

二酸化硫黄接触による果樹の可視被害

第2報 感受性の差異をもた らす要因

長谷部俊雄* 市川 信雄**
山上 良明** 黒川 春一**

二酸化硫黄接触による可視被害発現に対する感受性について樹種間差のあることを前報で明らかにした。本報ではかかる差異をもたらした要因として二酸化硫黄接触に伴う葉身への硫黄取込みと葉身汁液 pH の低下に対する抵抗性をとりあげた。

前者については可視被害初発時点での集積速度と長時間接触時の許容量を、後者については瞬時的な汁液 pH の低下に対応するものとして添加塩酸量増加に伴う汁液 pH 低下曲線における勾配の大小を、また緩慢な pH 低下に対応するものとして二酸化硫黄接触に伴う汁液中の増加結合酸量をあてて調査した。これらの調査結果をもとに各樹種の感受性と諸要因との関連表を作った。

I 結 言

前報³⁾においては5種類の果樹(ナシ・モモ・ブドウ・リンゴ・クリ)を対象に二酸化硫黄を接触させ、葉身に発現した急性害・慢性害についてその症状を示すとともに可視被害発現の遅速や程度をもとに樹種間の感受性差異を明らかにした。

この感受性の植物種間差異は植物分類上の区分よりも葉面の組織・気孔の開閉・生理機能など関係が深いといわれ¹⁾、それに関連する2要因として葉身体内への硫黄取込みと体内に取込まれたあとの障害発生に対する植物の抵抗性があげられる。この点を検討するため第1の要因については樹種別に葉身における硫黄取込みの遅速と多少、ならびに気孔の開閉に関連する蒸散速度を調査し、第2の要因については二酸化硫黄吸収に伴う葉身汁液の pH 低下に対する抵抗性をとりあげ、樹種別に塩酸添加に伴う葉身汁液 pH の低下程度

と二酸化硫黄接触下の葉身汁液中の遊離酸・結合酸ならびに各種塩基の含有率を調査した。これら要因の調査結果により感受性の樹種間差がかなり説明できると考えられ、得られた知見をここに報告する。

II 試験方法

1. 供試作物の種類と二酸化硫黄の接触

前報³⁾で詳細を記述したが、本報では5種類の果樹(ナシ・モモ・ブドウ・リンゴ・クリ)について主として0.92ppm(夏)、0.68ppm(夏)の二酸化硫黄を接触させて急性害を発現させた試料について調査を行った。

2. 蒸散速度の測定

100ccのポリエチレン製の試料壺に水を満たし、上ぶたの小穴に葉身を付けた新梢または葉柄部を差入れ化学粘土で固定し全重量を測定し、一定の処理を行った後に再度秤量し両者の差を蒸散量とし、葉面積を測定して葉面積1 cm²・1時間当りの値を求め蒸散速度とした。

3. 塩酸添加に伴う汁液 pH の変化調査

田崎ら¹³⁾の方法に準じて、葉身の生試料6gに水60ccを加え、ミキサーで3分処理後、搾汁器で圧搾し5,400gで遠心分離し上清を試料とし、一定

1986年3月受理

*元北海道立中央農業試験場(現北海道電力KK技術研究所, 004 札幌市豊平区里塚461-6)

**北海道立中央農業試験場, 069-13 夕張郡長沼町

量について0.02Nの塩酸を添加し添加量の増加に伴うpHの変化を調査した。

4. 作物体の分析法

作物体の分析にあたって、窒素はケルダール法、他の無機成分は湿式灰化後に常法、また硫黄はバリウム－ゲラチン比色法⁵⁾によった。

III 試験結果

1. 葉身への硫黄の取込み

(1) ガス接触に伴う葉身硫黄含有率の増加

急性害を示した0.92ppm夏・0.68ppm夏の両接触試験について二酸化硫黄接触による葉身硫黄含有率の増加を経時的に調査し結果を表1、表2に示した。ほぼ同じ接触時間での葉身硫黄含有率の増加量は、ガス濃度が高いほど大きい傾向を示したほか、接触時間の経過に伴う硫黄含有率の変化についてはリンゴ・ブドウ>ナシ・クリ>モモの順に前者ほど急増する傾向を認めた。なお表2では157時間と184時間接触させた参考試料の分析値を併記したが、可視被害発現の遅いナシ・モモ・ブドウではリンゴ・クリと比べて後期まで直線的な増加傾向がみられた。

