

# アサガオとその近縁系における光化学オキシダント 感受性の品種・系統間差異

関口文彦・安里 仁\*・谷口 晋・小野沢芳郎

## 緒 言

最近、アサガオ (*Pharbitis Nil* CHOISY) は光化学オキシダント (Ox) 汚染の監視用植物種、つまり指標植物の1つとして注目をあびた<sup>19)</sup>。その好適性には次の形質が挙げられる。

比較的低濃度のOxに敏感であること。

葉身に特徴的な可視傷害を出現させること。

生育期間がOxの発生時期と一致していること。

生育適地が広いこと。

栽培管理が容易なこと。

以上の形質はロスアンジェルス地域の大气汚染調査にブルーグラスが選定された条件<sup>20)</sup>と似ていた。

大气汚染物質の中では最も毒性が強ばかりでなく、広域化する性質を表わすOxの植物影響が1950年、Middletonら<sup>17)</sup>によって初めて報告されて以来、先進諸国の研究者たちはそれに関する研究をほ場試験や人工的オゾンの接触実験によって発展させてきた<sup>8), 13), 14), 22)</sup>。その結果、可視傷害の発生程度、すなわち感受性差異は汚染物質の濃度や接触時間の影響とともに、植物体の生育段階や栄養状態などが関係していた。さらには植物の属、種、品種や系統間にもその差異が生ずることを認めた。

著者らの研究室では1953年以来、アサガオの系統保存を行ってきたが、1971年頃から保存系統の中に大气汚染が原因と思われる葉の傷害が顕著になった。その被害程度は年々増加傾向を示し、それに保存系統間には被害程度の差異も認められた<sup>23)</sup>。そこで、本研究は保存系統の中から、大气汚染に対する指標植物として

の最適品種を選抜・利用するために計画された。本報では1974年夏、ほ場で調査した品種および系統間の感受性差異と異なる被害評価法が検討され、そして実験ほ場の近接地で測定されたオキシダントと窒素酸化物の濃度との関連性を調べた。

## 材料および方法

### 1. 供試品種と系統

供試材料は茨城大学農学部育種学研究室が系統保存しているアサガオ (*Pharbitis Nil* CHOISY) の54品種、アサガオ近縁系のアメリカアサガオ (*P. hederacea* CHOISY) の2系統、ノアサガオ (*P. indica* HAGIWARA) の2系統とマルバアサガオ (*P. purpurea* ROTE) の1系統であった (Table 1)。そのうち、アサガオは品種の来歴や草型などから4つの群 (V<sub>1</sub>~V<sub>4</sub>) に分類された。

### 2. 供試個体の育成

各品種と系統の種子は吸水促進のために芽切りを行ない、そして1974年4月27日に腐葉土：赤土=1：1の播種用土を入れたジーフィポット (8×8×8 cm) に2粒づつ播種された。約1ヶ月間のポット育苗後、各品種および系統とも12個体を黒色ポリマルチフィルム (厚さ0.05 mm) で覆った当研究室のほ場へ、30×60 cmの間隔で移植した。ほ場には移植前、基肥として化成肥料 (8N：8P：8K, 4 kg/a) と堆肥 (150 kg/a) が施された。移植後の栽培管理は晴天時の灌水、支柱 (φ1.5×240 cm) へのつる誘引および2ヶ月毎の化成肥料 (1 g/個体) の追肥であった。

### 3. 被害調査の時期と方法

オキシダントの被害調査は3回実施され、いずれの時期もオゾン型急性可視傷害が供試個体の成熟葉に初めて

\*現在 Johnson & Johnson, Far East Inc.  
(東京都港区)

Table 1. Species, variety groups which were based on differences in the origin and the growth habit, and variety or strain names used

