

作物のガス障害に関する研究 第8報

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
巻/号	394
掲載ページ	p. 525-532
発行年月	1970年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波事務所
Tsukuba Office, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat



作物のガス障害に関する研究

第8報 フッ化水素および亜硫酸ガスがチューリップにおよぼす障害の実態 ならびに気孔開度におよぼす影響*

谷山鉄郎・有門博樹

(三重大学農学部)

近年、わが国における工業の発達は各地で公害といわれる社会問題をひき起し、とくに、農作物におよぼす各種工場からの排出ガスの悪影響は増大の一途をたどっている。例えば、静岡県清水市におけるフッ化水素(HF)によるカンキツ、ブドウ、アズ、アイリスおよび水稲等の被害、また三重県四日市市、和歌山県、愛媛県等における亜硫酸ガス(SO₂)による農作物被害をあげることができよう。

近年、新潟市近郊で発生しているチューリップ被害は工場からの排出ガスに起因するものではなからうかという疑いがある。この地区にはSO₂とHFの2種類のガス発生源が近接している。本実験はチューリップに対するHFおよびSO₂の障害の実態を明らかにするとともに、両ガスによる障害程度を量的に調べ、ガス交換の主要経路である気孔の開度におよぼす影響を明らかにしようとしたものである。

実験材料および方法

工場から排出されるHFおよびSO₂はチューリップ葉の表面または裏面の気孔からガス状のままでも吸収される場合とHF、SO₂が大気中の水分と化合してフッ化水素酸または亜硫酸となつて、これが葉面に付着し、吸収される場合と、土壤中にHFおよびSO₂が溶解して植物の根から吸収され、それが地上部へ移行し、蓄積されてチューリップの葉に障害として発現するような3通りの経路が考えられる。そこで3種類の実験を行なつた。実験材料は新潟県産のチューリップ(品種・ウイリアムピット)を素焼の約1/5,000アルポットに粘土と川砂を半々に混合し、チューリップ肥料、N:P:K=6:8:13を1ポット当たり5gを全層基肥とし、1967年10月12日に1ポット当たり1本植えにしてガラス室内で栽培した。灌水はチューリップの生育に過不足のないように十分注意し、

開花期に達した1968年4月15日からガス処理を開始した。HFおよびSO₂処理は透明塩化ビニール製のチャンパー、内容積50cm×50cm×110cm(高さ)=275lの中でチャンパー内外の空気の交換がおこなわれないよう完全密閉の状態で行なわれ、HFは化学用フッ化水素酸(HF=46.5±0.5%)を磁製のルツボにガス濃度(重量比)で求める処理濃度になるよう計算量だけ入れ、300Wの電熱器上で気化させた。チャンパーは2基作製した。SO₂は亜硫酸水(H₂SO₃約6%)をHF同様に電熱器上で気化させた。両ガスともにHF、SO₂として計算した。したがって、HFおよびSO₂は処理開始時には求める濃度であるとしても、処理時間の延長につれて、葉面への両ガスの吸収、または、チャンパー壁に付着することによるガス濃度の変化についての検討は加えていない。しかしながら、両ガスともに同一条件下で処理を行なつていことから、両ガス間の比較検討については十分可能であると考えられる。チャンパー内の空気をよく攪拌するために換気扇をチューリップの上につるし、常に攪拌した。チャンパー内の気温および関係温度の測定はチューリップのおかれてある高さで行なわれ、光の強さは照度計によつて水平照度を測定した。

上記のガス状の実験につづいて、HFおよびSO₂の水溶液による葉面散布および根に両水溶液を吸収させた場合の経根実験を行なつた。葉面散布実験は両水溶液とも、それぞれ50ppm、400ccを3ポットに1日1回計3回と100ppm、400ccを3ポットに1日1回計5回、日中の午前11時から午後2時までの間に小型噴霧器で噴霧した。経根実験は直径15cmのシャーレーにポットをのせてチューリップの葉面に水溶液が接触しないように注意しながらポット中の土壌へ注いだ。土壌中を通過した水溶液はシャーレー中に溜り、常に根は水溶液にひたつていた。両水溶液とも、1ポット200cc、50ppm1日1回計3回、100ppm3回、200ppm2回、合計8回与えた。気孔の開度を調査する方法はZelitch¹³⁾および正田ら⁷⁾のシリコ

* 昭和45年5月14日受理

大要は第146回講演会(昭和43年10月)において発表

Table 1. Environmental conditions in the experiment of tulip plant exposed to sulfur dioxide (SO₂) and hydrogen fluoride (HF).

