

果樹の大気汚染による影響

工場バイ煙によるナシの被害

川 俣 恵 利

Effects on Air Pollution to Fruit Tree
Field Injury of Japanese Pear as affected
with the Industrial Smog
Shigetoshi KAWAMATA

Summary

Recently, field injury of Japanese pear with the industrial smog has been occurring the orchard near the chemical plants. Therefore, the symptom of industrial smog injury was investigated, and was discussed with the symptoms of pear leaves on sprayed the diluted acid solutions (H_2SO_4 , HCl , HNO_3) for the purpose of experiments as follows.

- 1) Sulfur dioxide gas content in the air and sulfid in the pear leaves were very density in the orchard areas occurring the smoky spots. But the symptoms of SO_2 injury presented the mist-like and dusty-like symptoms.
- 2) The fruits which was effected with industrial smog at the flowering period has been occurred out many malformed fruits, and was found to exist the some russet fruits as affected with the young fruit periods.
- 3) A bagged fruits were influenced on the surface of peduncle and fruit apex with the acid solutions that was dissolved in the rain water and get into the gag fasten with a pin as well as non-bagged fruits.
- 4) The acid solutions (H_2SO_4 , HCl , HNO_3) sprayed with the mist condition to the pear leaves was presented the respective symptoms in proportion

to densities.

- 5) The symptoms of low densities (about 0.1 to 0.2N) with the acid solutions were seemed chlorosis and bleached necrotic areas on the leaf surface. Injury was equally apparent from either leaf surface of plants with undifferentiated mesophyll. Necrotic spots extending completely through the leaf developed on the plants with either mesophyll structure when injury of above 0.5N density was severe.
- 6) There was cleared that natural injury happened in the air with the industrial smog was damaged within the limits of 0.2N to 1 N solutions as far decided on injured shapes and injured symptoms.
- 7) No matter what the field injury was the same symptoms between H_2SO_4 to HCl solutions on the reappearance sprayed tests, it was assumed that field injury was damaged with H_2SO_4 or SO_2 conditions. Such a results was the reason that the upper epidermal cells of the pear leaf were broke down with H_2SO_4 solution by the morphological observation, and did not destroyed the upper epidermal cells with HCl solution.

緒 言

大気汚染はその発生源から区別すると自動車などの内燃機関から排出される有害ガスと工場、ビル等から排出

されるバイ煙などが考えられる。先に、光化学スモッグによると思われるナシの被害（9）についてとりまとめたが、工場バイ煙による被害として農作物への影響も無視できない状態にある。

煙害を現わす有害ガスとしては、亜硫酸ガス(SO_2)、フッ化水素ガス(HF)、塩素ガス(Cl_2)などが代表的なものである(20)。亜硫酸ガスについては、古くは米丸(22)が各種作物について報告し、最近では藤原(3, 4, 5, 6)や、松島ら(10, 11, 12, 13, 14, 15, 16)のカンキツ類での報告がある。また、フッ化水素については、山添(21)により詳細に明らかにされた報告がある。このように、それぞれの被害症状についての主な特徴はほぼ明らかになりつつあるが(2, 7, 8, 18, 19)植物の生育状況、ガス濃度、その時の気象条件により煙害の現われ方が必ずしも一定していない。

