

作物幼苗の亜硫酸ガスに対する抵抗性の差異と
それを応用した大気汚染検出用植物計

津野 幸人^{*}・佐藤 亨^{**}・入倉 修一^{**}

A Classification of Resistance to Sulfur Dioxide
in the Atmosphere in Young Plants
of Crops and its Application to
Environmental Monitoring

Yukindo TSUNO,^{*} Tōru SATO^{**} and Shuichi IRIKURA^{**}

^{*}*Division of Arid Land Agro-ecology, Sand Dune Research Institute*

^{**}*Laboratory of Crop Science, Faculty of Agriculture, Ehime University*

Summary

The experimental plants were grown in small cups during a period of 30 days after seeding. Various concentrations of SO₂-gas (0.1, 0.5, 3.0, 5.0, and 7.0 ppm) were applied to the young plants for 30 minutes in the exposal chamber shown in fig. 1.

SO₂-gas damaged the plants in the form of smog spots on their leaves above their critical concentration. The experimental plants were classified according to the relationship between SO₂-gas concentrations and the per cent of the smog spot area on their leaves, as shown in table 3. Variety Heavenly blue of *Pharbitis nil* Choisy and *Perilla frutescens* Britton were classified in the extremely sensitive group and 5 kinds of C₄-plant in table 3 and *Allium tuberosum* Rottl were classified in the group as being resistant to SO₂-gas. The C₃-plants showed slightly more inhibition by the SO₂-gas than C₄-plants in photosynthetic activity. The inhibition ratio of the photosynthesis was in accord with the per cent of smog spot area on the leaves, evident 48 hrs. after treatment.

Four kinds of crops were selected from table 3, and cultured on the box showing in fig. 2 during the period from May 22 to May 31 at the same place under clean air conditions. Then, the culture box was delivered to five places in air-polluted-areas in order to investigate its practical use, and the plants were harvested on July 10. All plants as phytometer for air pollution grew adequately, but the smog spots were recognized on the leaves of *Pharbitis nil* Chisy and *Fagopyrum esculentum* Mill.

※砂丘利用研究施設乾地生態部門

※※愛媛大学農学部作物学研究室

1. 緒 言

植物の種類によって大気汚染物質に対する抵抗性に差異のあることは、Thoms and Hill (1937), 米丸 (1927), 藤原 (1968), 谷山・有門 (1968) らの研究によって明らかにされている。大気汚染に感受性の強い植物を汚染地域の各所に配置して、その生長率の差異で大気汚染の程度を判定しようとする研究も津野・佐藤ら (1976) によって実施されてきた。

一般に幼植物は大気汚染物質に対する感受性が高く、また、生長率も高いので、その生育状態によって大気汚染による被害を判定することは容易である。この点に着目して、大気汚染に対する抵抗性の異なる各種作物の幼植物を均等な肥培条件下で栽培し、それらを大気汚染環境下において、被害発生の状態を観察すれば、汚染程度が判定できるであろう。

以上のような観点から、各種作物の幼苗に対して人為的に各種濃度の亜硫酸ガスを処理し、被害発生程度を調査して抵抗性の差異を求めた。つぎに抵抗性の異なる作物を同時に同一条件で水耕栽培するための簡便な装置を開発する作業を行った。これらの実験は1973年に愛媛大学農学部で実施されたものである。

2. 材料および方法

作物幼苗の亜硫酸ガス処理による被害発生程度を観察するため、以下にあげた播種後約30日の幼植物に対して、6月20日、21日、30日に亜硫酸ガス濃度0.1, 0.5, 3, 5, 7 ppmで30分間処理を行った。なを、各処理日とも晴天で自然光、処理箱内気温30℃のもとで実施された。材料は、水稻、ソルガム、トウモロコシ、コキビ、タカキビ、ニラ、アワ、ヒエ、カブ、カボチャ、キュウリ、マクワウリ、メロン、ダイズ、ピーマン、ゴマ、インゲン、ナス、ダイコン、トマト、シュンギク、パセリ、ハウレンソウ、ソバ、ニンジン、サラダナ、二十日ダイコン、アオシソ、アサガオ (紫獅子、浜の粧、ヘブンリー・ブルーの3品種) の29種類である。これらは約450mlのアイスクリームカップを用意し、吸・排水

が容易にできるように底面に直径2cmの穴をあけ、そこに寒冷紗を敷き、培地材料がこぼれないようにして、その上にモミガラ炭とピートモスを同量混ぜ合せたものを培地材料としてつめた。その上に播種し、養水分の過不足のないように水耕液を2cmの深さにたたえたブリキ製の浅い水槽に並べ、同一条件下で生育させた。