Concentration of SO ₂ and HF	Date of treatment	Hour of treatment (hrs.)	Light intensity (Klux)	Air-temperature (°C)
SO ₂ -100 ppm HF -100 ppm	15.4.'68 11.15a. m. -1.15p. m.	2	83	30.5
SO ₂ - 10 ppm HF - 10 ppm	19.4.'68 10.15a. m. -0.15p. m.	2	85	27.0
SO ₂ - 20 ppm HF - 20 ppm	20.4.'68 11.15a. m. -1.15p. m.	2	98	28.0
SO ₂ - 30 ppm HF - 30 ppm	24.4.'68 11.30a. m. -1.30p. m.	2	92	30.0
SO ₂ - 5 ppm- + HF - 5 ppm-	mixed 24.4.'68 gas 2.00p. m. -4.00p. m.	2	85	30.0
SO ₂ - 10 ppm- + HF - 10 ppm-	mixed 25.4.'68 gas 10.45a. m. -0.45p. m.	2	80	31.5
SO ₂ - 20 ppm- + HF - 20 ppm-	mixed 25.4.'68 gas 1.10p. m. -3.10p. m.	2	80	30.8
SO ₂ - 5 ppm- + HF - 10 ppm-	mixed 25.4.'68 gas 1.10p. m. -3.10p. m.	2	72	29.0
SO ₂ - 10 ppm- + HF - 5 ppm-	mixed 25.4.'68 gas 1.10p. m. -3.10p. m.	2	72	29.5
SO ₂ -0.5 ppm HF -0.5 ppm	25.4.'68, 4.00p. m. -26.4.'68, 11.00a. m.	19		19

Table 2. Date and concentrations of sulfur dioxide and hydrogen fluoride-solution in the spray experiment.

Date of experiment	Concentrations of SO ₂ and HF in the sprayed solution
26.4.'68	50 ppm
27.4.'68	50 ppm
29.4.'68	50 ppm
30.4.'68	100 ppm
1.5.'68	100 ppm
2.5.'68	100 ppm
4.5.'68	100 ppm
6.5.'68	100 ppm

At each treatment 3 pots were used. 400 cc were sprayed to tulip plants of 3 pots, respectively.

ンラバーによる型取り法を用いた。

実験結果および考察

SO₂ および HF 処理中における光の強さ、温度、

処理時間、処理日時およびガス濃度をあらわしたのが第1表である。第1表から、単独ガス処理の場合、光の強さは83 Klux から 92 Klux の範囲であつて、チューリップはこの程度の光の強さで十分生育が可能であると考えられる。また温度については 27°C から 30.5°C の範囲であつた。したがつて、これらの環境条件は両ガスによるチューリップの障害発生についての限定要因となりえないものと考えられる。また混合ガスについても上記と同じ観点から、ガス濃度間および両ガス間の比較検討は可能であると考えられたので、以降、実験結果の検討を行なう。第2表は SO₂ および HF 水溶液による葉面散布実験の構成をあらわしたものである。また第3表は SO₂ および HF がチューリップの気孔開度におよぼす影響について行なつた実験の環境条件についてあらわしたものである。

この表から、チャンパー内で処理した場合は温度および光の強さについては差がみられず、したがつて、両ガスによる気孔開度の検討が可能であると考えられる。

(1) HF および SO₂ による障害発生の相違と各器官の抵抗性

HF および SO₂ の 100 ppm 2時間処理において、両ガスともに葉は白色に脱色され、全葉が枯死した。SO₂ の場合は全葉が処理中に下垂し、水浸状となり、処理後直射光下で1~2日放置しておくとも白色を呈するようになる。また、HF 処理においては処理中、展開上位第1および第2葉が下垂し、処理後直射光下で放置する時間の延長につれて障害面積が増大し、ついには白色を呈するようになる。SO₂ においては花軸が弯曲したが HF では花軸への影響はみられなかつた。花卉は両ガス区ともに一部白色に変化した。以上の事実から、チューリップに対する両ガスの障害発生速度は SO₂ の方が HF よりも早く、障害程度においても

Table 3. Enviromental conditions in the estimation of stomatal apertures of tulip plant exposed to sulfur dioxide and hydrogen fluoride.

