

## 作物におけるエチレンの生理, 生態的研究

### I. トマト子葉葉柄の上偏生長測定による エチレンの生物検定法とその応用

馬 場 赴

酒井・今関 (1973 a, b) はヤエナリ下胚軸から抽出分離した分子量 11 万 2 千の水溶性蛋白質が IAA や 2,4-D のようなオーキシン系ホルモン剤により誘導されるエチレンや内生エチレンの生成を阻害する作用のあることを発見した。このエチレン生成阻害蛋白の利用研究に際し、該蛋白の効力維持期間が現在のところ比較的に短かいために、使用時に活力の有無および程度を簡易に検定できる方法を考案する必要性が生じた。

最近エチレンの測定にはガスクロマトグラフィーによる方法が広く用いられているが、この機器のない場合、どこでも測定できる生物検定法を開発しようとして研究を行なった。

エチレンの生物検定法としてはエチレンによって起こる葉柄の上偏生長 (epinasty) を測定する方法や Knight and Crocker (1913) や Crocker *et al.* (1932) による黄化エンドウの芽生えの示す三重反応 (triple response) を利用する方法がある。竹松ら (1975) もエチレン発生剤のスクリーニングに三重反応を重視した。

葉柄の起す上偏生長を利用する方法としては古く Boyce Thompson 研究所の研究者 (Crocker *et al.* 1932, Denny and Miller 1935, Miller *et al.* 1940) によって紹介されている。密閉容器内に検定すべき植物体とともに入れたトマトやパレイショの成植物の葉柄のエチレンによる上偏生長を比較する方法があるが、肉眼観察による定性的な方法である。エンドウの三重反応は特異性が高い特長をもっているが、これも定性的なものである。

トマト稚苗の子葉の葉柄の上偏生長 (トマト子葉の上偏生長と略称) は角度として測定が容易であるので準定量的に利用可能ではないかと考えた。エチレン以外に上偏生長を起すガスとしては、acetylene, propylene, CO, butylene であるが、これらが上偏生長を誘致する濃度は、エチレンのそれぞれ 500 倍、500 倍、5,000 倍、500,000 倍であり (Crocker *et al.* 1932) で、有効濃度は遙かに高いので、これらのガスの影響は実際問題として無視できると考えられる。また均一な材料がえられやすいという点からもトマトの芽生えが最適と考えて、トマト稚苗の子葉がエチレンによって誘起される上偏生長の角度を測定する生物検定法を検討した結果、実用化が可能と考えたので、その概要を報告した (馬場・酒井, 1976)。本報告では、その方法とその根拠となった事項 および この検定法を利用した若干の応用例を紹介する。

本研究に当り御援助を頂いた 中川恭二郎博士と酒井慎吾博士に 深謝するとともに 研究に協力された 田辺佳代子氏に感謝する。

## 実験方法および結果

### 1. エチレンの生物検定

#### (1) トマト子葉の上偏生長測定法

供試するトマト稚苗は予めパーミュキュライトを入れたバットに播種しグロースキャビネット内で育てた。温度は25~27°C, 湿度70±5%, 光線5千~1万ルクス, 毎日2回灌水したが, 肥料や培養液は施さなかった。トマトの品種はタキイ種苗KK産「米壽トマト」を用いた。

播種後10~20日たって子葉が完全に展開した時期に, 少量(1g)のパーミュキュライトを入れた直径4cmのアルミ箔のホイルカップに, 生育の揃った種苗を2本ずつ移植した。なお移植後も灌水するだけで肥料や培養液は与えなかった。移植後10日間位使用可能であるが, ageが進むと上偏生長の感度が低下した。

この検定用のトマト稚苗のエチレンによる上偏生長を比較するには, 第1図のようにエチレン処理前に, 子葉葉柄の基部から子葉の先端までの線と胚軸との角度 $a_1, a_2$ を測定し, 両者の平均値Aを求める。

一定時間のエチレン処理後に上偏生長角度 $b_1, b_2$ を測定し, その平均値Bを求める。同時期内におけるエチレンによる上偏生長角度はA-Bである。1カップ2本のトマト稚苗のA-Bを平均した値を1カップあたりの上偏生長角度とした。

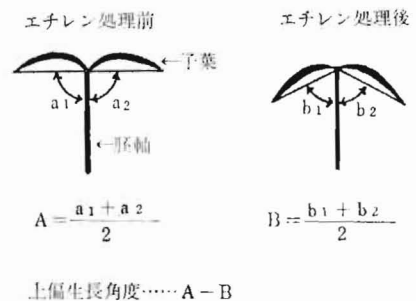
密閉した容器内のエチレン濃度を比較するためには, 上記の検定用のホイルカップを容器内に入れ, ビニールテープで密閉し, 一定時間後のA-Bを求める。

#### (2) エチレン濃度とトマト子葉の上偏生長角度との関係

トマト幼苗の子葉がエチレンによって起す上偏生長の角度がエチレン濃度と平行関係になければ, これをエチレンの定量的生物検定として利用することができない。したがってエチレンガス濃度と上偏生長角度との関係をしらべた。

検定用のカップ(トマト稚苗およびパーミュキュライト)からも多少のエチレンが発生するので, その影響を少なくするために5lの円筒形の大型容器を用いた。容器内の加用するエチレンの濃度を所定値になるようにエチレンガスを注射針で注入した。温度25°C, 1万ルクスで15時間エチレン処理後の子葉の上偏生長角度A-Bを求めた。1区4カップ。

