

Methylglyoxal-bis (Guanyldrazone)와 에틸렌 생합성 저해제가 대두 자엽 부정근 형성에 미치는 영향

趙炯一 · 韓泰鎭* · 河建秀¹ · 李舜熙² · 金應植³

翰林大學校 自然科學大學 生物學科, ¹江原道 農村振興院, ²延世大學校 理科學 生物學科, ³西南大學校 生物學科

Effects of Methylglyoxal-bis (Guanyldrazone) and Ethylene Synthesis Inhibitors on Adventitious Root Formation from Soybean Cotyledon

Hyeong Il JO, Tae Jin HAN*, Keun Soo HA¹, Sun Hi LEE² and Eung Sik KIM³

Department of Biology, Hallym University, Chunchon, 200-702: ¹Kangwon Provincial RDA, Chunchon, 200-150: ²Department of Biology, Yonsei University, Seoul, 120-749: and ³Department of Biology, Seonam University, Namwon, 590-170. *Corresponding author.

The effect of methylglyoxal-bis (guanyldrazone) (MGBG) and ethylene synthesis inhibitors on adventitious root formation from soybean cotyledon in relation to ethylene production and endogenous polyamine content was investigated. Cotyledon explants cultured on rooting medium formed numerous adventitious roots on the cut surfaces after 2 weeks of culture. However, when cultured on rooting medium supplemented with MGBG, the root formation was strongly inhibited, its inhibitory effect was reversed when cultured on medium with MGBG + spermine, MGBG + CoCl₂ and MGBG + spermine+CoCl₂. A slight reversion of the rooting inhibition was observed in 10⁻³ M MGBG + 10⁻⁵ M spermine treatment, whereas it caused a significant effect in 10⁻³ M MGBG + 10⁻⁵ M spermine + 10⁻⁴ M CoCl₂ treatment. Ethylene production and endogenous polyamine content was investigated in 10⁻³ M MGBG, 10⁻³ M MGBG + 10⁻⁵ M spermine, 10⁻³ M MGBG + 10⁻⁴ M CoCl₂ and 10⁻³ M MGBG + 10⁻⁵ M spermine + 10⁻⁴ M CoCl₂ treatments. Ethylene production was highest in 10⁻³ M MGBG treatment, whereas spermidine and spermine levels was lowest. Ethylene changes in 10⁻³ M MGBG + 10⁻⁵ M spermine treatment was higher than control. In 10⁻³ M MGBG + 10⁻⁵ M spermine + 10⁻⁴ M CoCl₂ treatment, ethylene production was lowest, whereas polyamine level was highest.

Key word: polyamines, rooting, spermine

에틸렌은 식물의 생장과 발달 단계에 다양하게 영향을 미치는 식물 호르몬으로(Yang and Hoffman, 1984; Reid, 1987) 덩굴강남콩(Linkins et al., 1973)과 녹두(Krishnamorthy, 1970)에서 부정근 형성을 촉진시키는 것으로 알려져 있다. 한편 polyamine은 식물의 생장, 발달 등의 생리적 과정에 관여하는 것으로 알려져 있는데(Palavan-Unsal and Galston, 1982; Shen and Galston, 1985), 부정근 형성에도 관여하여 녹두의 줄기(Jarvis et al., 1983), 팥(Jarvis et al., 1985), 양벚나무(Biondi et al., 1990) 등에서 부정근 형성을 촉진시키는 것으로 알려져 있다.

에틸렌과 polyamine은 공통의 전구물질인 S-adenosylmethionine (SAM)으로부터 생성되므로 이 두 물질

의 생성 정도는 상호 밀접한 관련성이 있다. 에틸렌은 SAM으로부터 ACC synthase (EC 4.4.1.14)에 의하여 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC)로 전환된 후에 ACC oxidase에 의하여 합성되며(Adams and Yang, 1977; Yang and Hoffman, 1984), polyamine은 arginine과 ornithine에서 putrescine이 합성되고(Evans and Malmberg, 1989) 이때 생성된 putrescine이 decarboxylated SAM에 의하여 spermidine과 spermine으로 전환된다(Smith, 1985). 한편 이러한 에틸렌과 polyamine의 상호 관련성에 대하여 Park과 Lee(1990)는 담배 배양세포에서 polyamine과 에틸렌 생합성이 상호 경쟁적으로 조절된다고 하였으나, Biondi 등(1990)은 *Prunus avium* 묘초에서 부정근이 형성될 때 polyamine과

에틸렌이 상호 경쟁적으로 작용하지 않는다고 하였다.

