

벼에 대한 Ethylene의 生理作用에 關한 研究
IV. 벼 幼苗와 葉의 Ethylene 生成量에 미치는 Methionine
및 1-Aminocyclopropane -1-Carboxylic Acid의 影響

李文熙* · 太田保夫**

Studies on Physiological Action of Ethylene
in Rice Plant
IV. Effect of Methionine and ACC on Ethylene Evolution
Seedling and Leaf Blade of Rice

Moon Hee Lee* and Yasueo Ota**

ABSTRACT

The experiments were carried out to know the effect of methionine (precursor) and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC, direct precursor) on ethylene evolution in rice plant.

When rice seedlings and leaves were incubated with various concentrations of methionine and ACC, the amount of ethylene evolution increased, but at high nitrogen levels the ethylene evolution decreased.

緒 言

高等植物의 組織의 에틸렌 生合成系에 대해서는 遊離아미노酸의 한 種類인 메치오닌이 前驅物質이 되고, 이어서 에틸렌 合成의 直接前驅物質이라고 하는 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid(ACC)가 生成되어 이 ACC에서 에틸렌이 生成된다는 것이 알려져있다. (1,2,3,4,8,12,14,15)

또 前報¹⁾에서는 벼에 窒素施用量을 增加하면 체내에 메치오닌과 ACC含量은 增加하나 에틸렌 生成량이 減少하여 窒素營養에 의한 어떤 要因이 에틸렌 生合成系의 ACC→에틸렌 生成過程을 制御하는 것이 보고되었다.

本 研究에서는 벼 幼苗 및 成葉의 에틸렌 生合成系에 關與하는 메치오닌과 ACC가 에틸렌 生成량에 미치는 影響과 窒素水準이 다른 벼 幼苗 및 葉에 메치오

닌과 ACC 處理가 에틸렌 生成량에 미치는 影響에 대하여 檢討하였다.

材料 및 方法

實驗 1 : Methionine 및 ACC 處理가 에틸렌 生成량에 미치는 影響

가. 벼 幼苗에 對한 methionine의 處理效果

日本晴을 供試하여 30℃에서 3日間을 浸種 催芽하여 催芽가 均一한 種子를 골라 0.7%의 寒天배양액을 1ml씩 넣은 直徑 1.5cm 높이 18cm의 試驗管의 寒天위에 3粒씩 置床하였다. 메치오닌은 0, 25, 50, 100ppm의 溶液을 각각 0.2ml씩 注入하였다. 試驗管의 上部는 알미늄호일로 막아 30℃의 暗條件 및 4,000 lux의 人工光條件에서 3日間 培養하고 4日째 아침 8時에 試驗管을 二重고무 마개로 密封해서

*作物試驗場 (Crop Experiment Station, Suwon 170, Korea)

**農業生物資源研究所 日本 (National Institute of Agrobiological Resources, Yatabe Ibaraki 305, Japan)

< 1985.4.10 接受 >

同一條件에서 24時間 培養하였다. 그 試驗管內의 가스를 注射器로 1ml를 採取하여 日立 - 163 FID Gaschromatograph 로 에틸렌生成량을 定量하였다.

나. 벼 葉에 methionine 處理의 效果

日本晴를 供試하여 1983年 8月 9日에 1/5000a 풋트에 20粒씩 圓型直播하였다. 播種 30日後 1,000 ppm의 메치오닌 水溶液에 展着劑를 添加하여 풋트 당 50ml씩 葉面散布하였다. 處理 4日 後에 上位부터 展開 두째(第5葉)葉을 採取하여 蒸溜水가 1ml 들어 있는 試驗管에 2枚씩(대략 0.5g) 넣고 二重 고무 마개로 密封한후 30℃의 暗條件에서 6時間을 靜置한 후 前試驗과 같이 에틸렌을 定量하였다.