加用エチレン濃度の対数と子葉の上偏生長角度との関係はエチレン濃度0.01 ppmと10.0 ppmの間では第2図のように直線に近似している。この範囲は上偏生長角度から見れば0~30°である。すなわちこの範囲では, 上偏生長角度Yは, エチレン濃度Xの対数と, 相関係数 $r=0.990$ の有意(1%レベル)の相関関係にあり, 直線式は $Y=$



第1図 エチレンによるトマト子葉の上偏生長の測定

$9.37 \log X + 22.41$  となる。

植物体から発生するエチレンを測定するのに多く用いた容器は200 mlの円筒形の容器である。この容器を用いてエチレン濃度とトマト子葉の上偏生長角度との関係をしらべた実験でも第3図のようにエチレン濃度と上偏生長角度との関係は、0.01~10.0 ppmの間では略直線に近似している。

第3図でエチレン加用量が0でのトマト子葉の上偏角度7~8°は検定用ホイルカップから発生したエチレンによる。

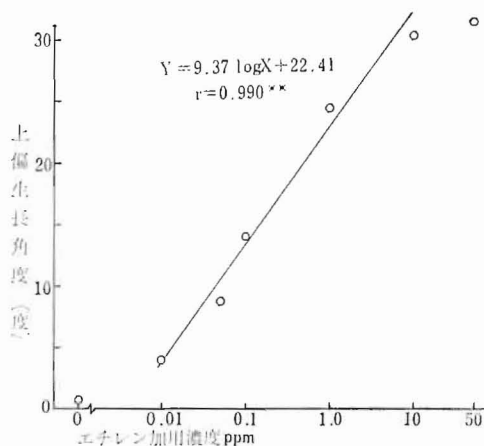
### (3) 環境条件によるトマト子葉の上偏生長の差異

#### 1) 培地と土壌水分

Denny and Miller (1935), Miller *et al.* (1940) は供試植物体から発生するエチレンの検定に土壌鉢で育てたバレイショやトマトの成植物を用いた。この方法と同じように、直径7 cmのビニールポットに水田土壌をつめ、土壌含水量を異にして育てたトマト成植物と前述の検定用トマト稚苗を5 l容器に入れて密閉し、24時間後のトマト稚苗子葉の上偏生長をしらべた。

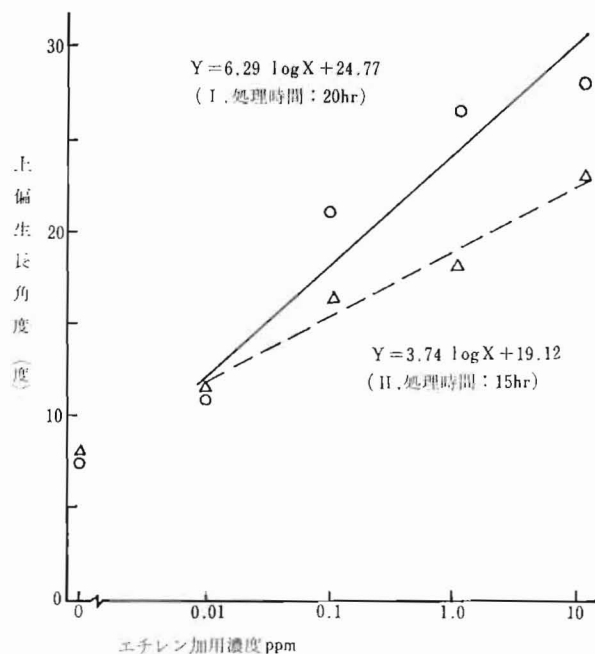
試験区は、トマト区(トマト+土壌)と土壌区(土壌のみ)の各々につき土壌含水量70%区(適湿)と100%区(飽水区)の別を設けた。トマトは1ポット2本植、1区2ポットを用いた。土壌含水量は、最大容水量に対する%である。

その結果は第4図のようにトマトおよび培地(土壌)から発生したエチレンにより密閉容器内のエチレン蓄積量が高まって、トマト成植物および検定用トマトに著しい上偏生長が認められた。この際第4図のように土壌含水量70%, 100%区ともにトマト成植物+