ここにとりまとめた工場パイ煙によるナシの被害は、現在まで明らかにされている症状とはやや異なる点も二・三みられたので、煙害の判定の参考になればと思いま

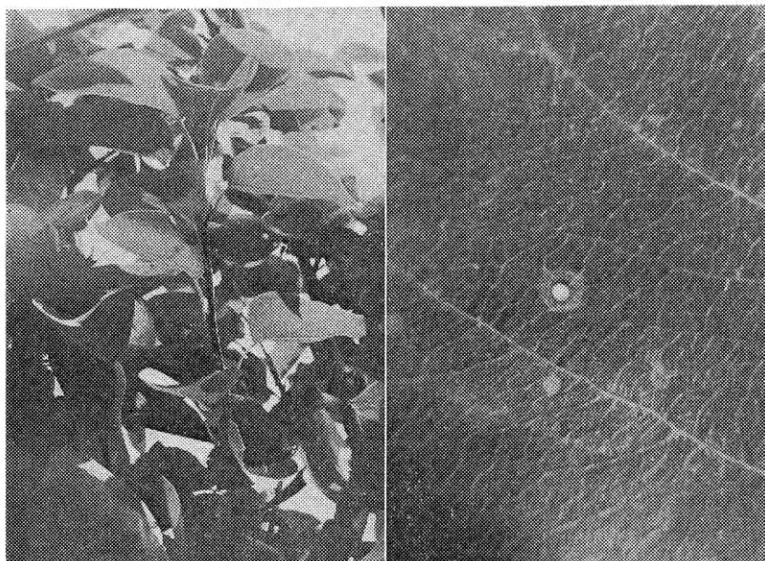
とめた次第である。

I 被害の実態

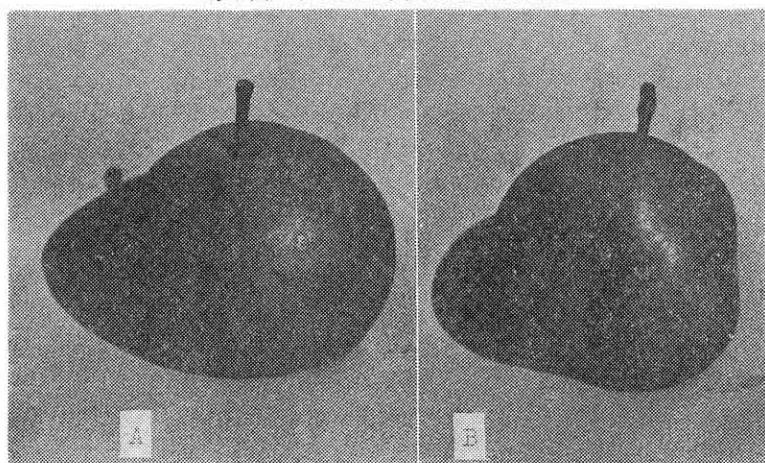
1. 被害の発生経過

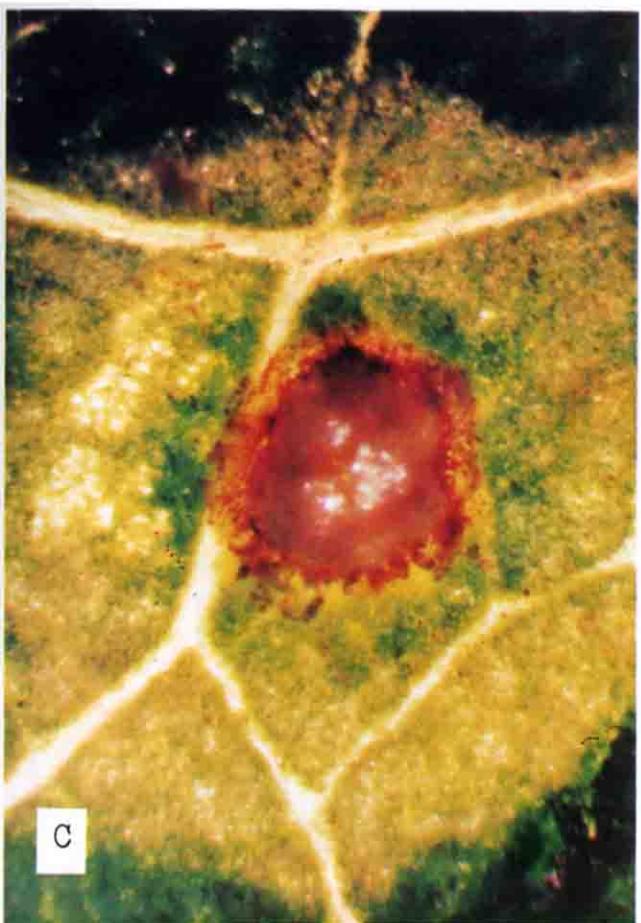
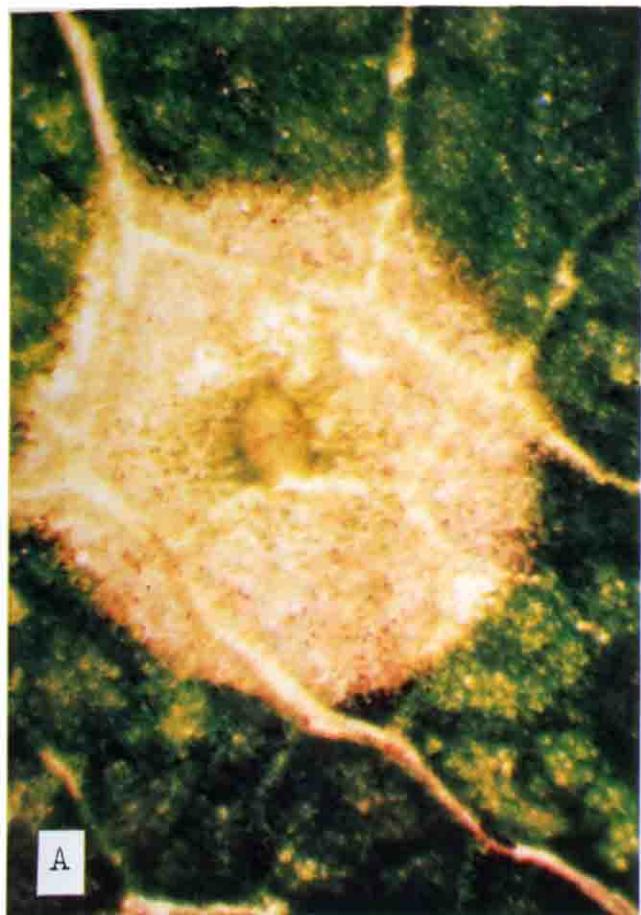
ナシ園に特異な害徵が見られるようになったのは1966年頃からであり、その後、毎年同様な症状が発生している。ナシの葉に異常な症状が現われ(第1図)、この症状が発現した葉は落葉し易い。また、果実にはサビ状の汚染がみられるとともに、奇形果が見られ(第2図)、著しく商品価値の低下や収量の低下をきたしている。このような症状が発生した原因を究明するために、数か所の研究機関に判定を依頼した結果、病原菌や栽培上の問題点など見い出すことが出来なかったことから、亜硫酸

第1図 ナシ葉に発生した被害症状



第2図 サビ果や奇形果になった果実





第4図 ナシ葉の被害程度別症状(×60)

ガス、塩素ガス等による工場バイ煙の被害の疑いが濃厚になってきた（7）。

第3図 被害地の状況



被害の発生したナシ園は第3図のごとく、発生源と考えられる化学工場、製紙工場がナシ園南方約1kmのところに位置している。4～7月にかけて南々西～南東の風が吹き、その期間ナシ園は風下にあたる。この期間中の大気中のSO₂濃度は0.036～0.16ppm記録されており（17）、葉中のS含量は最高89.6、最底27.3mg/100gであり、果実中のS含量は20.2～6.0mg/100gであった。

2. 材料および方法

被害が発生した葉および果実は、1968年から70年にかけてSamplingし、直ちに切片をつくり顕微鏡観察するとともに、一部はFAA固定液により固定したものをミクロトームで切片にして観察した。

3. 被害症状

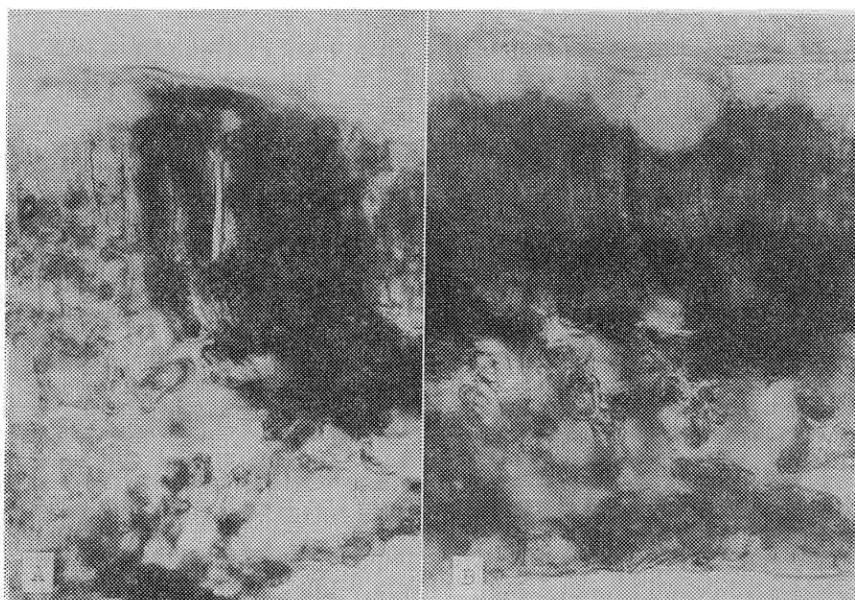
ナシ園には長十郎、二十世紀、雲井、旭、翠星、清玉、新高、昭和等の品種があり、二十世紀、翠星、清玉などがやや落葉が多い傾向にあるが、葉への斑点症状は大部分の品種でみられた。

