水稻に対するエチレンの生理作用に関する研究

第1報 イネ芽生えの伸長におよぼすエチレンの影響*

李 文 熙**・中山正義***・太田保夫***

(**韓国作物試験場・***農業技術研究所)

昭和54年3月23日受理

エチレンは植物の物質代謝によって生成する植物ホルモンで、極く微量で植物の生長発育に種々の影響をおよぼす。今までにわれわれは、作物の伸長促進、および阻害、分げつ・分岐根の発生促進、肥大生長の促進^{4,5)}、さらに果実または穀類の貯蔵性とエチレンの関係⁹⁾ などについて明らかにしてきた。一方、イネ芽生えはエチレンに対して特異な反応を示し、ムギ類の芽生えの伸長がエチレンによって抑制されるのに反し¹¹⁾、イネは子葉鞘の伸長が促進され^{8,11,13)}、さらにエチレンと他の植物ホルモンとを組み合わせるとイネ芽生えの伸長に共力的な作用を示すこともわかってきた。すなわち、エチレンと GA の併用はイネの子葉鞘¹²⁾ および中茎の伸長を促進し¹⁰⁾、また、ABA はイネ中茎の伸長を促進し¹⁴⁾、さらに ABA とジベレリンの併用は、中茎を著しく伸長させることも知られている⁸⁾。

本研究では、まずイネ芽生えの伸長におよぼすエチレンの影響を、種子根の伸長および、エチレン感受性の品種間差異について検討し、ついでイネ子葉鞘の伸長におよぼすエチレンと ABA の共力作用を検討した。また、イネの播種密度を異にした場合、種子から発生するエチレンが芽生えの伸長におよぼす影響をも検討した。

実験材料および方法

実験 1: 日本型の日本晴、振興、染分、印度型の Boro-1, Boro-8, Hadsaduri および日・印遠縁交雑種の統一、水原 258 号、来敬の合計 9 品種を供試し、催芽種子を 100 ml の三角フラスコに 30 粒ずつ置床し、ゴム栓で密封しエチレンの濃度を 1, 10, 100 ppm になるように、注射器で所定量のエチレンガスを注入し、30°C 暗黒下に置いた。2 日後に三角フラスコ中のエチレン濃度の再調整を行ない、生育調査は置床 4 日後に行なった。

実験 2: 日本晴, Boro-1 号, 早生統一を用い催芽

種子を 100 ml の三角フラスコに 20 粒ずつ置床し、エチレンの濃度は 1, 10 ppm, ABA の濃度は 1, 10 ppm として両者を組み合わせて処理した。ABA 処理は所定濃度の溶液をフラスコ当り 3 ml ずつ加えてゴム栓で密封した後、エチレンガスを所定の濃度になるように注入し、30°C 暗条件下に置き 4 日後に生育調査を行なった。

実験 3: 日本晴, Boro-1 号, 早生統一を供試し、催芽種子を、水 15 ml を注入して脱脂綿を敷いた 100 ml の三角フラスコの中に 1, 4, 16, 64 粒ずつ置床し、ゴム栓で密封し 30°C の暗条件で実験を行なった。置床 3 日後に三角フラスコ内のエチレン濃度を測定し、7 日後に芽生えの生育を調査した。

結果および考察

1. 子葉鞘長におよぼすエチレンの影響

イネの子葉鞘の伸長におよぼすエチレンの影響を、日本型、印度型および日・印遠縁交雑種それぞれ 3 品種について検討した結果、第 1 図に示したように、いずれの品種も同様にエチレン処理濃度が増大するに伴って子葉鞘の伸長は促進された。子葉鞘の伸長には、品種間に差異があり、エチレンによる子葉鞘の伸長促進の程度にも品種間に差異がみられた。この点を明らかにするために、エチレン無添加区に対するそれぞれのエチレン処理区の子葉鞘の伸長比率を示したのが第 2 図である。この図から明らかなように、日本型の品種はエチレン濃度が高くなるに伴って子葉鞘の伸長率は著しく増大し、ついで日・印遠縁交雑種、印度型品種は最も低い伸長率を示した。エチレンがイネ子葉鞘の伸長を促進することは Ku et al⁹⁾, SUGE ら¹³⁾ の既往の結果と一致しているが、本実験で供試した 9 品種についてみると子葉鞘長の伸長に対するエチレンの反応には差異があり、最も敏感なのは日本型品種であり、ついで日・印遠縁交雑種、最も鈍感なのが印度型の品種であった。太田・中山⁷⁾ はイネ幼苗期にエスレルおよびエチレンを処理し分げつの発生や幼苗の枯

