

作物に対するエチレンの生理作用に関する研究第4報

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	中山, 正義 志村, 清 太田, 保夫
巻/号	42巻4号
掲載ページ	p. 493-498
発行年月	1973年12月

作物に対するエチレンの生理作用に関する研究

第4報 根圏のエチレン処理がトマトおよびダイズの生長におよぼす影響*

中山正義・志村 清**・太田保夫

(農林省農業技術研究所・**農林省東海近畿農業試験場)

緒 言

エチレンの生理作用については、最近非常に多くの報告が集積されてきているが、生態的観点からエチレンの作用をみたものは少ないようである。しかし Knapp はすでに 1954 年に、彼の著書「実験生態学」⁴⁾の中に、アレロパシックに働く物質の一つの例としてエチレンを紹介している。

また近年では、Goeschl ら²⁾によつて、エンドウ芽ばえに物理的ストレスを与えると、エチレンの生成が多くなり、上胚軸の伸長が抑制され茎の直径が増加することが報告されている。一方 Esashi ら³⁾は、異なる容量のビーカーでクローバーを発芽させると、容量の小さいビーカーに入れた種子の発芽率が良いことから、発芽にエチレンが関与していることを明らかにした。また Suge¹⁾によると、エチレン発生剤エスレルによつて、水中発芽性のイネ子葉鞘の伸長は促進されるが、ムギ類では抑制されるという。

これらの知見は、土壌中または水中で種子を発芽させると、物理的ストレスによつてエチレン生成が促進され、また土壌および水中ではエチレンが拡散されにくいので、生成されたエチレンが発芽、初期生育に影響し、生長調節作用を果していることを示唆している。さらに作物栽培の場においては発芽時だけでなく、作物の一生をとおして、エチレンが根および根をつうじて地上部の生育に大きな影響を与えているものと考えられる。

本報告は、土壌中のエチレンの作物に対する作用を調べる第1歩として、噴霧栽培中のトマトおよびダイズの根圏にエチレン処理を行ない、作物の生育におよぼす影響について検討したものである。

実験材料および方法

本実験は東海近畿農業試験場畑作物部の作物根実験室⁸⁾を利用して行なわれた。この施設は小型のファイ

* 昭和 48 年 5 月 29 日受理

第 154 回講演会 (47 年 10 月) において発表

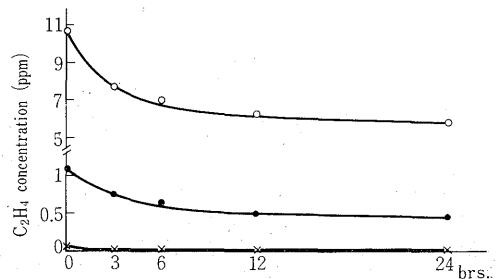
** 現農林省野菜試験場

トロンで上部ガラス箱と下部根箱とに2分され、根箱は噴霧栽培用に設計されている。

実験には、トマト (品種:大型福寿) およびダイズ (品種:玉作り) を供試した。トマトは5月4日バーミュキュライトに播種し、5月26日株上げしてガラス室内の予備試験装置に仮植して噴霧栽培に移し、6月12日に作物根実験室に1区4株を定植した。ダイズもトマトと同様にして、5月15日に播種、5月27日に仮植、6月12日に定植した。栽培中の培養液は、N 60 ppm・P₂O₅ 20ppm・K₂O 40 ppm・CaO 40 ppm MgO 40 ppm・Fe 2.5 ppm・Mn 0.5 ppm とし、1週間ごとに培養液をかえ、2日ごとに pH を 4.5~5.5 に調節した。

定植後の環境条件を、地上部は日中 (6:00~18:00) 温度 25±1°C・湿度 80±7%、夜間 (18:00~6:00) 温度 20±1°C・湿度 85±7%とし、地下部温度は、エチレン処理開始まで日中 20±1°C・夜間 17±1°C とし、処理期間中は自動調整できなかつたが、昼夜とも 22~27°C の範囲にあつた。

エチレン処理は6月22日~29日の7日間行ない、下部根箱にエチレンガスを注射器で注入し、根圏のエチレン濃度が約1および10 ppm になるようにし、1 ppm 区および10 ppm 区とした。根箱内の空気は24時間ごとに入れ換えた。根圏エチレン濃度の日変化は、ガス注入後3時間で約70%に低下し、24時間で



Note: Different concentrations of ethylene were injected in root chambers;

×: Control, ●: 1 ppm, ○: 10 ppm.