1) 葉への被害

被害を受けた部分を低倍率で検鏡すると第4図のような症状が見られる。Aは付着した物質を中心に円形状のクロロシスを起こし、中心部に少しクロロファイルを蓄積している。また、Bのように付着した物質がやや拡散しながらリング状に焼けクロロシスを起こしている。これ等A、Bは展葉直後の若い葉の時に被害を受けたものに多く見られた。さらにC、Dはやや葉令の進んだ6月下旬頃に被害を受けた際に発生した症状である。Cは付着した部分が直接焼けてすかけた部分と、クロロファイルを周辺に凝集させ、その外側を徐々に反応しながらクロロシスを起こした部分が見られる。また、Dは付着した物質が大きいため葉の網脈を残して焼けており、ほとんどクロロシスは見られない。

つぎに、ナシの葉の断面について観察したものが第5図である。Aは葉の上表皮から被害を受けており、上表皮ないしあく状組織、かいめん状組織の一部まで褐変している。これ等の組織は細胞が凝縮ないし、崩壊してい

第5図 ナシ葉の被害部分の断面（×300）



る。Bは気孔より侵入したガスにより葉の内部組織が被害を受けた症状である。

第6図は花弁にみられた被害症状で、褐変した部分が凝縮していた。

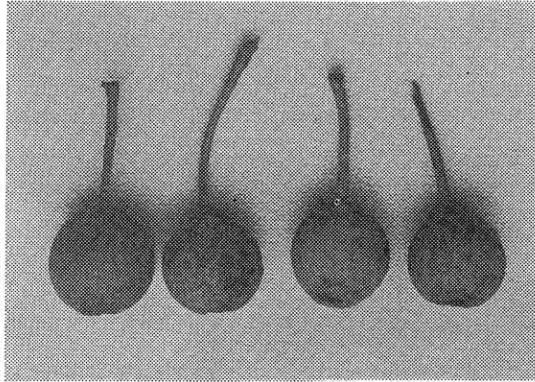
第6図 ナシの花弁に現われた被害 ($\times 100$)

以上のように葉に現われた被害症状は、主に葉の上表面からミスト状か、粉じん状で付着し、その部分が葉によってやや異なった症状を呈しており、ガス状で気孔から侵入して被害を起こした症状はやや少ないように思われた。

2) 果実への被害

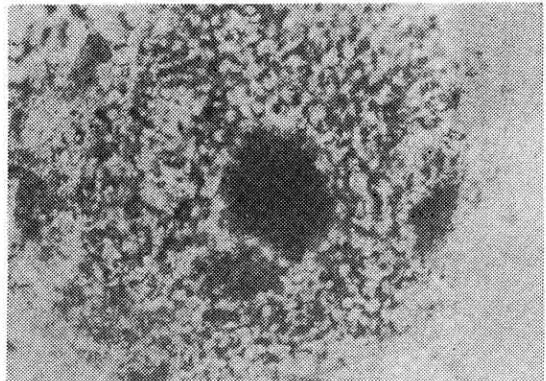
果実への被害は無袋栽培の場合、第2図Aのように果面全般にわたってサビ状の汚染ないし黒点が見られる。また、ときにはBのような奇形果も見られる。幼果時代の被害は第7図のように果面に多くの黒点が現われ、そ

第7図 ナシの幼果の被害



の黒点を顕微鏡で観察すると第8図のように焼けて陥没している。

一方、有袋果でも袋掛け後に果面へ被害が現われている。第9図Aは、袋の止め口の部分から有害物質が雨水に溶けて侵入し、果梗を伝わって果梗部に被害をもたらしたものである。その後果実の発育とともに表皮が再生

第8図 ナシの果面の被害 ($\times 200$)

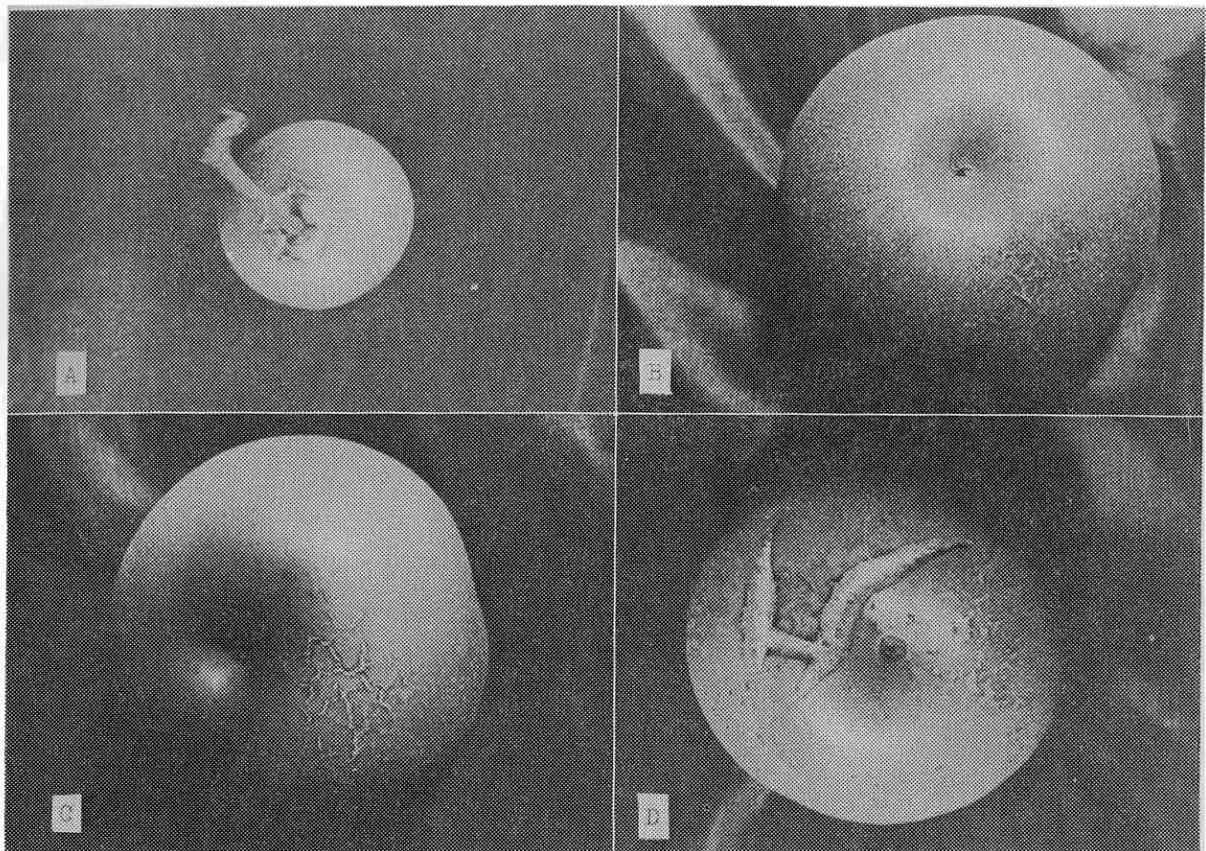
したため被害部分の表皮がリング状になって残ったものである。更に、B、C、Dは雨水に溶けた有害物質が果底部まで伝わり、その部分の果面が被害を受けていることが明らかである。雨水に溶けた際の濃度が低い場合には黒点が多く見られる程度であるが、濃度が高まるにつれ、果底部の表皮に亀裂が見られるようになり、著しくなるにしたがって裂果している。とくに、CないしDはその代表的な症状であるが、なかには果面全部にわたって裂果していたものも見られた。