つぎに、亜硫酸ガス処理装置であるが、処理箱内が所定の濃度で一定に保たれることが必須条件とな

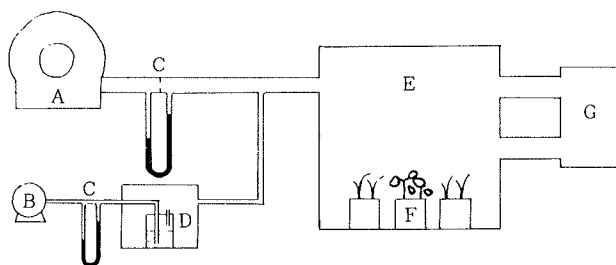


Fig. 1. Exposure system of SO_2 -gas to young plants.
Note. A: Blower. B: Air pump. C: Flow meter.
D: Gas source (H_2SO_3). E: Exposure chamber. F: Young plants. G: Air conditioner.

るので流気式処理法を採用した。その処理装置は第1図に示すとおりである。処理箱は、底面積 0.8m^2 で、上部は 1.1m^3 の亚克力ガラスでできている。空気ポンプ(B)より送られてきた空気は、亜硫酸ガス発生装置(D)のフラスコ内にある5%亜硫酸水から亜硫酸ガスを強制的に蒸発させ、他方、送風機(A)からは常に毎分200ℓの清浄な空気が送られ所定濃度に混合されて処理室に送られる。亜硫酸ガス濃度は(D)に送り込まれる空気量によって調節した。そして、処理室内が均等な濃度に保たれるよう空気攪拌機を用いた。また、冷却機(G)を用いることによって処理時の温度および湿度の変動を一定範囲以内に保持するよう留意した。

この処理装置について、亜硫酸ガス発生装置に送られる空気量と、処理室内の亜硫酸ガス濃度との関係をあらかじめ求めた。これによると、送風機から送られる清浄な空気は常に毎分200ℓ流した場合、ガス発生装置から送られる空気量が毎分20mlのとき処理室内の亜硫酸ガス濃度は1 ppmを示し、毎分150mlのとき5 ppm、毎分500mlのとき7 ppmを

示した。このように混合するSO₂ガス量を増加させることにより処理室内の亜硫酸ガス濃度は高くなる。しかも、処理時間30分間は所定の濃度で一定に保たれていることも確かめておいた。しかし、これはいづれも北川式ガス検知管によってそれぞれの濃度を測ったものであるが、塩化ナトリウム・塩化第2水銀混合液を捕集液とし、ロザニリン-ホルムアルデヒド試薬の呈色反応を用いた方法で亜硫酸ガス濃度を求め、検知管法と比較すると、検地管法で濃度5 ppmのときロザニリン法では6.4 ppm、10 ppmのとき12.8 ppmを示し、ロザニリン法で測定した場合の方が高い値を示したが、大きな相違はなかったので本実験では、測定が簡便で、しかも、処理濃度を敏速に察知することができる北川式検知管法を採用した。

上述した亜硫酸ガス処理は各作物とも2ポットについて行ったものであるが、これらの光合成能力の経時的变化を調査するため、処理直前、処理直後、5時間後、24時間後、および48時間後の5回にわたって、通常同化箱法によって、2ポット全体の光合成量を測定した。測定条件は人工光40 Klux、同化箱内温度30℃であった。

3. 結果および考察

作物は亜硫酸ガスと接触することによって葉に特

有の煙斑が生じることが知られている 藤原 (1968)。そこで、処理直後から7日間にわたって煙斑の発生状況を各作物について調査した。亜硫酸ガスに対する感受性の強い作物葉では、まず、処理直後に葉の一部に変色部(記号D)が認められ、それが油浸状の斑点(記号P)へと進行し、さらに褐変(記号B)あるいは、組織が枯死乾燥した白斑(記号W)へと変化した。また、葉に被害を受けると無被害のものよりも早い速度で新葉が展開することも一部の作物(ヒエ、ナス、インゲン)で認められた。

上記した記号で煙斑の進行状況を経時的に示したのが第1表である。同表をみて明らかとなり、多くの作物では煙斑の進行はD→P→B→Wと推移するが、マクワウリ、メロン、ソルガムでは褐色斑のまま停止するものもある。谷山・有門(1968)は水稲において亜硫酸ガスによる被害部は白斑を生じ、H₂SO₃ミストまたはH₂SO₄ミストが接触すると褐色の小斑点を生じることを報告しているが、本実験では斑点面積が大きいので亜硫酸ガスによる直接的な被害が大部分を占めていたと考えられる。

