

弗素ガスによる温州みかんの煙害(1)

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	宮崎, 政光 進藤, 三幸 西村, 博和 宮本, 豊博
巻/号	32巻6号
掲載ページ	p. 268-271
発行年月	1977年6月

弗素ガスによる温州みかんの煙害 (1)

宮崎政光 進藤三幸 西村博和 宮本豊博

1. ま え が き

1968年愛媛県西条市, 新居浜市地区内に発生した水稻の生育障害(6月下旬~7月上旬の田植直後)はアルミニウム製練工場から排出された弗素系ガスに起因することを確認するとともに, これに係る調査を実施した。

この結果については, 本誌第24巻, 7, 8, 10, 11号¹⁾で発表の機会を得たが, 当該地区内に広く栽培されている温州みかんについても, 上記水稻調査と併せて弗素系ガスと植生並びに収量との関係について調査を実施し現在に至っている。

1969年~71年にわたっての当該地区温州みかんの低位収量に対する原因については, 栽培農家と筆者らとの間に若干の相違があり, 水稻調査と併行的に実施した調査結果のみから結論を導くことは早計と考え, 綿密な調査計画に基いて補完的調査を実施した。

この結果についてもみかん栽培農家と筆者らとの間には見解を異にする点のあることは止むを得ないことと考えている。本地区内の温州みかん低収の主要因には本調査の範囲内では大気汚染以外の気象要因, 肥培管理技術, 栽培意欲の減退などが関与していることも考慮に入れなければならない。

本調査結果に対する考察についても憶測の域をでないものが多い。したがって本報告は弗素系ガスによる大気汚染地区内における温州みかんの植生の実態調査として受け取って載きたい。何れにしても本報告が何らかの参考になれば幸せと考えている。

本調査を実施するに当たっては, 西条, 新居浜市の関係職員, 住友化学菊本製造所, 西条農業改良普及所には終始御協力, 御指導を賜ったことに対して心から御礼申し上げます。

2. 調査方法

1) 分析試料の採取 分析試料の採取に当たっては, ①試料採取誤差を少なくする, ②みかん葉の大気の暴露日数を明確にする, ③分析に必要な量の確保, ④試料採取によるみかん樹の損傷回避, 等の条件を満たすために

1) 宮崎政光, 弗素系ガスによる水稻の煙害, 農業技術, 第24巻, 7, 8, 10, 11号。

試料採取は下記の要領で実施した。

調査地区および調査地点の選択: 調査地区は1968年に水稻に対して弗素煙害の発生した西条市, 新居浜市の2地区とした。調査地点は西条市地区内に11か所, 新居浜市地区内に10か所を選んだ。

1 調査地点における調査個体数: 各調査地点毎に立地条件, 樹齢等を考慮して平均的生育を示している個体15本を選択した。

分析試料(葉身)採取枝の選択: 分析試料を採取する枝は1971年春に発生し, 同年6月展葉数5枚を有する新梢を, 各個体から方位, 高低が1個体で平均的に分散するよう28梢を選び, 新梢基部に赤色の標識をつける。

試料採取: 所定の調査日に各個体から各方位に相当する位置から標識のある新梢1枝を選び, 基部から上へ2葉を採取し, 分析試料とする。したがって調査地点1か所当たり1回の採取試料は葉数で120枚, 乾物相当重量は約18g内外となり, Fおよび無機成分分析試料としては満足な量である。

なお採葉を終えた枝の標識はその都度取り除き, 次回の試料採取に間違いのおきないよう配慮した。

2) 分析方法 F: 洗浄後, 乾燥粉碎した試料の一定量に脱弗石灰乳を加え130°C内外で乾燥した後, 500°Cで灰化した後, 蒸留器内へ少量の水で移し Conc HClO₄を加え, 135~140°Cで蒸留した留出液について, アリザリンコンプレクソン抽出光度定量法にて弗素を定量した。

無機成分: 湿式分解の後, 主に原子吸光法にて定量した。

4. 調査結果

1) みかん葉ならびに土壤中の無機成分 無機成分のあるものは, これが不足すると大気汚染障害と類似の症状が発現する場合がある。したがってみかん葉に発現した可視症状の原因を判断する場合には, 大気環境ばかりでなく, 土壌ならびに葉中の無機成分をも考慮しなければならない。このような見地から調査地点の土壌ならびにみかん葉中の無機成分の定量分析を実施した。その結果は第1表に示すとおりである。