このように有袋果でも雨水にとけることによって果実へも被害をもたらすことが明らかとなった。

4. 考 察

この調査地域の亜硫酸ガス濃度は、0.036~0.16ppmあり、また、葉中のS含量が多かったことから、松島ら(11, 16)の大気中のS濃度と葉中のS含量との間に極めて高い相関のある報告からも明らかなように、植物への被害が起っていることが推察できる。事実、ミカンの葉に発現した煙斑は第1図Bに示した被害とよく類似していた。また、可視的被害は少ないものの落葉が増加したこととは亜硫酸ガスによる慢性的被害の特徴とされている(14)。一方、SO₂ガスを1~3 ppmで人工接触した際の急性毒性は、葉が局部的に暗褐色に変化し、その後クロロシスを起こすとされているが(1, 5, 19, 22)。本調査の第4図のようにミスト状ないし粉じん状で被害を受けた際には必ずしも一致しない症状を呈する場合もある。特に、第4図Cにみられるような付着した部分が直接燃焼し、その周辺にクロロフィルを凝集し、さらに、その外側がクロロシスを起こした被害症状は、立谷(20)が述べているように葉緑素の酸化的分解にもとづく塩素ガス特有の漂白作用に類似している点もみられる。しかし、こうした症状のちがいは、SO₂ガスがミスト状ないし粉じん状で葉に被害を起こしたためによるものか、あるいはバイ煙中に塩素ガスなども含まれていた

第9図 ナシの有袋果に現われた被害



ために起きたものは判別しがたい症状であるので、再現試験等によらねばならない点である。

つぎに、葉の組織観察から明らかなように、表皮から被害を受けている症状のみならず、気孔から有害ガスが侵入して葉の内部組織が被害を受けていたことは、亜硫酸ガスによると思われる被害が起こっていることが考えられる。さらに、亜硫酸ガスは開花期に著しく影響をもたらし、とくに落果や奇形果の発生が多いことが明らかにされており(1)，本調査でも花弁の褐変や、奇形果が見られたことはそのことを実証する結果でもあった。また、幼果時に被害を受けた場合には、黒斑点ができ、サビ果が多くなったことも一致した結果であった(19)。しかし、亜硫酸ガスが雨水に溶け、それが果梗部ないし果底部に黒点が発生するのみならず、著しい場合には裂果まで起こしたことは新たな被害症状として明らかになった点である。

II 酸性物質の散布試験

前記の工場バイ煙によるナシ葉の被害は、大気中の有害ガスが直接葉に吸収された症状よりもむしろミスト状ないし粉じん状で被害を起こしたと思われる症状が見られた。また、大気中に飛散した亜硫酸ガスが雨水に溶

け、酸性化した雨が被害を起こしている現象さえみられる。そこで雨水に溶けた酸性物質として考えられる硫酸 H_2SO_4 、硝酸 HNO_3 、塩酸 HCl などをミスト状でナシの葉に散布した場合、どのような症状を呈するかについて1972、1973年の2か年間実施した。

1. 材料および方法

供試樹は3本主枝の盃状形に整枝した、26年生の二十世紀樹を用いて行なった。散布した酸性物質は硫酸 H_2SO_4 、硝酸 HNO_3 、塩酸 HCl をそれぞれ0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0規定(N)の濃度に調合し、1972, 73年とも6月6日に散布した。散布方法は手動式噴霧器を用い、3本主枝ずつ散布した。

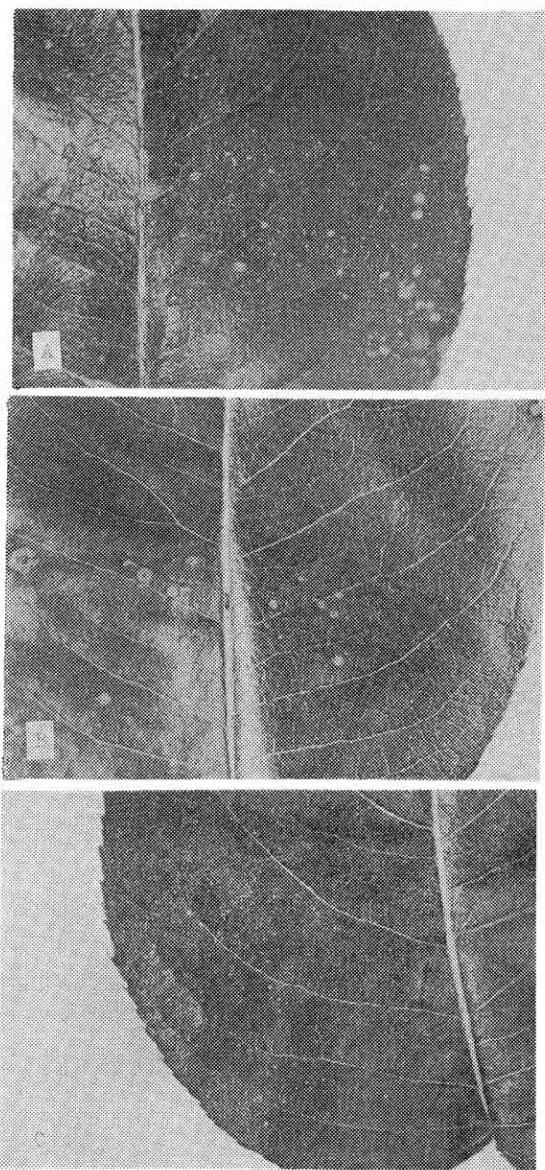
葉のSamplingは2週間後の6月20日～21日に行ない、直ちに凍結切片をつくり検鏡した。

2. 実験結果

1) 葉の可視的被害

硫酸、塩酸、硝酸ともそれぞれの濃度で被害症状が見られ、濃度が高まるにつれ被害部分も大きくなった。各物質の0.5N濃度の被害状況は第10図のとおり、Aは硫酸、Bは塩酸、Cは硝酸の被害症状である。A, Bは可視的被害としてはほぼ類似した症状であり、Cの硝酸はやや異なっていた。さらに被害を受けた部分を顕微鏡で