Fig. 1 Diurnal changes of ethylene concentration in root chambers

はほぼ半分の濃度になった (fig.1).

試験結果

根の生育におよぼす影響

処理期間中の根の伸長量を、主根と、処理前に印をつけた1株5本、1区計20本の側根について調査した結果、トマトの主根の伸長は対照区に比べて1 ppm区で56%、10 ppm区では8%とエチレン処理によつて著しい伸長抑制がみられた。また側根についても同様に伸長抑制がみられ、1 ppm区で62%、10 ppm区で11%であつた。ダイズにおいてもエチレンにより根の伸長が抑制され、主根の伸長は対照区に比べ1 ppm区で18%、10 ppm区で8%となり、側根では1 ppm区36%、10 ppm区27%であつた。1 ppm区における主根と側根の伸長抑制は、トマトよりダイズで大きく、またダイズは主根の抑制程度に比べ、側根の伸長抑制は小さい傾向を示した。

処理後の根乾物重をみるとトマト・ダイズともに、対照区よりエチレン処理区で大きく、1 ppm区と10 ppm区では10 ppm区で大であつた (table 1).

地上部の生育におよぼす影響

エチレン処理期間中のトマト・ダイズの茎長の伸長量をみると、トマトでは茎の伸長は抑制され、対照区に比べ1 ppm区で93%、10 ppm区で76%であり、

根に比較して地上部に対する根圏エチレン処理の影響は小さい。

ダイズでは1 ppm区で茎の伸長がわずかに促進され、10 ppm区で抑制された。10 ppm区での抑制程度はトマトと同程度であつた。

また処理後の地上部の生体重・乾物重をみると、トマトは処理区で小さく、対照区>1 ppm区>10 ppm区の順であつた。しかしダイズでは処理区で生体重・乾物重が大で、伸長が抑制された10 ppm区でも対照区に比べ大であつた。乾物率をみると、1 ppm区は対照区とほとんど差がないが、10 ppm区ではトマト・ダイズとも乾物率は対照区より大であつた (table 2).

根の形態におよぼす影響

根の外見の形態変化を経時的に観察した結果、処理開始後24時間ですでにエチレン10 ppm区でトマト根端が弯曲し、2日後には1 ppm区トマトおよび10 ppm区ダイズにもその傾向がみられた。処理終了後の観察では、トマト・ダイズともエチレン処理区で根がやや褐変していた。噴霧栽培のため対照区の根が真すぐに伸長しているのに対し、エチレン処理区では根がやや太く、粗剛な感じをうけた。

またトマト1 ppm区では分岐根がやや太く弯曲し、10 ppm区になると分岐根が短くなり弯曲程度が著し

Table 1 Root application of ethylene and its effect on root growth

Species and treatment	Main root length			Lateral root length			Dry weight	
	Initial	Final	Elongation	Initial	Final	Elongation		
Tomato	Control	88.8cm	118.3cm	29.5±7.12*cm	21.8cm	34.3cm	12.5cm	2.34 g (100)%
	1 ppm	92.8	109.3	16.5±2.60	21.5	29.3	7.8	2.49 (106)
	10 ppm	89.0	91.5	2.3±1.92	23.6	25.0	1.4	2.98 (127)
Soybean	Control	101.8	129.0	27.3±2.86	47.2	81.4	34.2	2.30 (100)
	1 ppm	111.5	116.5	5.0±1.81	56.8	69.2	12.4	2.57 (112)
	10 ppm	97.0	99.3	2.3±2.49	48.0	57.4	9.4	3.24 (141)

Note; * Mean ± standard deviation

Table 2 Root application of ethylene and its effect on shoot growth

Species and treatment	Stem length			Fresh wt.	Dry wt.	$\frac{D.W.}{F.W.} \times 100$	
	Initial	Final	Elongation				
Tomato	Control	27.0cm	52.5cm	25.5±2.29*cm	126.7 g	12.10 g	9.6 %
	1 ppm	25.8	49.5	23.8±1.09	114.1	10.82	9.5
	10 ppm	22.5	41.8	19.3±0.83	91.9	9.72	10.6
Soybean	Control	13.8	24.0	10.3±1.48	42.8	7.74	18.1
	1 ppm	14.0	25.8	11.8±1.48	47.2	8.63	18.3
	10 ppm	14.8	22.5	7.8±0.43	44.8	8.91	19.9

Note; * Mean ± standard deviation

Table 3 Root application of ethylene and its morphological effects

	Species and treatment	Branched root (a)*		(b)** (c) × 100
		Number	Length	
Tomato	Control	28	25.3 mm(100)%	36.8%
	1 ppm	27	16.1 (64)	6.5
	10 ppm	26	8.8 (35)	2.6
Soybean	Control	31	31.5 (100)	14.5
	1 ppm	26	34.2 (109)	4.0
	10 ppm	19	35.3 (112)	3.0

Note; * (a) : Date were taken from 3 cm sections of the lateral root with the highest number of branched roots.