이에 따라 본 연구는 에틸렌과 polyamine이 대두 자엽 부정근 형성에 미치는 상호 관련성을 알아 보기 위하여 methylglyoxal-bis (guanylylhydrazone)(MGBG) 처리시의 부정근 형성 억제가 spermine에 의하여 부분적으로 회복된 것을 근거로(Han et al., 1994) 에틸렌 저해제들을 MGBG와 혼합 처리한 후 부정근 형성에 가장 많은 영향을 주었던 CoCl_2 를 MGBG와 spermine 혼합처리구에 함께 처리하여 부정근 형성에 따른 에틸렌과 polyamine 함량변화를 조사하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 처리

실험에 사용된 대두 종자(*Glycine max* L. '장엽')는 강원도 농촌진흥원으로부터 분양 받아 사용하였다. 종자를 살균하여 암소에서 5일간 발아 시킨 유식물의 자엽을 폭 3 mm의 절편으로 만들어 실험구로 설정한 고품배지에 각각 치상하여 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 암소에서 배양하였다.

MGBG에 대한 에틸렌 저해제의 영향을 조사하기 위하여 대두 자엽 부정근 형성 배지(Ha et al., 1991)를 대조구로 하여 MGBG에 대한 polyamine의 부정근 회복에 관한 실험 결과(Han et al., 1994)를 근거로 10^{-3} M MGBG 처리구에 에틸렌 합성 저해제인 CoCl_2 , aminooxyacetic acid(AOA), AgNO_3 등을 10^{-6} - 10^{-3} M 농도로 각각 첨가하여 2주간 배양하면서 부정근 회복효과를 조사하였다. 또한 MGBG에 대한 spermine과 CoCl_2 의 영향을 조사하기 위하여 MGBG에 대한 에틸렌 저해제의 영향 조사에 관한 실험 결과 부정근 형성 회복에 가장 효과가 좋았던 CoCl_2 를 10^{-3} M MGBG 처리구 및 10^{-3} M MGBG와 10^{-5} M spermine 혼합처리구에 농도별로 처리하여 2주간 배양하면서 부정근 회복효과를 조사하였다. 에틸렌 생성량과 polyamine 함량 조사는 부정근 형성이 확인되는 배양 6일 까지 날짜별로 조사하였다.

에틸렌 생성량 측정

대조구에 10^{-3} M의 MGBG와 10^{-5} M의 spermine 및 10^{-4} M의 CoCl_2 를 단용 또는 혼용 처리한 배지를 10 mL씩 넣은 20 mL의 vial에 대두 자엽 절편 0.5 g을 넣은 다음 실리콘 마개로 막아 암소에서 3시간 배양한 후에 vial 내의 기체 1 mL를 주사기로 채취하여 Gas Chromatograph(Shimadzu GC-3BF, Flame Ionization Detector, Alumina Column: 100°C , air: $0.4 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^{-2}$, carrier: $2 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^{-2}$, H_2 : $0.5 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^{-2}$)로 정량하였다(Yu and Yang, 1979).

Polyamine의 추출과 정량

Putrescine, spermidine 및 spermine의 함량변화를 조사하기 위하여 대두 자엽의 신선중 500 mg에 ice-cold의 5% perchloric acid(PCA) 2.5 mL를 넣고 homogenizer로 균질화한 후 $12,000 \times \text{g}$ 로 20분간 원심분리하여 그 상정액을 시료원으로 사용하였으며, polyamine의 정량은 thin layer chromatography(TLC)를 이용하여 Goren 등(1982)의 방법에 따라 electronic photofluorimeter(excitation: 350 nm, emission: 500 nm)에서 형광강도를 측정하여 정량하였다.

결 과

MGBG에 대한 에틸렌 저해제의 영향

부정근 형성 억제가 가장 심한 10^{-3} M MGBG에 CoCl_2 , AOA, AgNO_3 등의 에틸렌 저해제를 각각의 농도별로 처리하여 부정근 형성에 미치는 영향을 관찰하였다(Table 1). 각 처리구에서의 부정근 형성 회복 효과는 10^{-3} M MGBG에 AOA를 농도별로 함께 처리한 경우 10^{-4} M에서 13% 정도로 부정근 회복 효과가 가장 높았으며, CoCl_2 의 경우도 10^{-4} M에서 약 20%로 모든 처리구 중에서 가장 부정근 회복 효과가 높았다. AgNO_3 의 경우는 10^{-6} M에서 다소 부정근 회복 효과가 나타났으나 농도가 높아질수록 부정근 형성이 더 억제되거나 자엽 절편이 괴사하였다.