第10図 酸性物質の散布により発生した被害
(Aは硫酸, Bは塩酸, Cは硝酸, 濃度は0.5N)



拡大してみると第11図のとおりである。A, B, Cはそれぞれ0.1Nの濃度であるが、A, Bの硫酸、塩酸はクロロシスとともにややピンクないし褐変現象が見られたのに対し、Cの硝酸はクロロシスは見られず付着した部分が暗褐色に変色していただけであった。D, Eは硫酸、塩酸の0.5Nの被害症状であり、硫酸の被害は付着した部分の被害と、その後の反応しながら被害を起こした部分とが見られ、塩酸はミストの付着した部分が暗褐

色に焼け、その周辺がリング状にクロロフィルが残り、さらに外側が被害を受けた症状が見られた。硫酸も塩酸もミストの付着した部分の被害と、その後の反応的に起る被害とやや類似した被害経過をたどることが明らかとなった。

一方、硝酸(F)はミストの付着した部分の中心がすけて見えるようになり、その周辺が暗褐色になった症状で、硫酸や塩酸とは異なっていた。

被害程度からみて、硝酸による被害は同じ濃度では、硫酸や塩酸よりやや軽い症状であるように思われた。

2) 葉の形態的被害

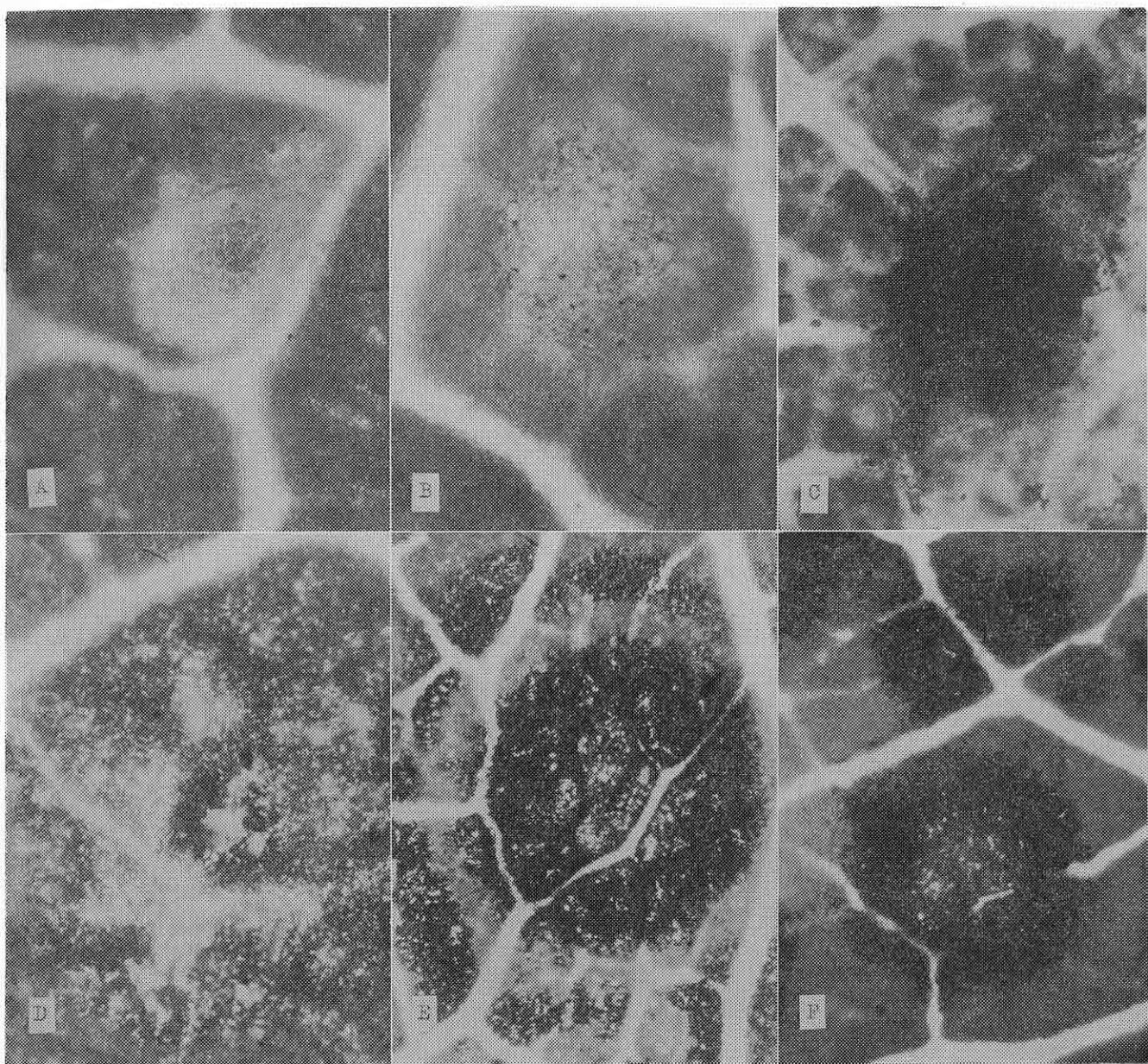
ナシの葉の断面は第12図のよう、上表皮の下にさく状組織が2段にわたって存在し、その下部に海綿状組織が見られる。これが0.1N~1Nのミストの被害を受けると第13図のようになる。Aは硫酸ミスト0.2Nによる被害であるが、上表皮ないしさく状組織が被害を受け、その下部で細胞の増生作用が起ったため不規則状態になつてもりあがった形になっている。しかし、0.5Nの濃度になるとDのように上表皮ないしさく状組織は細胞膜のみを残して崩壊し、その部分が暗褐色になり、海綿状組織も大部分が萎縮した状態になっている。この状態になると被害部分がすけて見えるようになる。1Nの濃度になるとGのように葉の全組織が完全に崩壊して陥没しており、短時間で被害を受けたことが明らかである。

塩酸による被害は0.2Nの濃度ではBの症状を示し、ミストの付着した部分は褐変し、海綿状組織にいく分かの細胞の増生作用がみられた。0.5Nの濃度になると硫酸の被害と同様、組織全般にわたって細胞膜のみになり、大部分がすけて見える状態であった。ただ、上表皮組織がほぼ完全な形で残っている点が特徴的であった。1Nの濃度では直接被害を受けた状況が見られ、葉の組織が完全に崩壊萎縮している。

