

植物被害に対する気象条件と光化学オキシダントの関係

(光化学オキシダントの指標植物に関する研究 第3報)

寺門和也 久野春子

Correlation of photochemical Oxidants and Meteorological Phenomena on Plant Damage

(Studies on Indicator Plants for Photochemical Oxidant III)

Kazuya TERAKADO and Haruko KUNO

Summary

1. The factors of indicator plant for photochemical oxidants were investigated between plant damage, photochemical oxidants and meteorological phenomena.
2. Morning glory, taro, peanut were exposed to the natural photochemical oxidants at Tachikawa through the summer from 1978 to 1980.
3. Plant damage was promoted by meteorological phenomena, that is to say, the damages of morning glory and peanut were more increased with higher maximum temperature but taro was not significant. However, it was observed that taro was influenced of humidity and daylight hours.
4. The factor analysis of plant damage by photochemical oxidants has been done using multiple regression analysis.
In consequence, morning glory was influenced significantly of oxidant dosages, and the damage of peanut was increased significantly with oxidant dose greater than 6 pp-hm.
5. The damage of taro, if once was damaged greatly, was decreased significantly in the high concentration next week.

I 緒 言

多数の植物が大気汚染により様々な影響を受けている事はすでに報告した通りである。¹⁾

松島²⁾は大気汚染に対する植物反応のすべてはモニターとして利用可能であるとし①可視被害の特徴及び程度、②落葉及び葉色、花色の変化、③葉内特定成分の追跡、④生産の低下等をあげている。我々は第1報で述べたように日常生活の中で植物の異状を通して大気環境の動向を把える立場から①について検討を重ねてきた。ここでは特に光化学オキシダントに対する感受性がほぼ同等でありながら形態の全く異なる植物を使い被害の量的把握、その表示法とオキシダント発生状況、その表示法、さらにはこれらと関連の深い気象条件等の相互関連について検討しようとしたものである。

尚 今報告は関東地方公害対策推進本部大気汚染部会等で昭和51年より取り組まれたモニタリング・フィールド実験の内、東京農試(立川市)で調査したデータをもとに取りまとめたものである。また解析の手法については当研究グループで取り扱ったものの外に、第1、2報で報告した手法を組み合わせ解析を試みたものである。

本文に先立ち、関東地方公害対策推進本部大気汚染部会植物影響調査研究グループ各位から多くの貴重な示唆を受けた。記して深甚なる謝意を表す。また実験管理に労を惜しまず御協力いただいた鈴木熊吉氏、長期間にわたる調査に御尽力いただいた池田明子氏、安積頼子氏、松田永一氏の各位に心より御礼申し上げる。

II 材料及び方法

1. 供試植物及び栽培の概要

光化学オキシダントに対する感受性の程度別分類については概略明らかにしてきた¹⁾が、ここでは感受性の高い植物でありながら形態の異なる植物で且つ、首都圏で多く見られる農園芸作物の中からアサガオ(品種 スカーレットオハラ)、ラッカセイ(同 千葉半立)、サトイモ(同 土垂)を供試した。

各供試植物の栽培概要は表1の通りである。

表 1. 供試植物の栽培概要

供試植物	品 種	播 種 期	施 肥 量	
			N, P ₂ O ₅ , K ₂ O (g/m ²)	
アサガオ	スカーレットオハラ	5月15~20日	10, 10, 10	
ラッカセイ	千 葉 半 立	5月 7~10日	3, 10, 10	
サトイモ	土 垂	4月18~20日	15, 15, 15	

注1) 肥料は各植物とも、これらの他に石灰(100g/m²)、堆肥(3Kg/m²)を加えた。

注2) ラッカセイは径9cmポリポットに播種後、6月中旬の定植日まで浄化室にて育成

2. 被害の調査方法

予め育成した20株前後の各供試植物から生育の揃った5株を選定し調査株とした。調査は各供試植物とも完全に展葉した葉を対象として葉位毎におこない、葉の表面に発現したオキシダント被害の程度を被害面積割合で記録した。各年とも調査は7月上旬より開始し1週間に1度とし、予め決められた曜日におこなった。

3. 被害の表示法

展葉数の多い植物に効果の期待が予想される①被害葉率、展葉数は少ないが葉面積の大きなものに効果の期待が予想される②累積被害面積率、前2者の長所を生かし植物共通の被害表示法としての③被害指数の3通りの表示法を用いた。これらの各計算式は次の通りである。

① 被害葉率(以下L%と略す)

$$L\% = \frac{\text{前回の調査以後被害面積を拡大した葉数} + \text{新しく被害の生じた葉数の合計}}{\text{調査日当日の現存葉数}} \times 100$$