*第 166 回講演会 (昭和 53 年 10 月) において発表

死率に品種間差異のあることを認めているが、本実験ではエチレンによる子葉鞘の伸長促進に品種間差異を認めた。

2. 種子根長におよぼすエチレンの影響

エチレン処理が種子根の伸長におよぼす影響を第3図に示した。種子根の伸長はエチレン濃度が高まるに伴って抑制され、子葉鞘とは反対の傾向を示した。その抑制程度は品種間に差異が認められ、エチレンの高濃度処理では根の伸長が著しく抑制され、形態的な異常も認められた。種子根におよぼすエチレンの影響について、品種間差異を明らかにするために、無処理区に対するそれぞれのエチレン処理区の種子根抑制比率をみると第4図のとおりである。図から明らかなように印度型品種中特に Boro-1 号および Hadsaduri の

2品種はエチレン 10 ppm 以上で種子根の伸長が著しく抑制され、第5図にみられるように種子根がコイル状態に巻く現象がみられた。これによく似た現象は IAA によっても観察されるが、これほど著しいものではなく、エチレンの反応として非常に興味深い。エチレンが作物の根の伸長を抑制することは、すでに中山ら⁶⁾、CHADWICK and BURG¹⁾ によって明らかにされており、本実験の結果も同様であるが、イネ品種によってその反応に差異のあることがわかった。また一部の品種の場合は根の伸長抑制のみならず、形態的にも特異な反応を示すことが明らかにされた。

3. 子葉鞘長におよぼすエチレンと ABA の影響

エチレンと ABA の組み合わせの処理がイネ子葉鞘におよぼす影響を第6図に示した。いずれの品種もエ

Fig. 1. Effect of ethylene on elongation of coleoptiles in 3 types of rice varieties. The values indicate means of 30 plants and vertical lines represent standard error. c; air control plot.

Fig. 2. Varietal difference of coleoptile elongation ratio affected by ethylene in 3 types of rice plant. c; air control plot.

チレンの濃度が高まるに伴って子葉鞘の伸長が促進され、第1図の結果と同様であった。ABA は、1 ppm では無処理区より伸長がやや促進されるが、10 ppm の高濃度になると著しく抑制されほとんど伸長しなかった。

供試したそれぞれの品種における ABA の反応を明らかにするため、エチレン濃度別に ABA 濃度 0 ppm に対する ABA 処理区の子葉鞘伸長比率を第7図に示した。エチレンの濃度 1, 10 ppm 処理区では、ABA 1 ppm 区における子葉鞘伸長比率に品種間差異がなかったが、エチレン無処理区の場合、日本晴、Boro-1 号、早生統一の順位で子葉鞘の伸長が促進される傾向を示した。

以上の結果、エチレンは子葉鞘の伸長を促進し、ABA 処理では無処理区より 1 ppm 区でやや促進するが、10 ppm になると著しく抑制することが認められた。SUGE¹²⁾ はエチレンと GA_3 の併用は単用よりイネ子葉鞘の伸長を促進することを報告しているが、本実験では ABA 1 ppm, エチレン 10 ppm 処理区の子葉鞘長が最も大であった。しかし、伸長比率ではエチレン無処理区での ABA 1 ppm 処理区の子葉鞘の伸長比率が、エチレン 1 および 10 ppm 処理区でのそれよりも優っていた。

4. 中茎の伸長におよぼすエチレンおよび ABA の影響

エチレンと ABA の組み合わせ処理が中茎伸長にお

Fig. 3. Effect of ethylene on inhibition of seminal-roots in 3 types of rice plant. The values indicate means of 30 plants and vertical lines represent standard error. c; air control plot.