Species and variety group	Number	Variety or strain name
<i>Pharbitis Nil</i> CHOISY		
V <sub>1</sub> : Native improved, semi-dwarf or dwarf	1	Tsubame-suji
	2	Ki-uzu
	3	Kodachi-akabana
	4	Uzu-kaori
	5	Uzu-ken
	6	Hiru-zaki
	7	Naka-uzu-waisei
	8	Waisei
	9	Kiribana-shorinkei-waisei
V <sub>2</sub> : Native improved, climbing	11	N-12
	12	Wakana
	13	Chijimizaki
	14	Tenka-ichi
	15	Gekkeikan
	16	Sobakasu
	17	Yuyakegumo
	18	Hatsushigure
	19	Tenshin
	20	Ide-no-tsuki
	21	Hakamajishi
	22	Rinpu
	23	Shin-en-no-tsuki
	24	Akogare
	25	Musashino
	26	Hatsuhomare-kawari
	27	Taiyo
	28	Ukon
	29	Rangiku
	30	Sen-nejiri
	31	Gekkyuden
32	Tachijishi	
33	Yonju-nichi	
34	Ishidatami	
35	Tenshin-shidare	
36	Shiro a	
37	Yayoi	
38	Kiso-nishiki	
39	Shiro r	
40	Kogane	
41	Shiro c	

Species and variety group	Number	Variety or strain name
V <sub>3</sub> : Foreign improved, climbing	42	Nejire-ume
	43	Momotaro
	44	Hatsukari
	45	Heiwa-no-hikari
	51	Giant Connelly
	52	Violet
	53	Darling Blue
	54	Darling Red
	55	Scarlet O'hara (Yakuben)
	56	Candy Pink
V <sub>4</sub> : Wild, climbing	61	Nepal
	62	Shirobana-genkei
	63	Pekin-tendan
	64	Yakuyo-shirobana
<i>P. hederacea</i> CHOISY	91	America-asagao I
	92	America-asagao II
<i>P. indica</i> HAGIWARA	93	No-asagao I
	94	No-asagao II
<i>P. purpurea</i> ROTH	95	Maruba-asagao

観察された日からの調査開始である。第1回目(D<sub>1</sub>)は1974年7月11日からで、各供試品種および系統とも生育良好な6個体の主枝を用いた。調査後、主枝は発達の良好な一次側枝を1つだけ残して切除された。第2回目(D<sub>2</sub>)は7月28日から一次側枝で、そして第3回目(D<sub>3</sub>)は8月7日から一次側枝の切除後生育した二次側枝でそれぞれ調査された。ただし、木立性品種群(V<sub>1</sub>)は側枝が発達しないため、D<sub>2</sub>とD<sub>3</sub>では調査済の成熟葉が切取られた主枝をそのまま用いた。

調査されたオゾン型急性可視傷害は主に漂白斑(クロロス)や褐色壊死斑(ネクロロス)の症状であった(Fig. 1)。その症状は小さな斑点型から全葉面におよぶものまでの様々な大きさを示した。そのため、調査では1cm以上の幼葉を含めた葉数、傷害をもった葉数と葉位、それに傷害の症状別大きさが記録された。症状別の大きさは全葉面に対する傷害面積率0, 1, 5, 10, 20, 40および80%以上の7段階標準(Fig. 1参照)に基

づいた判定である。なお、調査完了には各調査時期とも3~6日を要したので、各供試品種と系統の調査葉数はそれぞれの平均出葉数1日によって補正された。その葉数はいずれも調査開始日に統一した。

#### 4. 被害程度の評価法と感受性差異の検討

3回の被害調査における各供試品種と系統の被害程度は次の3つの評価法で求めた。

- 1) 傷害葉率 =  $\Sigma$  (傷害葉数 / 葉数<sup>\*</sup>)
- 2) 傷害葉面積率 =  $\Sigma$  (傷害葉の傷害面積率 / 葉数<sup>\*</sup>)
- 3) 平均傷害葉面積率 =  $\Sigma$  (傷害葉の傷害面積率 / 傷害葉数)