さらに、煙斑発生の遅速は作物特性としての亜硫酸ガスに対する抵抗性の差異をよく示している。すなわち、アオシソ、アサガオ、シュンギクなど第1表の初頭にかかげたものは煙斑の進行がすみやかで、24時間後に褐色斑(B)または白斑(W)に

Table 1. Damage symptoms on leaf as a result of sulfur dioxide treatment

Plant name	SO ₂ concentration in ppm	After times from treatment in hr					
		0	1	5	24	48	72
アサガオ (ヘブンリーブルー) Pharbitis nil Choisy (1)	0.1				B		
	0.5				P B		
	3			P	B		
	5	D	P			B	
	7	D					W
アオシソ Perilla frutescens Britton var. acuta Kudo, f. viridis Makino	0.1				B		
	0.5				P B		
	3			B			
	5			B			
	7	D	B				
シュンギク Chrysanthemum coronarium L. var. spatiosum Bailey	0.1				B		
	0.5				P B		
	3			D	B		
	5						
	7						

Plant name	SO ₂ concentration in ppm	After times from treatment in hr					
		0	1	5	24	48	72
パセリ Petroselinum sativum Hoffm.	0.1				B		
	0.5				PB	W	
	3			P	W		
	5						
	7						
アサガオ(浜の粧) Pharbitis nil Choisy (2)	0.1				PB		
	0.5				B		
	3			P			
	5		D	P		B	
	7	D				W	
ホウレンソウ Spinacia oleracea L.	0.1				P		
	0.5				PB		
	3			P	W		
	5						
	7						
ニンジン Daucus carota L. var. sativa DC.	0.1				B		
	0.5				B		
	3			B			
	5						
	7			D	B		
アサガオ(紫獅子) Pharbitis nil Choisy (3)	0.1				PB		
	0.5				B		
	3			P	B		
	5		D	B			
	7		D		B		
トマト Lycopersicon esculentum Mill.	0.1						
	0.5						
	3			P		B	
	5			P		B	
	7		D	P		B	W
二十日ダイコン Raphanus sativus L. var. acanthiformis Makino	0.1				P		W
	0.5	D			W		
	3			P	W		
	5	D		P			W
	7	D					W
ソバ Fagopyrum esculentum Moench	0.1				B		
	0.5				PB		
	3				B		
	5		D	P			B
	7	D		P			B
ダイコン Raphanus sativus L. var. acanthiformis Makino	0.1				P		W
	0.5				W		
	3			P			W
	5	D					W
	7	D		P			W
ナス Solanum melongena L.	0.1				P		W
	0.5						W
	3			P			W
	5	D			P		W
	7	D			P		W

Plant name	SO ₂ concentration in ppm	After times from treatment in hr					
		0	1	5	24	48	72
サ ラ ダ ナ Lactuca sativa L. var. capitata L.	0.1				PB		
	0.5				PB		
	3			P	B		
	5			B			
	7		B				
イ ン ゲ ン Phaseolus vulgaris L.	0.1						
	0.5				P		B
	3			P		B	
	5			D		W	
	7		D		P	W	
ゴ マ Sesamum indicum L.	0.1						
	0.5				B		
	3			PB			
	5		D	P		B	
	7	D		P		B	
ダ イ ズ Grycine max Merrill	0.1						
	0.5						
	3			D	W		
	5			D	W		
	7		D		W		
マ ク ワ ウ リ Cucumis melo L. var. makuwa Makino	0.1						
	0.5						
	3			P			B
	5			P		B	
	7			P		B	
メ ロ ン Cucumis melo L.	0.1						
	0.5						
	3			P		B	
	5						
	7			P		B	
水 稲 Oryza sativa L.	0.1						
	0.5						
	3			D	W		
	5			D		BW	
	7		DB	W			
ピ ー マ ン Capsicum annuum L. var. angulosum Mill.	0.1						
	0.5				P	W	
	3			P	W		
	5		D	P		W	
	7		D		P	W	
カ ボ チ ヤ Cucurbita popo L.	0.1						
	0.5						
	3						
	5			P		W	
	7		P			W	
キ ュ ウ リ Cucumis sativus L.	0.1						
	0.5						
	3				W		
	5			P	W		
	7		D	P		W	