Fig. 4. Varietal difference of seminal-roots inhibition ratio affected by ethylene in 3 types of rice plant. c; air control plot.

Fig. 5. Effect of ethylene treatment on growth of seminal-roots in rice cv. Boro-1. (A); control, (B); 1000 ppm ethylene.

Fig. 6. Ethylene-ABA interaction in the growth of 3 varieties of rice, grown at 30°C dark condition for 4 days. (•); air control, (×); C_2H_4 1 ppm, (▲); C_2H_4 10 ppm. The values indicate means of 20 plants and vertical lines represent standard error.

よぼす影響を中茎の伸長しやすい印度型の Boro-1 号を用いて調査した結果、第1表のように、エチレンおよび ABA はそれぞれ単用によって中茎伸長が促進されるが、また ABA とエチレンの併用によってさらに共力的に中茎の伸長が促進された。

ABA およびエチレンの単用は、イネの中茎伸長を促進し^{8,9,14)}、また、TAKAHASHI (1973)¹⁵⁾ は、日本型イネにおいてエチレンと ABA の併用処理が、イネ中茎の伸長に共力的に作用することを報告している。本実験で印度型イネにおいても同様にエチレンと ABA は共力的にイネ中茎の伸長を促進することがわかった。

Fig. 7. Ethylene-ABA interaction in the growth ratio of coleoptiles of 3 rice varieties, grown at 30°C dark condition for 4 days. (•); air control, (×); C_2H_4 1 ppm, (▲); C_2H_4 10 ppm.

Table 1. Interaction of ethylene-ABA on the elongation of mesocotyls in rice seedlings cv. Boro-1, grown under 30°C dark condition for 4 days. The values in the table indicate 20 plants average and standard error.

ABA (ppm)	Ethylene (ppm)		
	Air control	1	10
	mm		
0	0	1.4±0.26	1.6±0.31
1	3.0±0.26	5.6±0.53	7.0±0.48
10	0	0	0

5. 播種密度と芽生えの伸長との関係

密閉した三角フラスコ中に播種密度を異にし、芽生えからのエチレン生成量と芽生えの伸長との関係を探るために、まず、置床3日後にフラスコ内のエチレン濃度を測定し第8図に示した。いずれの品種も播種密度が高まるに伴ってフラスコ内のエチレン濃度は増大した。なお、エチレン生成量には品種間に大きな差異がみられ、早生統一は日本晴、Boro-1 号にくらべて著しく高く、その差異は播種密度の高いほど明らかであった。

つぎに、播種密度の変化に伴う草丈および子葉鞘長の伸長におよぼす影響を第9図でみると、3品種は共に、草丈は播種密度が高いほど抑制され、反対に子葉鞘長は播種密度の高いほど促進された。また、本実験に供試した3品種は草丈および子葉鞘長の伸長量に差異があるので、第2表に播種密度が草丈および子葉鞘長の伸長におよぼす影響を比率で示した。播種密度が高まることによる草丈の伸長抑制は Boro-1 号>早生統一>日本晴の順で、子葉鞘の伸長促進は早生統一>

Fig. 8. Ethylene concentrations in flask affected by different seeding density at 3 days after incubation under 30°C dark condition. (●); Nihonbare, (×); Joseang-tongil, (▲); Boro-1. The values indicate means of 3 rep. and vertical lines represent standard error.

Table 2. Varietal difference of plant height inhibition and coleoptile elongation ratio affected by different seeding density in flask of 3 rice varieties. The values were calculated base on the 100% in 1 seeding density.