다. 벼 葉에 ACC 處理의 效果

多收系品種인 維新을 供試하여 溫室에서 1/5000 풋트를 利用하여 1983年 3月 14日에 20粒씩 圓型直播하였다. 播種 30日後 上位부터 展開 두째(第5葉)葉을 採取하여 ACC가 0, 1, 10, 100 ppm의 4段階의 水溶液이 1ml씩 들어있는 直徑 15cm, 長 18cm의 試驗管에 2枚(約 0.5g)을 자른 部分이 ACC 水溶液에 적시도록 넣고 二重고무 마개로 密封하였다. 이 試驗管을 30℃의 人工光(4,000 lux) 條件에 靜置하고 3, 6, 12, 24時間後에 가스를 注射器로 1ml씩 採取하여 에틸렌生成량을 定量하였다.

試驗 2 : 窒素水準이 다른 벼 幼苗의 에틸렌 生成량에 미치는 methionine 및 ACC의 影響

日本晴를 供試하여 30℃의 定溫器에서 3日間 發種催芽하여 催芽가 均一한 種子를 0.7% 寒天이 10ml 들어 있는 試驗管에 3粒씩 置床하였다. 窒素施用은 寒天을 만들 때 0, 20ppm의 두 水準으로 하였다. 메치오닌은 0, 25, 50, 100ppm의 4段階 水溶液을 寒天위에 0.2ml씩 注入하고 알미늄호일로 마개를 하여 30℃의 光條件에서 培養하였다. 置床 4日 後에 試驗管을 二重고무 마개로 密封하여 24時間을 同一條件에서 培養한 후 試驗管의 가스를 注射器로 1ml 採取하여 에틸렌生成량을 定量하였다.

다음은 日本晴를 供試하여 1/5000 a 풋트에 논토 양을 3.5kg씩 채워 1983年 8月 5日 20粒씩 圓型直播하였다. 播種 30日 後에 풋트 당 0, 0.4, 0.8, 1.4g의 窒素를 施用하였다. 窒素施用 10日 後에 生育이 均一한 第5葉을 2枚(約 0.5g) 採取하여 0, 10ppm의 ACC水溶液이 1ml씩 들어있는 試驗管

에 葉의 切斷部가 ACC溶液에 적시어지도록 넣고 二重고무 마개로 密封하여 30℃의 暗條件에서 6時間 靜置한 후 試驗管內의 에틸렌生成량을 定量하였다.

結 果

試驗 1 : Methionine 및 ACC處理가 에틸렌生成량에 미치는 影響

에틸렌生成系의 前驅物質인 메치오닌 및 直接前驅物質인 ACC가 벼 幼苗 또는 葉에서 에틸렌生成량에 미치는 影響을 檢討하였다.

우선 그림 1에서 幼苗에 에틸렌生成의 前驅物質인 메치오닌의 濃度를 달리하여 處理한 後 幼苗에서 生成된 에틸렌량을 보면 培養中에 光의 有無에 따라서 크게 差異를 나타냈다. 즉, 光條件에서는 에틸렌生成량이 顯著하게 많고 또 메치오닌 處理 濃度가 높아짐에 따라서 에틸렌生成량은 增加하였다. 한편 暗條件에서는 에틸렌生成량이 적었고 메치오닌 濃度에 따라서 에틸렌生成량의 增加 效果도 극히 적었다.

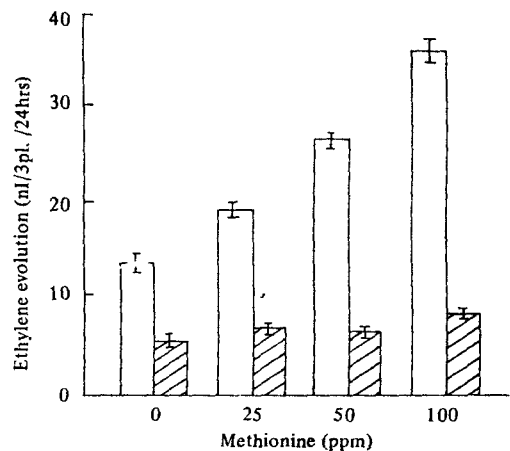


Fig. 1 Effect of methionine concentration on the ethylene evolution from rice seedlings.

Note: 1) Data are means \pm S.E. of 4 replications.
2) Seedlings grown for 4 days at 30°C in light (□) and dark (▨).