<sup>\*</sup>平均出葉数/日で補正された調査開始日の葉数

その他には傷害の質的変異を調べるために、傷害症状別割合 = 傷害症状別面積率 / 全傷害葉面積率を計算した。

供試品種と系統間の感受性差異は3回の調査データから算出した傷害葉率や傷害葉面積率の平均値をDuncanの多重範囲検定によって検討され、さらには傷害の症状

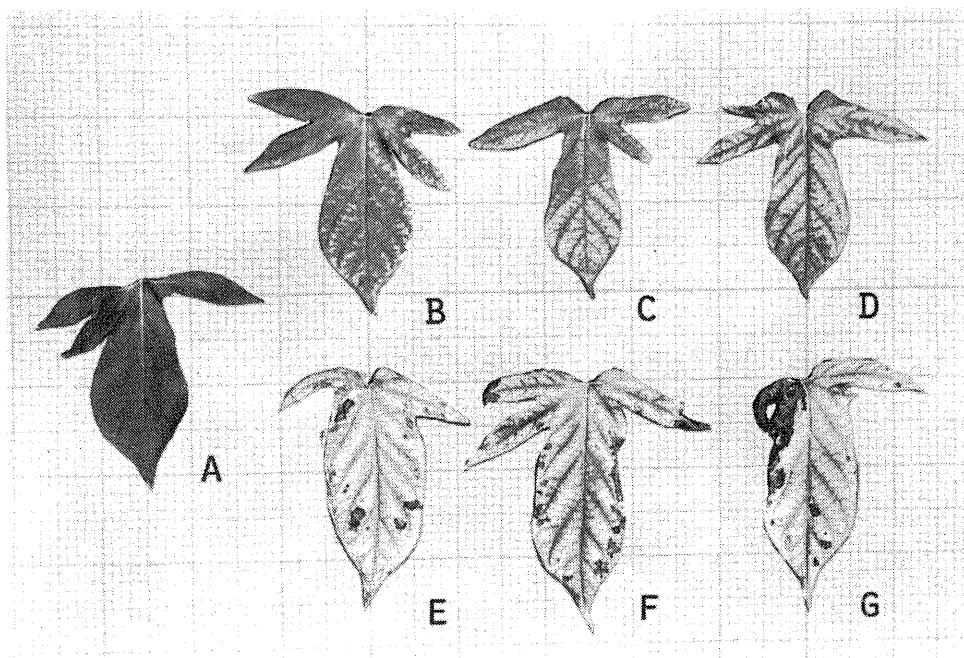


Fig. 1 Typical symptoms of leaves injured by the photochemical oxidant in variety "Candy Pink" (#56, V<sub>3</sub>) of *Pharbitis Nil* CHOISY.

- A: Healthy leaf. B: leaf injury with 10~20% chloroses.  
 C: Leaf injury with 40~80% chloroses.  
 D: Leaf injury with over 80% chloroses and 10% necroses.  
 E: Leaf injury with over 80% chloroses and 10~20% necroses.  
 F and G: leaf injury with 40~80% chloroses and 20~40% necroses.

別割合による質的変異と感受性程度の関係が調べられた。調査時期別と被害評価別の被害程度は傷害葉面積率の分散分析や異なる評価法間の相関係数計算によって、それぞれの差異を比較した。

#### 5. 光化学オキシダントと窒素酸化物の濃度

1974年夏の大气汚染物質濃度は当研究室のほ場から北西5kmに位置する土浦保健所(茨城県土浦市下高津)で測定されたデータを参考にした。アサガオで観察された被害がオゾン型の急性傷害であった(Fig. 1)ので、オキシダント(O<sub>x</sub>)とNOやNO<sub>2</sub>で構成する窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)が注目された。先ず、それぞれの日最高濃度(1時間の平均値)とその発生時刻をチェックし、次にはO<sub>x</sub>濃度を連続記録したフローチャートから0.1

ppm以上の継続時間と時刻を調べ、そしてO<sub>x</sub>ドース/日(ppm H)を求めた。以上のデータは調査時期別の被害発生程度との関連性について検討された。