第2図 エチレン濃度とトマト子葉の上偏生長との関係

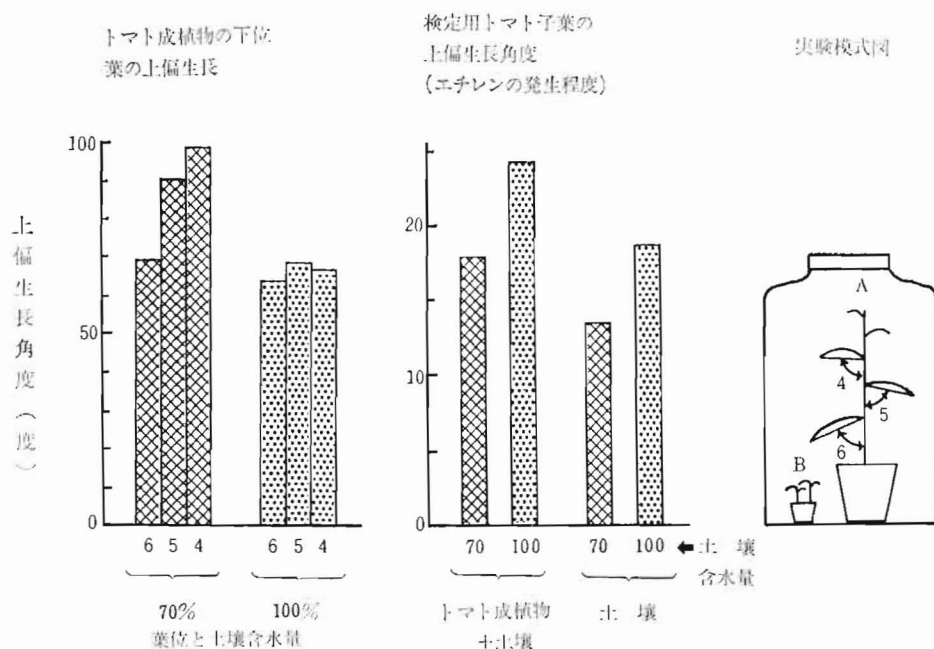
(注) 5 l の容器使用, 処理時間: 20 hr



第3図 エチレン濃度とトマト子葉の上偏成長との関係

(注) 200 ml の容器使用

土壌から発生したエチレンによる検定用トマト子葉の上偏生長角度に対し土壌ポットから発生したエチレンによるトマト子葉の上偏生長角度がかなり大きいことが認められた。このことは、鉢植のトマト成植物から発生したエチレンの中で土壌から発生したエチレンの割合がかなり多いことをいみしている。



第4図 土壌含水量によるトマトの上偏生長とエチレン発生の差異

(注) A: トマト成植物, B: エチレン検定用トマト稚苗

またトマト子葉の上偏生長から見て、トマト成植物および土壌から発生したエチレン量は土壌含水量 100% 区（飽水）のほうが 70% 区より多かった。

このように土壌からのエチレン発生はかなり多いので、検定用培地を選択する参考とするために、培地の種類とエチレン発生量との関係を検討した。

培地としては、パーミューキュライト、水田土壌、川砂、水耕液を用いた。この場合ホイルカップに 2 本のトマト稚苗を植付けるのに必要最少限の容量としてパーミューキュライトは 1.0 g、水田土壌および川砂は 10.0 g（風乾土）を用い、培地の含水量は 100%（飽水）とした。

水耕液区は稚苗を 8 ml の培養液を入れたガラス管瓶に入れた。培養液の組成は著者ら（1976）が用いている標準濃度の 1/2 濃度のものである。1 区ホイルカップ 4 個を用いた。

検定には 200 ml 容の容器を用い、第 1 表の No. 2~4 では容器に各種培地と検定用トマト稚苗を、No. 1（対照）には検定用トマトのみを入れて密閉し、8 時間および 20 時間後の検定用トマト子葉の上偏生長角度を測定した。1 区 4 ホイルカップを用いた。

実験の結果は、第 1 表のようにトマト子葉の上偏生長からみた培地からのエチレン発生量は、パーミューキュライト < 水田土壌 < 砂の順序、測定値の個体差も同じ順序であった。

第1表 培地によるエチレン発生の差異

区 別 (培地の種類)	検定用トマト子葉の上偏生長角度 (°)					
	8 時 間 後			20 時 間 後		
	平 均	範 囲	対照と の 差	平 均	範 囲	対照と の 差
1 対 照	3.0	0—5	0	7.5	5—10	0
2 バーミュキュライト	7.5	5—10	4.5	17.5	12—23	10.0
3 水 田 土 壌	9.0	5—13	6.0	18.3	10—25	10.8
4 川 砂	9.3	5—12	6.3	28.8	22—40	21.3
5 水 耕 液	13.8	7—17	10.8	28.5	20—35	21.0

(注) No. 2—4 では密閉容器内に培地のほかエチレン検定用トマト稚苗を入れた。No. 1 ではエチレン検定用トマト稚苗のみを入れた。No. 3 では水耕液に検定用トマト稚苗を入れた。

以上から バーミュキュライトが、エチレンの発生量が少なく、測定値の個体差も小さく、さらに均一な材料がえられる点から培地として最適と考えられる。No. 5 の水耕液区はエチレンの発生量が多く、測定値の個体差も大きいので、水耕液は培地として有利でないと思われる。

第2表 培地水分含量によるエチレン発生の差異

区 別 (培地含水量)	検定用トマト子葉の上偏生長角度 (°)					
	8 時 間 後			18 時 間 後		
	平 均	範 囲	対照と の 差	平 均	範 囲	対照と の 差
1 対 照	4.3	4—5	0	9.0	8—10	0
2 100 %	7.7	6—9	3.4	15.3	12—17	6.3
3 70 %	6.7	6—8	2.4	12.7	11—14	3.7
4 50 %	7.0	6—8	2.7	15.0	12—17	6.0

(注) 1) 培地はバーミュキュライト。

2) No. 2—4 では密閉容器に培地のほかエチレン検定用トマト稚苗を入れた。No. 1 ではエチレン検定量用トマト稚苗のみを入れた。

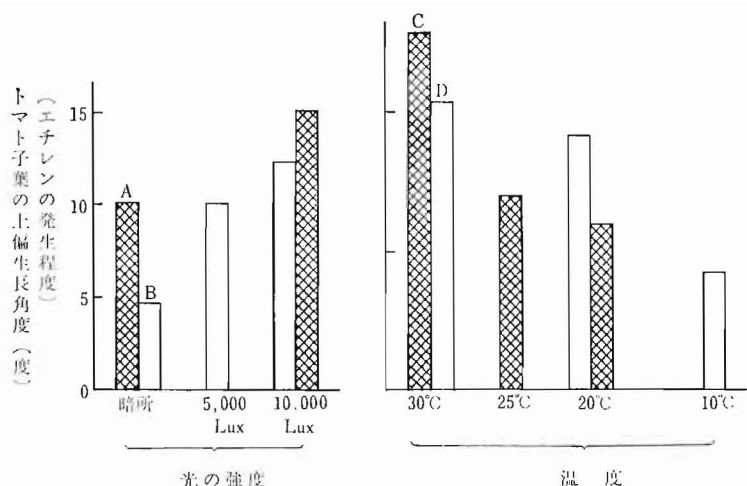
つぎに培地の水分含量とエチレンの発生との関係をしらべるために、バーミュキュライトを培地とし、培地水分含量を100% (飽水)、70% (適湿)、50% (乾燥) の区別を設け、第1表の実験と同じ方法で、8時間および17時間後の検定用トマト子葉の上偏生長角度を求めた。その結果子葉の上偏生長からみたエチレンの発生量は100% > 50% > 70% の順序で70%が最も少なかった。