② 累積被害面積率(以下ΣDと略す)

前回の前査以後拡大した被害面積率と新たに生じた被害面積率の総和

③ 被害指数(以下IDと略す)^{1), 3)}

被害程度を5段階に分け、葉の被害を受けた面積割合が1~20%を被害度1、21~40%を同2、41~60%を同3、61~80%を同4、81%以上を同5とし次の計算式とした。

$$ID = \frac{\text{被害度1の葉数} \times 1 + \text{同2の葉数} \times 2 + \dots + \text{同5の葉数} \times 5}{\text{調査日に対象となった現存葉数} \times 5} \times 100$$

尚この場合も前週の調査以後被害度が拡大した場合にはその差を被害度として加えた。

4. オキシダント発生状況の表示法⁴⁾

植物被害に対応するオキシダント値は前週の調査日から当該調査日前日までの7日間とし、且つ9時~18時の

各1時間平均値を対象とした。各表示法は次の通りである。

① オキシダント・ドースI (以下 OxDIと略す) : 対応する期間内のオキシダント値が6pphm・hrを越えた時のオキシダント値の総和。

② オキシダント・ドースII (以下OxDIIと略す) : OxDIから5PPhm・hrをそれぞれ差し引いたオキシダント値の総和。

③ オキシダント・ドースIII (以下OxDIIIと略す) : 対応する期間のオキシダント値の総和。

④ オキシダント最高値I (以下OxMaxIと略す) : 対応する期間のオキシダント値の最高値。

⑤ オキシダント最高値II (以下OxMaxIIと略す) : 対応する期間の各日最高値の総和。

⑥ オキシダント上昇率 (以下 aと略す) : 対応する期間の毎時平均値の内、9時から最高値を記録した時間までの1次回帰式の勾配。

⑦ オキシダント最高値時刻 (以下 MaxTと略す) : 対応する期間の各日最高値時刻の平均値。

5. 気象の表示法

① 最高気温 (以下 THと略す) : 対応する期間の日最高気温の平均値

② 湿度 (以下 HUと略す) : 対応する期間の午前9時の平均値。

③ 日照時間 (以下 ΣDLHと略す) : 対応する期間の日照時間の総和。

Ⅲ 結果及び考察

1. 供試植物の生育状況

調査対象が葉表面の被害観察であるため期間中の展葉数の動向が重要である。したがって各年の展葉数の動きを図1に示した。

サトイモは各年ともほぼ同様の生育を示し、ラッカセイは昭和55年が最も良い生育を示したものの、その差は小さい。アサガオは昭和53年が最も良く年々悪くなる傾向を示した。特にアサガオは実験開始時に展葉数で5~8枚の差が生じている。これは水稲で全国的な冷害が発生したように、平均気温の低下、日照時間の減少等、悪い気象条件に負う所が大きかったものと思われる。

2. 実験期間中のオキシダント発生状況

調査日に対応したオキシダント発生状況を表2に示した。期間中のオキシダント最高濃度は昭和53年の15pphm・hr、続いて53,54年の14pphm・hrであるが、昭

和55年は前2年に比べ著しく低い結果となった。これを各表示法で見ると、昭和53年のOxDIIIを100とすると、54年は97.6,55年は90.6となり4~10%の減にとどまるが、6pphm・hr以上を対象とした。OxDIでは54年が65.9,55年は55.7となり大巾な減少となる。またOxMaxIIでは同様に54年が95.7,55年は81.0となり、表示法の違いによるオキシダント発生状況の評価は様々である。

オキシダント最高濃度発生時刻は12時前後から16時頃までと広範囲にわたりオキシダント発生 of 複雑な側面を示している。これと関連して気象状況を見ると、表3に示したとおり、昭和53年は比較的安定していたが、54,55年は期間による変動が大きい。特に昭和55年で最高気温が30℃を越えたのは6日間にすぎず、実験期間中の平均気温でも昭和53年に比べ約6℃も低いなど、全国的にも冷夏と言われる年となった。

3. 植物被害の概況と植物間比較

3植物とも、表4に示すように、全期間にわたり被害の発生が観察された。特に昭和54年後半に大きな被害が集中的に発生している。

被害の表示法別に見ると、L%, ΣDは植物の展葉数に大きく左右される傾向を示した。つまり、展葉数の多いアサガオではΣDは最も大きくなるが、逆にL%は最も小さくなる。展葉数の少いサトイモではΣDは最も小さくL%は最大となる。一方IDも計算式で明らかなように分母の現存葉数の内、高濃度オキシダント発生にもかかわらず一般的に被害の発生が見られない未成熟な葉数が植物により異なるため植物間の被害動向も様々である。1), 3), 5), 6), 17)