#### 6. 気孔形質の調査

調査した気孔形質は葉脈間における0.25mm<sup>2</sup>の単位面積あたり気孔数や孔辺細胞の開口部長径である。2つの気孔形質はオキシダントの感受性差異が統計的に明確となったアサガオ16品種だけで調査された。その方法は各品種とも正常な成熟葉5枚それぞれの表面と裏面の中央4領域から作製されたスンプ標本の検鏡である。それぞれの平均値は20のサンプルから求め、そして供試品種の示す傷害葉面積率、すなわち感受性程度との関係が検討された。

## 結 果

### 1. オゾン型急性可視傷害の発生とオキシダントおよび窒素酸化物濃度の関係

オゾン型急性可視傷害が供試個体の成熟葉で観察されたのは1974年7月10日(D<sub>1</sub>の調査開始前日)の夕方であった。その症状は葉脈間に水浸状の不透明な褪色斑

点あるいは斑紋として識別できた。褪色斑は翌日以降には鮮明なクロロシスやネクロシス症状 (Fig. 1) を呈したので、傷害葉の確認が容易であった。激しい傷害には葉巻や早期落葉などが含まれた。その一方では暗赤色素沈着や無傷害を示す個体も観察できた。以上の被害様相は7月28日(D<sub>2</sub>)や8月7日(D<sub>3</sub>)からの調査でも同様に認められた。

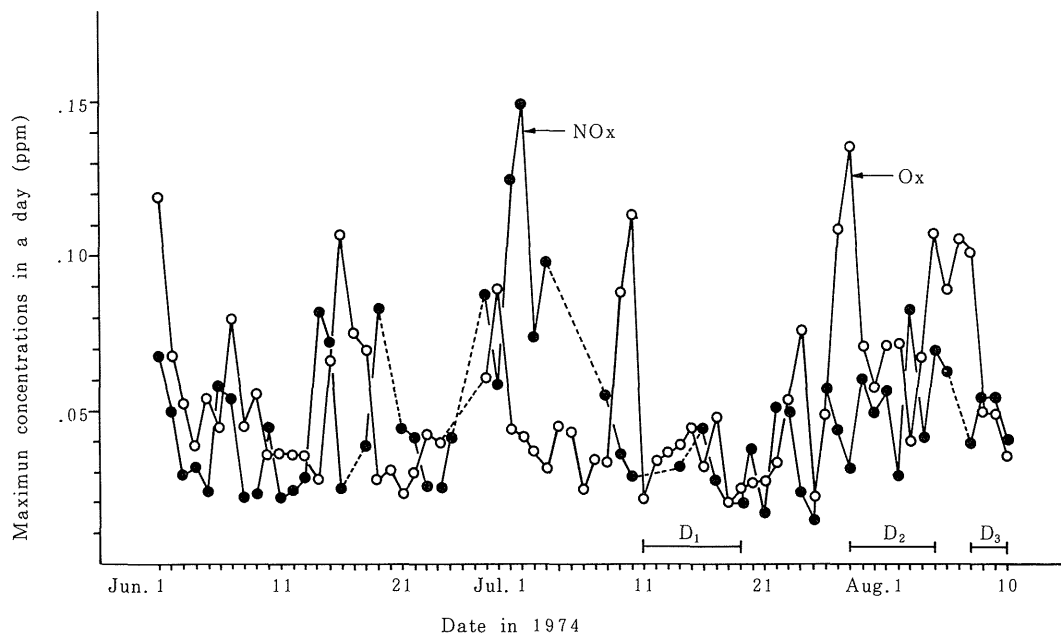


Fig. 2 Daily maximum concentrations of photochemical oxidants (Ox) and nitrogen oxides (NOx) detected by GX-6 type ozone meter and Gp-5B type nitrogen oxide meter (Denki Kagaku Co., Ltd), respectively, which belong to the Tsuchiura Public Health Center, locating 5km far from the experiment field (Ami, Ibaraki). Dotted lines show the lack of recordings by Ox and NOx meters. D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, and D<sub>3</sub> are duration of the first, the second, and the third scorings, respectively.