硝酸による被害は、0.2NではCのごとく、被害部分がやや小さいが、硫酸や塩酸と同じく細胞増生作用が見られた。しかし、0.5Nの濃度による被害は葉の全組織にわたって見られたものの、その範囲は狭く、硫酸や塩酸による被害の約半分程度の被害のように思われた。現に、1Nの被害が硫酸や塩酸の0.5Nの濃度の被害程度であったことが見られた(I)。

先に、塩酸による被害は葉の上表皮細胞にあまり影響を与えないことを述べたが、それをより明白にするために各酸性物質とも0.1Nの濃度による症状について調べたのが第14図である。Aは硫酸による被害であるが、軽い被害でも上表皮組織が崩壊している。これに反し、塩酸による被害はさく状組織に褐変は見られるものの、上表

第11図 酸性物質による被害症状

(A, Dは硫酸, B, Eは塩酸, C, Fは硝酸, A, B, Cは0.1N, D, E, Fは0.5Nの濃度) ($\times 60$)

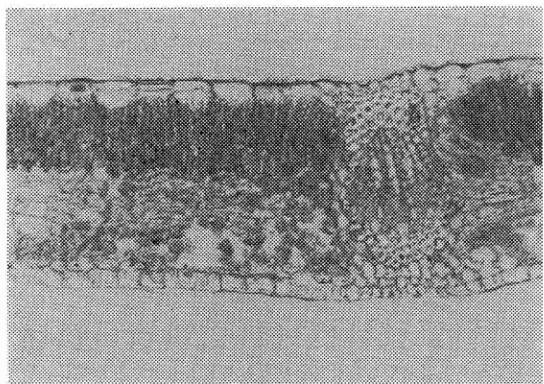
皮組織はほぼ完全な形で残っている。硝酸による被害はやや完全な形で残っているが、いく分かの影響が見られた。

3. 考 察

前編の工場バイ煙による被害を調査した結果、ミスト状ないし粉じん状で被害をおよぼしている症状が明らかとなつたので、その原因物質と被害症状の解明の一環として酸性物質 (H_2SO_4 , HCl , HNO_3) をそれぞれの濃度を調合して、ナシの葉に散布し、その被害症状を調べ

た。

各酸性物質をミスト状でナシ葉に散布した被害症状は、第4図に示した被害症状とよく類似した症状を示した。これは大気中に放出された有害ガスが粉じんに吸着されたか、あるいは大気中の水分と結合してミスト状になって葉に付着し、被害をおよぼしたものと思われる。それはまた、ナシ園主によれば霧雨が降った後の被害が最も顕著であったことを話している点からも推察できる。さらに、果実へおよぼした被害結果からも考へるこ

第12図 正常なナシの葉の断面 ($\times 150$)

とができる。すなわち、有袋果でさえも果袋の止め口部分から雨水に溶けて侵入し、果梗部ないし果底部へ被害を起こしたことは、大気中の水分および雨水がナシへの被害増大へ何等かの役割を果たしていることがうかがえる。一般に、大気中の水分ないし雨水は地上に落ちてくる際に、大気を浄化する役割を果しておるため大気中に

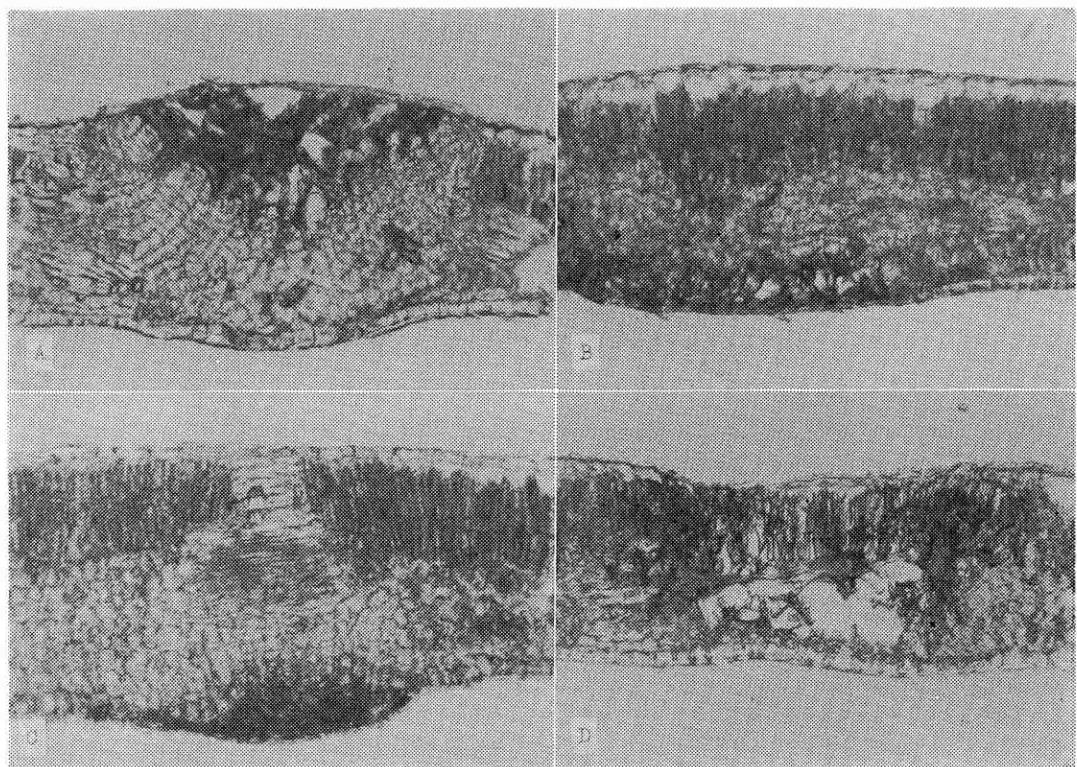
存在している有害ガスを積極的に吸収し、その結果、水分および雨水中の濃度が高められるので植物への被害も顕著に現われると考えられており、湿度と SO_4 との関係についても米丸(22)も同様な結論を述べている。