みかん葉中の成分含量は, 土壌の理化学性, 樹齢, 葉

序, 気象条件などによって影響をうけ, 土壌中の無機成分は主に地質, 母材, 施肥来歴, 肥培管理などによって影響をうけるものである。

必須元素の何れが欠乏しても, あるいは過剰に吸収されても異常な生育を示すが, この場合元素の種類によっては独特の可視的症狀が葉に発現するものである。これらの症狀のあるものは大気汚染障害と誤認される場合があるので, 本調査では定量分析を行なった成分のうち, Mg, Mn, Cu, Zn の各元素について, 土壌と葉について若干の検討を加えた。

作物が Mg 欠乏症を発現する土壌中の Mg 限界量は 8~10mg % 以下と考えてよい。このことからすれば各地点とも Mg 欠乏の心配はないものと考えてよい。

Mn は一般的には土壌 pH が 6.5 以上になると葉身にクロロシスが発現し, 置換態 Mg が 3~5 ppm 以下になれば Mn 欠乏症の発生のおそれがあるといわれている。なお, 健全樹の葉中 Mn 濃度は 50~100ppm の範囲にあるといわれている。第 1 表の分析結果によると, 土壌中の置換態 Mn は, 土壌分析を実施した 9 地点のうち 7 地点までが 3 ppm (作土, 下層土の平均値) 以下の数値を

示している。また, 葉中の Mn 濃度についてみると, 調査地点 21 か所のうち福武の 1 か所を除いた他の何れの地点も, Mn 欠乏症発現限界の 50ppm を著しく下廻っている。

土壌中の可溶性 Zn はアルカリ性で不可給化しやすい。したがって酸性土壌よりも pH の高い土壌や, 石灰の多用, 燐酸や加里肥料の多用もまた Zn 欠乏症を発現しやすい条件を作ると考えなければならない。みかん類では葉中の Zn 濃度が 15ppm 以下になると欠乏症発現のおそれがあるといわれている。

みかん葉にみられる Zn 欠乏症は弗素系ガスの煙害症状と酷似しているので鑑定を誤る場合がある。本調査の範囲内では Zn 欠乏症的なものは認められず, 葉分析の結果からもこの危険性はないと考えられる。

C. D. Leonard 他²⁾ はオレンジ葉中の Mn, Zn, Fe, B, N, P, K, Ca, Mg 濃度を測定し, F がこれらの濃度に及ぼす影響はみられなかったと報告していることから徴しても, 本調査地区内にこれらの欠乏症が発現したとしても, この原因が大気中の HF によって誘発されたとは考えられない。