Fig. 2は実験場の近接地で記録された傷害葉調査前から調査中(6月1日~8月10日)までのオキシダント(Ox)と窒素酸化物(NOx)の日最高濃度を示す。その結果、3回の調査時期はいずれも調査開始の前日か、または当日かに0.1ppm以上の比較的高いOx濃度を記録されていることが判明した。その濃度は11~16時の日中に記録されることが多く、しかも継続時間が2時間を超えていた(Table 2)。各調査時期のOxドース/日は0.204~0.344ppm Hの範囲にあった。そのため、

供試品種と系統で調査した葉傷害はOxの直接的影響であると判断された。D<sub>1</sub>以前(6月1日と6月18日)にも0.1ppm以上のOx濃度が記録され、しかも、Oxドースは傷害葉を出現させた時期の値に比べて、決して低くはなかった。しかしながら、供試個体にはOxの影響による可視傷害は検出できなかった。これは供試個体がOx濃度に対して敏感な反応を示す生育段階まで、十分に発達していなかったことによるのかもしれない。

Table 2. Dates and duration that the oxidant (Ox) concentration was kept exceeding 0.1ppm, and the Ox doses.

Date in 1974	Duration exceeding 0.1 ppm Ox		Ox dose (ppm H)
	Time in a day	Hours	
6. 1	12:45 - 14:15	1.50	0.184
16	11:00 - 13:45	2.75	0.297
7.10	11:30 - 13:30	2.00	0.228
27	13:45 - 15:45	2.00	0.218
28	11:30 - 13:00	1.50	0.204
8. 4	14:00 - 15:30	1.50	0.162
6	13:00 - 16:15	3.25	0.344
7	12:00 - 14:00	2.00	0.204

一方、NO<sub>x</sub> では6月30日と7月1日に、0.12ppm 以上の日最高濃度が記録されていたが、しかしNO<sub>x</sub> の直接的影響は供試個体の葉に現われなかった。他の時期では一般にNO<sub>x</sub> 濃度が低く、またその発生時刻が夜間に集中していた。そのため、NO<sub>x</sub> に対する供試個体の影響は十分に把握できなかつた。同様に、O<sub>x</sub> とNO<sub>x</sub>

の濃度間にも密接な関係が認められないため、相互の関係は不明であつた。

## 2. 供試品種と系統間の感受性差異

オキシダントに対する供試品種と系統間の感受性差異は3回の被害調査データから算出した傷害葉率と傷害葉面積率によって検討された。Table 3はアサガオ54品

Table 3. Rate of leaves with injury and area rate of leaf injuries in varieties of *Pharbitis Nil* CHOISY to the photochemical oxidant

Variety number	Rate of leaves* with injury (%)	Area rate of leaf* injuries (%)
1	6.0 a	0.4 a
3	6.2 a	1.3 a
4	6.4 a	1.3 a
5	9.1 a	1.3 a
2	9.2 a	1.2 a
6	13.5 ab	3.2 ab
9	14.6 ab	4.1 abc
11	17.0 abc	3.2 ab
7	18.5 abcd	3.7 abc
15	18.7 abcd	6.2 abcdef
19	18.8 abcd	7.3 abcde
62	21.7 abcde	10.9 bcdef
8	22.1 abcde	3.8 abc
14	22.4 abcde	5.8 abcd
12	22.5 abcde	5.0 abcd
18	27.0 bcdef	6.5 abcd
51	27.0 bcdef	11.9 bcdef
30	27.1 bcdef	13.2 defg
13	27.4 bcdef	5.2 abcd