## 2) 光 線 強 度

異なる光線強度のもとで検定用トマト子葉の上偏生長角度を測定した結果、第5図のように、1,000 Lux までの間では光線の強いほうが子葉の上偏生長角度からみたエチレンの発生量が多かった。

## 3) 温 度

暗黒下で温度の影響をみた結果、第6図のように10°C と 30°C の間では、温度の高いほうがトマト子葉の上偏生長角度からみたエチレンの発生量が多かった。



第5図 光の強度と温度がトマト子葉の上偏生長に及ぼす影響

(注) 処理期間, A: 2月27日, 18時間, 25°C

B: 3月5日, 15時間, 25°C

C: 2月26日, 18時間, 5,000 Lux

D: 3月3日, 18時間, 5,000 Lux

#### 4) CO<sub>2</sub> 濃度

空中の CO<sub>2</sub> 濃度が高いとエチレンの作用を阻げ (Burg & Burg 1965), 上偏生長が小さくなる (Denny & Miller 1935) といわれているので, 10%, 20%, 40% の KOH 溶液を検定容器内に入れて上偏生長を比較した。

その結果は第3表のように10~20% KOH 溶液を検定容器に入れて容器内の CO<sub>2</sub> 濃度の高くなるのを防いだほうがトマト子葉の上偏生長が大きかった。

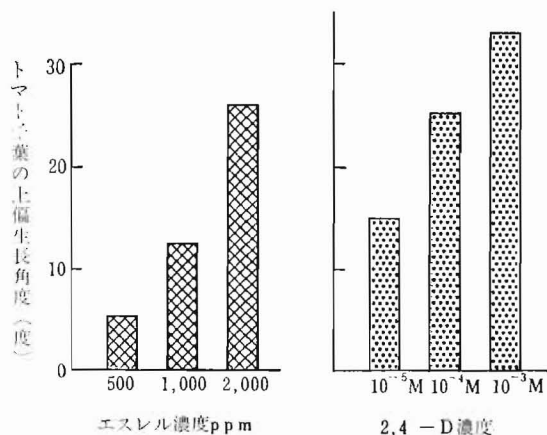
#### (4) エチレン発生阻害蛋白の効力検定

2,4-D やエスレルをトマト稚苗に塗布または散布すると, 第6図のようにトマト子葉の上偏生長が誘起された。これは2,4-D やエスレルによってエチレンの生成が誘起されるためである。

この際 胚軸に2,4-D の 10<sup>-4</sup>M

第3表 KOH 溶液による CO<sub>2</sub> 除去が検定用トマト子葉の上偏生長角度に及ぼす影響

測定時	子葉の上偏生長角度 (°)			
	0	10%	20%	30%
8時間後	11.2	13.2	14.5	13.4
20時間後	19.8	28.3	30.6	29.0



第6図 2,4-Dおよびエスレル濃度によるトマト子葉の上偏生長角度の差異

(注) 1) 2,4-Dは処理時間, 18時間

2) エスレルは処理時間, 12時間

溶液を塗布し、子葉にエチレン生成阻害蛋白液を塗布すると2,4-Dによって誘致される子葉の上偏生長が軽減されることがわかった。すなわち第7, 8図のように子葉に8 ppmのエチレン生成阻害蛋白を塗布した蛋白塗布区の子葉の上偏生長角度、

( $A_2 - B_2$ )の値は子葉に純水を塗布した対照区の子葉の上偏生長角度( $A_1 - B_1$ )にくらべて顕著に減少した。この場合蛋白液のエチレン発生阻害活性は、 $[(A_1 - B_1) - (A_2 - B_2)] / (A_1 - B_1) \times 100$ としてあらわされる。

上記と反対に子葉に2,4-D液を塗布し、蛋白液を胚軸に塗布しても、2,4-Dによる子葉の上偏生長が減少するが、この方法は上記の方法よりも稚苗の生育および上偏生長値の個体差が大きくなりやすかった。

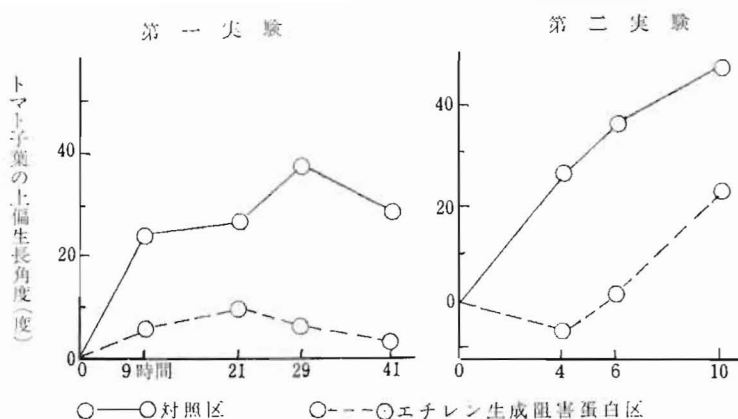
#### (5) 植物から発生するエチレンの生物検定

前述のように密閉容器内のトマト稚苗の子葉の示す上偏生長が、エチレン濃度の0.01 ppm~10.0 ppmの範囲(上偏生長角度0~30°の範囲)内で容器内のエチレン濃度の対数値と平行関係にあることがわかったので、密閉容器内に、検定用トマト稚苗のほか植物体を入れておくことにより、該植物体から発生するエチレン量の多少を推定できることがわかった。したがって、既述の環境条件によるトマト子葉の上偏生長の差異に関する知見をもとにして、その生物検定法を定めた。その方法は次の通りである。