第 1 表 みかん葉並びに土壌分析結果

場 所	みかん葉乾物中 (%)				みかん葉乾物中 (ppm)				乾 土 中 (ppm)				
	P	K	Ca	Mg	F	Mn	Cu	Zn	F	Mn	Cu	Zn	
西 条 市	1 船 屋	0.15	1.27	2.37	0.36	19.9	19.3	8.6	26.5	—	—	—	—
	2 天 神 山	0.23	1.83	2.81	0.31	20.4	15.9	8.1	27.4	11	0.6	3.4	22.1
	3 八 幡 原	0.17	1.48	2.52	0.35	31.5	32.1	9.1	26.8	27	12.1	11.5	7.3
	4 池 ノ 内	0.17	0.74	2.50	0.33	34.6	17.6	7.3	28.4	12	1.2	4.8	6.8
	5 野 田	0.17	1.36	3.25	0.32	25.3	16.5	8.2	22.6	38	4.1	19.0	21.3
	6 大 浜	0.16	1.71	3.17	0.21	21.3	24.7	6.1	28.8	—	—	—	—
	7 福 武	0.16	1.45	2.87	0.36	18.0	53.8	4.0	36.0	—	—	—	—
	8 市 倉	0.15	1.55	2.57	0.27	16.4	26.1	5.2	22.6	—	—	—	—
	9 神戸大谷山	0.18	1.53	2.69	0.30	16.6	11.9	4.8	25.0	15	0.6	4.5	11.4
	10 氷見屋土居	0.26	1.58	2.76	0.32	17.7	9.1	5.6	24.4	—	—	—	—
	11 里 木	0.18	1.64	2.53	0.21	45.7	26.2	14.1	25.4	23	2.1	8.0	8.3
新 居 浜 市	12 落 神	0.16	1.53	2.82	0.31	18.9	14.7	5.0	27.5	—	—	—	—
	13 下 東 田	0.19	1.53	3.33	0.31	17.6	8.3	5.9	23.1	19	0.6	18.0	13.3
	14 元 船 木	0.17	1.40	2.76	0.34	19.0	19.4	5.4	26.0	—	—	—	—
	15 篠 場	0.15	1.41	2.65	0.27	29.0	13.4	5.0	20.1	50	0.6	2.0	8.5
	16 高 尾	0.17	1.29	3.07	0.33	31.0	21.9	5.0	21.1	—	—	—	—
	17 岸 影	0.31	1.69	2.60	0.25	27.4	15.3	5.6	23.3	38	1.4	9.5	16.5
	18 大 生 院	0.17	1.38	3.32	0.33	31.9	18.8	4.5	23.8	—	—	—	—
	19 戸屋の鼻	0.16	1.52	2.58	0.33	29.0	9.9	5.4	22.2	—	—	—	—
	20 喜 来	0.19	1.48	2.93	0.32	39.1	11.6	7.3	28.1	—	—	—	—
	21 垣 生	0.18	1.55	2.90	0.27	15.9	21.0	5.0	30.1	—	—	—	—

注) 各分析数値は S. 46/6~S. 47/6 間の 7 回の平均値

2) C. D. Leonard, H. B. Graves, Effect of Fluorids Air Pollution on Florida Citrus, Univ of Florida

Citrus Experiment Station lake alfred, Florids, 33850

2) みかん葉中のF濃度の消長 みかん葉中のFは一般的には土壤からの根系吸収によるものであるが、大気中にF系ガスが存在するとFは葉面から吸収され、葉中のF濃度がある限界を超えると葉にクロロシスまたはネクロシス等の可視的症狀が発現する。

R. F. Brewer³⁾ 他は、ネーブルオレンジの葉にFが75ppm以上蓄積すると、葉は変形して、葉面積は健全葉に対して28%、収量は15%も減少し、場合によっては葉にエソ症狀の発現がみられ、さらにF濃度が150ppm以上に達すると、葉面積は33%、収量は22%減少する。なおこれらの障害はHFによる大気汚染がなくなれば2年後には樹勢は正常に回復すると報告している。

植物葉中のFのうち、葉面吸収によるものは、大気中のF濃度と葉の大気との接触時間によってその濃度は左右されるものである。

杉浦他⁴⁾によると植物の葉中F濃度は植物の種類によっても異なる。例えば椿葉では50~60ppm、茶葉は濃度幅が極めて広く一般には40~1,900ppmの範囲にあるが、8,200ppmの高濃度のものもあったと報告されている。さらに氏らのCaF₂、NH₄F、NaF、氷晶石等の弗素化合物を土壤に施用して茶葉中のF濃度の変化をみた実験結果によると、若葉乾物中のF濃度は弗素化合物無施用区の150ppmに対して160~260ppmの範囲に変化し、古葉では無施用区の3,200ppmに対して施用区のそれは2,200~4,000ppmの範囲に変化している。この実験によるとF化合物を土壤施用すると、茶葉中のF含量は増加する傾向が明らかであるが、椿、山萩、赤松などではこのような傾向は認められなかったと報告されている。

根系吸収による葉中のF濃度は葉の成熟に伴って増加するのが一般的傾向である。椿葉では古葉のF濃度は若葉の5~30倍にも達し、サザンカ、ヒサカキ類のそれは8~10倍程度である。

林木その他植物の葉中F濃度は樹齢、葉の成熟度、土壤条件などによっても異なるが、筆者らの分析結果では、ヒノキ9~50ppm、スギ15~20ppm、クロマツ5~

15ppm、アカマツ6~10ppm、竹2~5ppm、ビワ10~60ppm、イチジク6~10ppm、ウリ類35ppm内外、ナス14ppm、大豆18ppm、水稻2~20ppm、麦類2~50ppm内外であった。