	Date of treatment	Air-temperature (°C)	Relative humidity (%)	Light intensity (Klux)
5 min. before HF-treatment	10.5.'68 1.00p. m	26	60	80
HF-0 ppm	10.5.'68 1.15-3.15p. m.	36	61	80
HF-5 ppm	10.5.'68 1.15-3.15p. m.	36	61	80
5 min. before SO ₂ -treatment	10.5.'68 10.50a. m.	28	60	85
SO ₂ -0 ppm	10.5.'68 10.30a. m. -0.30p. m.	32	76	85
SO ₂ -5 ppm	10.5.'68 10.30a. m. -0.30p. m.	32	76	85

Portion and position of leaf estimated were about 5 cm from the leaf tip on the 2nd leaf numbered downward from the uppermost one.

Table 4. Dry weight of leaves injured and uninjured by sulfur dioxide to tulip plants of flowering stage.

SO ₂ -ppm	Dry weight of injured portion of leaves (g/pot)	Dry weight of uninjured portion of leaves (g/pot)
0	0	1.6
10	0.8	0.8
20	1.4	0
30	1.4	0
100	2.1	0

At each treatment 3 pots were used and treated for 2 hours with sulfur dioxide in a closed system.

Table 5. Dry weight of leaves injured and uninjured by hydrogen fluoride to tulip plants of flowering stage.

HF-ppm	Dry weight of injured portion of leaves (g/pot)	Dry weight of uninjured portion of leaves (g/pot)
0	0	1.7
10	0.1	1.6
20	0.5	1.3
30	0.8	0.8
100	1.7	0

At each treatment 3 pots were used and treated for 2 hours with hydrogen fluoride in a closed system.

大きいことが判つた。また、地上部の各器官の抵抗性は花軸>花弁>葉の順序で花軸が最も強かつた。HFおよびSO₂の30ppm処理では葉の障害の発現に明ら

かに差異がみられた。SO₂の場合は100ppm処理と同様白色の障害であるが、HFでは葉の先端部または周縁部に灰褐色の障害がみられた。このとはガス濃度の20および10ppm処理においても同様な傾向を示した。さらに低濃度のガス0.5ppm19時間処理においても、両ガス処理区ともに障害は軽微であつたがHFの場合は灰褐色で、SO₂では白色の障害を呈した(第4,5,6表)。以上の事実から、両ガスの30ppm以下の濃度では、チューリップ葉の障害の色調から、いずれのガス害であるか肉眼的に判定が可能であるといえよう。

(2) HFおよびSO₂に対するチューリップの抵抗性

HFおよびSO₂がチューリップにあた

Table 6. Dry weight of leaves injured and uninjured by sulfur dioxide and hydrogen fluoride of long period treatment to tulip plants of flowering stage.

SO ₂ -ppm HF-ppm	Dry weight of injured portion of leaves (g/pot)	Dry weight of uninjured portion of leaves (g/pot)
0	0	1.6
SO ₂ -0.5	0.1	1.6
HF-0.5	0.2	1.5

At each treatment 3 pots were used and treated for 19 hours with sulfur dioxide and hydrogen fluoride in a closed system.

える障害は両ガス間において、葉色の変化の面で相違がみられることは前述した通りである。実際問題として、両ガスで障害を受ける場合、量的な差異について明らかにすることは重要である。

チューリップはSO₂の20ppmで全葉が障害を受けた。これに対しHFでは10ppmで障害は軽微であつて、30ppmにおいても障害を受けない葉の部分がみられ、100ppmにおいて全葉が障害を受けた(第4,5表)。以上のことから、チューリップはHFよりもSO₂により感受性が高いといえよう。HFとSO₂の混合気体およびそれぞれの単独気体によるチューリップの障害程度をあらわしたのが第4,5,6および7表である。SO₂10ppm単独ガス処理(第4表)はSO₂5ppm+HF5ppmの混合ガス処理第7表よりも障害量は大きく、HF10ppm単独ガス処理第5表よりは障害量は大きかつた。また、SO₂10ppm+HF5ppm