Items	Variety	Seeding density (no./100 ml flask)			
		1	4	16	64
Plant height	Boro-1	100	86	44	27
	Joseang-tongil	100	99	77	53
	Nihonbare	100	104	79	54
Length of coleoptile	Boro-1	100	112	135	121
	Joseang-tongil	100	96	158	253
	Nihonbare	100	102	126	249

日本晴> Boro-1 号の順であった。すなわち、芽生えの生長量大きい Boro-1 号は播種密度の増大により草丈の抑制が大きく、子葉鞘の伸長促進は小さいが、芽生えの生長量の小さい早生統一および日本晴は播種密度の増大による草丈の抑制が小さく、子葉鞘の伸長促進が大きかった。

つぎに、播種密度に伴うフラスコ内のエチレン濃度の変化と草丈および、子葉鞘長の伸長量の変化との関係を第 10 および 11 図に示した。エチレン濃度と草丈の関係は、いずれの品種も高い負の相関関係を示し、エチレン濃度と子葉鞘長との間にはそれぞれの品種で高い正の相関関係が認められた。しかし、それらの関係を 3 品種全体についてみるとエチレン生成量が多い

Fig. 9. Effect of seeding density in flask on elongation of rice seedlings for 7 days incubation under 30°C dark condition. (□); plant height, (▨); length of coleoptile. The values indicate means of 30 plants and vertical lines represent standard error.

Fig. 10. Relationship between ethylene concentration in flask and plant height in rice seedlings under different seeding density in flask. (●); Nihonbare, (×); Joseang-tongil, (▲); Boro-1.

早生統一は草丈および子葉鞘長の伸長量が小さく、反対に草丈および子葉鞘長の伸長量大きい Boro-1 号は、エチレン生成量が少ないなど 3 品種全体ではエチレン生成量と草丈および子葉鞘長との間に有意な相関関係は認められなかった。ESASHI・LEOPOLD²⁾ は容量が異なる容器に同量のクローバー種子を置床して発芽実験を行ない、容量が小さいほどエチレン濃度が高まり、種子の休眠が破れて発芽率の高まることを報告している。本実験においては同一容量の三角フラスコで

Fig. 11. Relationship between ethylene concentration in flask and length of coleoptiles in rice seedling under different seeding density in flask. (•); Nihonbare, (×); Joseang-tongil, (▲); Boro-1.

播種密度を変えているが、播種密度が高まるに伴ってエチレン濃度は増大し、実験1、および2、における結果と同様に子葉鞘の伸長が促進された。なお、密播条件での草丈の伸長抑制の原因については、本実験が密閉条件であり、呼吸作用による O_2 の消費と CO_2 の放出などの影響についても検討を要する問題であると考えられる。

本実験の結果は、古くより渠まきと称して芽立ちを揃えるために1個所に数粒ずつ種子をまとめて播く習慣があるが、この渠まきは発芽時種子周辺のエチレン濃度を高める効果があったのではないかと考えられる。また、イネの箱育苗で発芽時に育苗箱をあまり長く積み重ねておくと子葉鞘が異常伸長し腰の弱い苗になることがあるが、その原因にエチレンの関与している可能性も示唆される。

摘 要

イネ芽生えの伸長におよぼすエチレンの影響を明らかにするため、まず、エチレンがイネ芽生えの伸長におよぼす影響を、種子根長およびエチレン感受性の品種間差異について検討し、つぎにエチレンと ABA がイネ芽生えの伸長におよぼす影響、さらに、イネ種子の播種密度の変化に伴うエチレン生成量と、その生成されたエチレンが芽生えの伸長におよぼす影響を検討した。

