

# 애기장대 잎 절편 배양시 NAA 농도에 따른 부정근, 모용 및 캘러스 형성에 미치는 에틸렌의 영향

한태진\* · 홍종필 · 김준철<sup>1</sup> · 임창진<sup>1</sup> · 진창덕<sup>1</sup>  
한림대학교 생명과학부, <sup>1</sup>강원대학교 생명과학부

## Effect of Ethylene on Formations of Adventitious Roots, Trichomes, and Calli by NAA in Leaf segments of *Arabidopsis thaliana*

HAN\*, Tae Jin · Hong, Jong Pil · KIM, Joon Chul<sup>1</sup> · LIM, Chang Jin<sup>1</sup> · JIN, Chang Duck<sup>1</sup>

Division of Biology, Hallym University, Chucheon 200-702, Korea

<sup>1</sup>Division of Biology, kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

**ABSTRACT** In order to study the role of ethylene on the formation of adventitious roots, trichomes and calli, the effects of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC), ethephon, CoCl<sub>2</sub> and AgNO<sub>3</sub> were investigated in the leaf segments from ecotype Columbia of *Arabidopsis thaliana*. When the leaf segments were cultured on the media for forming adventitious roots (0.1 mg/L NAA), trichomes (2.0 mg/L NAA) and calli (10.0 mg/L NAA), and then each cultures was treated with 1-100 mg/L of ACC and ethephon, respectively. On the adventitious root-forming medium adventitious root formation was decreased, and trichomes were induced. And on the trichome-forming medium trichome formation was decreased, and calli were induced. In order hand each culture was treated with 1-100 mg/L of CoCl<sub>2</sub> and AgNO<sub>3</sub>, respectively. On the adventitious root-forming medium adventitious roots was increased without trichome formation, and on the trichome-forming medium trichome formation was decreased, and adventitious roots were induced. However on the callus-forming medium treated with ACC, ethephon, CoCl<sub>2</sub> and AgNO<sub>3</sub>, respectively, callus formation was inhibited and trichomes were induced in all cultures.

**Key words:** ACC, ethephon, CoCl<sub>2</sub>, AgNO<sub>3</sub>

### 서 론

식물의 기관분화는 여러 요인들에 의하여 조절되는데, 식물 생장조절제를 비롯하여 식물체 내에서 합성된 다양한 물질들에 의하여 조절된다 (Bagni et al. 1980). 식물생장조절제인 에틸렌은 기관 분화시 영향을 미친다고 알려져 있는데 (Biddington 1992), 복숭아에서는 묘조 유도를 촉진하며 (Dimasi-Theriu and Economou 1995), 십자화과 식물에서

는 묘조 유도를 억제하는 것으로 알려져 있다 (Pua et al. 1996). 또한 에틸렌은 부정근 형성에도 영향을 주어 완두 하배축 (Nordstrom and Eliasson 1993)과 토마토 잎 절편 (Coleman et al. 1980)에서는 부정근 형성을 억제하지만 Norway spruce (Bollmark and Eliasson 1990)나 개암나무 자엽 (Gonzalez et al. 1991)에서는 부정근 형성을 촉진하는 것으로 알려져 있다.

부정근 형성은 대체로 적정 auxin 처리에 의하여 촉진되는데 auxin은 에틸렌 생성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다 (Imaseki et al. 1975). 비록 에틸렌이 단독으로 부정근 형성에 직접 영향을 미친다는 증거는 확실하지 않지만 양적 증감에 따라 부정근 형성이 억제되거나 촉진되는 것으로 미루어 에

\*Corresponding author. Tel (0361) 240-1436  
E-mail tjhan@sun.hallym.ac.kr

틸렌이 부정근 형성에 깊이 관계함을 알 수 있다. 그러므로 기내 배양시 외생 또는 내생 에틸렌 농도를 조절하면 에틸렌 농도에 따른 기관 분화에 미치는 영향을 확인할 수 있을 것으로 기대된다.