そこでIDの計算式で分子を被害の発生した葉数(被害の拡大を含む)で除した値を、対応する期間の平均被害度とし、分散分析による植物間比較をおこなったところ表5のようになった。つまり3年間にわたる週当り平均被害度はサトイモ(=1.531),アサガオ(=1.437),ラッカセイ(=1.376)の順となったがその差は小さく分散分析による結果では有意差は見られない。したがって、オキシダントに対する感受性は3植物ともほぼ同等と判断された。

4. 各表示法間の関係

植物別に各表示法間の相関々係を見たところ表6のようになった。

アサガオの被害表示法間相関係数は0.85~0.96,ラッカセイは0.80~0.88と0.1%水準でいずれも有意と

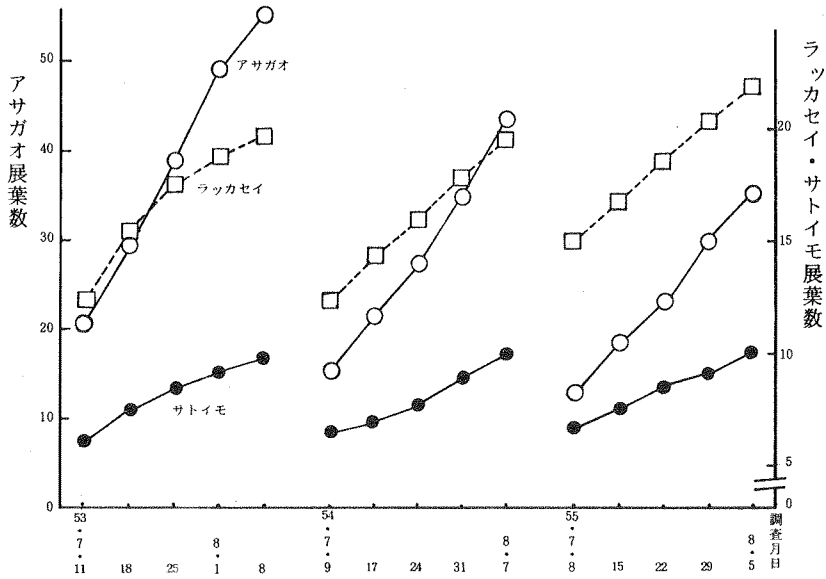


図1 各植物の生育状況(展葉数)

表2. 調査日に対応する期間のオキシダント発生状況*

対応する期間	OxD I	OxD II	OxD III	OxMax I	OxMax II	a *	MaxT
53.7. 4~11	204	79	318	12	57	1.20	13.3
12~18	245	10	214	7	31	0.47	13.4
19~25	244	84	366	15	58	1.05	13.6
26~8.1	92	32	228	9	42	1.12	11.7
2~8	188	88	280	14	44	0.71	13.3
54.7. 2~9	152	66	260	14	42	0.77	15.9
10~17	47	12	221	8	34	0.61	12.6
18~24	76	26	215	9	34	0.46	12.2
25~31	168	63	314	11	54	0.97	13.4
8.1~7	198	93	362	13	53	1.24	13.3
55.7. 1~8	56	11	245	7	34	0.36	14.0
9~15	99	27	244	9	37	0.41	13.0
16~22	211	76	328	10	49	0.69	13.3
23~29	126	35	279	10	41	0.74	13.7
30~8.5	48	18	178	9	27	0.24	14.4

* aを除いて単位はpphm・hr

表3. 調査日に対応する期間の気象状況

対応する期間	TH (C)	HU (%)	ΣDLH (時間)
53.7. 4~11	33.6	73.6	52.1
12~18	32.3	72.8	60.5
19~25	34.0	70.4	60.6
26~8.1	34.5	68.1	69.3
2~8	34.7	73.2	66.1
54.7. 2~9	29.7	66.8	50.6
10~17	28.3	78.8	39.7
18~24	28.0	84.5	33.3
25~31	33.3	78.4	44.8
8.1~7	34.2	74.9	48.2
55.7. 1~8	24.9	86.7	27.8
9~15	26.6	79.1	38.1
16~22	26.8	84.1	27.1
23~29	29.1	82.9	36.1
30~8.5	24.2	87.4	16.5