(2) 蒸散速度の変化

葉身の硫黄取込みには気孔の開閉が関係すると

いわれることから樹種別ならびに新梢部位別の葉身について蒸散速度を調査し結果を表3に示した。新梢部位別葉身の特徴をみると、1枚当りの葉面積は上位葉で最も小さく、葉の厚さは中位葉で厚く上・下位葉で薄く、水分含有率は上位葉ほど高かった。蒸散速度は、部位別では上位葉>中位葉>下位葉の順に、樹種間ではリンゴ>クリ・モモ・ナシ>ブドウの順に、また日射条件>室内条件の順にそれぞれ前者ほど大きい値を示した。次に主として気孔の閉鎖によっておこると考えられるガス接触に伴う蒸散速度の減少程度をみると、部位別では上・中位葉で大きく、この傾向は二酸化硫黄接触を止めた後の室内条件でもみられ、樹種別ではモモで大きかった。

樹種・部位をこみにした葉身の蒸散速度と窒素含有率との相関係数を求め表4に結果を示した。自然日射下での蒸散速度は葉身の一定面積当りの窒素含有量との間で有意な相関係数が得られたが、乾物当りの窒素含有率との間では相関関係はみられなかった。また自然日射下での蒸散速度は二酸化硫黄接触条件ならびに室内条件での蒸散速度との間でも有意な相関係数を得た。

2. 二酸化硫黄接触による葉身汁液pHの低下に対する抵抗性

表1 0.92ppm夏接触による葉身S含有率の増加

樹種	項目 時間	対照区のS含有率 (%)			ガス接触により増加したS含有率 (%)		
		40	59	100	40	59	100
ナ	シ	0.15	0.13	0.09	0.14	0.29	0.64
モ	モ	0.09	0.09	0.08	0.14	0.21	0.32
ブ	ド	0.12	0.11	0.11	0.45	0.70	0.82
リ	ン	0.10	0.11	0.09	0.28	0.47	0.83
ク	リ	0.11	0.11	0.09	0.20	0.25	0.62

表2 0.68ppm夏接触による葉身S含有率の増加

樹種	項目 時間	対照区の含有率 (%)		ガス接触により増加した含有率 (%)			
		65	92	65	92	(157)	(184)
ナ	シ	0.07	0.08	0.39	0.56	(1.13)	(1.26)
モ	モ	0.10	0.14	0.02	0.28	(0.57)	(0.63)
ブ	ド	0.08	0.13	0.59	0.65	(0.99)	(1.20)
リ	ン	0.15	0.12	0.51	0.68	(0.60)	(0.89)
ク	リ	0.12	0.16	0.38	0.43	(0.49)	(0.57)