다음으로 그림 2는 播種 30日 後의 메치오닌을 葉面散布하여 3日 後에 第5葉에서 生成된 에틸렌량을 定量한 結果이다. 이 경우에도 메치오닌 處理에 의해 에틸렌生成량이 增加하는 結果를 나타내었다.

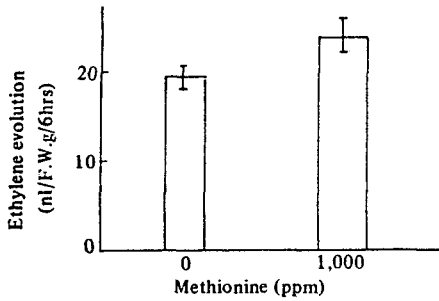


Fig. 2. Effect of methionine treatment on the ethylene evolution in rice leaves.

Note: 1) Data are means \pm S.E. of 3 replications.
2) Ethylene was measured 3 days after methionine treatment from the 5th leaf of 30 day old seedlings.

한편 메치오닌에서 에틸렌이 생성되는 과정에 존재하며 에틸렌의 직접 전구물질인 ACC를 처리하여 처리 후 3시간 후에 에틸렌 생성량을 측정하여 그림 3에 표시하였다. 그림에서 보면 처리 3시간 후에 ACC 처리에 의해 에틸렌 생성량이 증가하여 ACC 처리 효과가 인정되었다. 또 ACC 처리 농도가 높을수록 에틸렌 생성량이 증가하여 처리 후 24시간의 범위에서는 모든 처리 같은 방향으로 직선의 형태로 증가하였다.

이상과 같이 에틸렌의 생성에 있어서 메치오닌 및 ACC는 벼幼苗 및 잎에 처리하여도 에틸렌 생성은 증가시키고 있음을 알았다.

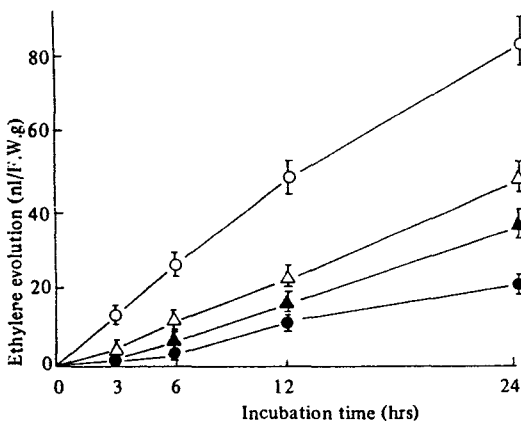


Fig. 3 Change of ethylene evolution from the rice leaves incubated with various ACC concentrations.

Note: 1) Data are means \pm S.E. of 4 replications
2) ACC concentrations of 0 ppm (●), 1 ppm (▲), 10 ppm (△), and 100 ppm (○).
3) Ethylene was measured from the 5th leaf of 30 day old seedlings.

試驗 2 : 窒素水準이 다른 벼幼苗의 에틸렌 생성량에 미치는 methionine 및 ACC의 影響

窒素水準이 다른條件에서 幼苗를 生育시켜 메치오닌濃度を 달리하여 處理한 後에 幼苗에서 生成되는 에틸렌량을 定量하여 表 1에 表示하였다. 窒素加用區나 無加用區 모두 메치오닌 處理에 의해서 에틸렌 생성량은 增加하였고, 메치오닌 處理濃도가 높을수록 에틸렌 생성량도 增加하였다.

Table 1. Effect of methionine concentrations on the ethylene evolution from rice seedlings grown at different nitrogen levels.

Methionine (ppm)	N. level (ppm)	Ethylene evolution (nl/3plt./24hrs)
0	0	13.9 \pm 0.66
	20	11.0 \pm 0.79
25	0	19.5 \pm 0.55
	20	16.6 \pm 0.83
50	0	26.9 \pm 0.60
	20	17.9 \pm 0.40
100	0	36.1 \pm 1.31
	20	22.7 \pm 0.53

Note: 1) Data are means \pm S.E. 4 replications.
2) Seedlings grown for 4 days in 30°C, light (4000 lux).