注1) TH, HUは日平均値, ΣDLHは各期間の合計値

表 4. オキシダントによる被害調査結果

調査日	アサガオ			ラッカセイ			サトイモ		
	L%	ΣD	ID	L%	ΣD	ID	L%	ΣD	ID
5 3.7.11	4 2.9	3 32	1 6.4	9 8.0	6 1 9	4 5.3	6 3.2	1 2 2	3 3.7
18	1 3.3	5 3	3.2	5 2.3	4 0 2	1 8.2	4 4.0	2 9	2.4
25	4 6.2	4 9 4	1 5.0	3 8.7	2 9 0	1 3.6	6 0.9	1 0 8	2 7.0
8. 1	2 7.7	2 9 5	7.1	3 5.7	1 3 2	7.1	6 5.2	8 1	1 6.5
8	4 4.2	7 7 1	1 4.5	7 9.3	2 4 2	1 1.0	3 3.3	4 8	1 3.3
5 4.7. 9	1 7.1	4 8	3.8	3 0.4	7 7	5.2	3 7.5	5 0	6.7
17	5.1	1 7	0.9	2 5.4	1 2 0	6.4	3 2.6	4 3	8.4
24	3 3.3	1 7 2	8.9	8.5	7 7	1.0	3 8.3	1 6 3	1 2.8
31	5 6.3	8 6 0	1 8.8	5 6.0	9 6	1 7.3	5 3.2	1 0 5	2 0.4
8. 7	4 5.5	8 3 3	1 4.6	8 4.1	4 5 6	2 6.9	6 9.8	1 6 2	3 3.5
5 5.7. 8	2 6.6	1 9	5.3	3 2.1	9 9	1 1.7	6 6.7	3 8	8.3
15	2 7.5	1 1 7	7.7	4 1.3	1 2 9	1 0.8	6 4.0	1 4 5	2 5.6
22	2 7.0	3 4 2	1 0.6	5 8.1	2 5 0	2 1.0	9 5.7	1 2 0	2 1.7
29	7.5	3 7	1.4	5 3.8	1 4 6	1 3.5	8 8.0	9 5	1 7.6
8. 5	1 8.4	1 9 3	7.4	2 9.0	6 8	6.1	8 8.9	1 8 2	3 2.6
平均	2 9.2 4	3 0 5.5	9.0 4	4 8.2 0	2 1 3.5	1 4.3 4	6 0.0 9	9 9.5	1 8.7 0

表 5. 三植物被害の分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
級間	0.1821	2	0.0910	0.3289
級内	11.6297	42	0.2769	
全	11.8118	44		

* 週当り被害度

なり被害表示法による傾向の違いはあまり見られない。³⁾ 一方サトイモでは 0.49 ~ 0.80 と大きな差が見られ、L%がいずれとも異なる傾向を示した。これは展葉数が少ないため、ΣD、IDの変動にもかかわらずL%の変わる余地がないために生じたものと思われる。

オキシダント表示法間では全体的に高水準で有意相関となった。その中でOxMaxIIはMaxTを除いたいずれの表示法とも最も高い有意相関となった。つまりOxMaxIIは他のオキシダント表示法の特性を内包していると考えられよう。一方MaxTはオキシダント表示法のひとつではあるが全く異なる特性を示している。

気象間ではHUが負の符号となったがいずれの関係も

高い有意相関が認められた。

次にアサガオの被害とオキシダント表示法間の関係を見るとOxMaxIIとの間に最も高い相関関係 ($r=0.71\sim 0.76$) が認められ、続いてOxDII ($r=0.69\sim 0.75$)、OxDIII ($r=0.64\sim 0.67$)、OxMaxI ($r=0.56\sim 0.60$)、a ($r=0.55\sim 0.59$)、OxDI ($r=0.44\sim 0.50$) の順となった。

ラッカセイではOxDI ($r=0.59\sim 0.71$) で最も高い相関関係が認められ、続いてOxMaxII ($r=0.56\sim 0.65$)、OxDII、OxDIII ($r=0.50\sim 0.67$)、a ($r=0.55\sim 0.58$) の順となり、OxMaxIとは有意とならなかった。

サトイモでは全体的に相関関係は弱くIDとOxMaxII、OxDII及びOxDIII ($r=0.46\sim 0.47$) 間に5%水準で有意相関となったにすぎない。

被害と気象との関係を見るとアサガオ、ラッカセイではTHとの間に相関関係が認められるがオキシダント程強くない。一方サトイモは前2者と異り、L%とHU間、L%、ΣDとΣDLH間にそれぞれ5%水準の有意相関が認められた。