() * : 本試験に供する以前に92時間のガス接触を実施していた試料についての分析値

表3 蒸散速度のガス接触による変化

樹種		項目 部位	葉身の性状						葉面積1cm ² ・1時間当りの蒸散量(mg)					
			1枚当り		厚さ (乾物mg/cm ²)	水分 率(%)	N		A ^{*1}			B ^{*1}		
			葉面積 (cm ²)	乾重 (mg)			(乾物 %)	(mg/cm ²)	0	G ^{*2}	差	0	B ^{*10} ₃	差
ナシ	先	14	144	10.1	54.3	1.57	1.59	21.8	21.0	-0.8	5.6	4.8	-0.8	
	中	25	249	10.1	52.9	1.69	1.71	13.9	13.7	-0.2	2.8	3.7	0.9	
	下	50	457	9.1	51.3	1.76	1.60	17.2	14.5	-2.7	2.7	2.7	0.0	
モモ	先	7	53	7.2	69.7	2.71	1.96	23.2	16.9	-6.3	2.1	1.7	-0.4	
	中	26	250	9.4	63.5	2.04	1.92	18.8	14.7	-4.1	2.2	1.9	-0.3	
	下	31	207	6.6	63.5	2.23	1.48	12.3	11.7	-0.6	0.8	1.5	0.7	
ブドウ	先	17	65	3.9	74.6	2.62	1.02	9.6	8.5	-1.1	1.5	1.2	-0.3	
	中	73	410	5.6	65.4	2.21	1.24	12.8	9.0	-3.8	1.2	1.0	-0.2	
	下	67	353	5.3	64.0	2.03	1.07	9.6	10.1	0.5	2.1	2.5	0.4	
リンゴ	先	6	42	6.9	68.4	2.52	1.74	36.3	33.0	-3.3	8.4	6.4	-2.0	
	中	15	163	11.0	56.8	2.54	2.79	25.7	23.8	-1.9	4.4	3.6	-0.8	
	下	33	332	10.0	44.0	2.46	2.46	—	—	—	—	—	—	
クリ	先	6	37	6.4	72.6	2.85	1.83	27.3	26.2	-1.1	4.8	4.6	-0.2	
	中	32	234	7.3	61.7	2.14	1.56	18.3	14.2	-4.1	2.9	2.3	-0.6	
	下	31	234	7.6	59.5	1.98	1.50	20.5	24.3	3.8	2.3	2.4	0.1	

注) ※1. Aは昭和56年8月28日の11時20分から15時まで快晴の条件でハウス内の水平照度は7kluxであった。

Bはその後室内(22°C, 湿度90%)に運び入れ翌日の9時までおいた条件である。

※2. 0は対照区でG₁は0.75ppmのSO₂接触区の中に入れ、ポリ塩は水道水を通じた水槽の中に入れておきポリ塩内の水温の上昇を防いだ。

※3. G₁₀はG₁と同じ材料であり、ガス接触後は対照の0と同じ条件においた。

表4 樹種・部位をこみにした葉身の蒸散速度とN含有量との相関関係

(n=24)

項 目	r	Y = a + b x
Y : X		
O _A : 乾物当り N 量	0.366	—
O _A : 葉面積当り N 量	0.622**	Y = 1.55 + 10.67 x
G _A : "	0.544**	Y = 2.27 + 9.12 x
O _B : "	0.385	—
G _B : "	0.358	—
G _A : O _A	0.945**	Y = 0.34 + 0.89 x
O _B : O _A	0.815**	Y = -0.68 + 0.21 x
G _B : G _A	0.835**	Y = -0.16 + 0.18 x

(1) 塩酸添加に伴う汁液 pH の変化

調査結果を表一5に示した。塩酸添加前の樹種別汁液のpHをみると、ブドウが3.62で最も低く他は5.10~5.35の類似した値を示した。0.68ppm92時間のガス接触により各樹種ともpHの低

下がみられるものの、その程度には樹種間差があり、リンゴ・ナシが他の樹種より低下程度が小さかった。無ガス対照区の各樹種汁液について塩酸添加に伴うpH低下曲線について2次曲線： $y = ax^2 + bx + c$ ($x : 0.01N-HCl$ 添加量 cc, $y = HCl$ 添加に対応して変化するpHの値)を求め、その導関数 y' を計算し結果を図1に示した。 y' は塩酸添加の各段階における2次曲線の勾配を示すものであり、クリ>モモ>ナシ・リンゴ>ブドウの順に前者ほど大きな絶対値を示した。このことは前者ほど塩酸添加に伴うpH低下勾配が急であり、汁液の酸性化に対する抵抗性の小さいことを示している。

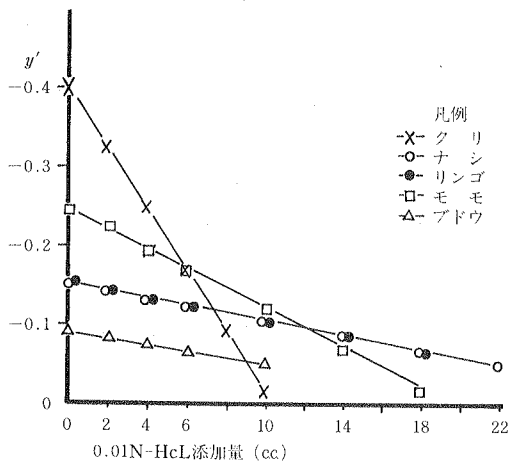
(2) 二酸化硫黄接触に伴う汁液の形態別酸ならびに塩基含量の変化

前項において二酸化硫黄接触の場合に、硫黄の取込みに伴い汁液pHの低下が見られたものの、その程度が比較的小さいことから汁液中の遊離酸と結合酸について検討した。分析法は一定量の