混合ガス処理は障害を受けた葉の乾物量 1.1 g に対して HF 10 ppm + SO₂ 5 ppm 混合ガス処理では 0.3 g の障害量であった。したがって、SO₂ が多量に含まれている程、チューリップの葉におよぼす障害が大きいたことがわかる。混合気体による植物障害について、Menser ら⁴⁾ はタバコを用いて SO₂ 0.24 ppm + O₃ 0.03 ppm の混合気体で処理すると障害があらわれ、それぞれの単独ガスでは障害が発生しなかつたことから、混合ガスによる相乗作用 (Synergism) の影響が著しいことを報告している。また、これら両気体の障害は処理時間とは比例的であるとしている。つまり処理時間が2時間から4時間に延長されると、障害は倍

Table 7. Dry weight of leaves injured and uninjured by mixture gas of sulfur dioxide and hydrogen fluoride to tulip plants of flowering stage.

SO ₂ -ppm HF-ppm	Dry weight of injured portion of leaves (g/pot)	Dry weight of uninjured portion of leaves (g/pot)
0	0	1.6
SO ₂ - 5 ppm + HF - 5 ppm	0.4	1.1
SO ₂ -10 ppm + HF - 5 ppm	1.1	0.2
SO ₂ -10 ppm + HF -10 ppm	1.4	0
SO ₂ -20 ppm + HF -20 ppm	1.4	0
SO ₂ - 5 ppm + HF -10 ppm	0.3	0.7

At each treatment 3 pots were used and treated for 2 hours with mixture gas in a closed system.

加するとしている。また、Heck²⁾ は SO₂ 0.1 ppm + O₃ 0.03 ppm の混合気体によつて、タバコの葉の障害が著しいことから、混合ガスによる相乗作用の影響を認めている。一方、Middleton⁵⁾ は混合気体による障害は、混合するガスの割合によるものとし、SO₂:O₃=4:1 では相乗作用がみられるが、SO₂:O₃=6:1 以上では O₃ の混合による相乗作用はみられないとしている。これらの報告は SO₂ と O₃ の場合であるが、HF と SO₂ を混合した本実験においては、混合することによつて、障害が単独ガスに比較して相乗的に発生するようなことはなく、相乗作用らしき働きはみられなかつた。

(3) HF および SO₂ 水溶液の葉面散布によるチ

ューリップの障害実験 (第8表)

HF および SO₂ 水溶液の葉面散布によるチューリップの障害実験の結果、HF 水溶液はチューリップの葉の先端部および周縁部に灰褐色の障害があらわれたが、SO₂ 水溶液では、障害の発生はみられなかつた。HF と HF 水溶液の両者はチューリップの葉の障害に対しては、まったく同様な色調であつたことから、HF が空気中の水と化合してフッ化水素酸に変化して、葉面に付着、吸収された場合においても、ガス体

Table 8. Dry weight of leaves injured by spray of sulfur dioxide and hydrogen fluoride solution to tulip plants of flowering stage.

SO ₂ and HF solution ppm	Dry weight of injured portion of leaves (g/pot)	Dry weight of uninjured portion of leaves (g/pot)
0	0	1.6
SO ₂ solution 50 and 100	0	1.3
HF solution 50 and 100	0.7	0.7

At each treatment 3 pots were used and sprayed by 400 cc of each solution.

Sprays were three times of 50 ppm and five times of 100 ppm for 11 days.

の障害と同様な障害が発生するものといえよう。前報⁶⁾ で SO₂ ガスによる水稻の障害と SO₂ が大気中の水と化合した H₂SO₃ ミストまたは H₂SO₄ ミストとなつておこす障害とはまったく異なることを報告し、SO₂ の吸収による障害は白色で、H₂SO₃ ミストまたは H₂SO₄ ミストによる障害は褐色または赤褐色の斑点が水稻の葉に無数に発現するものであり、事実、三重県四日市において H₂SO₄ ミストによる障害を確認した。SO₂ 水溶液の葉面散布実験において、チューリップの葉に障害の発生がみられなかつたが、処理回数さらに増加すれば障害の発生がみられるものと推定される。水稻の場合は SO₂ 水溶液 20 ppm においても障害の発生がみられた⁶⁾。しかしながら水稻の場合は本実験のチューリップの場合よりも処理回数が多かつた。