MGBG에 대한 Polyamine과 CoCl_2 의 영향

대두 자엽 부정근 형성시 MGBG에 대한 polyamine의 영향을 조사한 실험(Han et al., 1994)을 근거로 10^{-3} M MGBG에 10^{-5} M spermine을 함께 처리한 후 부정근 회복 효과가 가장 높았던 CoCl_2 (Table 1)를 농도별로 함께 처리하여 부정근 형성을 관찰하였다(Figure 1, Table 2). CoCl_2 농도에 따른 부정근 형성 정도는 대조구와 비교하여 CoCl_2 농도가 증가함에 따라 부정근 형성이 억제되어 10^{-4} M 처리시에는 대조구와 비교하여 약 28%의 부정근이 형성되었

Table 1. Effect of 10^{-3} M MGBG and ethylene inhibitors on adventitious root numbers formed from soybean cotyledonary segments after 2 weeks of incubation.

| Treatment | Concentration (M) | | | | |
|------------------------|---|------------|-------------|-------------|------------|
| | 0 | 10^{-6} | 10^{-5} | 10^{-4} | 10^{-3} |
| | Number of adventitious roots ^a | | | | |
| Control | 71 ± 232 | - | - | - | - |
| MGBG | 1.1 ± 0.62 | - | - | - | - |
| MGBG + AOA | - | 5.4 ± 1.23 | 7.6 ± 3.23 | 10.2 ± 1.14 | 9.8 ± 2.09 |
| MGBG + CoCl_2 | - | 7.2 ± 0.25 | 11.2 ± 3.21 | 15.2 ± 3.61 | necrosis |
| MGBG + AgNO_3 | - | 6.6 ± 2.12 | 0 | 0 | necrosis |

^aMean ± S.E.

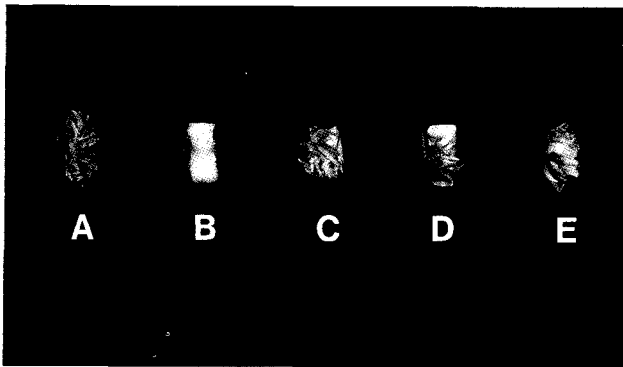


Figure 1. Effect of MGBG, spermine and CoCl₂ on adventitious root formation from soybean cotyledonary segments after 2 weeks of incubation. A, Control; B, 10⁻³ M MGBG; C, 10⁻³ M MGBG + 10⁻⁵ M spermine; D, 10⁻³ M MGBG + 10⁻⁴ M CoCl₂; E, 10⁻³ M MGBG + 10⁻⁵ M spermine + 10⁻⁴ M CoCl₂.

Table 2. Effect of 10⁻³ M MGBG, 10⁻⁵ M spermine and CoCl₂ on adventitious root numbers formed from soybean cotyledonary segments after 2 weeks of incubation.

| Treatment | Concentration (M) | | | | |
|----------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 0 | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻³ |
| | Number of adventitious roots ^a | | | | |
| Control | 71 ± 2.32 | - | - | - | - |
| MGBG+spermine | 9.2 ± 0.86 | - | - | - | - |
| MGBG+spermine +CoCl ₂ | - | 9.2 ± 0.25 | 17.2 ± 3.21 | 23.2 ± 5.61 | necrosis |

^aMean ± S.E.

으며, 10⁻³ M 처리시에는 부정근이 형성되지 않았다. MGBG와 spermine 혼합처리구에 10⁻⁴ M CoCl₂를 함께 처리한 결과 다른 처리구보다는 비교적 높게 부정근 형성이 관찰되어 약 33% 정도의 부정근이 형성되었으며, MGBG와 spermine 혼합처리구보다 2.5배 증가하였다.