オキシダントと気象との関係ではTHとMaxTを除いた他のすべてのオキシダント表示法との間に有意相関が認められた。

表6. 被害、オキシダント、気象の各表示法間相関行列表

	平均	ア サ ガ オ													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1 L%	29.24	1.00													
2 ΣD	305.53	0.85	1.00												
3 ID	9.04	0.96	0.87	1.00											
4 OxDI	143.61	0.44	0.48	0.50	1.00										
5 OxDII	48.67	0.69	0.75	0.75	0.69	1.00									
6 OxDIII	270.13	0.64	0.65	0.67	0.70	0.86	1.00								
7 OxMax I	10.47	0.56	0.60	0.58	0.56	0.89	0.70	1.00							
8 OxMax II	42.80	0.73	0.71	0.76	0.66	0.88	0.94	0.73	1.00						
9 a	0.74	0.55	0.59	0.56	0.53	0.71	0.74	0.61	0.88	1.00					
10 MaxT	13.41	-0.15	-0.14	-0.12	0.13	0.17	0.07	0.34	-0.02	-0.17	1.00				
11 TH	30.28	0.55	0.64	0.53	0.65	0.60	0.52	0.57	0.66	0.81	-0.25	1.00			
12 HU	77.45	-0.21	-0.24	-0.17	-0.51	-0.43	-0.28	-0.55	-0.43	-0.63	-0.05	-0.78	1.00		
13 ΣDLH	44.72	0.31	0.35	0.25	0.54	0.38	0.27	0.44	0.40	0.61	0.22	0.89	0.89	1.00	

注1) *, **, ***は5%, 1%, 0.1%の水準で有意相関

これらの事から被害と他要因との関係を植物別に見るとアサガオは各被害表示法とも有効性が認められ特にオキシダント発生状況の各要素(濃度, 総量, 上昇率など)を最も良くあらわしているOxMax IIとの間に強い相関が認められる。またラッカセイの各被害表示法も有望であるが、オキシダントに対しては、総量よりも一定の濃度以上の影響を強く受ける傾向を示した。サトイモは3つの被害表示法の内IDのみが有意相関となったが前2者と比較し十分とは言えない。

一方気象要因との関係を見ると、アサガオ、ラッカセイの被害は最高気温との間に正の有意相関が認められるのに対し、サトイモは湿度に対し正の、日照時間に対して負の関係を示している。最高気温、日照時間がオキシダント発生に正の、湿度が負の関係にある事からするとサトイモの被害に及ぼす気象条件の影響は前2者とは全く逆の反応を示す結果となった。この傾向は3植物の気象条件に対する生態特性とよく似ている。7), 8), 9)

植物のオキシダントに対する感受性を支配する要因としては葉令, 光条件, 温度条件等が詳細に検討されてい

るが、これらの条件は植物個有の生態特性と密接に結びついており生態特性から見た被害特性の検討が必要と思われる。5), 6), 10), 11), 12), 13), 16), 17)

次に各被害表示法における植物間相関を見たところ表7のようになった。これによればL%, ΣDともに植物間相関は認められず3植物に共通した表示法としての期待は不可能である。またIDにおいても植物間相関関係が成立したとは言え、相関係数($r = 0.513 \sim 0.607$)が低く、当初予想していた程の3植物に共通した被害表示法としては必ずしも十分とは言えない。

以上の事から被害は各表示法を用いても程度の差こそあれオキシダントの影響を共通して受けているものの被害発現の過程ではその前後の気温, 湿度, 日照時間等の気象条件とこれらと関連している植物個有の生態特性, 形質等と密接に関連している事を示唆している。

5. 被害に対する各要因の重回帰分析

各植物の被害にはそれぞれ異なる特性が見られオキシダントや気象条件にも様々な反応を示している事等から、重回帰分析による各要因の被害に対する影響について検

寺門他：植物被害に対する気象条件と光化学オキシダントの関係

	ラ ッ カ セ イ				サ ト イ モ			
	平 均	1	2	3	平 均	1	2	3
	48.18	1.00			60.09	1.00		
	213.53	0.80 ^{***}	1.00		99.47	0.49 [*]	1.00	
	14.34	0.85 ^{***}	0.88 ^{***}	1.00	18.70	0.58 [*]	0.80 ^{***}	1.00
	—	0.64 ^{**}	0.71 ^{**}	0.59 [*]	—	0.01	0.10	0.15
	—	0.67 ^{**}	0.50 [*]	0.50 [*]	—	0.04	0.18	0.47 [*]
	—	0.62 [*]	0.53 [*]	0.60 [*]	—	0.20	0.14	0.46 [*]
	—	0.43	0.29	0.23	—	-0.13	0.11	0.36
	—	0.65 ^{**}	0.56 [*]	0.64 ^{**}	—	0.12	0.18	0.52 [*]
	—	0.58 [*]	0.55 [*]	0.56 [*]	—	0.01	0.05	0.39
	—	0.01	-0.09	-0.01	—	0.07	-0.14	-0.05
	—	0.57 [*]	0.55 [*]	0.40	—	-0.34	-0.18	0.10
1.00	—	-0.27	-0.35	-0.15	—	0.46 [*]	0.37	0.11
-0.90 ^{***}	1.00	—	0.35	0.40	—	-0.49 [*]	-0.44 [*]	-0.17