Plant name	SO ₂ concentration in ppm	After times from treatment in hr					
		0	1	5	24	48	72
ソルガム Sorghum bicolor L.	0.1						
	0.5						
	3						
	5			P			B
	7		D		P	B	
カブ Brassica rapa L.	0.1						
	0.5						
	3						
	5						
	7						
コキビ Panicum miliaceum L.	0.1						
	0.5						
	3						
	5			D			W
	7						W
トウモロコシ Zea mays L.	0.1						
	0.5						
	3						
	5			D			W
	7		D		D		W
ヒエ Panicum crus-galli L. var. frumentaceum Trin.	0.1						
	0.5						
	3						
	5			D	P		W
	7		P		P		W
アワ Setaria italica Beauv.	0.1						
	0.5						
	3						
	5			D			W
	7		D				W
ニラ Allium tuberosum Rottl.	0.1						
	0.5						
	3						
	5					W	
	7					W	
タカキビ Sorghum bicolor L.	0.1						
	0.5						
	3						
	5			D			W
	7				D		W

Note. Plant age : 30 days after seeding. Treatment period : 30 minutes in each concentration.
 D : Decolorized spot. P : Permeated spot. B : Brown spot. W : White dried spot.
 Pharbitis nil choisy : Variety name (1) ... Heavenly Blue, (2) ... Hama no yoshoi,
 (3) ... Murasakishishi.

達しているが、同表末尾のソルガム以下はそれに達するのに3日間を要している。

第2表には処理2日後における煙斑部面積比率が記載されてあるが、これと煙斑の進行状況を対照す

ると、作物の亜硫酸ガスに対する抵抗性程度がよくわかる。同表の数字は被害部面積(煙斑面積)の全葉面積に対する比率(%)である。供試した作物にかぎって言えば、単子葉植物が亜硫酸ガスに対して

Table 2. Per cent of damaged area on leaves 48 hr after sulfur dioxide treatment

Plant name			Concentration of SO ₂ in ppm				
			0.1	0.5	3.0	5.0	7.0
Monocotyledonous plant	タカキビ	Sorghum bicolor L.	0	0	0	5	1
	ニラ	Allium tuberosum Rottl.	0	0	0	2	5
	アワ	Setaria italica Beauv.	0	0	0	2	2
	ヒエ	Panicum crus-galli L.	0	0	0	1	1
	トウモロコシ	Zea mays L.	0	0	0	5	10
	コキビ	Panicum milaceum L.	0	0	0	5	10
	ソルガム	Sorghum bicolor L.	0	0	1	10	30
	水稲	Oryza sativa L.	0	0	10	10	30
Dicotyledonous plant	カブ	Brassica rapa L.	—	—	0	0	30
	キュウリ	Cucumis sativus L.	0	0	2	30	30
	カボチャ	Cucurbita pepo L.	0	0	0	40	40
	ピーマン	Capsicum annuum L.	0	1	5	10	40
	メロン	Cucumis melo L.	0	0	30	—	40
	マクワウリ	Cucumis melo L.	0	0	40	15	20
	ダイズ	Grycine max Merrill.	0	0	50	50	50
	ゴマ	Sesamum indicum L.	0	5	40	50	80
	インゲン	Phaseolus vulgaris L.	0	5	70	70	70
	サラダナ	Lactuca sativa L.	2	5	95	70	90
	ナス	Solanum melongena L.	0	10	60	60	80
	ダイコン	Raphanus sativus L.	0	15	70	50	70
	ソバ	Fagopyrum esculentum Moench	2	20	70	80	90
	二十日ダイコン	Raphanus sativus L.	5	40	90	100	100
	トマト	Lycopersicon esculentum Mill.	0	40	20	70	90
	アサガオ(紫獅子)	Pharbitis nil Choisy (3)	0	60	70	80	80
	ニンジン	Daucus carota L.	2	80	40	—	70
	ホウレンソウ	Spinacia oleracea L.	1	60	100	—	—
	アサガオ(浜の甍)	Pharbitis nil Choisy (2)	0	70	80	80	95
	パセリ	Petroselinum sativum Hoffm.	1	80	95	—	—
シュンギク	Chrysanthemum coronarium L.	1	80	80	—	—	
アオシソ	Perilla frutescens Britton	50	80	95	95	95	
アサガオ(ヘブンリーブルー)	Pharbitis nil Choisy (1)	60	90	90	95	95	

Note. Per cent of damaged area = $\frac{\text{Damaged area on leaf}}{\text{Total leaf area}} \times 100$

強い抵抗性を持ち、なかでもC₄植物に属するものは強いようである。双子葉植物は全般に抵抗性が弱いようである。しかし、カブ、キュウリ、カボチャなどは強い抵抗性を示した。これら抵抗性の差異の生じる原因については、葉の組織の物理的特性と、作物固有の生理的特性とが関連していることが考えられるが、現在のところ他の研究を通覧しても、明確な結論は得られていないようである。ただ、Wislicenus (1914)、米丸 (1927) によればSO₂が光合成中間生成物であるフォルムアルデヒドまたは体内のケトン基と反応して、 α -hydroxysulfonatesが形成され、これが植物に有害作用を及ぼすとされているが、