에틸렌은 polyamine의 전구물질이기도 한 S-adenosylmethionine (SAM)이 ACC synthase에 의하여 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC)로 전환된 후 산화되어 생성되므로 (Yang and Hoffman 1984) 에틸렌 전구물질인 ACC나 배지 내에서 에틸렌을 발생하는 ethephon을 배지 내에 첨가하면 에틸렌 발생을 유도할 수 있을 것이며, 에틸렌 생합성 억제제나 작용 저해제를 사용하면 에틸렌 생성이나 작용을 억제할 수 있을 것이다. 에틸렌의 생합성 억제 물질로는 여러가지가 알려져 있는데, aminoethoxy vinylglycine (AVG)와 aminooxyacetic acid (AOA)는 ACC synthase의 활성을 억제하며 (Amrhein and Wenker 1979),  $\text{CoCl}_2$ 는 ACC에서 에틸렌으로의 전환을 억제한다 (Lau and Yang 1976). 또한  $\text{AgNO}_3$ 는 식물체내에서 에틸렌 활성을 억제시킨다 (Beyer 1979).

애기장대는 식물의 초파리라고 불리는 식물로서 생리, 생화학 특히 분자생물학의 재료로 많이 이용되고 있으며, 조직 배양 및 식물체 재분화에 관해서도 많은 연구가 진행되어 왔다. 애기장대의 생태종인 'Columbia'의 잎 절편을 NAA가 단독 함유된 MS 고형배지에서 배양하면 저농도에서는 부정근만 형성되나, 농도가 증가함에 따라 모용(trichome)과 캘러스가 형성된다 (Han et al. 1999). 이처럼 애기장대 잎 절편은 NAA의 농도 증가에 따라 부정근, 모용 및 캘러스가 중복 또는 단독으로 형성되는데, 이때 에틸렌은 auxin의 농도에 영향을 받을 것이다. 그러므로 애기장대 잎 절편을 각각 부정근, 모용 및 캘러스를 형성하는 NAA 농도에 ACC나 ethephon과 같은 에틸렌 증가제 또는  $\text{CoCl}_2$ 나  $\text{AgNO}_3$  같은 에틸렌 억제제를 이용하면 NAA 농도에 따른 부정근, 모용 및 캘러스 형성에 미치는 에틸렌의 영향을 알아 볼 수 있을 것으로 기대된다.

이에 따라 본 실험은 이러한 NAA 농도 증가에 따른 조직의 분화 양상에 대한 에틸렌의 작용을 확인하기 위하여 애기장대 잎 절편을 부정근 (0.1 mg/L NAA), 모용 (2.0 mg/L NAA) 및 캘러스 (10.0 mg/L NAA)를 형성하는 MS (Murashige and Skoog 1962) 고형배지 각각에 에틸렌 생합성촉진 물질로 ACC와 ethephon을, 그리고 에틸렌 합성저해제인  $\text{AgNO}_3$ 와 작용억제제인  $\text{CoCl}_2$ 를 처리하여 이들 물질의 농도에 따른 부정근, 모용 및 캘러스의 형성 양상을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

애기장대 (*Arabidopsis thaliana* L. Heynh)의 생태형인 'Columbia'의 종자를 70% (v/v) ethanol과 5% (v/v) NaOCl 용액에서 10분간 살균 처리한 후 멸균수로 5회 수세하였다. 그리고 수세한 종자를 식물생장조절제가 첨가되지 않은 MS 고형배지가 각 20 mL 씩 들어 있는 100 mL flask에 치상하여  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , 명소에서 3~4주 육성한 후 잎 절편을 각각 실험구로 설정한 MS 고형배지에 치상하여  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , 암소에서 배양하였다. 모든 실험은 petri dish (15×90 mm) 당 4~5개의 잎 절편을 치상한 실험을 5회 반복하여 시행하였다.