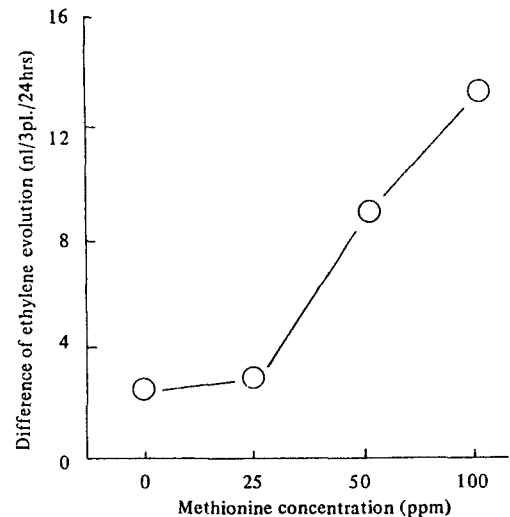


Fig. 4 Effect of nitrogen on ethylene evolution from the rice seedlings treated with methionine concentrations.

Note: 1) Difference of ethylene = 0 ppm of N. - 20 ppm of N.
2) Seedlings grown 4 days at light in 30°C.

다음은窒素加用區의 에틸렌生成량을 無加用區의 에틸렌生成과 比較하여 보면 메치오닌 處理에 의해서 에틸렌生成량의 增加량이 增大되었다. 特히 메치오닌의 高濃度에서는 無窒素보다 顯著하게 적어 갔음을 알았다. 即, 그림 4에 無窒素와 窒素加用區의 에틸렌生成량의 差異를 메치오닌 處理 濃度別로 表示해보면, 메치오닌 處理 濃度가 높을수록 에틸렌生成량의 差異가 크기 때문에 메치오닌 處理에 의하여 에틸렌生成量 增加 效果는 窒素加用に 의해서 抑制되고 있음을 알았다.

따라서 다음 試驗에서는 에틸렌生成의 直接前驅物質 ACC에서 에틸렌이 生成되는 過程에 있어서 窒素의 影響에 對하여 檢討하였다.

窒素水準이 다른 條件에서 生育시킨 葉에 ACC를 處理하여 生成된 에틸렌량을 表 2에 表示하였다. 벼 葉으로 부터 生成된 에틸렌량은 ACC의 處理에 따라서 ACC 處理 效果는 差異가 있어 窒素水準이 높을수록 ACC 處理 效果가 줄어드는 傾向을 나타냈다.

Table 2. Effect of ACC treatment on the ethylene evolution from rice leaves grown at different nitrogen levels.

ACC (ppm)	N. level ²⁾	Ethylene evolution (nl/gF.W/25hrs)
0	N-0	107.8 ± 10.10
	N-1	91.7 ± 4.61
	N-2	63.6 ± 5.57
	N-3	39.2 ± 4.97
10	N-0	148.8 ± 14.05
	N-1	103.0 ± 5.79
	N-2	67.4 ± 4.51
	N-3	45.7 ± 2.93

Notes: 1) Data are means ± S.E. of 3 replications.
 2) 0 g (N-0), 0.4 g (N-1), 0.8 g (N-2) and 1.2 g (N-3) of nitrogen applied to 1/5,000a pot.
 3) Ethylene measured from 5th leaf on 10 days after nitrogen applied.

따라서 그림 5는 ACC 處理에 의한 에틸렌生成량의 窒素水準에 따른 差異를 表示하였다. 即 窒素水準이 높으면 ACC 處理에 의한 에틸렌生成량의 增加는 顯著하게 減少됨을 알았다.