에틸렌 생성량 변화

에틸렌 생성량은 모든 처리구 중 MGBG 단독처리구에서 전 배양 기간 동안 가장 높게 나타났다(Figure 2). 모든 처리구에서 배양 1일에 에틸렌 생성량이 급격히 증가하였다가 배양 2일에 급격히 감소하였고, 다시 배양 3일에는 급격히 증가하는 경향을 보였으며, 3일 이후에는 모든 처리구에서 대체적으로 감소하는 경향을 보였다. MGBG 처리구는 배양 3일에 대조구보다 에틸렌 생성량이 2배 정도 증가하였으며, MGBG와 spermine 혼합처리구는 대조구보다는 다소 높았고, MGBG 처리구보다는 낮은 경향을 보였다. MGBG와 CoCl₂ 혼합처리구는 배양 3일까지는 대조구보다 에틸렌 생성량이 대체로 낮게 나타났으며, 4일 이후에는 대조구보

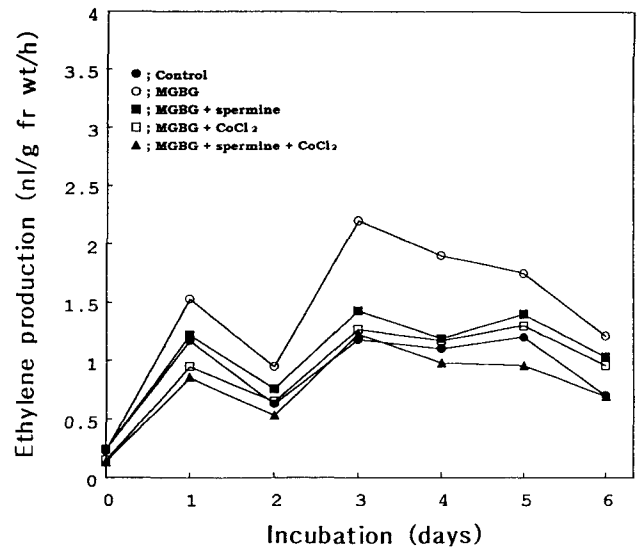


Figure 2. Changes in ethylene production on the effect of 10⁻³ M MGBG, 10⁻⁵ M spermine and 10⁻⁴ M CoCl₂ during the formation of adventitious root from soybean cotyledonary segments.

다 높게 나타났다. MGBG, spermine 및 CoCl₂ 혼합처리구는 MGBG와 CoCl₂ 혼합처리구와 유사한 경향을 보이다가 배양 3일 이후부터는 에틸렌 생성량이 감소하였으며, 모든 처리구 중에서 에틸렌 생성량이 가장 낮았다.

Polyamine 함량 변화

Putrescine 함량은 모든 처리구에서 배양 5일까지 증가하였다(Figure 3). 배양 3일까지는 putrescine 함량이 대조구에 비하여 모든 처리구에서 높게 나타났는데, MGBG 처리구가 배양 5일 이후 putrescine 함량이 가장 높았다. MGBG와 spermine 혼합처리구는 배양 5일까지 계속 증가하다가 감소하였고, MGBG나 spermine을 CoCl₂와 함께 처리한 경우는 모두 5일 이후 감소하였다. 또한, MGBG와 CoCl₂ 혼합처리구는 3일 이후 큰 변화가 없었으며, MGBG, spermine 및 CoCl₂ 혼합처리구는 배양 3일까지 급증한 후 일정 수준을 유지하였는데, 배양 5일까지 putrescine 함량이 모든 처리구 중에서 가장 높게 나타났다.

Spermidine 함량은 모든 처리구에서 MGBG 단독처리구보다 높게 나타났고, 모든 처리구 중에서 부정근 회복이 가장 좋았던 MGBG, spermine 및 CoCl₂ 혼합처리구에서 spermidine 함량이 가장 높았다(Figure 3). MGBG와 spermine 혼합처리구는 배양 3일까지 증가하다가 그 이후 5일까지 감소하였으며, 5일 이후에는 다시 급격히 증가하는 경향을 보였다. MGBG와 CoCl₂ 혼합처리구는 MGBG와 spermine 혼합처리구와 비슷한 경향을 보였지만 spermidine의 함량은 다소 낮게 나타났다.