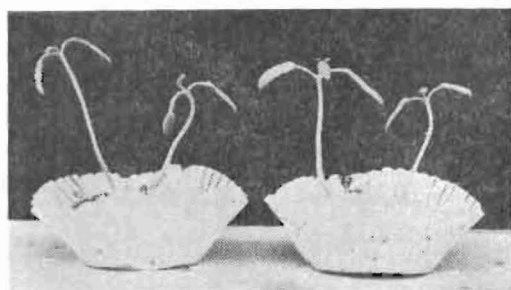
生物検定用のトマト稚苗と供試植物体の一定量を密閉容器に入れ、処理前(密閉前)のトマト子葉の上偏生長角度  $A_1$  と密閉して一定時間後の子葉の上偏生長角度  $B_1$  を求める。

検定用のホイルカップ(トマト稚苗および培地のパーミュキュライト)からもエチレンが発生するので、供試植物体を入れないで検定用ホイルカップだけを入れた対照区を設け、この区の処理前および一定時間後のトマト子葉の上偏生長角度  $A_2$ ,  $B_2$  を求める。

供試植物体による上偏生長角度は、( $A_1 - B_1$ ) - ( $A_2 - B_2$ )となる。なお同時に0.01~



第7図 2,4-Dによるトマト子葉の上偏生長のエチレン生成阻害蛋白による阻害



第8図 2,4-Dによって誘致される子葉の上偏生長のエチレン生成阻害蛋白による軽減

10.0 ppm のエチレンを容器に加用して第3図のような子葉の上偏生長角度とエチレン濃度の対数との関係を示す直線式を求めれば、角度をエチレン濃度 (ppm) によりみかえて表示することができる。

本研究で用いた検定用のトマト稚苗は、バーミュキュライトの培地に播種、灌水して養成し、子葉の完全に展開したとき、バーミュキュライト 1g を入れたアルミ箔のホイルカップに移植し、その後は水だけを補給して育てた播種後 10~25 日のものである。測定には、200 ml 容量の円筒形容器を用い、これに検定用トマト稚苗と供試植物体の生体 1.0~3.0 g を入れ、測定時間は数時間~20 時間位である。なお供試植物体はできる限り切断面を少なくする。これは接断面に比例して傷害に伴うエチレンが発生するからである (Mcglassen and Pratt 1964, Imaseki *et al.* 1968), また容器内に 10~20 % の KOH 液を入れて容器内の  $\text{CO}_2$  を吸収させる。

実験容器は、グロスキャビネットに留置し、温度 25~27°C, 光線 5,000~10,000 Lux 下で実験を行なった。試験区の反復数は 3~4 である。実験は室内散光下で行なうこともできる。

## 2. 植物体から発生するエチレンの生物検定法の利用例について

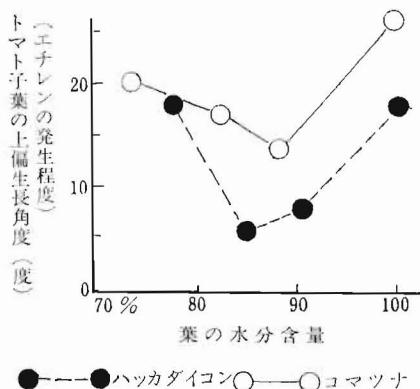
上記のように考案された植物体から発生するエチレンの生物検定法を用いて、環境条件と植物体からのエチレンの発生との関係に関して 2, 3 の実験を行なった。

### (1) 植物体 および 土壌の 含水量を 異にした場合における 植物体からの エチレンの 発生

#### 1) 葉の含水量とエチレンの発生との関係

ハツカダイコン、コマツナの生体 3g の葉を 3 時間かけて種々の程度に乾燥させたり、水に浮かせて吸水させたりして、異なる含水量の葉をつくり、これを密閉容器に入れ 19 時間後に検定用トマト子葉の上偏生長角度を測定した。葉の含水量は、葉を水に浮かせて十分に吸水させた飽水区の含水量を 100 とした % で表わした。

実験の結果は、第9図のように両作物ともに葉の含水量が 85~90 % から多くても少なくてもトマト子葉の上偏生長角度が大きくなり、エチレンの発生が多いことが認められた。