表5 塩酸添加に伴う葉汁pHの変化

樹種	ガスの有無	添加HCl量	生重1g当りの0.01N-Ncl添加量 (cc)							
			0	2	4	6	10	14	18	22
ナシ	対照		5.20	4.78	4.42	4.30	3.88	3.40	3.05	2.85
	Gas*		5.10	4.70	4.33	3.95	3.49	3.10	2.80	—
モモ	対照		5.35	4.59	4.25	3.91	3.42	3.01	2.70	—
	Gas*		5.03	4.48	4.10	3.82	3.40	3.00	2.70	—
ブドウ	対照		3.62	3.45	3.29	3.15	2.92	—	—	—
	Gas*		3.42	3.37	3.21	3.13	2.91	—	—	—
リンゴ	対照		5.30	4.99	4.65	4.36	3.97	3.57	3.26	2.99
	Gas*		5.23	4.81	4.42	4.12	3.70	3.25	2.90	—
クリ	対照		5.10	4.19	3.70	3.40	2.90	—	—	—
	Gas*		4.85	4.13	3.50	3.20	2.71	—	—	—

※0.68ppm・92時間接触の新梢中位葉を用いた

図1 HCl添加に伴う導函数 y' の変化

汁液を、そのまま陽イオン交換樹脂を通した場合について $\text{pH}=7$ にするに必要な $0.05\text{N}-\text{NaOH}$ の容量からそれぞれ遊離酸量と全酸量を求め両者の差を結合酸量とし結果を表-6に示した。

全酸はブドウ・リンゴが多くナシ・モモと順次しクリが最も少なく、結合酸はリンゴ・ナシが多くてクリが最も少なく、遊離酸は汁液 pH の低いブドウで著しく多く他の樹種は幾分似た値を示した。二酸化硫黄接触により全酸量の増加がみられ、その程度はブドウ・リンゴで多くナシ・クリと順次しモモで最も少なく、増加した全酸量の大部分

表6 ガス接触による汁液の形態別酸含量の変化 (me/生重100g)

樹種	ガスの有無	遊離酸	結合酸	全酸
ナシ	対照	40	202	242
	Gas*	36	247	283
	差	-4	45	41
モモ	対照	47	175	222
	Gas*	47	185	232
	差	0	10	10
ブドウ	対照	144	149	293
	Gas*	143	229	328
	差	-1	80	79
リンゴ	対照	59	213	272
	Gas*	70	258	328
	差	11	45	56
クリ	対照	59	110	169
	Gas*	66	143	209
	差	7	33	40

※0.68ppm・92時間接触の新梢中位葉を用いた

が結合酸で占められていた。なお二酸化硫黄接触によりリンゴ・クリで遊離酸量が若干増加した。

次に二酸化硫黄接触による汁液中の結合酸の増加についてその内容を検討するため石灰・苦土・加里・曹達などの塩基含量を調査し、結果を表-7に示した。汁液の塩基含量はリンゴ>モモ・ナシ>クリ・ブドウの順に後者ほど少なく、塩基の中に占める各要素の割合は樹種間で幾分差がある

表7 葉身汁液中の塩基とS含有率のSO₂接触による変化 (me/生100g)

