 망고 등
화 성 저 해	나팔꽃 등
암 꽃 유 도	박과 채소류
화 색 퇴 색	난
잎 황화촉진	각종 잎(담배 등)
기관탈리촉진	낙엽(목화, 강남콩 등)
	낙과(목화 등)
수액일비촉진	고무, 침엽수 등
엽록소 합성촉진	오이 자엽 등
효소합성의 유도 또는 촉진	고구마 등

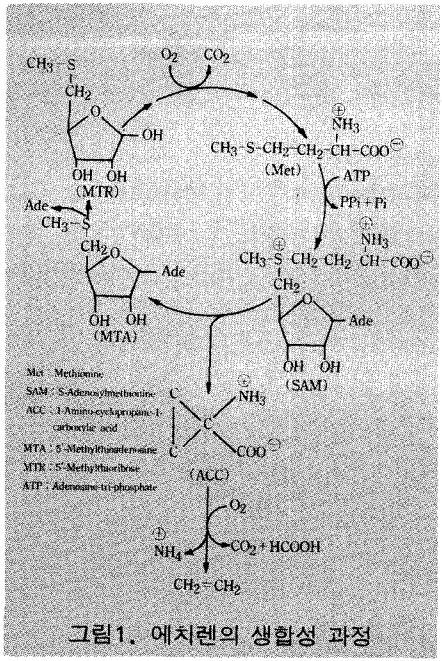


그림1. 에치렌의 생합성 과정

렌으로 변한다. ACC를 에치렌의 전구물질(前驅物質)이라고 한다. 에치렌 전구물질로서의 ACC의 발견은 생합성 연구의 생화학적 측면을 발전시키는데 크게 기여하였다.

4. 에치렌 생성요인

메치오닌이 에치렌으로 전환되려면 산소가 공급되어야 한다. 산소가 없는 상태에서는 조직에 메치오닌을 공급해도 에치렌의 생성이 억제되기 때문이다.

에치렌 생성의 최적온도는 30℃ 내외이다. 에치렌 가스를 발생하는 에테폰 처리시 효과에 가장 큰 영향을 미치는 요인이 온도이다. 광은 식물종에 따라 에치렌 함량을 증가시키기도 하고 감소시키기도 한다.

농약살포, 기계적인 상처, 해충피해, 불량 환경 조건등 식물체가 스트레스를 받으면 에치렌 생성이 증대된다. 이런 이유로 에치렌을 스트레스 호르몬이라고 부른다.

5. 에스렐액제의 사용방법

에치렌을 발생시키는 약제가 에세폰이다. 에세폰은 품목명이고, 상표명은 에스렐이다. 1946년 미국의 암캠(Amchem)사에서 합성에 착수하여 1966년 합성에 성공한 에스렐은 여러 단계의 시험 개발을 거쳐 현재 다방면으로 이용되고 있다. 화학구조는 그림 2와 같다. 에스렐은 pH 4.1 이상의 수용액 중에서 물리화학적으로 분해되어 에치렌 가스를 발생케하고, pH 4.0 이하의 수용액 상태에서도 식물

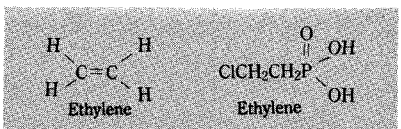


그림2. 에치렌 및 에테폰의 화학구조

에 살포하면 흡수되어 식물조직내에서 생화학적으로 에치렌 가스를 발생케한다.

국내에 고시된 에스렐의 제형은 액제이며 유효성분 함량은 39%이다. 식물의 숙기를 촉진시켜 수확시기를 조절할 수 있고, 조기 일제 수확(Once-over harvest)으로 높은 수익과 노력을 절감할 수 있다.

가. 토마토 착색촉진

겨울철이나 저온기에 비닐하우스 내에서 토마토를 재배할 경우 백숙기에서 착색기까지 너무 많은 시간이 걸리므로 농업경영상 매우 불리하다. 에스렐을 처리하면 토마토의 착색이 촉진되므로 농업경영상 유리하다. 또한 가공용 토마토는 수확말기에 전면살포함으로써 일시에 수확이 가능하여 집중출하에 유리하다.

사용법 비닐하우스의 촉성 및 억제재배에 있어서 3단 적심을 마치고 제1단의 첫과방이 백숙기를 지나 약간 적색을 보일 때 물 20ℓ당 약제 12mℓ를 잘 섞어 소형 분무기로 과실에만 약액이 묻도록 골고루 살포하면 7일정도 조기 수확이 가능하다. 반촉성 및 일반 토마토의 5단 재배에 있어서는 각 과방이 백숙기에 들면 물 20ℓ당 약제 12mℓ를 잘 섞어 잎에 약액이 묻지 않도록 소형분무기나 담그기(침지) 등으로 처리한다.

주의할 점 녹숙기의 토마토는 착색촉진이 되지 않으므로 백숙기의 과실에만 살포하고, 과방에 처리할 경우 약액이 과면에만 묻도록 한다. 만약 약액이 과경부에 고여 있으면 에치렌 발생이 심하게 일어나 이층형성을 촉진하게 되어 결국 낙과가 되므로 주의해야 한다. 또한 약액이 잎에 묻으면 잎이 황화하거나 낙엽이 질 가능성이 있다. 30℃이상의 고온에서는 약해가 나기 쉬우므로 살포를 삼가는 것이 좋다. 이는 고온조건에서 에스렐이 에치렌으로 보다 빨리 변화함으로써 일시에 에치렌 발생량이 증가되고, 따라서 고농도의 에치렌 발생에 의해 작물에 약해가 발생하는 것이므로 주의를 요한다.