表 7. 各被害表示法の植物間相関行列表

被 害 表示法	アサガオ	ラッカセイ	サトイモ
L %	アサガオ	1.000	
	ラッカセイ	0.469	1.000
	サトイモ	-0.067	0.172
Σ D	アサガオ	1.000	
	ラッカセイ	0.315	1.000
	サトイモ	0.257	0.057
I D	アサガオ	1.000	
	ラッカセイ	0.522 [*]	1.000
	サトイモ	0.607 ^{**}	0.513

討した。

植物の各被害表示法を y とし、オキシダント・ドースの各表示法を x₁、オキシダント最高値の各表示法を x₂ とした。そして、x₁、x₂ の各表示法の 6 通りの組み合

わせに表 8 に示した x₃ ~ x₇ の各要因を加えた一般的な重回帰式 $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_7 x_7$ をモデルとして採用し検討した。¹⁴⁾

その結果、x₁、x₂ の各組み合わせの内最も高い重相関係数 (以下 R と略す) を得た組み合わせを植物別に見ると表 8 のようになった。それによれば被害の表示法ではアサガオ、ラッカセイは I D となり、サトイモでは Σ D となった。オキシダント・ドースではアサガオ、サトイモが O x D III、ラッカセイは O x D I となった。オキシダント最高値ではアサガオが O x Max II、ラッカセイ、サトイモが O x Max I となった。つまりこの場合でもアサガオはオキシダント・ドース、最高値とも日中のオキシダント総量に強い影響を受けるのに対し、ラッカセイは 6 ppm・hr を越えた時のオキシダントに影響される事を教えている。そしてサトイモは、オキシダント・ドースが総量に、オキシダント最高値が 6 ppm・hr 以上の影響を受け前 2 者の中間的な反応を示した。

ところで各組み合わせとも R は最大となったものの各因子の有意性はまちまちで、アサガオを除いて重回帰式

表 8. 最大の重相関係数を得た因子組み合わせ

Y Xn	アサガオ I D	ラッカセイ I D	サトイモ Σ D
x ₁	Ox D III	Ox D I	Ox D III
x ₂	Ox Max II	Ox Max I	Ox Max I
x ₃	a	a	a
x ₄	Max T	Max T	Max T
x ₅	T H	T H	T H
x ₆	H U	H U	H U
x ₇	Σ D L H	Σ D L H	Σ D L H
L S D	1 %	N S	N S

の有意な成立は見られない。そこで変数減少法により各 Step の偏回帰係数の有意性検定から t 値の最も低い因子を逐次除外させながら自由度調整済重相関係数（以下 R と略す）の最大となる組み合わせを各植物毎に見たところ表 9~11 のようになった。

これによればアサガオは Step 1 ですでに 1% 水準で有意となったものの、x₄（オキシダント最高値時刻）、x₇（日照時間）を除いた重回帰式で最大の R を得、各因

子の有意性も認められた。つまりアサガオの被害には表 6 の単相関係数（ $r = -0.12, 0.25$ ）でも明らかのように x₄、x₇ の因子は考慮する必要がない事を教えている。

ラッカセイは x₅（最高気温）、x₇（日照時間）を除いた重回帰式で R は最大となり有意となった。また Step 5 で R はやや低くなったものの x₁（Ox D I）、x₃（a）、x₆（H U）の組み合わせで有意となり各因子の重回帰式への貢献もほぼ満足される結果となった。つまりラッカセイの被害は 6 ppm・hr を越えた時のオキシダント・ドースとオキシダント上昇率の 2 つの要因に強く支配されていると言えよう。

一方サトイモは表 6 の単相関係でも明らかのようにオキシダント・ドースの影響は弱く、Step 2 で除外される結果となった。そして R の最大となった Step 2 でも有意な重回帰式は得られなかった。Step 4 で R はやや低くなったものの x₁（オキシダント・ドース）、x₃（オキシダント上昇率）、x₅（最高気温）を除外した重回帰式で有意となった。そして各因子の重回帰式への貢献度でも有意となったものの、重回帰式全体の説明寄与率は低く、前 2 者と比べ十分な結果とはならなかった。