樹種	塩基とS ガスの有無	Ca	Mg	K	Na	計	S
ナシ	対照	4.36	8.43	12.02	0.74	25.55	1.56
	Gas*	4.36	8.31	17.26	0.16	30.09	10.06
	差	0.00	-0.12	5.24	-0.58	4.54	8.50
モモ	対照	0.50	4.77	21.74	0.11	27.12	1.88
	Gas*	0.50	4.93	21.87	0.15	27.45	4.30
	差	0.00	0.16	0.13	0.04	0.33	2.42
ブドウ	対照	0.75	4.93	8.82	0.33	14.83	1.56
	Gas*	0.86	7.48	15.35	0.22	23.91	11.33
	差	0.11	2.55	6.53	-0.11	9.08	9.77
リンゴ	対照	4.94	7.81	21.23	0.30	34.28	1.88
	Gas*	5.26	10.07	25.58	0.46	41.37	12.97
	差	0.32	2.26	4.35	0.16	7.09	11.09
クリ	対照	1.32	7.48	8.70	0.21	17.71	1.87
	Gas*	2.24	9.05	8.95	0.22	20.46	9.14
	差	0.92	1.57	0.25	0.01	2.75	7.27

※0.68ppm・92時間接触の新梢中位葉を用いた。

ものの大体加里・苦土・石灰・曹達の順に後者ほど小さかった。二酸化硫黄接触による汁液の硫黄含有率増加に対応し総塩基含有率(K+Na+Ca+Mg)の増加がみられ、その増加量はブドウ>リンゴ>ナシ>モモと順次し後者ほど少なかった。増加した塩基含有率の中に占める各要素の割合も加里・苦土・石灰・曹達の順に後者ほど小さくなる傾向がみられた。

3. 樹種別の感受性とその差異をもたらす要因との関係

前報³⁾で二酸化硫黄接触による可視被害発現に対する感受性について樹種間差のあることを明らかにし、本報ではこのような差異をもたらした要因として二酸化硫黄接触に伴う葉身への硫黄取込みと葉身汁液 pH の低下に対する抵抗性をとりあげて調査し、これらの結果を互に関連づけ表-8に一覧表として示した。

表に示した項目において、感受性については北海道で栽培されている草本作物との比較のためにも同一基準での感受性区分を行い、さらに不等符号で細区分を行った。葉身の硫黄取込みの欄で集積速度は可視被害初発時点での硫黄含有率を接触延時間数で除した値の大小をもって、また許容量は長時間接触後の硫黄含有率の大小をもって区分

表8 樹種別の感受性とその差異をもたらす要因との関係

項目 樹種	感受性	葉身の硫黄吸収		細胞液pHの低下に対する抵抗性	
		集積速度	許容量	瞬時的	経時的
ナシ	小	中	大	大	中
モモ	小	小	中	中	小
ブドウ	中	大	中	大	大
リンゴ	中	大	中	大	中
クリ	中	中	小	小	小

した。細胞液 pH の低下に対する抵抗性の欄で瞬時的抵抗性は高濃度二酸化硫黄吸収に伴う細胞液の急激な pH 低下に対応するものとして添加塩酸量増加に伴う葉身汁液 pH 低下における曲線勾配の大小をもって、また経時的抵抗性は二酸化硫黄接触が断続して起こる場合や低濃度接触時のような緩慢な汁液 pH 低下に対応するものとして二酸化硫黄接触に伴う増加結合酸量の大小をもってそれぞれ区分した。

このように感受性とそれを支配する要因との関連表を作ることにより両者の関係の把握が容易になったといえるが、今後要因項目について葉身の亜硫酸還元能力や活性酸素処理能力などの検討

を加えることにより樹種別の感受性差異をもたらす機構についての説明がより適確になると考える。

IV 考察および論議

汚染物質が異なると植物種間の感受性は全く別の大小関係に変るほか、同じ汚染質でも感受性の種間差異は少なくとも植物分類上の区分と関係は少なく、葉面の組織・気孔の開閉・生理機能などに関係する面が多いといわれ¹¹⁾、感受性の差異をもたらす大きな要因として葉身体内への硫黄取込みの多少と体内に取込まれたあとの障害発生に対する抵抗性の大小があげられる。しかし、実際には感受性の差異をもたらす上記2要因は単独に作用するものでなく条件によりそれぞれ重みは違うものの互いに関連して作用するものと考えられるが、ここでは二酸化硫黄の取込みとその害作用に対する抵抗性に分けて考察する。