本研究ではこの点を明らかにすることはできない。しかし、第1、2表から亜硫酸ガスに対する抵抗性の弱い作物は低濃度の処理で大きな煙斑を生じ、しかもその発生速度の早い点は明確に指摘することができる。

第2表の亜硫酸ガス濃度と被害部面積比率との関係を作図し、被害部面積が10%に達する濃度を図上から求め、それを基準にして亜硫酸ガスに対する抵抗性を分類したのが第3表である。すなわち、アサガオ(ヘブンリー・ブルー)、アオシソが最も亜硫酸ガスに弱く、コキビ、トウモロコシ、ヒエ、アワ、ニラ、タカキビなどは最強の部類に属する。特に注

Table 3. Classified list of resistance of various young plants to SO₂-gas

Classification	植物名	Plant name	Critical concentration in ppm
Extremely sensitive	アサガオ(ヘブンリー・ブルー)	Pharbitis nil Choisy (1)	< 0.1
	アオシソ	Perilla frutescens Britton	< 0.1
Highly sensitive	シュンギク	Chrysanthemum coronarium L.	0.14
	パセリ	Petroselinum sativum Hoffm.	0.14
	アサガオ(浜の粧)	Pharbitis nil Choisy (2)	0.15
	ホウレンソウ	Spinacia oleracea L.	0.16
	ニンジン	Daucus carota L.	0.16
	アサガオ(紫獅子)	Pharbitis nil Choisy (3)	0.16
	トマト	Lycopersicon esculentum Mill.	0.16
Sensitive	二十日ダイコン	Raphanus sativus L.	0.17
	ソバ	Fagopyrum esculentum Moenth.	0.23
	ダイコン	Raphanus sativus L.	0.32
	ナス	Solanum melongena L.	0.50
	サラダナ	Lactuca sativa L.	0.64
	インゲン	Phaseolus vulgaris L.	0.70
	ゴマ	Sesamum indicum L.	0.80
	ダイズ	Glycine max Merrill.	1.00
	マクワウリ	Cucumis melo L.	1.10
メロン	Cucumis melo L.	1.30	
Intermediate	水稲	Oryza sativa L.	3.00
	ピーマン	Capsicum annum L.	3.30
	カボチャ	Cucurbita pepo L.	3.50
	キュウリ	Cucumis sativus L.	3.60
	ソルガム	Sorghum bicolor L.	5.00
Resistance	カブ	Brassica oleracea L.	5.60
	コキビ	Panicum milaceum L.	7.00
	トウモロコシ	Zea mays L.	7.00
	ヒエ	Panicum crus-galli L.	7.0<
	アワ	Setaria italica Beauv.	7.0<
	ニラ	Allium tuberosum Rottl.	7.0<
タカキビ	Sorghum bicolor L.	7.0<	

Note. Critical concentration : Concentration happened 10% damaged area on leaf at 48 hr after from treatment.

目すべき点はアサガオ3品種のうちでもヘブンリー・ブルーは他のものよりも感受性が大であり、同品種が光化学スモッグ検出用の指標植物(松中1974)として好適している点を考えれば、これは各種有害ガスに対する汎用的な用途で大気汚染検出のための植物計に是非とも採用したい品種である。

数種作物の幼苗に対して亜硫酸ガス1ppmを30分間処理して、葉の被害率と処理5時間後、24時間後、48時間後における光合成速度をそれぞれ測定し、処理前の光合成量を100とした場合の相対値で表わしたものを第4表に示した。これによると、処理5時間後においては全ての供試作物の光合成量は処理前に比べて約50%以下に低下しており、とくに、葉身

部の半分以上が可視的障害を受けたゴマ、ソバ、アサガオ(ヘブンリー・ブルー)等は光合成をおこなっておらず、呼吸作用のみをおこなっている状態である。葉に可視的障害のみられないヒエ、アワ、トウモロコシ、インゲン、ナス、等でも23~39%と低下している。処理後24時間を経過すると全ての作物が光合成をおこなっており、前表の抵抗性が最強、強の部類に入っているものは、処理前に比べて80%以上の光合成機能の回復を示した。処理後48時間においては、可視的障害のほとんどみられないものは、処理前の値と同等あるいはそれ以上の値を示した。煙斑部面積90%のアサガオ(ヘブンリー・ブルー)でも処理前の50%の光合成能力を示した。このこと

Table 4. Changes of photosynthetic activity by treatment of 1 ppm SO₂-gas during 30minutes