第9図 葉の水分含量によるエチレン発生の違い

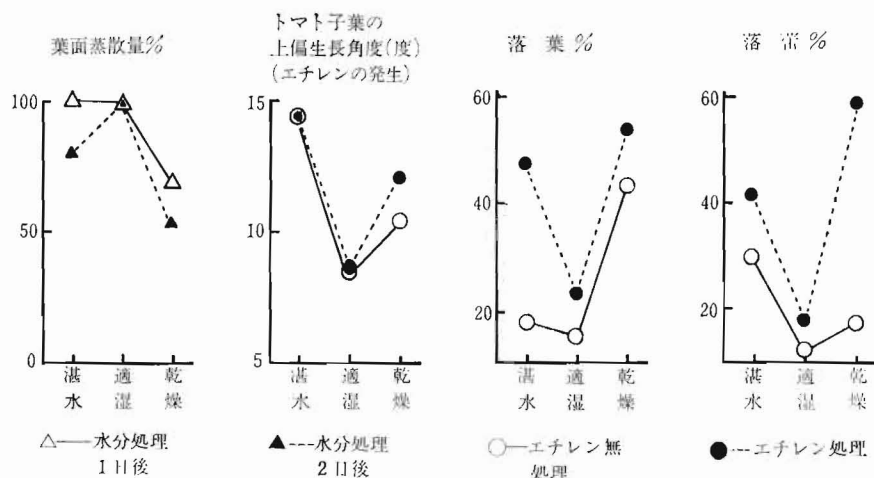
#### 2) 土壌含水量およびエチレングス処理とゴマの葉からのエチレンの発生、落葉および落蕾との関係

直径 7 cm のビニールのポットに容量で 1/3 のピートを混じた水田土壌をつめ、これに播種して適湿 (土壌含水量 75 %) で 1 ポット 2 本立で育てたゴマ (*Sesamun indicum* L.) について、播種後 40 日の 8 月 11 日から土壌含水量 45 %, 75 % および湛水区の別を



設けた。含水量は毎日1～2回ポットを秤量して調節した。なお土壌含水量を異にする各区について標準区（エチレングス無処理）とエチレングス処理区の別を設けた。ガス処理区では土壌水分処理開始後3～4日の24時間ポットをガス処理箱（50×35×53 cm）に入れ、50 ppmのエチレングス処理を行なった。無処理区でもポットをガス処理箱に入れたが、エチレングスは注入しなかった。

エチレングス処理終了直後に各区の生葉2 g（頂葉から第2、3、4番目の葉）について本生物検定法により、葉からのエチレンの発生を比較した。



第10図 土壌水分およびエチレングス処理による葉面蒸散量、葉からのエチレンの発生、落葉および落蕾の差異（ゴマ）

- (注) 1) 8月11日土壌含水量の区別を設けた。含水量は湛水区100%に対し、適湿区75%、乾燥区45%。  
2) エチレン処理は8月14～15日。  
3) 子葉の上偏生長角度は8月18日(8h)に測定し、落葉・落蕾は13～18日間の値を示す。  
4) 葉面蒸散量はコバート紙法により測定し、適湿区を100とした%で示した。

その結果は第10図のようにエチレングス処理の有無にかかわらず、土壌含水量が適湿（土壌含水量75%）より少なくても（同45%）、多くても（湛水区）、葉面蒸散量が減少するとともに、検定用トマト子葉の上偏生長角度が大きくなり、葉からのエチレン発生が多くなることが認められた。このことは第4図、第2表の結果と傾向を同じくしている。

また同図のようにエチレングス処理の有無にかかわらず、落葉、落蕾は土壌含水量が適湿より少なくても多くても増大した。また土壌含水量のいかににかかわらずエチレン処理区は無処理区にくらべて、落葉や落蕾が顕著であった。

以上から葉からのエチレンの発生と落葉、落蕾が平行して起こることがわかった。またエチレン処理区の湛水区と乾燥区では、エチレン処理の影響と土壌水分の過不足の影響とが加わって落葉、落蕾が著しくなることがわかった。

## (2) 栄養条件を異にして育てた水稻葉からのエチレンの発生

栄養条件を異にして育てた水稻品種ヤマビコについて、葉からのエチレン発生を比較した。

7月28日苗を2千分の1アールポットに2本ずつ移植し、はじめ完全培養液で培養し、8月3日以後標準区、チッソ欠除区(-N)、カリ欠除区(-K)、チッソ倍量区(2N)の別を設けた。水耕法は既報の通りである(馬場・酒井 1976 a)。1区2鉢。

成熟期の10月5日各区の止葉(第1葉)、第2、3葉の生体2.0gをとり、10時間における葉からのエチレンの発生を比較した。

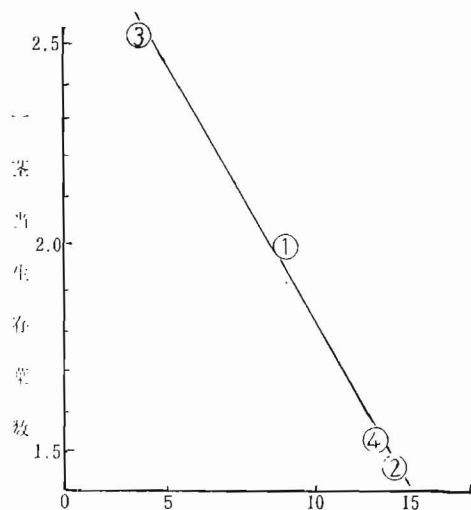
その結果は、第11図のようにトマト子葉の上偏生長角度からみた葉からのエチレン発生量は、チッソ、カリの不足で増加し、チッソの増加で減少した。この際エチレンの発生量と1茎当生存葉数との間に高い負の相関がみられた。

つぎに本田で標準肥区と多肥区の別を設けて育てた水稻についてチッソ施用量と葉からのエチレン発生との関係をしらべた。

7月26日移植し、はじめ同一施肥量で育て、その後多肥区では7月25日と8月25日の2回に標準肥区より合計10アールあたり硫酸10kgを増加して施用した。供試品種は、耐肥性の大きい金南風とその小さい農林8号(馬場・岩田 1962)を用いた。