1. 作物体への二酸化硫黄の取込み

作物体による二酸化硫黄の取込みは可視障害の発生する濃度よりさらに低い濃度の二酸化硫黄の接触でも起こり、取込み量は二酸化硫黄濃度の高いほど、接触時間の長いほど、また一般に葉の光合成能が旺盛となる条件で増すといわれる。さらにドーズ（濃度×接触時間）が一定の条件では低濃度・長時間接触の方が高濃度・短時間接触より多量の硫黄を吸収することが知られており、本試験でもこのような知見¹¹⁾が認められた。

二酸化硫黄接触により二酸化硫黄が作物体内に取込まれ、さらに可視被害発現に至る過程について林業試験造林第1研究室¹⁰⁾では硫黄侵入に対する抑制力の大小（硫黄蓄積速度）と二酸化硫黄に対する許容量の多少（可視被害発現時の硫黄蓄積量）の両面から検討している。この考えに準拠し試験結果をみると、樹種別の可視被害初発時点での硫黄蓄積速度はブドウ・リンゴ>ナシ>クリ>モモの順に前者ほど大きな値を示し、また可視被害初発時の硫黄含有率はナシ>リンゴ・ブドウ>クリ・モモの順に、長時間接触後の硫黄含有率はナシ>ブドウ・リンゴ・モモ>クリの順にそれぞれ前者ほど大きな値を示した。ここで可視被害初発時と長時間接触後の硫黄含有率の樹種別順位について若干の違いがあるが本報告では後者の値を許容量の区分に用いた。ナシ・モモの感受性はと

もに「小」に区分されたが、これにはナシで許容量の大きいことが、モモでは硫黄蓄積速度の小さいことがそれぞれ深く関連していると考えられる。また感受性「中」を示した3樹種の中でも感受性が比較的大きかったクリは他の樹種より許容量が小さく、ブドウ・リンゴでは硫黄蓄積速度が大きいものの許容量が中程度にあるため感受性が各樹種の間に入ったものとする。

林業試験場造林第1研究室¹⁰⁾では3樹種を対象とした二酸化硫黄試験結果について、高濃度接触では硫黄蓄積速度が、低濃度接触では許容量がそれぞれ感受性の大小に関連する大きな要因となるものであり、また樹種により両要因の組合せの大小は異なるとした。なお、北海道生活環境部（高安）⁸⁾は道内に生育する樹木について二酸化硫黄接触試験を行い、各種濃度段階を通じ抵抗性と許容量の間に一定の傾向は認められないが、硫黄含有率最大の樹種は抵抗性「強一中」の群に属するのに対し、抵抗性「弱」の群の樹木は硫黄を多量に含み得ないとした。既報⁹⁾では道内で栽培される各種農作物の可視被害発現を主目的とした二酸化硫黄接触試験結果について考察し、感受性「大」の作物で硫黄蓄積速度の大きな場合があったものの作物種類間の感受性差異を硫黄蓄積速度と許容量だけで説明することは困難であるとした。両報告とも多数の種類を対象としており、このような場合には典型的なものより中間的なものが多くなり単に2要因だけで感受性差異を明らかにするには限界があると考えられた。

葉面における硫黄取込みについて、作用機作は十分に解明されていないが、気孔の開く環境条件で取込み量の増加する現象が多く観察されており¹¹⁾、また二酸化硫黄接触によって気孔が閉じて機械的にガス侵入の抑制されることが知られている²⁾。気孔の開閉は蒸散作用に影響することから本試験では樹種別・新梢部位別の葉身について二酸化硫黄接触の有無による差異も含め蒸散速度を調査し、樹種間ではリンゴ>クリ・モモ・ナシ>ブドウの順に、また部位別では上位葉>中位葉>下位葉の順にそれぞれ前者ほど大きな値を示すことを明らかにした。一方、樹種・部位をこみにして蒸散速度と葉身窒素含有率との相関係数を求めたところ、乾物当りの窒素含有率との間で有意な値は得られなかったものの、葉面積当りの窒素含

有量との間では有意な値が得られており、厚さにかなり違いのあるものを込みにして比較する場合にはこの面の配慮が必要と考えられる。また二酸化硫黄接触により各樹種とも蒸散速度は減少しその程度はモモで最も大きい傾向がみられ、このことは他の樹種とくらべモモで二酸化硫黄接触による硫黄含有率の増加が小さかった1つの理由と考える。古川²⁾は二酸化硫黄接触にともない蒸散速度の急激に減少する植物は、概して徐々に低下する植物より可視障害が小さいとしており、二酸化硫黄接触は蒸散作用よりも光合成作用に大きく影響するといわれるものの、硫黄取込みを通して感受性の差を検討する場合に蒸散速度の調査は必要な事項と考える。