表 9 アサガオの被害（I D）に対するオキシダント、気象の重回帰分析

	Step1	Step2	Step3	Step4
b ₁ (Ox D III)	-0.17**	-0.17**	-0.18**	-0.17**
b ₂ (Ox Max II)	1.91**	1.91**	1.93***	2.01***
b ₃ (a)	-27.64**	-27.42**	-27.20***	-29.81**
b ₄ (Max T)	-0.07			
b ₅ (T H)	1.18	1.16	1.05**	0.62
b ₆ (H U)	0.27	0.29	0.33*	
b ₇ (ΣDLH)	-0.04	-0.03		
b ₀	-58.96	-61.58	-63.18**	-26.66
R	0.9632	0.9632	0.9631	0.9362
R*	0.9251	0.9347	0.9419	0.9094
F ₀	128.779**	171.560***	230.503**	177.416**

注 1) *, **, *** は 5%, 1%, 0.1% の水準で有意相関

2) R* は自由度調整済重相関係数

表 10 ラッカセイの被害 (I D) に対するオキシダント、気象の重回帰分析

	Step1	Step2	Step3	Step4	Step5	Step6
b ₁ (OxDI)	0.10	0.10	0.09*	0.09*	0.08*	0.06
b ₂ (OxMax I)	-1.94	-1.95	-2.00	-1.26		
b ₃ (a)	32.05	31.17*	30.22*	24.28*	20.71*	12.03
b ₄ (MaxT)	2.67	2.55	2.88			
b ₅ (T H)	-0.43	-0.28				
b ₆ (H U)	0.77	0.69	0.76	0.73	0.82	
b ₇ (ΣDLH)	0.05					
b ₀	-87.36	-81.23	-97.30	-60.57	-76.56	-35.3
R	0.8195	0.8194	0.8187	0.7938	0.7639	0.6654
R*	0.5859	0.6520	0.6980	0.6944	0.6856	0.5915
F ₀	2.0458	2.7256	3.6606*	4.2605*	5.1405*	4.7679*

表 11 サトイモの被害 (Σ D) に対するオキシダント、気象の重回帰分析

	Step1	Step2	Step3	Step4	Step5
b ₁ (OxDIII)	-0.16				
b ₂ (OxMax I)	12.70	11.09	9.86	13.47*	14.16*
b ₃ (a)	-6.193	-8.937			
b ₄ (MaxT)	-4.083	-4.269*	-3.455*	-3.906*	-3.159*
b ₅ (T H)	16.40	17.41	7.13		
b ₆ (H U)	-8.12	-9.42	-5.42	-4.49	
b ₇ (ΣDLH)	-8.73	-9.17*	-6.31*	-4.74*	-2.93*
b ₀	1123.95	1234.01	945.41	1041.63	505.90*
R	0.8364	0.8321	0.8055	0.7839	0.7581
R*	0.6319	0.6796	0.6737	0.6786	0.6774
F ₀	2.3296	3.0034	3.3275	3.9876*	4.9576*

表 12 サトイモの被害 (Σ D) に対する前週の被害ならびにオキシダント発生状況を加えた重回帰分析

ダミー変数 X ₅	前週のL% 30%以上	同 40%以上	同 50%以上	同 60%以上	OxDIIIが 平均以上	Σ D が 100以上
b ₁ (OxMax I)	12.68*	12.74*	14.12*	14.73*	16.54**	13.95*
b ₂ (MaxT)	-3.382	-3.852*	-3.912*	-4.466*	-4.169**	-3.850*
b ₃ (H U)	-4.95	-5.51	-5.33	-5.37	-4.57	-4.57
b ₄ (ΣDLH)	-4.82*	-5.25*	-5.16*	-5.21*	-5.12*	-4.86*
b ₅ (ダミー)	2.136	2.717	2.604	1.929	3.963	11.56
b ₀	1001.79	1127.96*	1105.58*	1130.21*	1054.67	1036.35
R	0.7971	0.8271	0.8258	0.8053	0.8642	0.7918
R*	0.6578	0.7131	0.7109	0.6732	0.7786	0.6478
F ₀	3.1368	3.8985*	3.8623*	3.3216	5.3124*	3.0250

注 1) ダミー変数 X₅ は前週歴が各水準以上の場合は 1 を、それ以下の場合を 0 とする。

そこでサトイモの被害発生状況をオキシダント・ドースとの関係でアサガオ、ラッカセイと比較し検討したところ次の事が明らかとなった。つまり前週のオキシダント・ドースが実験期間中の週平均値より高い時の3植物の被害度はアサガオ(1.40),ラッカセイ(1.33),サトイモ(1.03),の順となりサトイモの被害のみが著しく低くなる傾向を示した。この結果からこれまでの重回帰式モデルの外に,サトイモの被害前歴もしくはオキシダントの前歴をダミー変数として加え検討したところ表12の結果を得た。¹⁵⁾