HFによる大気汚染のない地帯の温州みかん葉のF濃度を地質母材別(安山岩、花崗岩、結晶片岩、古生層、中生層、洪積層)に調査してみると、各地質間に大差は認められず1.6~2.7ppmの範囲にあり平均値は2.15ppmであった。

第2表 みかん葉中のF含量の経時変化 (ppm)

	試料採取時	葉中のF含量 (ppm)						F発生源からの距離 (km)	
		S.46年 6/25	8/25	10/27	12/20	S.47年 2/25	4/25		6/27
西 条 市	1 船屋	5	11	14	21	25	30	33	2.6
	2 天神山	6	15	17	20	28	29	28	3.3
	3 八幡原北	8	21	26	40	40	43	43	2.8
	4 池ノ内	9	28	30	37	44	45	49	2.9
	5 野田	6	19	19	29	29	32	43	4.0
	6 大浜	5	17	16	21	33	26	31	5.5
	7 福武	4	14	16	20	23	25	24	6.0
	8 市倉	3	12	12	18	21	23	26	9.5
	9 神戸大谷山	4	15	11	19	16	24	27	9.8
	10 氷見屋土居	9	9	14	20	21	25	26	12.3
	11 里木	9	31	37	45	55	68	75	2.3
新 居 浜 市	12 落神	9	15	14	21	21	22	30	7.5
	13 下東田	8	13	15	15	26	22	24	7.0
	14 元船木	8	19	14	15	27	25	25	9.0
	15 篠場	8	18	23	26	42	47	39	6.0
	16 高尾	7	26	26	26	44	48	40	5.0
	17 岸影	8	19	24	24	44	37	36	4.0
	18 大生院川口	8	26	37	32	40	44	36	5.0
	19 戸屋の鼻	8	20	23	28	41	46	37	4.3
	20 喜来	8	27	32	44	54	51	58	2.7
	21 垣生	9	17	15	11	17	18	24	8.5

第2表に示すとおり、みかん葉中のF濃度は経時的に増加する傾向がみられる。すなわち、西条地区内の調査地点においては、展葉直後の葉中F濃度は3~9ppmの範囲にあるが、日時の経過とともに次第に上昇し、展葉1年後には24~75ppmとなっている。一方、新居浜地区の調査地点においても西条地区と大差はなく、展葉直後の7~9ppmに対して、1年後のそれは24~58ppmの範囲に上昇している。

本調査では標準対照地点として、西条地区では氷見屋土居を、新居浜地区では下東田を選定した。この両地点はF発生源からの距離、地形、過去における分析調査結果等を考慮して選定したもので、大気汚染によるFの影響をうけない地点との判断にもとづいたもので、従って対照地点の葉中のFは主に土壤からの根系吸収に因るも

3) R. F. Brewer, M. J. Garber, The effects of Accumulated Fluoride Yields and Fruit Quality of "Washington" Navel Oranges, Am, Soc, Hort, Sci, Univ of California Riverside.
4) 松浦新之助他, フッ素の研究, 東京出版会.

のと考えてよい。

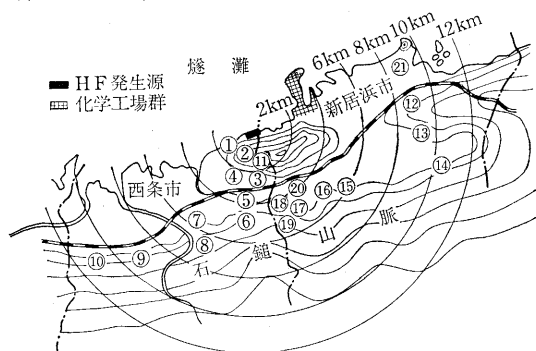
全く素朴な試算ではあるが、西条、新居浜地区のそれぞれの地点の葉中F濃度から各対照地点のF濃度を差引いてみると、西条地区のみかん葉が1か年で大気中から吸収蓄積したF濃度は0~49ppmの範囲であり、新居浜地区のそれは0~34ppmの範囲であろうと推察される。