### Ethylene 증대 및 억제 물질의 영향 조사

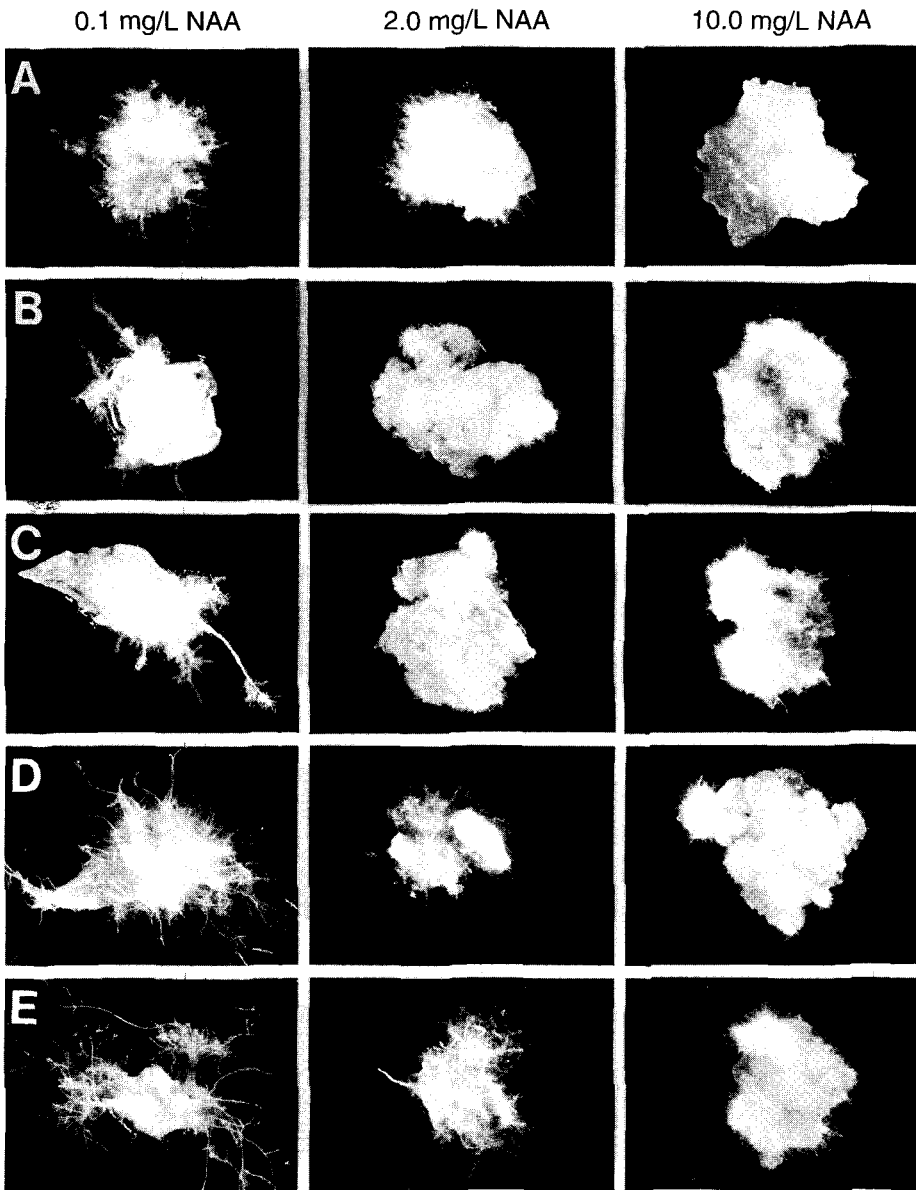
부정근, 모용 및 캘러스의 혼재 없이 대체로 부정근, 모용 및 캘러스만 형성하는 NAA 농도인 0.1 mg/L와 2.0 mg/L 및 10.0 mg/L로 조성한 MS 한천 배지에 에틸렌 전구물질인 ACC와 에틸렌 발생물질인 ethephon 및 에틸렌 합성저해제인  $\text{AgNO}_3$ 와 작용억제제인  $\text{CoCl}_2$ 를 각각 1-100 mg/L 범위에서 처리하여 부정근, 모용, 캘러스 형성 정도 및 부정근 수와 길이를 조사하였다.

## 결 과

### ACC와 ethephon의 영향

부정근과 모용 및 캘러스가 형성되는 NAA 각 농도의 배지에 ACC와 ethephon을 처리한 결과 부정근과 모용 및 캘러스가 혼재되어 나타났다 (Table 1; Figure 1B, 1C). 부정근 형성구에서는 ACC와 ethephon 모두 저농도에서는 부정근이 다소 증가하는 경향을 나타내었으나, 5 mg/L 이상 농도에서 모용이 형성되기 시작하여 농도 증가에 따라 모용은 증가하고 부정근은 감소되었다. 모용 형성구에서는 ACC와 ethephon 모두 50 mg/L 농도에서 캘러스가 증가하고 모용이 감소하기 시작하였고, 100 mg/L에서 더욱 많은 캘러스가 형성되면서 모용은 감소하였다. 그리고 캘러스 형성구에서는 ACC와 ethephon 모두 25 mg/L 이상 농도에서 캘러스 형성이 감소되면서 모용이 증가하였다.