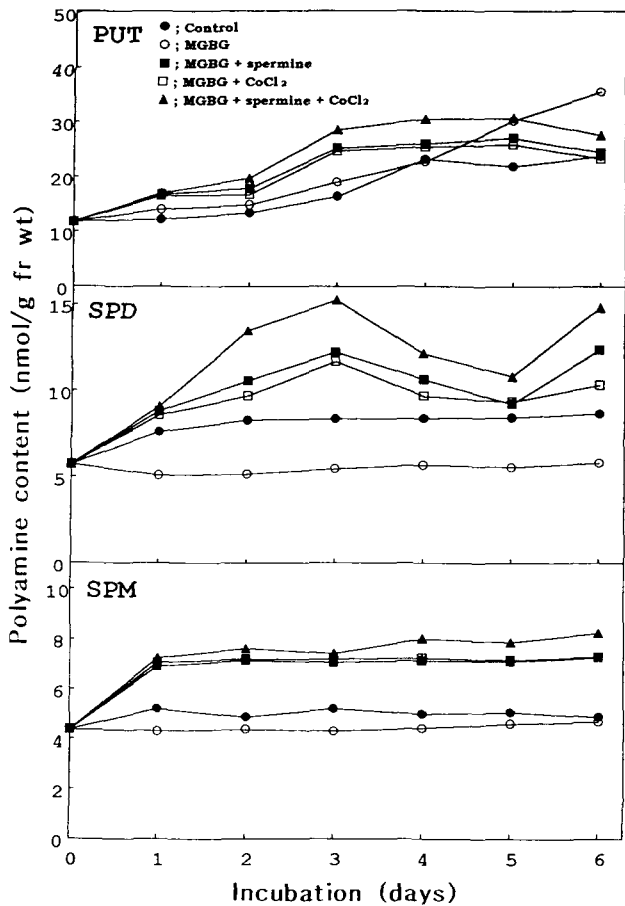


Figure 3. Changes in putrescine (PUT), spermidine (SPD) and spermine (SPM) content on the effect of 10^{-3} M MGBG, 10^{-5} M spermine and 10^{-4} M $CoCl_2$ during the formation of adventitious root from soybean cotyledonary segments.

Spermine 함량은 각 처리구에서 배양 1일 이후 큰 변화가 없었다(Figure 3). 모든 처리구에서 spermine 함량은 대체로 배양 1일 이후부터 일정한 수준을 유지하여 큰 변화가 없었으나, 대조구와 MGBG 단독처리구에 비하여 spermine과 $CoCl_2$ 혼합처리구에서 spermine 함량이 현저히 높았다. 이 중에서 MGBG 처리에 의한 부정근 억제시 부정근 회복능이 가장 높았던 MGBG, spermine 및 $CoCl_2$ 혼합처리구에서 spermine 함량이 가장 높게 나타났으며, MGBG 단독처리구의 spermine 함량이 가장 낮았다.

Polyamine 함량비

부정근 형성이 양호한 대조구를 기준으로 각 실험구의 부정근 형성 정도에 따른 polyamine의 함량비를 조사하였다(Table 3). Spermidine과 spermine 총량에 대한 putrescine 함량비(PUT/SPD+SPM)는 MGBG 처리구에서 가장 높게 나타났고 부정근 회복이 가장 좋았던 MGBG, spermine 및 $CoCl_2$ 혼합처리구에서 가장 낮게 나타났다. Spermidine에 대

Table 3. Polyamine ratios during adventitious root formation from soybean cotyledonary segments treated with 10^{-3} M MGBG, 10^{-5} M spermine and 10^{-4} M $CoCl_2$ after 6 days of incubation.

| Treatment | Incubation days | | | | | | |
|--|-----------------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| PUT ^a /SPD ^b +SPM ^c | | | | | | | |
| Control | 1.17 | 0.95 | 1.02 | 1.21 | 1.73 | 1.62 | 1.75 |
| MGBG | 1.17 | 1.49 | 1.55 | 1.95 | 2.25 | 2.98 | 3.39 |
| MGBG+Spermine | 1.17 | 1.07 | 1.01 | 1.31 | 1.46 | 1.66 | 1.24 |
| MGBG+ $CoCl_2$ | 1.17 | 1.06 | 0.99 | 1.30 | 1.50 | 1.57 | 1.32 |
| MGBG+Spermine+ $CoCl_2$ | 1.17 | 1.04 | 0.93 | 1.26 | 1.51 | 1.64 | 1.19 |
| PUT/SPD | | | | | | | |
| Control | 2.06 | 1.60 | 1.61 | 1.96 | 2.76 | 2.59 | 2.74 |
| MGBG | 2.06 | 2.76 | 2.87 | 3.48 | 4.00 | 5.44 | 6.12 |
| MGBG+Spermine | 2.06 | 1.90 | 1.69 | 2.06 | 2.44 | 2.93 | 1.97 |
| MGBG+ $CoCl_2$ | 2.06 | 1.93 | 1.73 | 2.11 | 2.60 | 2.77 | 2.25 |
| MGBG+Spermine+ $CoCl_2$ | 2.06 | 1.87 | 1.46 | 1.87 | 2.51 | 2.84 | 1.86 |
| PUT/SPM | | | | | | | |
| Control | 2.70 | 2.34 | 2.74 | 3.14 | 4.65 | 4.32 | 4.86 |
| MGBG | 2.70 | 3.26 | 3.39 | 4.42 | 5.14 | 6.57 | 7.59 |
| MGBG+Spermine | 2.70 | 2.43 | 2.50 | 3.57 | 3.65 | 3.82 | 3.36 |
| MGBG+ $CoCl_2$ | 2.70 | 2.34 | 2.32 | 3.43 | 3.51 | 3.62 | 3.19 |
| MGBG+Spermine+ $CoCl_2$ | 2.70 | 2.35 | 2.59 | 3.85 | 3.81 | 3.91 | 3.34 |
| SPD/SPM | | | | | | | |
| Control | 1.31 | 1.46 | 1.70 | 1.61 | 1.68 | 1.67 | 1.77 |
| MGBG | 1.31 | 1.18 | 1.18 | 1.27 | 1.28 | 1.21 | 1.24 |
| MGBG+Spermine | 1.31 | 1.28 | 1.48 | 1.74 | 1.49 | 1.30 | 1.70 |
| MGBG+ $CoCl_2$ | 1.31 | 1.22 | 1.35 | 1.63 | 1.35 | 1.31 | 1.42 |
| MGBG+Spermine+ $CoCl_2$ | 1.31 | 1.26 | 1.77 | 2.06 | 1.52 | 1.38 | 1.80 |