8月5日、9月5日、9月15日の3回、第2、3、4葉の葉身の生体2gをとり、トマト子葉の上偏生長から見た葉からのエチレン発生量をしらべた。

その結果は第4表のように多肥での増収の少ない、すなわち耐肥性の小さ



トマト子葉の上偏生長角度(度)  
(葉からのエチレン発生)  
1. 標準N, 2. -N, 3. 2N, 4. -K

第11図 栄養条件を異にした水稻における葉からのエチレン発生と生存葉数との関係

第4表 耐肥性を異にする水稻品種におけるチッソレベルによる葉からのエチレンの発生の差異

区	別	トマト子葉の上偏生長角度(°) (葉からのエチレンの発生程度)			
		8月5日 (6時間)	9月5日 (6時間)	9月15日 (10時間)	平均
農林8号 (耐肥性小)	普通肥	12.3	11.0	13.7	12.3
	多肥	9.0	10.5	11.5	10.3
金南風 (耐肥性大)	普通肥	8.0	8.7	7.3	8.0
	多肥	11.3	10.0	16.5	12.6

い農林8号では、多チッソでの葉からのエチレンの発生は減少したが、多肥での増収の大きい、すなわち耐肥性の大きい金南風では、多チッソで葉からのエチレンの発生が増加した。

## 考 察

本研究では、エチレンによって誘致されるトマト子葉の上偏生長角度を測定することによって植物体から発生するエチレンを検知する準定量的生物検定法を考案することができた。

この方法で2,4-Dにより誘導されるトマト子葉の上偏生長角度がエチレン生成阻害蛋白によって減少することに着目して、エチレン生成阻害蛋白の効力検定を準定量化することができた。この方法はエチレン生成阻害蛋白以外のエチレン発生阻害剤(物質)の効力判定やスクリーニングにも利用できると考えられる。また2,4-Dやエスレル以外のエチレン発生剤(物質)の効力測定やスクリーニングにも利用可能であろう。

また植物体からのエチレンの発生量を測定する生物検定法として、密閉容器内に、測定すべき植物体の一定量と検定用トマト稚苗を入れて、植物体から発生するエチレン量を、検定用のトマト子葉の上偏生長角度を測定することによって求める方法を考案した。

この方法の欠点は、検定用トマト稚苗とその培地ごとに培地から発生するエチレン量が誤差の原因となることである。この培地からのエチレンの発生量を少なくするために、少量のパーミュキュライトを用いる方法をとったが、さらにその発生を少なくする方法を検討する必要がある。

本研究から植物体からのエチレン発生は、土壤が乾燥し、植物が水分ストレス(Water stress)をうけた場合に増加し(Jordan *et al.* 1972, McMichael *et al.* 1972, Ben-Yehoshua and Aloï 1974, El-Beltagy and Hall 1974), また湛水した場合にも増加する(Kawase 1974, Michael *et al.* 1975, Jackson and Cambel 1975, Kawase 1976)といわれるが、本研究でもゴマについて同様の事実が認められた。

植物体からのエチレンの発生や植物内のエチレン濃度の増大は、土壤の乾燥の場合は、水分ストレス(植物体の含水量の低下)とそれに伴う老化(Senescence)の促進(El-Beltagy and Hall 1974)などによって起こるといわれる。

湛水処理の場合では、根の障害による吸水の減少に伴う水分ストレス(植物体の含水量の低下)、土壤の酸素不足の影響(Jackson and Cambel 1975)、これらに伴う老化の促進(El-Beltagy and Hall 1974)、土壤の酸素不足(嫌氣的)条件下で増殖する土壤微生物により生成されたエチレンの根から地上部への拡散(Jackson and Cambel 1975)および内生エチレン等の体内への拡散、排出の減少(Kawase 1974, 76)などで起こると考えられている。

本研究の場合もこのような土壤の乾燥、湛水処理による植物体からのエチレンの生成、植物体のエチレン濃度の増大に伴って上偏生長、落葉、落蕾などが誘致されたものと考えられる。

またエチレンの作用特性として老化の促進があげられるが、チッソ、カリの欠乏に伴ってイネの下葉が枯上る現象と葉からのエチレンの発生とが密接な関係をもつことが認めら

れたが、このことから、栄養欠乏によるエチレンの発生促進、老化の促進、下葉の枯上りなどが相互に関連して順次進行するものと推測される。

チッソの増加に対する葉からのエチレンの発生が水稻品種により異なり、耐肥性の大きい品種がその小さい品種にくらべてチッソの増加に伴うエチレンの発生の増加が大きいことが認められたが、このことは耐肥性の大きい品種がその小さい品種にくらべてチッソによる生長の促進が少ないこと（馬場・岩田 1960）と関連があるのではないかと考えられる。

## 摘 要

エチレン生成阻害蛋白の効力検定などに利用するエチレンの生物検定法を考案するための研究を行なうとともに、案出した生物検定法を用いて、環境条件とエチレンの発生に関する2, 3の実験を行なった。その結果の概要は次の通りである。

(1) エチレンによって誘起されるトマト稚苗の子葉の上偏生長角度( $Y$ )とエチレン濃度( $X$ )との間には、エチレン濃度0.01~10.0 ppmの範囲内では、 $Y=9.37 \log X + 22.41$ の直線式に近似した関係が認められた。したがってこの濃度の範囲（上偏生長角度で0~30°の範囲）内のエチレン濃度は、トマト子葉の示す上偏生長角度を測ることによって求めることができる。