한편 부정근 형성구에서 부정근 수와 길이에 대한 ACC와 ethephon의 영향을 조사한 결과 ACC와 ethephon 모두 농도 증가에 따라 부정근 수가 감소하는 경향을 나타내어 ACC 처리시에는 1 mg/L에서 부정근 수가 약 22.7% 증가하다가 감소하기 시작하여 25 mg/L에서 약 62.9% 감소하였으며, ethephon 처리시에는 5 mg/L 농도 이후 감소하기 시작하여 25 mg/L에서 73.5%까지 감소하였다 (Figure 2). 부정근의 평균 길이는 ACC와 ethephon 처리구 모두 5 mg/L에서 약 60.5% 씩 급격히 감소한 후 100 mg/L에서는 각각 약 82.9%와 85.7%까지 감소하였다 (Figure 3).



**Figure 1.** Morphological observation on the effect of ACC, ethephon,  $\text{CoCl}_2$  and  $\text{AgNO}_3$  on the formation of adventitious roots, trichomes and calli from the leaf segments of *Arabidopsis thaliana* cultured on MS agar media supplemented with 0.1 mg/L, 2.0 mg/L and 10.0 mg/L NAA after 4 weeks, respectively. (A) Control; (B) 100 mg/L ACC; (C) 100 mg/L Ethephon; (D) 100 mg/L  $\text{CoCl}_2$ ; (E) 100 mg/L  $\text{AgNO}_3$ .

#### CoCl<sub>2</sub>와 AgNO<sub>3</sub>의 영향

부정근과 모용 및 캘러스가 형성되는 NAA 각 농도의 배지에  $\text{CoCl}_2$  및  $\text{AgNO}_3$ 를 처리한 결과 부정근과 모용 및 캘러스가 혼재되어 나타났다 (Table 2; Figure 1D, 1E). 부정근 형성구에서는  $\text{CoCl}_2$ 와  $\text{AgNO}_3$  모두 농도 증가에 따라 부정근만 다소 증가하였고 모용은 나타나지 않았다. 모용 형성구에서는  $\text{CoCl}_2$ 와  $\text{AgNO}_3$  모두 50 mg/L 농도에서 부정근이 형성되었고 100 mg/L에서는 더욱 많은 부정근이 형성되었으며 모용은 감소하였다. 그리고 캘러스 형성구에서는  $\text{CoCl}_2$ 와  $\text{AgNO}_3$  모두 50 mg/L 농도 이상에서 캘러스가 감소하면서

모용이 형성되었다.

한편 부정근 형성구에서 부정근 수와 길이에 대한  $\text{CoCl}_2$ 와  $\text{AgNO}_3$ 의 영향을 조사한 결과 농도 증가에 따라 부정근 수는 지속적으로 증가하는 경향을 나타내어 100 mg/L 농도에서 각각 약 48.5%와 51.2% 증가하였으며 (Figure 2), 부정근의 평균 길이는  $\text{CoCl}_2$ 와  $\text{AgNO}_3$  처리구 모두에서 농도 증가에 따라 큰 차이가 나타나지 않아 100 mg/L에서 각각 약 4.0%와 7.9% 증가하였다 (Figure 3).

#### 고 찰

대부분의 식물들은 부정근 유도시보다 많은 양의 auxin을 처리하면 모용 형성 없이 직접 캘러스가 형성되는데 애기장대 생체형인 'Columbia'의 잎 절편은 NAA 농도 증가에 따라 부정근은 물론, 모용 및 캘러스가 순차로 형성되므로 (Han et al. 1999) auxin 농도에 따른 기관 형성과 에틸렌의 관련성을 밝히는 데 적절한 실험 재료라고 생각된다. 비록 에틸렌에 의한 분화 정도는 auxin의 영향이 기본이지만 (Lui and Reid 1992) 본 실험의 결과는 에틸렌의 양적 조절이 분화 정도를 부분적으로 조절하는 것으로 나타났다.

에틸렌 증가제로 사용한 ACC와 ethephon을 부정근, 모용 및 캘러스 형성배지에 1-100 mg/L 처리한 결과 각 처리구에서 변화 양상이 나타났다 (Table 1; Figure 1). 부정근 형성구의 경우 ACC나 ethephon 증가에 따라 대조구와는 달리 부정근은 감소되고 모용이 유도되는 경향을 나타내었고, 모용 형성구에서는 농도 증가에 따라 대조구보다 모용이 감소하여 50 mg/L 농도 이상에서 캘러스 형성이 증가하였는데, 이러한 결과는 Ma 등 (1998)의 실험 결과와 일치하였으나, 캘러스 형성구에서는 캘러스 형성이 감소하고 모용이 증가하는 결과가 나타났다.