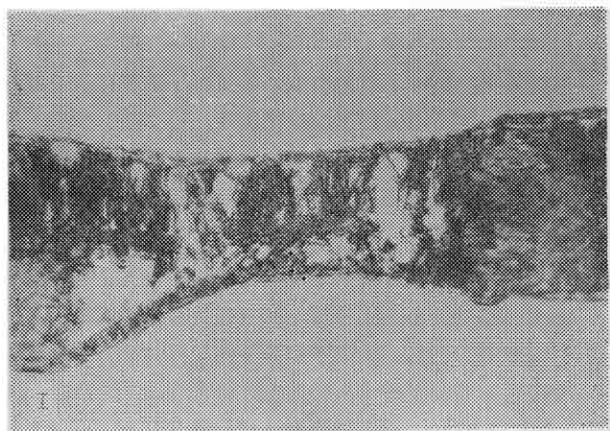
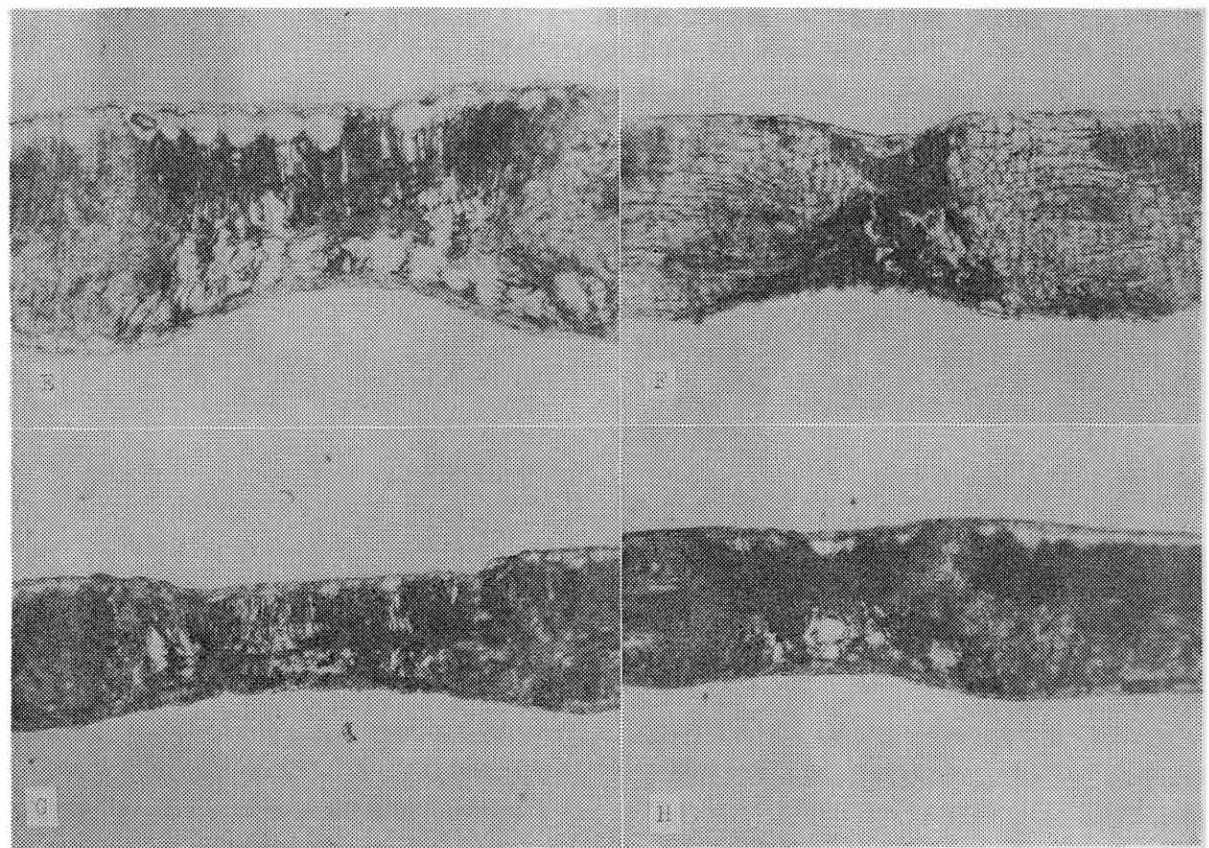
つぎに、植物へ被害を起こした際の有害物質の濃度は、散布した酸性物質の被害状況から判断すれば、0.2～1 Nの範囲であると考えられる。すなわち、第4図のA、Bは H_2SO_4 、 HCl の0.1～0.2N程度の被害(第11図A、B)で、クロロシスないしうすい褐変がみられるが、被害部分はすべて見えるまでには至っていない。しかし、第4図C、Dは付着した部分はするよう焼けており、Cの反応しながらクロロシスを起こしてすぐれた症状は第11図のD、Eと非常によく類似しており、また、葉の被害面積の大きさから判断しても0.5N前後の濃度と一致していた。Dは付着した物質がクロロシスを起こす間もなく、付着した部分を直接的に焼き、網脈のみを残した症状は1 N前後の濃度による被害である。

以上のような被害をもたらした物質について少しく検討してみるとこととする。可視的被害症状から比較する

第13図 酸性物質による被害葉の断面

(A, D, Gは硫酸、B, E, Hは塩酸、C, F, Iは硝酸、A, B, Cは0.2N, D, E, Fは0.5N, G, H, Iは1 Nの濃度)
(A～F $\times 150$, G～I $\times 100$)





と、 HNO_3 は各濃度とも付着部分は暗褐色になり、クロロシスはみられない。また、被害程度も硫酸や塩酸よりも弱い被害を示し、第4図とは明らかに異なった症状であった。

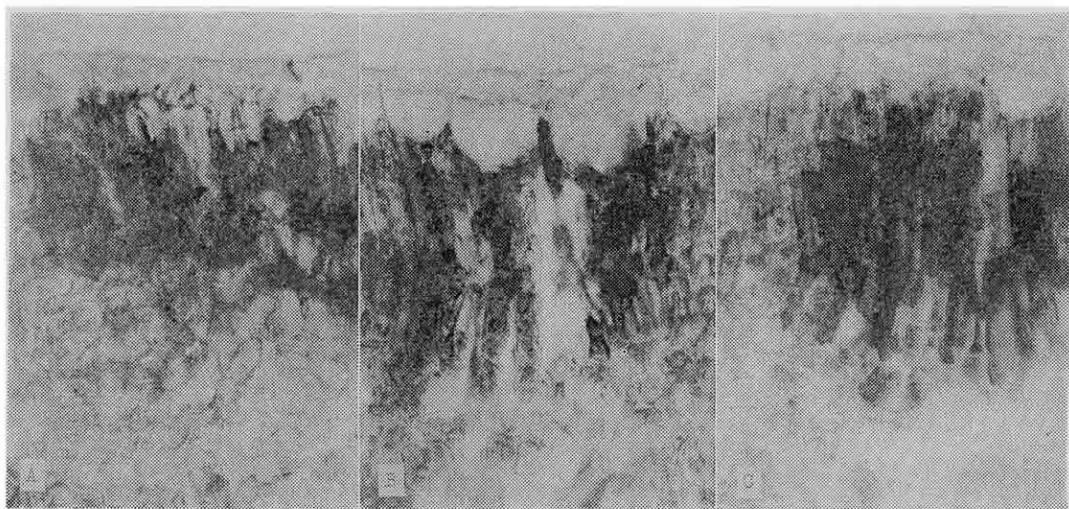
そこで、硫酸と塩酸について検討すると、0.1Nの濃度ではクロロシスや褐変症状が見られ、0.5Nになると付着した部分が焼けてすけて見えるようになり、両物質ともほぼ同様な症状を呈している。とくに、0.5Nの濃度で周辺部にクロロファイルを集積したり、また、反応しながらすけてくる症状や、1Nの濃度ではクロロシスを起こさず、付着した部分のみが焼けて網脈のみを残した