^aPUT, putrescine; ^bSPD, spermidine; ^cSPM, spermine.

한 putrescine의 함량비(PUT/SPD)와 spermine에 대한 putrescine의 함량비(PUT/SPM)의 경우도 MGBG 처리구가 다른 처리구에 비하여 2배 이상 높게 나타났다. 한편 spermine에 대한 spermidine의 함량비(SPD/SPM)는 대조구와 MGBG, spermine 및 $CoCl_2$ 혼합처리구에서 가장 높게 나타났고, 반대로 MGBG 처리구에서는 가장 낮게 나타났으며 부정근 회복 정도에 따라 함량비도 증가하는 경향을 나타내었다.

고 찰

MGBG는 에틸렌 합성과 polyamine 합성의 전구체인 SAM의 대사과정에 작용하는 효소인 SAMDC의 활성을 억제함으로써 polyamine 합성을 저해하므로(Alhonen-Hongisto et al., 1980; Biondi et al., 1990) MGBG에 의한 polyamine 대사경로의 저해는 에틸렌 생성을 증가시킬 것으로 추측되며(Lee and Park, 1991), 이때의 에틸렌 증가가 부정근 형성 억제요인일 것이라는 Han 등(1994)의 추론을 근거로 본 연구에서는 MGBG 처리구에 에틸렌 저해제를 함께 처리하여 부정근 회복능을 조사하였다(Table 1). 그 결과 부정근 회

복효과는 CoCl_2 혼합처리구에서 가장 높게 나타났는데 이러한 결과는 MGBG에 의하여 에틸렌이 증가되어 억제된 부정근 형성이 에틸렌 저해제에 의하여 부분적으로 회복됨을 시사한다. 또한 MGBG에 의하여 억제된 부정근 형성이 spermine에 의하여 부분적으로 회복된 Han 등(1994)의 실험 결과와 일치하는 부정근 회복능을 확인하였다(Table 2). 이러한 실험결과를 토대로 MGBG와 spermine 혼합처리구에 부정근 회복능이 가장 높았던 에틸렌 저해제인 CoCl_2 를 농도별로 처리하여 부정근 회복능을 조사한 결과(Table 2), MGBG와 spermine 혼합처리구에 10^{-4} M CoCl_2 를 함께 처리한 실험구에서 부정근 회복능이 가장 높았는데, 이러한 결과로 부정근 형성에는 spermine 뿐 아니라 에틸렌도 관계하고 있음을 추정할 수 있었으며 이러한 사실을 확인하기 위하여 에틸렌 생성량과 내부 polyamine의 함량 변화를 조사하였다. MGBG 처리구에서 에틸렌 생성량이 가장 높았고 spermidine 및 spermine 함량은 가장 낮았으며, putrescine 함량은 대조구보다는 높았지만 다른 처리구보다는 낮았는데 (Figure 2, 3), 이러한 결과는 Botha와 Whitehead(1992)의 실험에서 MGBG에 의하여 에틸렌 생성량이 증가한다는 결과와 일치하였다. 또한 부정근 회복능이 비슷하게 나타난 MGMG와 spermine 혼합처리구 및 MGBG와 CoCl_2 혼합처리구에서는 에틸렌 생성량과 변화양상이 유사하게 나타났으며, polyamine 함량과 변화양상도 유사하였다. 한편 MGBG와 spermine 및 10^{-4} M CoCl_2 혼합처리구에서는 에틸렌 생성량이 가장 낮게 나타난 반면 (Figure 2) polyamine의 함량은 가장 높게 나타났는데 (Figure 3), 이러한 실험 결과는 에틸렌 생성과 polyamine 함성이 상호 관련이 있다는 결과 (Lee and Park, 1991)에 미루어 CoCl_2 가 에틸렌 생성을 억제하여 polyamine 함량을 증가시킨 것으로 추측된다.