에틸렌 억제제로 사용한  $\text{CoCl}_2$ 와  $\text{AgNO}_3$  처리구에서는 ACC와 ethephon과는 다른 양상이 나타났다 (Table 2;

**Table 1.** Effect of ACC and ethephon on the formation of adventitious roots, trichomes and calli from the leaf segments of *Arabidopsis thaliana* on MS agar media supplemented with 0.1, 2.0 and 10.0 mg/L NAA for 4 weeks respectively.

		NAA (mg/L)								
		0.1			2.0			10.0		
		Ad root	Trichome	Callus	Ad root	Trichome	Callus	Ad root	Trichome	Callus
Control		+++ <sup>a</sup>	-	-	-	+++	-	-	-	+++
ACC (mg/L)	1	++++	-	-	-	+++	-	-	-	+++
	5	++	+	-	-	+++	-	-	-	+++
	10	++	+	-	-	+++	-	-	-	+++
	25	+	++	-	-	++	-	-	+	+++
	50	+	++	-	-	+	++	-	+	++
	100	+	++	-	-	+	+++	-	++	+
Ethephon (mg/L)	1	+++	-	-	-	+++	-	-	-	+++
	5	+++	+	-	-	+++	-	-	-	+++
	10	++	+	-	-	+++	-	-	-	+++
	25	+	++	-	-	++	-	-	+	++
	50	+	++	-	-	+	++	-	+	++
	100	+	++	-	-	+	+++	-	++	+

<sup>a</sup> Symbols for +, ++, +, + and - represents excellent, good, moderate, rare and none, respectively.

**Table 2.** Effect of CoCl<sub>2</sub> and AgNO<sub>3</sub> on the formation of adventitious roots, trichomes and calli from the leaf segments of *Arabidopsis thaliana* on MS agar media supplemented with 0.1, 2.0 or 10.0 mg/L NAA for 4 weeks respectively.

		NAA (mg/L)								
		0.1			2.0			10.0		
		Ad root	Trichome	Callus	Ad root	Trichome	Callus	Ad root	Trichome	Callus
Control		+++ <sup>a</sup>	-	-	-	+++	-	-	-	+++
CoCl <sub>2</sub> (mg/L)	1	++++	-	-	-	+++	-	-	-	+++
	5	++++	-	-	-	+++	-	-	-	+++
	10	++++	-	-	-	+++	-	-	-	+++
	25	++++	-	-	-	+++	-	-	-	+++
	50	++++	-	-	+	++	-	-	+	++
	100	++++	-	-	++	+	-	-	+	++
AgNO <sub>3</sub> (mg/L)	1	++++	-	-	-	+++	-	-	-	+++
	5	++++	-	-	-	+++	-	-	-	+++
	10	++++	-	-	-	+++	-	-	-	+++
	25	++++	-	-	-	+++	-	-	-	+++
	50	++++	-	-	+	++	-	-	+	++
	100	++++	-	-	++	+	-	-	+	++

<sup>a</sup> Symbols for +, ++, +, + and - represents excellent, good, moderate, rare and none, respectively.

Figure 1). 부정근 형성구에서는 ACC나 ethephon 처리구에 비하여 모용이나 캘러스 형성 없이 부정근 수만 증가하였으며, 부정근 끝이 구부러지는 변형 현상이 나타났다. 모용 형성구에서도 ACC나 ethephon 처리구와 반대로 나타나 농도 증가에 따라 모용이 감소하면서 부정근이 형성되었다. 캘러스 형성구에서는 ACC나 ethephon 처리구와 유사한 결과가 나타나 CoCl<sub>2</sub>와 AgNO<sub>3</sub> 증가에 따라 모용이 형성되었다.