HF および SO₂ 水溶液によるチューリップの経根実験の結果、本実験の範囲においては、見かけ上葉面に障害の発生はみられなかつた。

(4) チューリップの開花期における葉位別・部位別気孔数および気孔開度の調査結果 (第9表)

前述のごとく、チューリップの障害程度からみた抵抗性を各器官別にみると花軸が最も強く、次いで花

Table 9. Estimation of stomatal number of leaf and floral axis at the flowering stage of tulip plants.

	Position of leaf	Tip portion	Center portion	Basal portion	Total	Average
Upper surface of leaf	1st leaf	9	7	5	21.0	7.0
	2nd leaf	9	6	3	18.0	6.0
	3rd leaf	11	6	4	21.0	7.0
	4th leaf	11	6	4	21.0	7.0
	Total	40	25	16		
	Average	10.0	6.3	4.0		
Lower surface of leaf	1st leaf	6	6	6	18.0	6.0
	2nd leaf	6	6	6	18.0	6.0
	3rd leaf	6	5	3	14.0	4.6
	4th leaf	5	4	4	13.0	4.3
	Total	23	21	19		
	Average	5.8	5.3	4.8		
Floral axis		3.0	2.3	2.2	7.5	2.5

1st leaf, 2nd leaf, 3rd leaf and 4th leaf were numbered downward from the uppermost one.

Tip portion: about 3 cm from the leaf tip.

Basal portion: about 3 cm from the leaf base.

Stomatal number: numbers/(68.75 μ × 68.75 μ).

弁、葉の順であつて、葉は最もガス害を受けやすいことが明らかにされた。一般に有害ガスの侵入の大部分が気孔からであることは米丸¹²⁾および山添¹³⁾によつて指摘されている。本実験は花軸と葉の一定面積当たりの気孔数と気孔の葉位別、部位別の開度を調査することで、葉が花軸より障害をうけやすいことを実証しようとして行なわれたものである。他方、チューリップ葉の障害は両ガスともに葉の先端部からさきに障害が発生することは、同部位における気孔数および気孔の開度と何らかの関係が成立するものと考えた。

チューリップの葉の表面表皮において、68.75 μ² 当たり葉位別の気孔数は展開上位第1葉から第4葉まで7個で第2葉が6個であつた。裏面表皮では、第1葉、第2葉は6個、3葉、4葉はそれぞれ4.6、4.3個であつた。これらのことから葉位による相違は大きいものではないことがわかる。部位別では葉の先端が最も多く、10個に対して中央部6.3、基部4.0と徐々に低下している。葉の裏面表皮においても先端の方が気孔数は多い傾向がみられた。

花軸においては先端、中央部および基部で差はなく、全体の平均からして気孔数は葉の半数以下であり、しかも葉はそれぞれ表面表皮、裏面表皮に気孔が存在することから、花軸よりも葉の方がよりガスの吸収は大きいものといえよう(第9表)。また、葉の先端部からさきに障害が発生することは葉の表面表皮の気孔数が、先端部が中央部および基部より多いことから、葉の先端部においてガス交換はより盛んであると考えられる。したがつて、吸収されるガス量も多く障害発生のもも速いものと考えられる。気孔の開度調査結果を第10表に示した。葉の表面表皮においては中央部の開度が4.48 μで最も大きく続いて基部の3.35 μ、先端部の2.31 μであつた。葉の裏面表皮は先端部が2.30 μ

Table 10. Estimation of stomatal opening of leaf and floral axis at the flowering stage of tulip plants.