** (b) : The length from root tip to region where branched roots emerged.
(c) : Whole root length.

根の生理的活力

処理直後に各区2株より根を採取し、 α -ナフチルアミンの酸化によつて根の生理的活力を測定した。 α -ナフチルアミン酸化力はトマトでは対照区に比べ1 ppm区で56.1%、10 ppm区で38.4%とエチレン処理により低下し、他方ダイズでは1 ppm区163.0%、10 ppm区で224.6%とエチレン処理濃度が高いほど酸化力は大きかつた。このように根の生理的活力に対するエチレンの影響は、トマトとダイズで明らかな差があらわれた (fig. 4)。

考 察

Smith ら⁹⁾によると、土壌を密封条件下にすると、土壌空気中のエチレン濃度は3日間で約10 ppmに高まり、13日間で約20 ppmに達する。また土壌を灌水するとエチレン濃度は10~20 ppmに増加するという。他方作物の根圏を考えると、根の伸長時に物理的ストレスによつてエチレンを発生し、特に根圏のエチレン濃度が高くなることが推察される。したがつて作物根圏のエチレンが、本実験の処理濃度である1~10 ppmに高まり、作物に影響を与えている可能性は十分考えられる。

エチレンの一般的な作用として伸長生長の阻害および肥大生長の促進が知られているが、根に関しても伸長生長の抑制がトマト・ダイズともにみられた。しかしその抑制程度はトマトとダイズで異なり、またダイズの主根と側根で異なつた。このことはエチレンに対する感受性が、種によつてまた組織によつて異なることによるものと考えられる。根乾物重がエチレン処理により増大する原因については興味深い問題であり、今後の研究にまちたい。

エチレンの伸長生長に対する影響について、イネで

特異的に伸長生長を促進することが知られている^{5,6,7)}。本試験でダイズ1 ppm区で処理期間中の茎長伸長量がやや優つた。この場合は低濃度のエチレンが根に作用し、根の肥大生長および分岐根の発生を促進し、根の生理的活力を高めて養水分の吸収を促進し、茎の伸長に有利に働いたものと考察される。このことは圃場条件においても土壌中の低濃度エチレンが、地上部の生育を促進する可能性を示唆するものである。

根の形態に対するエチレンの作用としては、エンドウの根毛発生促進、タバコ、ペゴニアの不定根形成の促進が知られている³⁾。本実験でもトマト10 ppm

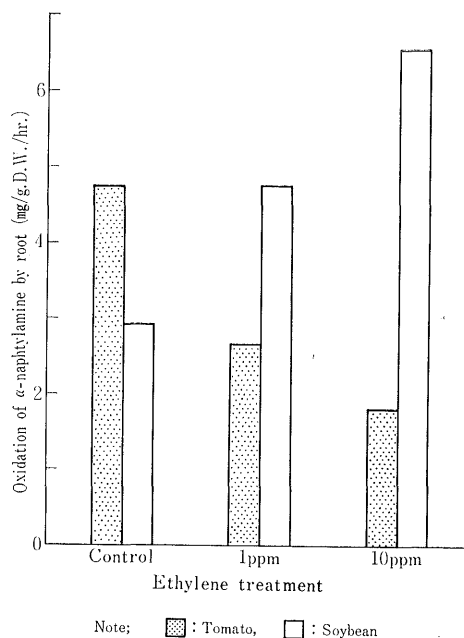


Fig. 4 Root application of ethylene and its effect on root activity

区において根毛の発生がみられた。また新しい現象としてダイズではエチレン処理により2次分岐根の形成が促進された。

エチレン処理によつて根の生理的活力がダイズで高まり、トマトで低下することは、根の形態におよぼすエチレンの影響とも関連しているものと考えられた。このようなエチレンに対する根の感受性の差異について、Smithら¹⁰⁾はエチレンの根伸長の阻害に対する作物の抵抗性と、湿害抵抗性に密接な関係があることを示唆している。