모용이나 캘러스 형성에 대한 에틸렌의 관련성에 대한 보고는 미미하나 부정근에 관한 연구는 비교적 활발하다. Imaseki (1975) 등은 auxin 증가에 따라 auxin 유도 에틸렌 양이 증가된다고 하였고, Coleman (1980) 등은 토마토 잎 절편 실험에서 IAA의 농도에 따라 부정근 형성이 촉진되며, 가장 부정근 형성이 잘 되는 농도에서 에틸렌 농도가 가장 높으

나 IAA를 단독 처리한 부정근 형성 배지 ( $5 \times 10^{-6}$  M IAA)에 에틸렌을 증가시키면 오히려 부정근 형성이 억제된다고 하였다. 이처럼 부정근 형성은 일정한 수준의 auxin 증가에 따른 에틸렌 증가도 수반하며, 이때 에틸렌 양을 변화시키면 부정근 형성이 영향을 받는다 (Mensuali-Sodi et al. 1995). 본 실험에서도 부정근 형성은 에틸렌 조절제의 영향을 받았다. 부정근 형성구에 에틸렌 증가제와 억제제를 처리하여 부정근 수 (Figure 2)와 길이 (Figure 3)를 조사한 결과 에틸렌 증가제인 ACC와 ethephon 처리시에는 농도 증가에 따라 부정근 수 감소와 함께 길이도 감소하였는데 이는 부정근 감소와 함께 모용이 증가한 결과 (Table 1)에 상응한다. 또한 에틸렌 억제제인 CoCl<sub>2</sub>와 AgNO<sub>3</sub> 처리시에 부정근 수의 증가와 함께 길이도 다소 증가하였는데 이는 모용 형성 없이 부

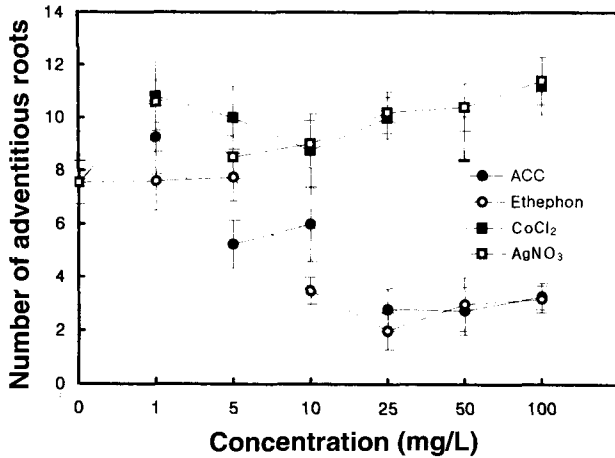


Figure 2. Effect of ACC, ethephon, AgNO<sub>3</sub> and CoCl<sub>2</sub> on the number of adventitious roots from the leaf segments of *Arabidopsis thaliana* on MS agar medium supplemented with 0.1 mg/L NAA after 4 weeks. Bars represent standard errors of five replicates.

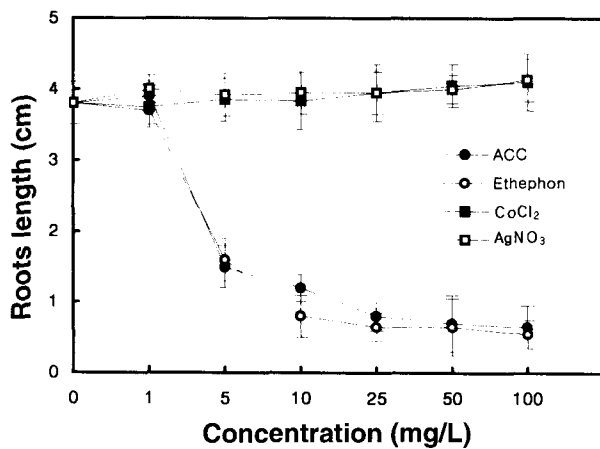


Figure 3. Effect of ACC, ethephon, AgNO<sub>3</sub> and CoCl<sub>2</sub> on the length of adventitious roots from the leaf segments of *Arabidopsis thaliana* on MS agar medium supplemented with 0.1 mg/L NAA for 4 weeks. Bars represent standard errors of five replicates.

정근만 증가한 결과 (Table 2)에 상응한다. 특히 ACC와 ethephon 처리시 부정근 수와 길이의 감소가 모용의 증가로 나타나는 것으로 미루어 부정근은 NAA 증가 또는 에틸렌의 증가에 의하여 모용으로 전이해 가는 것으로 추정할 수 있다.