(2) 2, 4-Dの $10^{-4}M$ の水溶液をトマト稚苗の胚軸に塗布することによって誘起される子葉の上偏生長は、エチレン生成阻害蛋白の水溶液を子葉に塗布することによって軽減される。エチレン生成阻害蛋白の効力はこのトマト子葉の上偏生長がエチレン生成阻害蛋白によって軽減される程度を測定して検定できる。

(3) 植物体から発生するエチレン量は、密閉容器内に供試植物体の一定量とともにエチレン検定用のトマト稚苗を入れ、一定時間後にトマト稚苗の子葉の示す上偏生長角度を測定することによって準定量的に求めることができる。本研究ではこのエチレンの生物検定法の基準的方法を考案提示した。

(4) 上記のエチレンの生物検定法を利用して、環境条件と植物体からのエチレンの発生との関係について研究し、つぎの諸事項を明らかにすることができた。

1) 土壌の乾燥または湛水処理によって植物体から多量のエチレンが発生し、葉柄の上偏生長、落葉、落蕾等が誘致される。これらの被害はエチレンガスの存在によって加重される。

2) 水稻ではチッソ、カリなどの欠乏に伴って葉からのエチレンの発生が促進され、葉の老化、下葉の枯れ上りなどが誘致される。

また水稻ではチッソの増加に伴うエチレンの発生の推移は品種により異なっており、耐肥性の大きい品種はその小さい品種にくらべて、チッソの増加によるエチレンの発生が大きい。

## 文 献

1. 馬場 越・岩田岩保. 1962. 耐肥性の概念と品種の生態. 育種学最近の進歩 第3集: 66-76.

2. 馬場 赴・酒井慎吾. 1976 a. 作物の大気汚染被害の発生機構に関する生理的研究 第2報 栄養条件および土壌還元が作物の亜硫酸ガス被害に及ぼす影響. 農学研究 55(4) : 189-198.
3. 馬場 赴・酒井慎吾. 1976 b. トマト子葉の上偏生長測定によるエチレンの生物検定法とその応用. 日作紀 45 別号 1 : 89-90.
4. Ben-Yehoshua and Aloni. 1974. Effect of water stress on ethylene production by detached leaves of Valencia orange. *Plant physiol.* 53 : 863-865.
5. Burg S. P. and Burg E. A. 1965. Ethylene action and the ripening of fruits. *Science* 148 : 1190-1169.
6. Crocker W., Zimmerman P. W. and Hitchcock. 1932. Ethylene induced epinasty of leaves and the relation of gravity to it. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 4 : 177-218.
7. Denny F. E. and Miller L. P. 1935. Production of ethylene by plant tissue as indicated by epinastic response of leaves. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 7 : 97-102.
8. El-Beltagy and Hall M. A. 1974. Effect of water stress upon endogenous ethylene levels in *Vicia faba*. *New Phytol.* 73 : 47-60.
9. Imaseki H., Uritani I. and Stahmann M. A. 1968. Production of ethylene by injured sweet potato root tissue. *Plant and Cell physiol.* 9 : 753-768.
10. Jackson M. B. and Cambell D. J. 1976. Ethylene and waterlogging effect in tomato. *Ann. Appl. Biol.* 82 : 102-105.
11. Jordan W. R., Morgan P. W. and Davenport J. L. 1972. Water stress enhances ethylene mediated leaf abscission in cotton. *Plant Physiol.* 50 : 756-758.
12. Kawase M. 1974. Role of ethylene in induction of flooding damage in sunflower. *Plant Physiol.* 31 : 29-38.
13. Kawase M. 1976. Ethylene accumulation in flooded plants. *Physiol. Plant.* 36 : 236-241.
14. Knight L. I. and Crocker Wm. 1913. Toxicity of smoke. *Bot. Gaz.* 55 : 337-371.
15. McGeassen W. B. and Pratt H. K. 1964. Effect of wounding on respiration and ethylene production by cantaloupe fruit tissue. *Plant Physiol.* 39 : 128-132.
16. McMichael B. L., Jordan W. R., and Powell R. D. 1972. An effect of water stress on ethylene production by intact cotton petiole. *Plant Physiol.* 49 : 658-660.
17. Michael B., Jackson M. B. and Cambell D. J. 1975. Movement of ethylene from root to shoots a factor in the responses of tomato plants to waterlogged soil condition. *New Phytol.* 74 : 397-406.
18. Millen E. V., Wiston J. R. and Fisher D. F. 1940. Production of epinasty by emanations from normal and decaying citrus fruits and from penicillium. *Jour. Agric Res.* 60 : 269-277.
19. Sakai S. and Imaseki H. 1973. A proteinaceous inhibitor of ethylene biosynthesis by etiolated mungbean hypocotyle sections. *Planta.* 113 : 115-128.
20. Sakai S. and Imaseki H. 1973. Properties of the proteinaceous inhibitor of ethylene synthesis action on ethylene production and indole acetylaspasrate formation. *Plant and Cell Physiol.* 14 : 881-892.
21. Smith K. A. and Robertson P. D. 1971. Effect of ethylene on root extension of cereals. *Nature* 234 : 148-149.
22. Smith K. A. and Russel R. S. 1969. Occurrence of ethylene and its significance in

- anerobic soil. *Nature* 222:769-771.
23. Smith K. A. 1976. Ethylene in the soil atmosphere and its effects on root growth 1975. *Ann. appl. Biol.* 81:106.
24. 竹松哲夫・近内誠登・池田 芳, 1975. エチレン発生物質の植物生理活性, 第1報 エチレン発生物質の生物検定法, 植物化学調節研究会第10回大会紀事講演:21-22.