나. 담배 숙기촉진

에스렐을 논담배에 사용하면 수확기가 10여일이상 단축되고 니코틴의 함량이 감소되면서 당도 전분가가 높아져 품질이 향상되며

건조시간이 30여시간 단축되어 노력과 경비가 절감된다.

사용법 논담배 5엽기까지 자연수확을 하고나서 2~3일 후에 300평당 물 80~120ℓ에 약제 80~120mℓ(1000배액)를 잘 섞어 전면처리한다. 처리후 4~5일에 잎이 푸른 상태일지라도 어김없이 수확하여 건조하면 된다. 이렇게 함으로써 자연수확 5회를 3회로 단축시킬 수 있다.

주의할 점 질소과다엽은 피하고 에스렐 액제를 살포하되, 살포 10일전 반드시 적심하여야 한다. 이는 질소 성분 자체가 에스렐의 에치렌 가스 발생을 억제하는 길항작용 효과를 갖고 있기 때문에 질소 과다엽은 피하여 처리함으로써 약제 처리 효과를 향상시킬 수 있다.

다. 포도 숙기촉진

포도의 품종중 캠벨어리의 송이가 푸른 색을 잃고 투명해지면서 송이의 하단 부위가 자색을 띠기 시작할 때 물 20ℓ당 약제 8mℓ를 잘 희석하여 포도 과실에만 살포하면 숙기를 5일~7일 정도 단축시킬 수 있다.

주의할 점 포도 송이에만 처리하여야 한다. 포도잎에 묻으면 약해가 나기 때문에 잎에 묻지 않도록 주의해야 한다.

라. 배 숙기촉진

배의 숙기촉진은 장십랑, 이십세기, 신세계 등의 품종에 해당된다.

사용법 개화후 100일경에 과실직경이 6cm정도로 자랐을 때 물 20ℓ당 약제 5mℓ를 잘 희석한 후 배나무 수관전면에 살포하되, 과실부분을 위주로 살포하면 숙기가 상당히 촉진된다. 살포량은 약액이 충분히 묻도록 골고루 뿌리되 너무 어린 배나무에는 사용을 피하는 것이 좋고, 수세가 약하거나 나무의 영양상태가 불량할 경우에는 약제살포를 하지 않는 것이 좋다.

주의할 점 알카리성 약제와 섞어쓰기를 피하고 다른 약제와의 근접살포도 피해야 한다. 이는 그림 3에서와 같이 에스렐 액제를 다른 농약, 특히 알카리성 약제와 섞었을 때 pH가 높아지게 되면 에스렐의 안정성이 깨어져 에치렌 가스의 발생이 급격히 증가하기 때문이다.

에스렐을 지나치게 많이 살포할

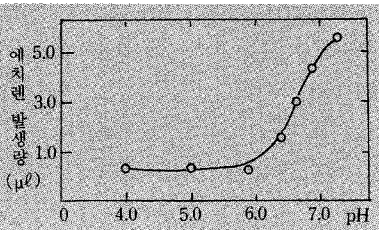


그림3. 산도별 에치렌 발생정도(5ppm 에스렐 액제 20mℓ가 18시간동안 발생한 에치렌 발생량)

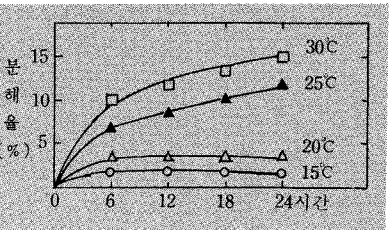
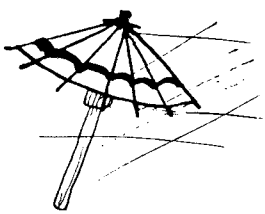


그림4. 온도조건별 에치렌 발생량 비교(5 ppm 에스렐액제 처리)

경우 약액이 과실의 꼭지 부분에 고여 낙과의 우려가 있으므로 주의해야 한다. 가뭄이나 비가 계속 내려 작물의 생육 상태가 연약할 때에는 사용을 피해야 한다. 약제 살포후에는 비가 와도 절대로 재살포를 해서는 안된다. 보통 약제 살포후 2~3시간이면 완전히 흡수되는데, 이 시간내에 비가 온다고 중복살포를 하게 되면 약해가 발생될 우려가 아주 높기 때문이다. 희석한 약제는 당일내로 사용하고, 적기에 적량을 살포하되 반드시 분무입자가 가는 수동식 분무기를 사용하여야 한다.

에스렐의 에치렌 가스 발생양상은 그림 4에서와 같이 특히 온도와 밀접한 관계가 있다. 15℃ 이하일 경우에는 에치렌 가스의 발생량이 적어 에스렐의 효과가 떨어질 수 밖에 없고, 온도가 30℃ 이상으로 높아지면 에치렌가스 발생량이 너무 많아 약해발생의 우려가 있다. 이 때에는 약제살포를 피하는 것이 좋다. 사용하고 남은 원액은 밀봉하여 냉암소에 보관한다. 에스렐 액제의 사용시에는 약제의 사용방법을 철저히 준수하여야 한다.