에틸렌은 완두 (Nordstrom and Eliasson 1993)에서는 부정근 형성을 촉진하는 반면, 소나무류 (Pua et al. 1996)와 Norway spruce (Bollmark and Eliasson 1990)에서는 부정근 형성을 억제하였는데, 이때 관여하는 에틸렌의 양적 범위는 매우 제한적이라고 하였다 (Ma et al. 1998). 그러므로 에틸렌은 식물생장조절제에 의하여 기본적으로 형성된 부정근이나 모용 또는 켈러스 형성에 부차적으로 관여하는 것으로 보이는데, 이러한 경향은 본 실험에서도 나타나며, 특히 부정근 형성에 있어서 그 양적 증감에 따라 좁은 범위에서 증가

시키거나 억제하여 식물생장조절제에 의하여 결정된 것을 부분 조정할 뿐, 에틸렌의 단독 작용에 의하여 부정근이 형성되는 것은 아니라는 Jo (1994) 등의 견해와도 일치하는 결과라고 생각된다. 그러나 에틸렌을 증가시키는 ACC와 ethephon에 의하여 부정근 형성구에서는 부정근이 감소되고 모용이 증가되었으며, 모용 형성구에서는 모용이 감소되고 켈러스 형성을 증가시킨 것으로 미루어 에틸렌의 증가는 NAA의 효과를 증가시킨 것으로 나타났다. 또한 저해제인 CoCl<sub>2</sub>와 AgNO<sub>3</sub>에 의하여 부정근 형성구에서는 부정근만 증가되었으며 모용 형성구에서는 모용이 감소되고 부정근이 증가된 것을 고려할 때 에틸렌의 감소는 NAA의 효과를 감소시킨 것으로 나타났다. 따라서 에틸렌은 NAA에 의한 부정근과 모용 형성시 일정 범위 내에서 NAA의 효과를 대체한다고 할 수 있다.

그러나 켈러스 형성구의 경우 CoCl<sub>2</sub>와 AgNO<sub>3</sub> 처리시에는 에틸렌 감소가 NAA의 작용을 저해하여 켈러스 형성은 감소시키고 모용 형성을 증가시킨 것으로 추정되나 ACC와 ethephon 처리시에도 켈러스가 감소되고 모용이 증가된 것은 상호 모순된다. 그러므로 켈러스를 형성시키는 NAA 농도에서 에틸렌 증가제와 억제제 모두가 켈러스 형성을 감소시키고 모용을 증가시킨 것은 켈러스 형성에는 적정의 NAA가 작용하며, 이때 에틸렌 증감 모두가 이러한 켈러스 형성을 억제하고 모용을 형성시키는 요인으로 작용한 것으로 추정할 수 있다.

이상의 결과와 추론을 통하여 애기장대 잎 절편에 있어서 NAA 농도 증가에 따른 부정근, 모용 및 켈러스에 에틸렌이 관여하는 것을 알 수 있었다. 이때 에틸렌의 증가는 NAA의 작용을 증대시켜 부정근 형성구에서 모용을 증가시키고 모용 형성구에서 켈러스를 형성시키는 데 반하여, 에틸렌의 감소는 NAA의 작용을 억제하여 켈러스 형성구에서 모용을, 모용 형성구에서 부정근을 형성하게 하였다. 그러므로 에틸렌은 어느 일정 범위에서 부정근, 모용 및 켈러스를 형성하는 NAA 농도에 따른 작용을 대신하거나 NAA의 작용이 에틸렌을 통하여 나타나는 것으로 추정할 수 있었다. 그러나 켈러스 형성구에서는 에틸렌 감소가 NAA의 작용을 억제하여 켈러스를 감소시키고 모용을 형성한 것으로 추정되나 에틸렌 증가시에도 켈러스가 감소하고 모용이 형성된 것은 좀 더 연구하여야 할 부분이라고 사료된다.

## 적 요

애기장대 (*Arabidopsis thaliana*) 생체종 'Columbia'의 잎 절편 배양시 부정근, 모용 및 켈러스 형성에 미치는 에틸렌의 역할을 알아보고자 ACC, ethephon, CoCl<sub>2</sub> 및 AgNO<sub>3</sub>의 영향을 조사하였다. 애기장대 잎 절편을 부정근 (0.1 mg/L NAA), 모용 (2.0 mg/L NAA) 및 켈러스 (10.0 mg/L NAA)

를 형성하는 MS 배지 각각에 ACC와 ethephon을 1-100 mg/L 처리한 결과 부정근 형성구에서는 부정근이 감소한 반면 모용이 유기되었고 모용 형성구에서는 모용이 감소한 반면 캘러스가 유기되었다. 또한 CoCl<sub>2</sub>와 AgNO<sub>3</sub>를 1-100 mg/L 처리한 결과 부정근 형성구에서는 모용 형성 없이 부정근이 증가하였으며, 모용 형성구에서는 모용은 감소한 반면 부정근이 유기되었다. 그리고 캘러스 형성구에서는 ACC, ethephon, CoCl<sub>2</sub> 및 AgNO<sub>3</sub> 처리구 모두에서 캘러스 형성이 억제되면서 모용이 형성되었다.