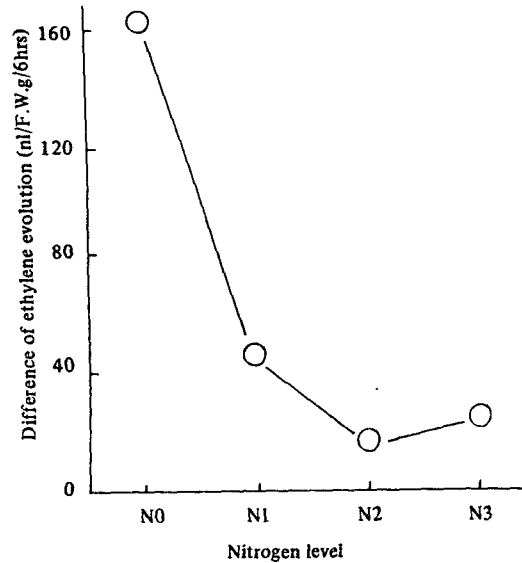


Fig. 5 Effect of nitrogen levels on ethylene evolution from rice leaves treated with different ACC concentrations.

Note: 1) Difference of ethylene = 10 ppm of ACC-0 ppm of ACC.

2) 0 g (N0), 0.4 g (N1), 0.8 g (N2) and 1.2 g (N3) of nitrogen applied to 1/5000a pot at 30 days after seeding.

考 察

植物에 있어서 에틸렌生成系에 대하여 Lieberman et al⁸⁾은 사과의 組織에 메치오닌을 처리하여 에틸렌生成량이 增加하는 것을 확인하여 遊離아미노酸인 메치오닌이 에틸렌生成系의 前驅物質이라고 報告하였다. 그 후에 Baur et al⁹⁾, Burg et al¹⁰⁾ Lieberman et al⁹⁾, Sasaki and Imaseki¹¹⁾ 등 수많은 研究者에 의해서 메치오닌이 에틸렌生成의 前驅物質이라는 것을 確認했다. 特히 Ota and Nakayama¹⁰⁾은 벼 幼苗에 메치오닌을 處理하여 에틸렌生成량이 增加하고 子葉鞘의 伸長을 促進한다고 報告하였다.

本 試驗에서는 幼苗 및 葉身에 메치오닌을 處理하여 에틸렌生成량이 增加하며(그림 1, 2) 벼에서도 메치오닌이 에틸렌生成의 前驅物質이 되고 있음을 確因하였다.

또, 이 에틸렌生成系에 대해서는 Adams and Yang¹²⁾이 사과의 組織에 메치오닌을 處理하여 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) 라고 하는 物質을 發見하였다. 그 후 Cameron et al¹³⁾은

16 가지 作物의 여러 組織에 ACC를 處理하여 에틸렌 生成量이 增加하는 事實을 確因하였다. Laves and Martin⁶⁾은 올리브나무 가지에 ACC를 處理하여 葉에서 에틸렌 生成量이 增加하고 落葉現象이 일어난다고 報告하고 있다. Yoshii and Imaseki¹⁵⁾도 똑같이 메치오닌에서 에틸렌이 生成되는 過程에서 ACC의 存在를 確證하였고, Sato and Esashi¹²⁾는 이 ACC는 에틸렌 生成成系의 直接前驅物質(Direct Precursor)라고 報告하고 있다.

本 試驗에서도 葉身에 ACC를 處理하여 에틸렌이 극히 短時間內에 直線的으로 增加하였다. 이와 같은 結果는 앞서 說明한 一連의 研究 結果와 一致하였다. 따라서 벼에서도 메치오닌과 ACC는 에틸렌 生成成系에서 前驅物質로 作用하고 있음을 알았다.

다음으로 李·太田⁷⁾은 벼의 生成成系에 있어서 窒素 施用量의 增加에 의해 벼에서 에틸렌 生成量은 減少하나 이 때 에틸렌 生成成系의 메치오닌 → ACC → 에틸렌의 過程에서 ACC에서 에틸렌이 生成되어지는 過程을 窒素 營養에서 由來하는 要因에 의해 抑制되고 있음을 示唆하고 있다.

本 試驗에서도 窒素 水準이 다른 벼의 幼苗나 葉身에 에틸렌 合成의 前驅物質인 메치오닌, 直接前驅物質인 ACC를 處理하여 本 結果 窒素 水準이 높은 條件에서는 에틸렌 生成量이 減少하는 것이 確實하게 되었다.