	Position of leaf	Tip portion (μ)	Center portion (μ)	Basal portion (μ)	Total (μ)	Average (μ)
Upper surface of leaf	1st leaf	3.47	3.95	3.14	10.56	3.52
	2nd leaf	3.07	4.31	2.80	10.18	3.39
	3rd leaf	1.11	3.05	3.04	7.20	2.40
	4th leaf	1.59	2.13	4.43	8.15	2.72
	Total	9.24	13.44	13.41		
	Average	2.31	4.48	3.35		
Lower surface of leaf	1st leaf	1.55	1.60	1.27	4.42	1.47
	2nd leaf	1.78	1.14	1.25	4.17	1.39
	3rd leaf	2.06	1.13	1.71	4.90	1.63
	4th leaf	3.79	2.04	2.59	8.42	2.81
	Total	9.18	5.91	6.82		
	Average	2.30	1.48	1.71		
Floral axis		2.72	2.32	2.30	7.34	2.45

1st leaf, 2nd leaf, 3rd leaf and 4th leaf were numbered downward from the uppermost one.

Tip portion: about 3 cm from the leaf tip.

Basal portion: about 3 cm from the leaf base.

Stomatal opening: the width of center intercellular space of guard cells measured with micro meter.

Values are the mean of each par 30 stomata.

で最も大きく、続いて基部1.71 μ、中央部の1.48 μであつた。花軸においては先端部の2.72 μが最も大きく続いて中央部、基部の順であつた。後述するごと

く、有害ガス接触とともに気孔は閉塞して行くから、開から閉への速度が遅ければ、それだけガスを多量に吸収することになる。したがって、気孔の開から閉への速度がもし一定の速度であるとする、葉の中央部から先に障害が発生するものと考えられるが、実際は葉の先端部からである。このことから、気孔の開から閉への速度は各部位によつて異なるものと考えられる。したがって、有害ガスの吸収による障害は、この実験範囲からみると、気孔の数によつて強く支配されるものと考えた方が妥当であろう。

(5) HF および SO₂ 5 ppm 2 時間処理が気孔の開度におよぼす影響

調査部位は展開上位第2葉の先端より5cm付近である。SO₂ 処理直前の開度は葉の表面表皮で 2.42 μ であつたのに対して SO₂ 0 ppm 2 時間処理直後では 3.39 μ で処理直前よりも処理直後の方が開度は大きかつた。SO₂ 5 ppm 2 時間処理直後では 1.30 μ で SO₂ 0 ppm 処理直後の約 1/3 に閉じていた。また、HF 処理直前は 2.71 μ であつたのに対して HF 0 ppm 2 時間処理直後では 4.20 μ であつて、HF 5 ppm 2 時間処理直後では 2.14 μ と約 1/2 に閉じていた。SO₂ および HF 処理によつてそれぞれ、閉じる程度は異なるが、葉の裏面においてもガス処理の影響を明らかに受けた(第11表)。前述したごとく、有害ガスに接触しておこる閉塞の速度は気孔の存在する位置によつて異なるであろうと推定したが、本実験結果から、葉の表裏のちがいがによつても開閉の速度がことなることが判つた。HF および SO₂ によつて気孔が閉じることは光合成作用を阻害^{9,10} し、乾物生産の低下をもたらすものと考えられる。Milthorpe⁹⁾ らは、気孔直下の細胞間隙の炭酸ガス濃度が気孔開閉と密度な関係にあることを明らかにし、炭酸ガス濃度が 0.03 % のときは孔辺細胞は膨圧を失つて気孔は閉じるが、炭酸ガス濃度が 0.03 % より減少すると膨圧が高まり急に気孔が開き、しかも、炭酸ガス濃度が 0.01 % に減少するまでは直線的に気孔開度は大きくなると報告している。本実験で SO₂ および HF 0 ppm 2 時間処理直後の方が処理直前よりも気孔がよく開くのは、処理が密閉されたチャンパー内で行なわれたためチューリップの光合成作用によつてチャンパー内の炭酸ガスが消費された結果、炭酸ガス濃度が低下したために気孔がよく開いたものと考えられる。Menser^ら⁴⁾ は O₃ および SO₂、それぞれ単独で、または両ガスを混合した気体でタバコを処理すると 2 時間で気孔が閉じることを観察している。HF および SO₂ 接解によつ

Table 11. Effect of sulfur dioxide and hydrogen fluoride on the width of stomata of tulip plant at flowering stage.