以上のことより、作物根圏の培地土壤中に低濃度エチレンが存在し、根の生長および機能に影響を与え、地上部の生育にも影響をおよぼすことが推定される。土壤中のエチレンが根をつうじて作物におよぼす生理・生態的役割については今後一層研究を進める必要がある。

摘 要

噴霧栽培中のトマト・ダイズの根圏に1 ppm および10 ppmのエチレンを1週間処理し、生育におよぼす影響を検討した結果、以下の知見が得られた。

1. 根の生育はエチレン処理によつてトマト・ダイズとも、主根、側根の伸長抑制が起こった。しかし根乾物重は処理区で対照区より優っていた。
2. 地上部の生育はエチレン処理によつて、トマトでは茎の伸長および生体重・乾物重が阻害され、ダイズでは1 ppm区で茎の伸長がやや優り、10 ppm区で阻害された。生体重・乾物重は処理区で対照区より大であつた。
3. 根の外部形態はエチレン処理により影響をうけ、根がやや褐変、彎曲し、やや太くなる傾向があつた。またトマト10 ppm区で根毛の発生が促進され、ダイズは2次分岐根の発生が促進された。
4. 根の α -ナフチルアミン酸化力は、エチレン処理によつてトマトでは著しく低下し、ダイズでは著しく増大し、種間に明らかな差異がみられた。
5. 以上の結果、土壤中の低濃度エチレンが、根の生育および機能に影響を与え、さらに地上部の生育にも影響することが推定された。

引用文献

1. ESASHI, Y. and A. C. LEOPOLD. 1969. Dormancy regulation in subterranean clover seed by ethylene. *Plant Physiol.*, **44**: 1470—1472.
2. GOESCHL, J. D., L. RAPPAPORT and H. K. PRATT. 1966. Ethylene as a factor regulating the growth of pea epicotyls subjected to physical stress. *Plant Physiol.*, **41**: 877—884.
3. 今関英雅. 1971. エチレン. 古谷雅樹・宮地重遠・玖村敦彦編, 植物生理学講座3 生長と運動. 朝倉書店, 東京: 164—182.
4. Knapp, R. 1954. 実験生態学. 沼田真・吉田治共訳. 1962. 古今書院, 東京.
5. KU, H. S., H. SUGE, L. RAPPAPORT and H. K. PRATT. 1970. Stimulation of rice coleoptile growth by ethylene. *Planta.* **90**: 333—339.
6. 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ばえのエチレン生成と伸長との関係. 日作紀. **40**: 386—390.
7. 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.
8. 志村清・川竹基弘. 1971. 新設の作物根実験室. 農業技術. **26**: 30—33.
9. SMITH, K. A. and R. S. RUSSELL. 1969. Occurrence of ethylene, and its significance in anaerobic soil. *Nature.* **222**: 769—771.
10. ——— and P. D. ROBERTSON. 1971. Effect of ethylene on root extension of cereals. *Nature.* **234**: 148—149.
11. SUGE, H. 1971. 2-Chloroethylphosphonic acid as ethylene releasing agent for the stimulation of rice and the inhibition of wheat, barley, rye and oat coleoptile growth. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan.* **40**: 127—131.

Physiological Action of Ethylene in Crop Plants

IV. Effect of ethylene application to roots on the growth of tomato and soybean plants

Masayoshi NAKAYAMA, Kiyoshi SHIMURA** and Yasuo OTA

(National Institute of Agricultural Sciences, Konosu, Saitama. **Tokai-Kinki

National Agricultural Experiment Station, Taketoyo, Aichi)

Summary

This investigation was carried out to determine the effect of ethylene in soil on growth of tomato and soybean plants. These plants were grown by fog culture system and the roots were exposed to 1 to 10 ppm of ethylene for a week.

The results obtained are summarized as follows:

1. When roots were exposed to ethylene, the root elongation was greatly inhibited but the dry weight of roots increased in both tomato and soybean plants.

2. Shoot growth in tomato plants was inhibited when roots were exposed to ethylene. In soybean the dry weight of shoots increased with 1 to 10 ppm ethylene application to roots and stem elongation was promoted when roots were exposed to 1 ppm of ethylene.

3. Ethylene application caused a brownish discoloration of the roots. The root apices were swollen and curled. Ethylene also stimulated development of root hairs in tomato and secondary branched roots in soybean.

4. When roots were exposed to ethylene, the oxidizing activity of α -naphthylamine by roots decreased significantly in tomato, but showed a marked increase in soybean.

5. These results suggest that the low concentration of ethylene in the soil atmosphere affected the development and growth of roots as well as the growth of shoots in field.