Variety number	Rate of leaves* with injury (%)	Area rate of leaf* injuries (%)
20	27.4 bcdef	7.5 abcde
61	27.5 bcdef	10.9 bcdef
16	27.6 bcdef	6.3 abcd
21	28.4 bcdef	7.7 abcde
17	29.0 bcdef	6.3 abcd
24	29.6 bcdefg	10.2 bcdef
35	30.7 bcdefg	15.6 efg
52	30.8 bcdefg	12.5 cdef
31	30.9 bcdefg	13.3 defg
23	31.3 bcdefg	8.9 abcde
29	32.4 cdefgh	11.9 bcdef
63	32.8 cdefgh	15.8 efg
36	33.2 cdefgh	16.2 efg
38	33.9 cdefgh	17.2 efg
28	34.3 defgh	11.3 bcdef
25	35.2 defgh	10.2 bcdef
27	35.2 defgh	11.3 bcdef
22	36.8 efgh	8.4 abcde
55	36.9 efgh	18.2 fg
64	37.1 efgh	18.6 fg
54	37.9 efgh	17.5 efg
33	38.2 efgh	13.8 defg
26	38.6 efgh	10.5 bcdef
53	38.9 efgh	13.1 defg
44	39.7 fgh	19.5 fg
32	42.0 ghi	13.6 defg
34	42.4 ghi	13.9 defg
39	42.8 ghi	17.3 efg
41	43.1 ghi	18.4 fg
37	46.2 ghi	16.3 efg
40	47.2 ghi	18.1 fg
43	48.3 hi	19.4 fg
56	48.9 hi	27.3 h
42	50.2 hi	18.2 fg
45	54.0 hi	21.7 gh

\* Different superscripts means significant difference ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

種それぞれの平均値とDuncanの多重範囲検定で求めた結果を示す。供試品種の感受性程度は2つの評価法ともほぼ連続的変異とみなすことができた。その変異巾は傷害葉率では9倍、そして傷害葉面積率では約55倍という拡がりがあった。

2つの評価法における上位ランク(抵抗性)と下位ラ

ンク(感受性)の品種間には5%レベルで有意な差異が認められた。しかしながら、中間に属する品種間では統計的有意性の範囲が相互に交錯した。以上の結果は相対的には抵抗性、中間および感受性の3品種群に分類できることを示唆した。具体的には木立性の9品種全部(供試番号1~9)と在来改良品種群(V<sub>2</sub>)の5品種(供試

番号 11, 12, 14, 15 および 19) が抵抗性品種群と判定された。逆の感受性品種群としては  $V_2$  の 6 品種 (供試番号 39 ~ 43 および 45) と外来改良品種群の Candy Pink (供試番号 56) を選定できるだろう。残りの品種は中間に位置づけられた。

次に、調査された急性傷害が主にクロロシスやネクロシス症状であったことから、供試品種の感受性程度が傷

害症状の質的変異を招いているかどうか検討した。それは傷害葉面積率とネクロシス割合の関係から求めた。その結果、ネクロシス割合は品種間では多様性を示しており、しかも傷害葉面積率の順位とは密接な関係がなかった (Table 4)。これは感受性程度の増大が特異的な傷害症状の出現に結びつかないことを示した。

Table 4. Classification of varieties of *Pharbitis Nil* CHOISY for their responses to the oxidant based on the area rate of leaf injuries and the propotion of necrotic symptoms to the mean area rate of leaf injuries.

Range of the area rate of leaf injuries (%)	Propotion of necrotic symptoms (%)			
	0 ~ 25	26 ~ 50	51 ~ 75	76 ~ 100
0.4 ~ 8.9	1, 8, 9	7, 12, 13 17, 18, 21	4, 11, 14 15, 16, 20 22, 23	2, 3, 5, 6 19
10.2 ~ 19.5		24, 25, 26 29, 39, 40 42	27, 28, 32 33, 34, 35 36, 38, 41 43, 44, 51 52, 53, 54 55, 62	30, 31, 37 61, 63, 64
21.7 ~ 27.3		45	56	

アサガオ近縁系 5 系統間の感受性程度は 2 つの評価法とも前述のアサガオ品種群が示す変異の範囲にあった (Table 5)。hederacea 2 系統は相対的に感受性、そして purpurea 1 系統は抵抗性としてそれぞれ順位づけられた。残りの indica 2 系統は傷害葉率では 2 種

の中間を示したのに対して、傷害葉面積率では purpurea 系統とほぼ同程度になった。これは indica 2 系統が小さな暗赤色素の沈着斑点を多数の葉に出現させるといふこの種の特性によるのかもしれない。