2. 葉身内に吸収された二酸化硫黄の害作用に対する抵抗性

気孔から葉身内部に取込まれた二酸化硫黄の変化をみると水に溶けて H_2SO_3 になり、これは H^+ と HSO_3^- に、 HSO_3^- はさらに H^+ と SO_3^{2-} に解離することから、二酸化硫黄の毒性は H^+ による酸性影響と HSO_3^- や SO_3^{2-} による影響とに分けて考えることが出来る。

作物細胞の pH は作物体の部位により異なるが果実など特殊な部分を除いて一般に 4～7 の範囲にある。pH は酵素の活性・原形質の荷電・凝集状態などに著しい影響を与えることから、細胞内でも液胞の pH は主として有機酸の、また細胞質の pH は蛋白質やアミノ酸のもつ、それぞれの緩衝能によって一定に保たれる傾向がある¹⁾。

本試験において樹種別の葉身汁液の pH はブドウが 3.62 で最低であり、その他の樹種は 5.10～5.35 の範囲にあり類似している。短時間に高濃度の二酸化硫黄が体内に入った場合の pH 低下に対する緩衝力の大小をみるために汁液の塩酸添加に伴う pH の変化を調査し、2 次曲線とその導関数を求め図示したがその勾配程度はクリ>モモ>リンゴ・ナシ>ブドウの順に前者ほど大きかった。一方、長時間接触時の影響をみるために 0.68 ppm 92 時間接触の結果をみると各樹種とも pH の低下がみられるもののその程度は 0.07～0.32 の範囲にあり、クリで大きくリンゴ・ナシで小さい値を示した。硫黄取込み量と比べて pH の低下程度の小さいことには、結合酸は増加するものの遊離酸はあまり増加しないことが関係しているといえ

る。結合酸の増加程度はブドウで大きくナシ・リンゴ>クリと順次しモモで最も小さかった。結合酸の増加に対応し塩基含有率の増加がみられ、増加した塩基の中に占める各要素の割合は加里>苦土>石灰>曹達の順に前者ほど大きく、また樹種により異なる傾向がみられた。この点について松島³⁾はカンキツについて二酸化硫黄接触を行い、窒素・燐酸・石灰・苦土に対する影響は明らかでないが加里は常に増加するとし本試験と類似した結果を示している。したがって長時間の二酸化硫黄接触に伴う汁液 pH 低下に対する抵抗性の大小を検討する場合には pH の低下程度とともに結合酸や塩基含有率の増加についての配慮が必要と考える。

なお藤原⁴⁾は高濃度接触では少ない硫黄の蓄積で、一方低濃度接触では多い硫黄の蓄積でそれぞれ害徴の発現することを認め、これには無機態硫黄の蓄積そのものよりも、その中の亜硫酸塩態と硫酸塩態の割合が重要な意義をもつのであって、植物が亜硫酸塩を硫酸塩にする速度を越えて亜硫酸塩が蓄積する場合に害徴が発現すると推論した。害徴発現に対し亜硫酸塩は硫酸塩の 30 倍の毒性があるといわれており⁴⁾、今後亜硫酸の硫酸への酸化能力についての検討が望まれる。また最近、近藤⁷⁾、菅原¹²⁾は二酸化硫黄接触に伴い植物体内に生成された亜硫酸イオンは Co・Mn などの重金属、種々の酵素、あるいは葉緑体の電子伝達反応などにより酸化されると共に活性酸素の 1 つである O_2^- を生じ、これが葉緑素の分解を引き起すとともに、 O_2^- より生じる $^1\text{O}_2$ (一重項酸素) は脂質の過酸化物を生成して膜機能などを破壊するとし、これらの活性酸素の量が植物の処理能力を越えると急性障害が発現するとしており今後この面の検討も望まれる。