つまり①前週のL%が30%,40%,50%,60%をそれぞれ越えた時の変数xを1とし,それ以下を0とする場合,②前週のOxDIIIが3年間の平均を越えた時の変数xを1とし,それ以下を0とした場合,③前週の被害ΣDが100以上である時の変数xを1とし,それ以下を0とした場合とである。

この結果いずれの場合もダミー変数を加えない場合よりも \hat{R} は高くなる傾向を示した。その中でも特に著しいのはオキシダント・ドース(OxDIII)の前歴影響を強く受けている事が明らかとなった。(R=0.8321→0.8642, \hat{R} =0.6796→0.7786)この事は展葉数の少ないサトイモは前週に高いオキシダントに曝気され大きな被害を受けると次週のオキシダントに対して被害を受ける感受性葉¹⁾,³⁾,⁵⁾,⁶⁾,¹⁷⁾がほとんどなくなってしまふ。そのため被害量は相対的に低く観察されてしまう事を教えている。この場合には重回帰式(表12)の x_5 が生まれ,偏回帰係数(b_5)×1の分だけ加算する事によってサトイモの被害ΣDを修正される事を意味している。

3植物とも我が国においては夏季高温時の代表的な植物である。しかし高温,多照が生育必須条件であり極度の乾燥には生育抑制を受けるアサガオ⁷⁾同様に高温,多照が生育必須条件で乾燥にも比較的強いと言われているラッカセイ⁸⁾適度な気温,照度の元では空中湿度や土壌水分の影響を強く受けると言われているサトイモ⁹⁾等3植物はそれぞれ異なる生態特性を持つと言われ,これまでの検討からもこれらの特性が被害の発現に少なからぬ影響を及ぼしている事が推察する事が出来よう。したがって,各植物の被害とオキシダントとの関係はきわめて複雑であり,様々な表示法により検討した今報告でもすべての植物に有効な共通の手法を明らかにする事は出来なかった。むしろ,今回のような特定の植物を利用した継続的な調査から,植物指標の有効性を得るには,各植物の生態特性,形質等を考慮した植物毎の指標性の

確立こそが必要な事と思われる。

IV 摘 要

1. 光化学オキシダントに対する植物の指標性を植物被害,光化学オキシダント発生状況,気象条件との間で検討した。
2. 1978年~1980年にかけて,アサガオ,ラッカセイ,サトイモを都農試(立川市)圃場で栽培し,天然オキシダントによる解析に供した。
3. 植物被害は気象条件の影響を強く受け,アサガオ,ラッカセイは最高気温が高い程被害を大きく受けた。一方,サトイモは最高気温との関係は見られず湿度,日照時間の影響を受けた。
4. これらの関係を重回帰分析で検討したところアサガオは光化学オキシダント総量の影響を最も強く受け有意となった。ラッカセイは6pphmを越えた時のオキシダント・ドースで明らかに被害を増加させた。
5. サトイモは1度大きな被害を受けると次週の調査では光化学オキシダント濃度に比べ被害は少く観察される傾向を示した。

引 用 文 献

- 1) 寺門和也・久野春子(1981) 東京農試研究報告 14 13-25
- 2) 松島二良(1973) 植物防疫 27 6
- 3) 久野春子・寺門和也(1981) 東京農試研究報告 14 26-38
- 4) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会(1981) 昭和56年度光化学スモッグによる植物影響調査報告書 51-52
- 5) Menser, H. A., Heggstad, H. E. and Street, O. E. (1963) *Phytopathology* 53 1304-1308
- 6) Berry, C. R. (1974) *Phytopathology* 64 207-209
- 7) 中村長次郎(1969) 朝顔 泰文館
- 8) 農文協編(1982) 農業技術大系 作物編 6
- 9) " (1982) " 野菜編
- 10) 篠原俊清, 山本義忠, 北野溥 福田三千夫(1972) 日作紀 41別号1.2 157-158
- 11) Taylor, O. C., Dugger, W. M., Cardiff, E. A. and Darley, E. F. (1961) *Nature* 192 814-816

寺門他：植物被害に対する気象と光化学オキシダントの関係

- | | |
|---|--|
| 12) 篠原俊清, 山本義忠, 北野博, 福田三千夫 (1973)
日作紀 42 417-422 | 多変量解析法 日科技連 |
| 13) Menser, H.A., Heggestad, H.H., Street, O.E. and Jeffrey, R.N. (1963)
Plant Physiol. 38 605-609 | 15) 小林龍一 (1981) 数量化理論入門 日科技連 |
| 14) 奥野忠一, 芳賀敏郎, 久米均, 吉沢正 (1981) | 16) 中村拓, 松中昭一 (1974) 日作紀 43 (4)
517-522 |
| | 17) 河内宏 (1980) 大気汚染学会誌 15 (9) 31-
35 |