식물의 기관분화시 polyamine 함량비에 대한 연구는 Friedman 등(1982)이 녹두 하배축 부정근 형성시 competent time인 24시간 (Dhindsa et al., 1987) 이후의 spermidine에 대한 putrescine 함량비를 조사한 바 있다. 대두 자엽절편의 경우는 Han(1994)이 부정근 형성을 위한 competent time이 배양 4일이라고 하였는데, 이를 근거로 각 실험구의 부정근 형성 정도에 따른 각 polyamine의 함량비를 조사하였다 (Table 3).

Spermidine과 spermine 총량에 대한 putrescine 함량비 (PUT/SPD+SPM)는 MGBG 처리구에서 가장 높게 나타났고 spermidine에 대한 putrescine 함량비 (PUT/SPD)와 spermine에 대한 putrescine 함량비 (PUT/SPM)의 경우도 MGBG 처리구에서 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 MGBG 처리시 spermidine과 spermine의 생성을 억제하였기 때문으로 사료된다. 또한 spermine에 대한 spermidine 함량비 (SPD/SPM)는 부정근 형성능이 가장 양호한 대조구에서 가장 높았고 그 다음 부정근 형성이 활발한 순서에 따라 높게 나타났다. 이러한 결과는 대두 자엽에서 polyamine 저해

제를 처리한 Han과 Jo(1994)의 실험 결과와 일치하며, 녹두를 이용한 부정근 형성 (Jarvis et al., 1983; Tiburcio et al., 1989) 결과와도 대체로 일치하였다.

이상의 실험 결과와 추론을 통하여 에틸렌과 polyamine이 상호 경쟁적으로 적정한 수준에서 부정근 형성에 관여하며, 특히 에틸렌과 spermine의 적정한 수준이 부정근 형성에 중요하다고 사료된다. 그러나 에틸렌의 부정근 형성에 관한 구체적인 기작은 아직 불분명하므로 분자생물학적 방법 등의 보다 구체적인 연구가 뒷받침되어야 할 것으로 사료된다.

적 요

MGBG와 에틸렌 저해제가 대두 자엽 부정근 형성에 미치는 영향을 알아보고자 에틸렌 생성량과 내생 polyamine 함량을 조사하였다. 대두 자엽 절편을 부정근 형성 배지에 2주간 배양하면서 관찰한 결과 많은 양의 부정근이 형성되었으나 10^{-3} M MGBG를 처리하면 부정근 형성이 거의 억제되었다. 그러나 MGBG + spermine, MGBG + CoCl_2 및 MGBG + spermine + CoCl_2 를 농도별로 처리한 경우 부정근 형성 억제가 회복되었다. 10^{-3} M MGBG에 spermine을 농도별로 처리한 경우 10^{-5} M의 spermine 혼합 처리시 다소 회복되었다. 10^{-3} M MGBG + 10^{-5} M spermine + 10^{-4} M CoCl_2 처리구에서는 부정근 회복능이 10^{-3} M MGBG + 10^{-5} M spermine 처리구에 비하여 현저히 증가하였다. 또한 에틸렌 생성량과 polyamine 함량을 10^{-3} M MGBG, 10^{-3} M MGBG + 10^{-5} M spermine, 10^{-3} M MGBG + 10^{-4} M CoCl_2 및 10^{-3} M MGBG + 10^{-5} M spermine + 10^{-4} M CoCl_2 처리구에서 조사한 결과 10^{-3} M MGBG 단독 처리구에서 에틸렌 생성량이 가장 높았으며, spermidine과 spermine의 함량은 가장 낮았다. 부정근 형성능이 다소 회복된 10^{-3} M MGBG + 10^{-5} M spermine 혼합처리구에서의 에틸렌 생성량은 대조구보다는 다소 높게 나타났다. 부정근 회복능이 가장 높았던 10^{-3} M MGBG + 10^{-5} M spermine + 10^{-4} M CoCl_2 혼합처리구에서 에틸렌 생성량은 가장 낮게 나타났으며, polyamine 함량은 가장 높게 나타났다.

사사 본 연구는 1993년도 교육부 기초과학육성연구비 지원에 의한 것임.