植物名(品種名)	Plant name	Damaged area of leaf at 48 hr after	After times of treatment in hr		
			5	24	48
ヒ エ	Panicum crus-galli L.	0 (%)	38.6	118.1	131.9
ア ワ	Setaria italica Beauv.	0	25.0	95.6	91.2
トウモロコシ	Zea mays L.	0	34.9	79.9	104.6
ナス	Solanum melongena L.	0	34.6	94.6	130.0
インゲン	Phaseolus vulgaris L.	0	23.4	81.7	120.0
ソルガム	Sorghum bicolor L.	1	55.6	97.8	110.8
水稲	Oryza sativa L.	1	1.5	79.2	100.0
ダイズ	Glycine max Merrill.	20	43.9	64.8	81.9
アサガオ(浜の粧)	Pharbitis nil Choisy (2)	40	0.8	67.0	95.4
ゴマ	Sesamum indicum L.	60	-10.7	9.1	51.6
ソバ	Fagopyrum esculentum Moenth.	80	-55.1	17.3	55.1
アサガオ(ハプリーブルー)	Pharbitis nil Choisy	90	- 8.4	54.2	57.3

は、無被害部分の光合成能力が強化されたものと推察される。

つぎに葉の被害率と処理後5時間、24時間、48時

ない作物においても、処理5時間後は光合成能力が処理前の40%以下に低下しており、不可視的障害の存在することは明らかである。他方、第5表のごと

Table 5. Coefficient of correlation between relative photosynthetic amount of 12 plants shown in table 4 and the per cent of damaged area of leaf to total leaf area at 48 hrs after SO₂-gas treatment

After time from treatment in hr	Coefficient
5	-0.798
24	-0.817
48	-0.864

間における光合成量(相対値)との相関々係をみたのが第5表である。葉の被害率と光合成量の低下率との間には密接な負の相関々係があることがうかがえる。その相関係数 γ は処理後5時間で-0.789, 24時間で-0.817, 48時間で-0.864と処理後の時間の経過とともに一層高い数値となっていることがわかる。

大気汚染物質によって植物の光合作用が抑制されることは多くの研究者によって認められている(Katz and Sohre 1955, Thomas 1956, 谷山1972)。

Thomas and Hill (1937)は亜硫酸ガスによる被害発生の機構を、煙斑による葉の光合成部分の減少に求めており、いわゆる可視的障害説をと考えた。これに対し、谷山(1972)は亜硫酸ガスを低濃度長期間処理することにより、光合成能力そのものの抑制を実証し、不可視的障害の存在を強調した。本実験の第4表で認められるとおり、葉に被害の発生し

く被害面積率と光合成量との間には高い負の相関が認められ、長期的にみれば可視的障害がSO₂被害の主要部分を占めていることも事実である。こうした事実から推測すれば、低濃度で長期間亜硫酸ガスに接触した場合は不可視的障害による光合成機能の抑制が被害の主体をなし、高濃度短期間の接触は可視的障害が優先するものと考えられる。

4. 植物計用水耕栽培装置の開発

作物を水耕栽培するにあたって、最も苦心するのは根部への通気である。各種の水耕栽培装置が考案されているが、実際に使用してみて、装置の作動に安定性を欠くものや、後期の生育が健全とはいえない場合が多い。とくに畑作物のなかには栽培しづらいものも多く、その原因は通気不良による根腐れの発生である。著者らは植物計の開発にあたって、均一な肥料条件を与えるためには、水耕法によるのが

最も簡便であると考えて、種々の水耕法を検討してきた。その結果、気泡ポンプの原理を応用した水耕装置が好結果をおさめることがわかったので、その実施例を紹介したい。

栽培装置の原理は気泡ポンプによって水耕液を栽培ポット底部から吹きつけ、空気と養水分を同時に根部に与えようとするものである。その構造は第2図に示した。栽培ポット（第3図）の上部は10cm×15cmで深さ12cm、この中に籾殻くん炭とハイピートモスの等量混合物が詰められ、ここに植物は播種または移植される。栽培ポットの断面は第4図のとおりであって、同図Fの部分に水耕液（大塚ハウス肥料800倍液）が吹き上がってくる。ポットの下部には1cmの深さで水耕液がたまる様な構造となっているが、これは停電時空気ポンプが作動しない場合の安全対策である。この装置によって各種作物

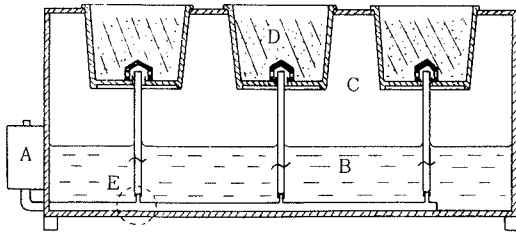


Fig. 2. Cross-sectional view of water culture method using air lift pump.