Upper surface of leaf	Before treatment	After treatment SO ₂ -0 ppm	After treatment SO ₂ -5 ppm
	2.42	3.39	1.30
Upper surface of leaf	Before treatment	After treatment HF-0 ppm	After treatment HF-5 ppm
	2.71	4.20	2.14
Lower surface of leaf	Before treatment	After treatment SO ₂ -0 ppm	After treatment SO ₂ -5 ppm
	1.46	1.71	1.16
Lower surface of leaf	Before treatment	After treatment HF-0 ppm	After treatment HF-5 ppm
	1.48	2.54	2.12

Leaf used for stomatal measurement is the 2nd leaf numbered downward from the uppermost one. Leaf portion measured: about 5 cm from the leaf tip. Stomata opening: the width of center intercellular space of guard cells measured with micro meter. Tulip plants were treated for 2 hours in a closed system with SO₂-5 ppm and HF-5 ppm, respectively. Values are the mean of each per 30 stomata.

て気孔が閉じるのは、このガスが孔辺細胞に吸収されると、細胞液と化合して、フッ化水素酸または亜硫酸となり、これらは酸性物質であるから、孔辺細胞中の pH 値を低下させ、フォスフォリラーゼによつて糖から澱粉の合成^{1,3)} が進行し滲透圧を減じ気孔が閉じるものと考えられる。

さいごに気孔開度の調査に際し、秦野たばこ試験場、正田充慶氏の御指導をえたので、ここに記して深謝の意を表す。また、チューリップ球根を多量提供していただいた新潟市農林課、大島巳嘗次氏に厚くお礼申し上げる。

摘 要

本実験は HF および SO₂ がチューリップにおよぼす障害の発生と気孔開度におよぼす影響について行なつたものである。結果を以下のように要約した。

1. HF および SO₂ はチューリップの葉、花軸および花弁に障害をおよぼし、とくに、両ガス 100 ppm では全葉が障害を受けた。障害葉の色は両ガスともに

この濃度では白色であつた。チューリップの各器官別の障害に対する抵抗性は花軸が最も強く、続いて花弁で、葉は最も弱いことが判つた。

2. HF および SO_2 の 30 ppm 以下の濃度においてもチューリップの葉に障害をおよぼしたが、花軸には障害は認められなかつた。障害の発生は最初葉の先端部から現われ徐々に中央部または基部へと進行した。ガス濃度 30 ppm 以下では、障害を受けたチューリップの葉は HF による場合は灰褐色で、 SO_2 による場合は白色であつた。したがつて、肉眼的にチューリップの障害葉の色から、HF および SO_2 のいずれのガス害であるか判定が可能である。

3. チューリップに対して SO_2 の方が HF よりも強く障害を与えることが判つた。HF および SO_2 の混合ガスによるチューリップの障害は、これら単独ガスの同一濃度に比較して障害が倍加するようなことはなかつた。

4. HF および SO_2 水溶液の葉面散布によるチューリップの障害は HF 水溶液散布では全葉の 50% であり、 SO_2 水溶液散布では障害は認められなかつた。

HF 水溶液散布によるチューリップの葉の障害症状は HF のガス害と同様灰褐色であつた。

5. 葉位別、部位別気孔数調査の結果から花軸が葉よりガス害に対して抵抗性が大きいのは単位面積当たり気孔数が葉より少ないことが一つの要因として考えられる。

6. チューリップの葉で先端部が中央部または基部よりも障害の発生が著しいのは単位面積当たり気孔数が葉の先端部が中央部、基部より多いために葉の先端部ではガスを多量に吸収するためと考えられる。

7. HF および SO_2 5 ppm 2 時間処理でチューリップの葉の表面表皮および裏面表皮の気孔は閉塞する。表面では SO_2 で約 $1/3$ 、HF で約 $1/2$ に閉じ、裏面の気孔も同様に速度はおそいが閉じることが判つた。

8. HF および SO_2 によつて受ける気孔の開から閉への速度は葉の表面と裏面とで異なることから、有害ガスによる気孔の閉じる速度は気孔の存在する位置によつて異なるものといえよう。

chanism of stomatal behavior. Amer. Jour. Bot. 36: 781—791.