謝 辞：本稿を草するに当たり、前北海道立中央農業試験場化学部大垣昭一郎長、同前環境保全部高尾欽彌部長には御校閲・御指導をいただき、また前園芸部細貝節夫部長を始め果樹科の方々にも色々と御世話になり厚く謝意を表する。

引用文献

- 1) 相見靈三, “作物の細胞”, 作物の生理生態, 戸刈義次編, 朝倉書店, 1955, p. 10~12.
- 2) 古川昭雄, “高等植物の光合成に対する SO_2 の影響”, 国立公害研究所報告, **10**, 333~341 (1979).
- 3) 長谷部俊雄, 市川信雄, 山上良明, 黒川春一, “二酸化硫黄接触による果樹の可視被害, 第1報, 症状と感受性の樹種間差異”, 北海道立農試集報, **54**, 49~56 (1986).
- 4) 藤原 喬, “低濃度域二酸化硫黄イオンによる植物の障害発現とその診断に関する研究”, 電力中央研究所, 農電研報告, 74001, 22~33 (1975).
- 5) 北海道立農業試験場編, “土壌および作物栄養の診断基準—分析法”, 1981, p. 136~138.
- 6) 市川信雄, 長谷部俊雄, 山上良明, 黒川春一, “二酸化硫黄接触による農作物の可視被害”, 北海道立農試集報, **44**, 90~102 (1980).
- 7) 近藤矩朗, “ SO_2 毒性に対する植物の防御機構”, 国立公害研究所報告, **10**, 309~315 (1979).
- 8) 北海道生活環境部 (高安), “大気汚染樹木影響調査報告書(亜硫酸ガス接触実験)—第1報”, 1975, p. 1~19.
- 9) 松島二良, 原田 学, “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”, 園芸学雑誌, **35**, 242~246 (1965).
- 10) 農林水産省林試造林部造林第1研究室, “大気汚染による主要樹木の被害症状の発現とこれに関与する要因”, 農林水産技術会議事務局, 研究成果, **64**, 149~157 (1973).
- 11) 白鳥孝治, “作物—その形態と機能, 下巻” 北条良夫編, 農業技術協会, 1976, p. 222~225.
- 12) 菅原 淳, “二酸化硫黄の植物に及ぼす生理生化学的影響”, 国立公害研究所報告, **10**, 299~307 (1979).
- 13) 田崎忠良, 田口亮平著, “実験植物生理生態学実習”, 養賢堂, 1968, p. 16~17

Visible Injury to Fruit Trees due to Sulfur Dioxide Fumigation

2. Some interior factors playing an important role to the difference of sensibility among five fruit trees.

Toshio HASEBE*, Nobuo ICHIKAWA**, Yoshiaki YAMAGAMI**,
and Haruichi KUROKAWA**

Summary

In part I, we reported about the difference of sensitivity to SO_2 among five kinds of fruit tree such as pear, peach, grape, apple and chestnut tree.

In this report, some factors playing an important role to the difference of sensitivity among test trees were examined. The first main factor was the degree of sulfur absorption into leaf under fumigation and the second other main one was a buffering capacity to decrease in pH values of water extracts of leaves due to absorption SO_2 .

Concerning the first factor, the sulfur content of leaf at the time on first appearance of acute injury and the tolerable limit of sulfur content under long period fumigation were examined further.

Sulfur content in leaf was increased with increase of fumigation time or gas concentration. The increased rate of sulfur content under fumigated treatments differs from the kinds of fruit trees and was the lowest in pear tree.

About the second main factor, we examined two subfactors. That is, the decrease in pH values under the added treatments of HCL and the increased combined acid under humigation were corresponded respectively to the rapidly decrease and the slowly decrease in pH values of water extracts under humigated treatment. The ranking of the buffering capacity gotten from the decreased rate in pH values under the added treatments of HCL were chestnut < peach < pear·apple·grape in which the former are less resistantive than the latter.

By these data, we made a related table between the difference of sensitivity to SO_2 and some interior factors connected to the resistance power for biochemical change in leaf by absorption of SO_2 .

*Research Institute, Hokkaido Electric Power Co., Inc., Sapporo, Hokkaido, 061-01, Japan.

**Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13, Japan.