사사 - 본 연구는 1998년도 교육부 학술조성비 (BSRI-98-4439)에 의하여 연구되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

## 인용문헌

- Amrhein N, Wenker D (1979) Novel inhibitors of ethylene production in higher plants. *Plant Cell Physiol* **20**:1635-164
- Bagni N, Malucelli B, Torrigiani P (1980) Polyamine storage substances and abscisic acid-like inhibitors during dormancy and very early activation of *Helianthus tuberosus*. *Physiol Plant* **49**:341-345
- Beyer EM Jr (1979) Effect of silver ion, carbon dioxide and oxygen on ethylene action and metabolism. *Plant Physiol* **63**:169-173
- Biddington NL (1992) The influence of ethylene in plant tissue culture. *Plant Grow Reg* **11**:173-178
- Bollmark M, Eliasson L (1990) Ethylene accelerates the breakdown of cytokinins and thereby stimulates rooting in Norway spruce hypocotyl cuttings. *Physiol Plant* **78**:474-483
- Coleman W, Huxter TJ, Reid DM, Thorpe TA (1980) Ethylene as an endogenous inhibitor of regeneration in tomato leaf discs cultured *in vitro*. *Physiol Plant* **48**:519-525
- Dimasi-Theriou K, Economou AS (1995) Ethylene enhances shoot formation in cultures of the peach rootstock GF-677 (*Prunus persica* × *P. amygdalus*). *Plant Cell Rep* **15**:87-90
- Gonzalez A, Rodriguez R, Tames RS (1991) Ethylene and *in vitro* rooting of hazelnut (*Corylus avellana*) cotyledons. *Physiol Plant* **81**:227-233
- Han TJ, Kim IH, Kim SL, Kim JC, Lim CJ, Jin CD (1999) Organ formation—the formation of adventitious roots, trichomes and calli from leaf segments of *Arabidopsis thaliana* by naphthaleneacetic acid concentrations, and their determination times. *Kor J Plant Tiss Cult* **26**:211-217
- Imaseki H, Kondo K, Watanabe A (1975) Mechanism of cytokinin action on auxin-induced ethylene production. *Plant Cell Physiol* **16**:777-787
- Jo HI, Han TJ, Ha KS, Lee SH, Kim ES (1994) Effect of methylglyoxal-bis (guanyhydrzone) and ethylene synthesis inhibitors on adventitious root formation from soybean cotyledon. *Kor Plant Tiss Cult* **21**:327-332
- Lau OL, Yang SF (1976) Inhibition of ethylene production by cobaltous ion. *Plant Physiol* **58**:14-117
- Lui JH, Reid DM (1992) Auxin and ethylene-stimulated adventitious rooting in relation to tissue sensitivity to auxin and ethylene production in sunflower hypocotyls. *J Exp Bot* **43**:1191-1198
- Ma JH, Yao JL, Cohen D, Morris B (1998) Ethylene inhibitors enhance *in vitro* root formation from apple shoot cultures. *Plant Cell Rep* **17**:211-214
- Mensuali-Sodi A, Panizza M, Tognoni F (1995) Endogenous ethylene requirement for adventitious root induction and growth in tomato cotyledons and lavender microcuttings *in vitro*. *Plant Grow Reg* **12**:83-90
- Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* **15**:473-497
- Nordstrom AC, Eliasson L (1993) Interaction of ethylene with indole-3-acetic acid in regulation of rooting in pea cuttings. *Plant Grow Reg* **12**:83-90
- Pua EC, Sim GE, Chi GL, Kong LF (1996) Synergistic effect of ethylene inhibitors and putrescine on shoot regeneration from hypocotyl explants of Chinese radish (*Raphanus sativa*) *in vitro*. *Plant Cell Rep* **11**:685-690
- Yang SF, Hoffman NE (1984) Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Ann Rev Plant Physiol* **35**:155-189

(접수일자 1999년 8월 25일)