症状は、区別できないほど酷似していた。しかし、硫酸と塩酸の決定的な差異は第13図のDとE、第14図のAとBに見られるように、上表皮細胞が崩壊しているか否かの点である。硫酸は上表皮細胞が崩壊しており、塩酸はほぼ完全な形で残っている症狀から判断すると、第5図のAの被害症状からも明らかなように上表皮細胞が崩壊しているため、今回の工場バイ煙による被害はほぼ硫酸による被害と判断できる面がある。それは、大気中の亜硫酸ガス濃度が高い測定結果であったことや、葉中のS含量が高い値であったこと、また、奇形果が多く見られたこと、さらに、被害症状や被害範囲などから判断して、硫酸ミストないし亜硫酸ガスにより被害が起こっていると思われる点が多かった。

謝 辞

本実験を遂行するにあたり試料の提供を賜った荒井澄氏に深謝の意を表するとともに、御協力を賜った芦川孝三郎栽培部長、土方智主任、果樹研究室の小林勇主事、神保三郎主事、小田桐ヨシエ主事の諸氏に感謝の意を表する。

第14図 酸性物質の0.1N濃度による被害

(Aは硫酸、Bは塩酸、Cは硝酸) ($\times 300$)

III 総 摘 要

工場バイ煙による煙害がナシ園で見られたのでその症状を調査し、その被害症状を再現する目的で酸性物質(硫酸、塩酸、硝酸)を散布して症状を検討した。

1) ナシ園に被害の発生した地域の大気中の亜硫酸ガスおよび葉中のS含量が多く含まれていたが、ナシ葉の被害症状はミスト状ないし粉じん状と思われる症状を呈していた。

2) 開花時に影響を受けたものには奇形果の発生が見られ、幼果時に影響を受けたものにはサビ果ないし黒果点が多く見られた。

3) 有袋果でも、止め口から有害物質が雨水に溶けて侵入し、果梗部および果底部へ被害をおよぼし、著しい場合には裂果もみられた。

4) 酸性物質を各濃度別にナシ葉に散布し、それぞれの被害症状を発現させ、ミスト状散布で工場バイ煙による煙害と同様な症状を再現させることができた。

5) 低濃度の酸性物質によるナシ葉の被害は、クロロシスないし褐変現象が見られ、その直下の細胞増生が起り葉内部が厚くなったが、0.5N以上の濃度では細胞組織が崩壊してすけて見えるようになった。

6) 被害形態、被害症状から判断して、本調査の工場バイ煙による煙害は0.2~1Nの濃度範囲で被害をおよぼしていることが明らかとなった。

7) 再現試験の結果から、可視的には硫酸ないし塩酸による場合とよく類似した症状を示したが、組織的観察により上表皮細胞が崩壊していたことから硫酸による被害であろうと推論した。

引 用 文 献

- 千葉県. 1973. 農林公害ハンドブック P.35
- Dillet, D.R., A.L. Kenworthy, E.J. Benne, and S.T. Bass. 1959. Growth and nutrient absorption of apple, cherry, peach and grape plants as influenced by various levels of chloride and sulfate. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72 : 64—73.
- 藤原喬. 1968. 大気中の低濃度SO₂吸収による植物の硫黄蓄積と微候発現 日植病報. 73 : 336—341.
- 藤原喬・石川春彦. 1969. 大気中のSO₂が蔬菜類の害微発現と生育に及ぼす影響. 農電研究所所報. 11 : 89—96
- 藤原喬. 1970. 大気中のSO₂に対するブドウの障害感受性について. 園学雑. 39 (3) : 219—223
- 藤原喬. 1971. 大気中のSO₂による数種作物の害微発現と生育に及ぼす影響. 農電研報告. (71031) : 1—16
- 福島県農業試験場. 1969. 煙害判定図版. 水稲編. 1—36
- 福島県農業試験場. 1971. 煙害判定図版. 畑作物編 1—38
- 川俣恵利. 1974. 果樹の大気汚染による影響(第1報). 光化学スモッグによるナシの被害. 園学雑. 投稿中
- 松島二良・原田学. 1964. 果樹の亜硫酸ガスによる煙害(第1報). 果樹の抵抗性ならびに柑橘類の落葉及び生育に及ぼす影響について. 三重大農学報. 30 : 11—32

- 11) 松島二良・原田学. 1964. 果樹の亜硫酸ガスによる煙害(第2報). 被害カンキツ樹の実態ならびにその栄養学的観察. 園学雑. 34 (3): 169—176
- 12) 松島二良・原田学. 1965. 果樹の亜硫酸ガスによる煙害(第3報). カンキツ類の落葉におよぼす亜硫酸ガスのくん蒸とボルドウ液散布の影響. 園学雑. 34 (4): 272—279
- 13) 松島二良・原田学. 1966. 果樹の亜硫酸ガスによる煙害(第4報). 煙害の実態調査2. 三重大学報. 33 : 1—8
- 14) 松島二良・原田学. 1966. 果樹の亜硫酸ガスによる煙害(第5報). カンキツ類の亜硫酸ガスの吸収と落葉ならびに体内成分との関係. 園学雑. 35 (3): 242—246
- 15) 松島二良・原田学. 1966. 果樹の亜硫酸ガスによる煙害(第6報). イオウ系薬剤の散布後の亜硫酸ガスくん蒸が温州ミカンの落葉に及ぼす影響. 園学雑. 35 (4): 360—370
- 16) 松島二良・1969. カンキツ類の亜硫酸ガス障害の発生とその機作に関する研究. 三重大学報. 38 : 15—88
- 17) 勿来地区的環境をよくしよう会. 1971. 亜硫酸ガス測定器設置測定結果. 測定資料
- 18) Parups, E., A.L. Kenworthy, E.J. Benne, and S.T. Bass. 1958. Growth and composition of leaves and roots on Montemereny cherry trees in relation to the sulfate and chloride supply in nutrient solution. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71 : 135—144.
- 19) 大気汚染研究全国協議会第7小委員会編. 1973. 大気汚染植物被害写真集(財)日本公衆衛生協議会
- 20) 立谷寿雄. 1964. 農作物の煙害と被害軽減策. 農業技術. 19 : 69—74
- 21) 山添文雄. 1962. フッ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. B. 12 : 1—126
- 22) 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. 47 : 1—102