1. エチレンはイネ子葉鞘の伸長を促進し、種子根長を抑制することが認められた。

2. エチレンに対する芽生えの伸長の反応は品種によって異なり、供試した品種の範囲では子葉鞘の伸長促進は日本型が、種子根長の伸長抑制は印度型が敏感に反応した。

3. イネ子葉鞘の伸長に対するエチレンと ABA の併用効果はエチレン 10 ppm, ABA 1 ppm の組合わせが最も大きかった。

4. イネ中茎の伸長はエチレンと ABA の組み合わせ処理によってそれぞれの単用より共力的に促進された。

5. 播種密度が高いほどエチレン濃度は増大し、子葉鞘長の伸長が促進された。

引 用 文 献

- CHADWICK, V. A. and S. P. BURG 1970. Regulation of root growth by auxin-ethylene interaction. *Plant Physiol.* **45**: 192—200.
- ESASHI, Y. and A. C. LEOPOLD 1969. Dormancy regulation in subterranean clover seeds by ethylene. *Plant Physiol.* **44**: 1470—1472.
- KU, H. S., H. SUGE, L. RAPPAPORT and H. K. PRATT 1970. Stimulation of rice coleoptile growth by ethylene. *Planta* **90**: 333—339.
- 中山正義・太田保夫 1971. 作物に対するエチレンの生理作用に関する研究. 第2報 エスレルの伸長促進効果に対する水稻胚乳の役割ならびに水稻芽生えのエチレン生成と伸長との関係. *日作紀* **40**: 386—390.
- 1975. 発育と植物ホルモン. 農業技術大系作物編. 農文協. (1): 217—233.
- 1978. 根圏のエチレンが作物の形態および機能におよぼす影響. 第1報 土壌中に含まれる低級炭化水素の種類とその作用. *日作紀* **47** (別1): 187—188.
- 太田保夫・中山正義 1970. 作物に対するエチレンの生理作用に関する研究. 第1報 エスレルおよびエチレンが水稻の生育におよぼす影響. *日作紀* **39**: 376—382.
- ORITANI, T., T. ORITANI and R. YOSHIDA 1975. Growth inhibition in immature seeds of rice plant. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* **39**: 376—382.
- 折谷隆志・葭田隆治 1977. 稲苗の伸長におよぼす ABA とシスチンの相互作用. *日作紀* **46** (別2): 103—104.
- SUGE, H. 1971. Stimulation of oat and rice mesocotyl growth by ethylene. *Plant & Cell Physiol.* **12**: 831—837.
- 1971. 2-Chloroethylphosphonic acid as ethylene releasing agent for the stimulation of wheat, barley, rye and oat coleoptile growth. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* **40**:

- 127—131.
12. ——— 1974. Synergistic action of ethylene with gibberellins in the growth of rice seedling. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* **43**: 83—87.
13. ———, N. KATSURA and K. INADA 1971. Ethylene-light relationship in the growth of rice coleoptile. *Planta* **101**: 365—368.
14. 高橋清・佐藤 庚 1972. 稲における中茎の伸長機構に関する研究. 第1報 中茎生長と地上部生長の相互関係に及ぼすアブサイシン酸の影響. *日作紀* **41**: 426—430.
15. TAKAHASHI, K. 1973. Interaction between ethylene, abscisic acid and gibberellic acid in elongation of rice mesocotyl. *Planta* **109**: 363—367.

Studies on Physiological Action of Ethylene in Rice Plants

I. Action of ethylene in growth of rice seedling

Moon-hee LEE*, Masayoshi NAKAYAMA** and Yasuo OTA**

(*Crop Exp. Sta. ORD, Suweon, Korea **Nat. Inst. of Agr. Sci., Konosu, Saitama 365)

Summary

To make clear the action of ethylene in the growth of rice seedlings, three experiments were carried out as follows. First, growth of coleoptiles and seminal-roots of different types of rice varieties were tested. Second, the interaction of ethylene and ABA in the growth of rice seedlings were tested. Finally, the ethylene evolution from soaked seeds was actually measured and its effects on the growth of rice seedlings under different seeding density was examined. The results obtained were as follows.

1. Elongation of coleoptiles was promoted whereas the growth of seminal-roots was inhibited with ethylene treatment.

2. Different varieties were found to respond differently to the ethylene treatment; coleoptiles of japonica varieties and seminal-roots of indica varieties were more sensitive than the others.

3. Elongation of the coleoptiles was promoted by 10 ppm of ethylene combined with 1 ppm of ABA.

4. Interaction of ethylene with ABA in the elongation of mesocotyls was also recognized.

5. Ethylene concentration was increased in high seeding density and it promoted the elongation of coleoptiles.