以上の 結果는 벼에 있어서 窒素 營養에서 由來되는 要因이 ACC → 에틸렌 生成 過程을 抑制한다고 생각된다.

摘 要

窒素 水準이 높아짐에 따라서 벼 葉身에서 에틸렌 生成量이 減少하는 原因에 대하여 에틸렌 生成成系에 存在하는 前驅物質 메치오닌 및 直接前驅物質 ACC 등을 벼에 處理하여 에틸렌 生成量에 미치는 影響을 檢討한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 벼 幼苗 및 葉에 메치오닌을 處理하면 處理 濃度가 높을수록 에틸렌 生成量은 增加하였다.
2. 直接前驅物質인 ACC를 葉身에 處理하면 處理 濃度가 높을수록 에틸렌 生成量은 直線的으로 增加하였다.
3. 窒素 水準이 다른 벼의 幼苗 및 葉身에 메치오닌 및 ACC를 處理하면 에틸렌 生成量은 增加하나 窒素 水準이 높아질수록 에틸렌 生成量은 顯著히 抑制되

어진다.

引 用 文 獻

1. Adames, D. O. and S. F. Yang. 1977. Methionine metabolism in apple tissue, Implication of S-adenosyl methionine as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. *Plant Physiol.* 60:892-896.
2. _____, 1979. Ethylene biosynthesis: Identification of l-aminocyclopropane-l-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. *Proc. of Nat. Acad. Sci.* 76: 170-174.
3. Baur, A. H., S. F. Yang, H. K. Pratt and J. B. Biale. 1971. Ethylene biosynthesis in fruit tissue. *Plant Physiol.* 47:696-699.
4. Burg, S. P. and E. A. Burg. 1964. Biosynthesis of Ethylene. *Nature* 202:869-870.
5. Cameron, A. C., C. A. L. Fenton, Y. Yu, D. O. Adams and S. F. Yang. 1979. Tissue treated with l-aminocyclopropane-l-carboxylic acid. *Hort. Sci.* 14:178-179.
6. Laves, S. and G. C. Martin. 1981. Ethylene evolution following treatment with ACC and ethylene in an vitro olive shoot system in relation to leaf abscission. *Plant Physiol.* 67: 1204-1207.
7. 李文熙·太田保夫. 1985. イネに對す子エチレンの生理作用に關する研究. 第5報 イネ葉のエチレン 生成成系におよぼす窒素の影響(in press).
8. Leberman, M.A. and kunishi, L.W. 1966. Stimulation of ethylene production in apple tissue slices by methionine. *Plant Physiol.* 41:376-382.
9. _____, 1975. Ethylene-forming system in etiolated pea seedling and apple tissue. *Plant Physiol.* 55:1074-1078.
10. Ota, Y., M. Nakayama and K. Yokota. 1974. Effect of methionine, an ethylene precursor, on growth and ripening of fruits, in mechanisms of regulation of plant growth. *Bulletin 12. The Royal Society of New Zealand Wellington:*

- 837-842.
11. Sakaki, S. and H. Imaseki. 1972. Ethylene biosynthesis: methionine as an in vivo precursor of ethylene in auxin-treated mung bean hypocotyl segments. *Planta* 105:165-173.
 12. Sato, S. and Y. Esash. 1983. Ethylene production, ACC content and its conversion to ethylene in axial segments of dormant and nondormant cocklebur seeds. *Plant and Cell Physiol.* 24: 883-887.
 13. Yoshii, H., A. Watanabe and H. Imaseki, 1980. Biosynthesis of auxin-induced ethylene in mung bean hypocotyls. *Plant and Cell Physiol.* 21:279-291.
 14. _____ and H. Imaseki. 1981. Biosynthesis of auxin-induced ethylene. Effect of indole-3-acetic acid, benzyladenine and ABA on endogenous levels of ACC synthase. *Plant and Cell Physiol.* 22:369-376.
 15. Yoshii, H. and H. Imaseki. 1982. Regulation of Auxin-induced ethylene biosynthesis repression of inductive formation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase by ethylene. *Plant and Cell Physiol.* 23:639-649.