R. E. Brewer 他³⁾がワシントン・ネーブルを供試しての葉中のF蓄積量と収量、品質との関係のみた実験結果によると、1か年間の葉中F集積量が75ppmでは収量は15%、150ppmでは22%減収したと報告し、この減収傾向は実験を開始して3年目に実質的な果実の減収が始まったと報告している。

これらのことから判断すれば、西条地区の里木を除く10地点、新居浜地区の10地点においては実質的な減収はないものと推測しても大きな誤りはないものとする。

里木地点の展葉後2か月の葉中F濃度は他の地点に比較して極めて高い数値を示しており、その後も同様の傾向を示している。里木地点の土壌中のF濃度は乾土中23ppmで八幡原(27ppm)、野田(38ppm)、篠場(50ppm)、岸影(38ppm)に比較して低い数値を示している。したがって里木地点の葉中F濃度の経時的増加は土壌からの根系吸収に起因するものとするよりも、むしろ大気中のHFに由来するものとするのが妥当と思われる。なお新居浜地区の喜来地点についてもこれと同様の見解である。

3) 弗素系ガス発生源から調査地点までの距離と葉中F濃度との関係 弗化水素(HF)_nは大気中で重合して、次第に質量が増大するためにガスの拡散距離は平地部では500m内外であろうといわれている。福井⁵⁾は桑



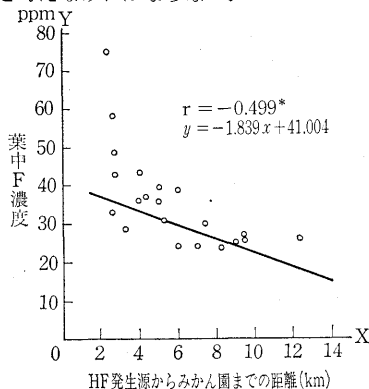
第1図 調査地区地勢ならびに調査地点のHF発生源からの距離

- 5) 福井昭三他, フッ素およびフッ化物による公害事例, 災害分析, Vol. 5, NO₂ (1966)
6) R. F. Brewer, Summary of Fluoride pollution Studies, Univ of California Air Pollution Research Center Riverside, California, 1954~1968.

葉のF被害は弗素発生工場から風下約800mの範囲内に発生したと報告している。R. F. Brewer⁶⁾は弗素発生源から10~15マイル(16~24km)離れた地点で松、アヤメ、桃、アンズ、グラジオラスにFに起因するネクロシスを認めたと報告している。

1968~1970年に実施した、水稻に対する弗素煙害調査結果¹⁾によると、ガス発生源から4~5kmの範囲に煙害を認めた。したがって地形、あるいは気象状況によっては、4~5kmあるいはそれ以上の遠距離にまでガスは拡散するものと考えなければならない。

第2図は、展葉後1か年を経過した各地点のみかん葉中F濃度とHF発生源からの距離との相関を求めたもので、これによると、ガス発生源から遠くなるにしたがって葉中のF濃度は低下の傾向が明らか



第2図 HF発生源からの距離とみかん葉中のF含量との相関

かで、5%の誤差水準で有意差が認められた。すなわち、ガス発生源からの距離が3km以内にある調査地点の葉中F濃度は33~75ppmの範囲にあるのに対して、3~5kmでは36~43ppm、5km以上の地点では24~39ppmの範囲に止まっている。

さらに葉中F濃度を1年間の平均値(7回測定)とガス発生源からの距離との相関係数を求めると、 $r = -0.605^{**}$ となり、1%の誤差水準で有意差が認められた。<つづく> (愛媛県農業試験場)

畑作付方式研究委員会編 B5判 305頁 別冊附図12

畑作付方式の分布と動向

一東北六県及び新潟県における一定価1,500円 干280円

多数の図表を収録して、東北六県及び新潟県における作物及び畑作付方式の分布とその動向を全地域並びに各県別に解説。別冊附図には全判多色別12図図が収録され、各作物の作付率、商品化率、作付動向、主な作物結合単位の分布とその増減傾向などが図示されている。

農業技術合本ファイル

定価 600円(干共)