Note. A: Small air pump. B: Nutrient solution. C: Container box (volume 50ℓ). D: Culture pot. E: Air lift pump.

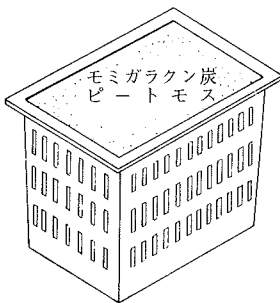


Fig. 3. Enlarged figure of the culture pot filled with peat moss mixed with charred husks of rice.

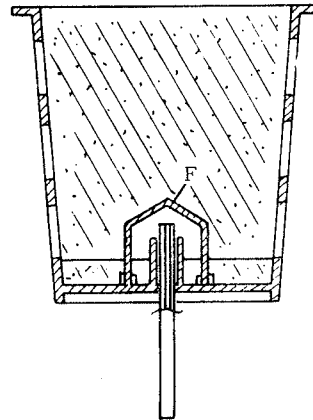


Fig. 4. Enlarged figure of cross-section of the culture pot.

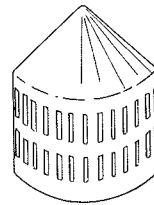


Fig. 5. Enlarged figure of part F in fig. 4.

を栽培してみたが、いづれも生育は良好であった。便利な点は故障がほとんどなく、水耕液を時々補充する以外は全然手がからないことである。

そこで、本装置5台のそれぞれに、アサガオ2品種、ソバ、インゲン、キュウリを1974年5月22日に播種し、1ポット1本植に仕立て、5月31日に愛媛県新居浜市および西条市の5地点に配置した。そして栽培装置は7月10日に回収した。配置地点は工場地帯や住宅地帯が含まれ、大気汚染の程度も色々であり、従って生育状態も異なった。各作物の生育量および調査項目の変異係数を第6表に示した。

まず、作物間の生育量を平均生体重で比較すると、最もよく生育したのはインゲンであり、ついでアサガオのスカールレット・オハラ種であった。他方、ソバとアサガオのヘブンリー・ブルー種が生育量が少ない。大気汚染の著しい地区で葉に被害が認められたのはアサガオ2品種とソバのみである。各調査項目の変異係数を第6表で検討すると、節数(主茎)は

Table 6. Plant growth in culture box shown in fig. 2 as phytometer posting to five places and its coefficient of variance (C. V.)

Plant name	Item	Height (cm)	No. of nodes	Fresh weight (g)	No. of Total leaves	No. of non-damaged leaves
アサガオ(スカーレットオハラ) Pharbitis nil Choisy	Actual	308	31	273	119	113
	C. V., %	10.4	11.0	38.9	21.7	23.3
アサガオ(ヘブンリーブルー) Pharbitis nil Choisy (1)	Actual	193	25	151	105	99
	C. V., %	16.5	16.2	27.3	35.7	47.0
ソバ Fagopyrum esculentum Moenth.	Actual	107	15	139	120	112
	C. V., %	25.7	13.4	50.7	49.4	58.2
インゲン Phaseolus vulgaris L.	Actual	243	19	306	71	57
	C. V., %	21.5	13.5	18.2	15.8	15.8
キュウリ Cucumis sativus L.	Actual	155	20	196	24	24
	C. V., %	19.4	11.5	73.1	29.5	29.5

Note. planted time : May 20. Posting time : May 31. Harvesting time : July 10.

各作物とも変異係数が少で、比較的揃っている。しかし、全般に生体重および全葉数は変異係数が大であり、とくに、ソバ、キュウリの生体重のそれは特に大である。アサガオのスカーレット・オハラ種とインゲンは草丈が伸び、ソバ、キュウリが被蔭された傾向があり、各セットによって両作物の受光条件が異なったので、生体重の変異係数が大になったと考えられる。本植物計栽培装置は栽培条件が良好であるので、土耕に比して著しく生長が旺盛であって、この時期における40日間の試験期間は長すぎたようである。

大気汚染地区で被害葉がもっとも多発したのはアサガオのヘブンリー・ブルー種であり、実に35%の葉に被害が認められた。また同地点ではソバ葉にも27%もの被害が認められた。とくにアサガオに認められた被害は光化学スモッグによる被害とみなされ、この感受性の鋭敏さは本試験でも確認された。