2. HECK, W. W. 1968. Discussion of O. C. Taylor's paper: Effects of oxidant air pollutants. J. Occup. Med. 10: 497—499.
3. 日比野信一 1954. 気孔の生理. 植物学雑誌 67: 286—295.
4. MENSER, H. A. and HEGGESTED, H. F. 1966. Ozone and sulfur dioxide synergism: Injury to tobacco plants. Science 153: 424—425.
5. MIDDLETON, J. T., DARLEY, E. F., and BREWER, R. F. 1958. Damage to vegetation from polluted atmospheres. J. Air Pollution Control Assoc. 8: 9—15.
6. MILTHORPE, F. L., and H. L. PENMAN. 1967. The diffusive conductivity of stomata of wheat leaves. J. Exp. Bot. 18: 422—457.
7. 正田充慶・東瀬士郎 1968. タバコの気孔開閉に関する研究 第1報 圃場条件下におけるタバコの気孔開閉の日変化および成熟経過にともなう消長について, 日作紀 37: 107—111.
8. 谷山鉄郎・有門博樹 1969. 作物のガス障害に関する研究 第3報 亜硫酸水の葉面散布による水稲の障害と障害程度について. 日作紀 38: 222—228.
9. 谷山鉄郎・有門博樹 1969. 作物のガス障害に関する研究 第4報 水稲の呼吸作用におよぼす SO_2 ガスの影響, 日作紀 38: 593—597.
10. 谷山鉄郎・有門博樹 1969. 同上 第5報 水稲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.
11. 山添文雄 1962. 弗化水素による煙害の実態ならびに機作に関する研究. 農技研報告 B, 12: 1—125.
12. 米丸忠太郎 1927. 亜硫酸ガスの植物に及ぼす障害作用に就いて. 農試報告 47: 1—102.
13. ZELITCH, I. 1961. Biochemical control of stomatal opening in leaves. Proc. Natl. Acad. Sci. 47: 1423—1433.

引用文献

1. ALVIM, P. de T. 1949. Studies on the me-

Studies on the Mechanism of Injurious Effects of Toxic Gases on Crop Plants

VIII. Symptoms of injury and stomatal apertures of tulip plant exposed to sulfur dioxide and hydrogen fluoride

Tetsuro TANIYAMA and Hiroki ARIKADO
(Faculty of Agriculture, Mie University, Tsu)

Summary

Experiments were undertaken to investigate an injurious effects of sulfur dioxide and hydrogen fluoride in the atmospheres on stomatal apertures of tulip plants of flowering stage. Typical symptoms of injury caused by sulfur dioxide and hydrogen fluoride on tulip plants were observed during and after treatment.

Stomatal measurements were made from silicone impressions. All fumigations with closed system were made in the same chamber.

The results obtained were as follows:

1. Injuries by 100 ppm of sulfur dioxide and hydrogen fluoride were observed on leaf, floral axis and petal of tulip plant, especially whole leaves being severely damaged in the concentration. White color was a typical symptom of leaf injury caused by 100 ppm of these gases.

A relative resistance in each part of the fumigated plant was in the following order:

floral axis > petal > leaf

2. Injuries at concentrations of 30 ppm and below of these gases were observed only on leaf. It was observed that tip and marginal part of leaf appeared by the injury with the change of color from green to white color by concentrations of 30 ppm and below of sulfur dioxide and with the change of color from green to greyish brown color by concentrations of 30 ppm and below of hydrogen fluoride; and soon the injured part was spread to the central part of the leaf with increasing concentration of toxic gases or the extension of treatment time.

From the above-mentioned facts, we can macroscopically distinguish the injuries by sulfur dioxide from these by hydrogen fluoride by the difference in changed color of the injured parts.

3. In tulip plants, a significant difference in the susceptibility was observed between the injury of sulfur dioxide and hydrogen fluoride. The susceptibility of leaf to sulfur dioxide was more sensitive than to hydrogen fluoride.

4. The symptoms of leaf injuries by spraying solution of hydrogen fluoride to tulip plant appeared by the change of color from green to greyish brown color, but not symptom appeared by spraying solution of sulfur dioxide.

5. From the result of estimation of stomata number in the position and the portion of leaf, it was suggested that higher susceptibility of the leaf than that of the floral axis was due to greater number of stomata per unit area of the former.

6. The injury-symptom in a leaf developed gradually from the tip to the central and base portions.

This fact may also be related to the greater number of stomata per unit area in the leaf tip, hence with higher content of sulfur absorbed, than the other portions of the leaf.