인 용 문 헌

- Adams DO, Yang SF (1977) Methionine metabolism in apple tissue. Implication of S-adenosylmethionine as an intermediate in the conversion methionine to ethylene. *Plant Physiol* 60: 892-896

- Alhonen-Hongisto L, Seppanen P, Janne J** (1980) Intracellular putrescine and spermidine deprivation induces increased uptake of the natural polyamines and methylglyoxalbis (guanylhydrazone). *Biochem J* **192**: 941-945
- Biondi S, Diaz T, Iglesias I, Gamberini G, Bagni N** (1990) Polyamines and ethylene in relation to adventitious root formation in *Prunus avium* shoot cultures. *Physiol Plant* **78**: 474-483
- Botha ML, Whitehead CS** (1992) The effect of polyamines on ethylene synthesis during normal and pollination-induced senescence of *Petunia hybrida* L. flowers. *Planta* **188**: 478-483
- Dhindsa SR, Dong G, Lalonde L** (1987) Altered gene during expression a auxin-induced root development from excised mung bean seedling. *Plant Physiol* **94**: 1148-1153
- Evans PT, Malmberg R** (1989) Do polyamine have role in plant development?. *Annu Rev Plant Physiol and Plant Mol Biol* **40**: 235-269
- Friedman R, Altman A, Bachrach U** (1982) Polyamines and root formation in mung bean hypocotyl cuttings. I. Effects of exogenous compounds and changes in endogenous polyamine content. *Plant Physiol* **70**: 844-848
- Goren R, Palavan N, Flores H, Galston AW** (1982) Changes in polyamine titer in etiolated pea seedlings following red-light treatment. *Plant Cell Physiol* **23**: 19-26
- Ha KS, Han TJ, Jo SH** (1991) Effects of nitrogen sources and auxin on the formation of adventitious root and callus in soybean (*Glycine max* L.) tissue culture. *Korean J Plant tissue culture* **18**(1): 33-37
- Han TJ** (1994) Changes in specific protein profiles during initiation of adventitious roots in soybean (*Glycine max* L.) cotyledons. *Korean J Plant Tissue Culture* **21**(2): 123-129
- Han TJ, Jo HI** (1994) Effects of Cyclohexylamine and polyamines on the adventitious root formation from soybean cotyledons. *Korean J Plant Tissue Culture* **21**(4): 207-213
- Han TJ, Lee DW, Lee SH** (1994) Effects of polyamine inhibitors and polyamines on adventitious root formation from soybean cotyledons. *Korean J Plant Tissue Culture* **21**(2): 106-110
- Jarvis BC, Shannon PRM, Yasmin S** (1983) Involvement of polyamines with adventitious root development in stem cuttings of mung bean. *Plant Cell Physiol* **24**(4): 677-683
- Jarvis BC, Yasmin S, Coleman MT** (1985) RNA and protein metabolism during adventitious root formation in stem cuttings of *Phaseolus aureus* cultivar berkin. *Physiol Plant* **64**: 53-59
- Krishnamorthy HN** (1970) Promotion of rooting in mung bean hypocotyl cuttings with ethrel. *Plant Cell Physiol* **11**: 979
- Lee SH, Park KY** (1991) Compensatory aspects of the biosynthesis of spermidine in tobacco cells in suspension culture. *Plant Cell Physiol* **31**: 523-531
- Linkins AE, Lewis LN, Palmer RL** (1973) Hormonally induced changes in the stem and petiole anatomy and cellulase enzyme patterns in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol* **52**: 544
- Palavan-Unsal N, Galston AW** (1982) Polyamine biosynthesis and titer during various development stages of *Phaseolus vulgaris*. *Physiol Plant* **55**: 438-444
- Park KY, Lee SH** (1990) Roles of S-adenosylmethionine as an intermediate in relation between polyamine and ethylene. biosynthesis in suspension-cultured tobacco cells. *Korean J Bot* **33**: 87-96
- Reid MS** (1987) ethylene. in plant growth, development, and senescence, *In* PJ Davies, eds, *Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development*, Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht. The Netherlands, pp 257-279
- Shen HJ, Galston AW** (1985) Correlation between polyamine ratios and growth patterns in seedling roots. *Plant Growth regulation* **3**: 353-363
- Smith TA** (1985) Polyamines. *Annu Rev Plant Physiol and Plant Mol Biol* **36**: 117-143
- Tiburcio AE, Gendy CA, Tran Thanh Van K** (1989) Morphogenesis in tobacco subepidermal cells: Putrescine as a marker of root differentiation. *Plant Cell Tissue Organ Culture* **19**: 43-54
- Yang SF, Hoffman NE** (1984) ethylene. biosynthesis and its regulation in higher plants. *Ann Rev Plant Physiol* **35**: 155-189
- Yu YB, Yang SF** (1979) Auxin-induced ethylene production and its inhibition by aminoethoxyvinylglycine and cobalt ion. *Plant Physiol* **64**: 1074-1077

(1994년 10월 12일 접수)