今後、本植物計を用いて試験をおこなう場合は、アサガオのつるは植物計の外側方に誘引して他の植物を被蔭しないような配慮が望ましい。また、インゲン、キュウリなどは感受性が鈍いのでこうした調査には不適であるかもしれない。使用する植物としては、アサガオ、ソバ、シソなど感受性の敏感なもののみを使用すればさらに大気汚染検出用植物計としての機能を発揮するであろう。

本研究で開発した気泡ポンプ式植物計は、従来の水耕装置に比較して容易に作物を栽培することがで

きる。通気ポンプとして熱帯魚飼育用空気ポンプを採用すれば安価で、かつ維持費の安い植物計をつくることのできる。補給用の培養液を添えて設置するならば、誰でも容易に管理することができ、植物計利用上の最大の問題点である肥料および水分条件の均一化がたやすく実現できる。

5. 摘 要

- 1), 29種の作物を選び、播種後約30日の幼苗に対して、5段階の亜硫酸ガスを30分間処理し、被害発生 の程度から、作物のSO₂ガスに対する抵抗性の強弱を判定しようとした。
- 2), 作物幼苗は亜硫酸ガス処理に対してそれぞれ個々の感受性を示し、とくに、葉に顕著な症状がみられ、被害部ではすくなくとも処理後3日目位で褐色か白色の煙斑となった。
- 3), 亜硫酸ガス処理した数種の幼作物について光合成量を測定した。濃度1 ppmで30分間処理すると、処理後5時間では、被害の全くみられないものも処理前の光合成量に比べて50%以下に低下した。さらに、24時間経過すると、抵抗性の強いものはほぼ80%まで回復し、48時間経つと被害の全くみられないもの、あるいは、被害の割合が少ないものは処理前の光合成量に回復したが、煙斑面積の多いものは50%位の回復でとどまった。なお、葉の被害率と光合成量(相対値)との間には密接な負の相関関係があった。

- 4), 以上より, 第3表の作物の中から亜硫酸ガスに対する抵抗性の異なる作物を選び, 同時に, しかも同一条件で栽培すれば, 作物のちがいによる被害の発生状況からみて大気汚染の程度がわかり, 大気汚染検出用の植物計として活用することができる。
- 5), 作物幼苗に対して均等な肥培管理条件を与えるには, 第2図に示した気泡ポンプを応用した水耕装置によって目的を達することができた。本栽培装置の実用性を検討するため, 愛媛県新居浜市および西条市に配置して40日間作動させた結果, 植物計栽培装置として好適することが確認できた。

引用文献

1. 藤原 喬. 1968. 大気中の低濃度 SO_2 吸収による植物の硫黄蓄積と徴候発現. 日植病報. 34: 336—341.
2. ————. 1970. 植物体内に吸収された二酸化イオウの蓄積形態と徴候発現. 日植病報. 34: 127—131.
3. Katz, M. and V. C. Shore. 1955. Air pollution damage to vegetation. Jour. Air Pollut. Cont. Assoc. 5: 2—8.
4. 松中昭一. 1974. 指標生物. 講談社.
5. 谷山鉄郎・有門博樹. 1968. 作物のガス障害に関する研究(第1報). 数種作物の亜硫酸ガス濃度と葉面破壊程度との関係. 日作紀. 37: 366—371.
6. ————. 1969. 作物のガス障害に関する研究(第5報). 水稻の炭酸同化作用におよぼす SO_2 ガスの影響. 日作紀. 38: 598—602.
7. ————. 1972. 作物の亜硫酸ガス障害の実態とその機構に関する研究. 三重大農学術報告. 44: 11—130.
8. Thomas, M. D. and G. R. Hill. 1937. Relation of sulfur dioxide in the atmosphere to Photosynthesis and respiration of alfalfa. Plant Physiol. 12: 309—383.
9. ————. 1956. The invisible injury theory of plant damage. Jour. Air Pollut. Cont. Assoc. 5: 205—208.
10. ————. 1961. Effect of air pollution on plants. Air Pollution. 233—278. WHO. Palais des Nations Geneva.
11. 津野幸人・佐藤 亨・喜安光男. 1976. ソバ幼植物を用いた大気汚染検出用植物計の開発とその応用例. 鳥取大学砂丘研究所報告. 15: 9—20.
12. Wislicenus, H. 1914. Über die ausseren und inneren Vorgaenge der Einwirkung stark verdunnter saurer Gase und saurer Nebel auf die Pflanzen Mitteilungen aus der Koenigl. Saechsisischen forstlichen Versuchsanstalt zn Tharandt 1, 3: 85—176.
13. 米丸忠太郎. 1927. 亜硫酸ガスの植物に及ぼす障害作用について. 農試報告. 47: 1—102.