Table 5. Rate of leaves with injury and area rate of leaf injuries in strains of allied species of *Pharbitis Nil* CHOISY

Species	Strain number	Rate of leaves with injury	Area rate of leaf injuries
<i>P. hederacea</i> CHOISY	91	37.9 %	12.8 %
	92	41.5	21.1
<i>P. indica</i> HAGIWARA	93	25.0	4.6
	94	23.0	6.2
<i>P. purpurea</i> ROTH	95	14.0	2.7



3. 調査時期と被害評価法における被害程度の差異

Table 6 はアサガオ 54 品種から求めた調査時期別の平均葉数と 3 つの被害評価法の平均値を示した。調査時期別では第 2 回目の調査 (D<sub>2</sub>) が最大の葉数であり、それにどの評価法でも最大の傷害率を持っていた。次には最少葉数の第 3 回目 (D<sub>3</sub>) が続き、そして中間葉数の第 1 回目 (D<sub>1</sub>) が最も軽微であった。これは葉数が変化

するものの、調査時期別の被害程度がどの評価法でも平行的な差異であることを示した。傷害葉面積率を分散分析した結果では D<sub>1</sub> と D<sub>2</sub> 間だけに 5% レベルの有意差が認められた。この差異は調査時期における供試個体の生育状態や 0.1 ppm 以上のオキシダント濃度とその継続時間を反映していると考えられたが、しかしそれらを証明するデータは得られなかった。

Table 6. Mean and standard error for the number of leaves observed and the degree of leaf injuries evaluated by different dates of scoring and different measures in varieties of *Pharbitis Nil* CHOISY

Date of scoring in 1974	No. of leaves observed *	Rate of leaves with injury (%)	Area rate of leaf injuries (%)	Mean area rate of leaf injuries (%)
D <sub>1</sub> : Jul.11-19	13.5 ± 0.35	19 ± 1.97	6 ± 0.85	26 ± 2.48
D <sub>2</sub> : Jul.28-Aug.4	19.1 ± 0.51	40 ± 2.90	16 ± 1.50	35 ± 2.42
D <sub>3</sub> : Aug.7-10	10.5 ± 0.72	32 ± 1.71	11 ± 1.01	30 ± 1.78

\* Value at the start day of scoring, which was corrected by the leaf appearances per day in each variety used.

3 つの被害評価法間ではどの調査時期にも差異が認められなかった。それは調査時期別の各評価法間には 1% レベルで有意性の比較的高い相関係数を示す (Table 7) ことから判断された。そのため、光化学オキシダント汚

染の被害調査にはどの評価法を用いても良いという結果が導びかれた。しかしながら、中間に分類される品種は被害の評価法によって感受性程度の順位が多少変動する (Table 3) ことを考慮しなければならない。

Table 7. Relationships between different measures for evaluation of the sensitivity to the oxidant on the differnt dates of scoring.

Date of scoring in 1974	Correlation coefficient		
	R : AR	R : MAR	AR : MAR
D <sub>1</sub> : Jul. 11-19	0.862 **	0.458 **	0.702 **
D <sub>2</sub> : Jul. 28-Aug. 4	0.855 **	0.553 **	0.812 **
D <sub>3</sub> : Aug. 7-10	0.871 **	0.626 **	0.868 **

\*\* Significant at the 1% level. R: The rate of leaves with injury. AR: The area rate of leaf injuries. MAR: The mean area rate of leaf injuries.

4. 品種間の感受性差異と気孔形質の関係

感受性差異が明確な16品種で調査した2つの気孔形質はそれぞれの傷害葉面積率とは密接な関係が認められなかった (Fig. 3)。それは正常な成熟葉の表面と裏面における単位面積あたりの気孔数や孔辺細胞の開口部長

径が供試品種間では多様な変異を示すものの、その感受性程度に対してはほぼ同一レベルの平均値であることから示唆された。そのため、オキシダント感受性の品種間差異は2つの気孔形質によって説明ができなかった。

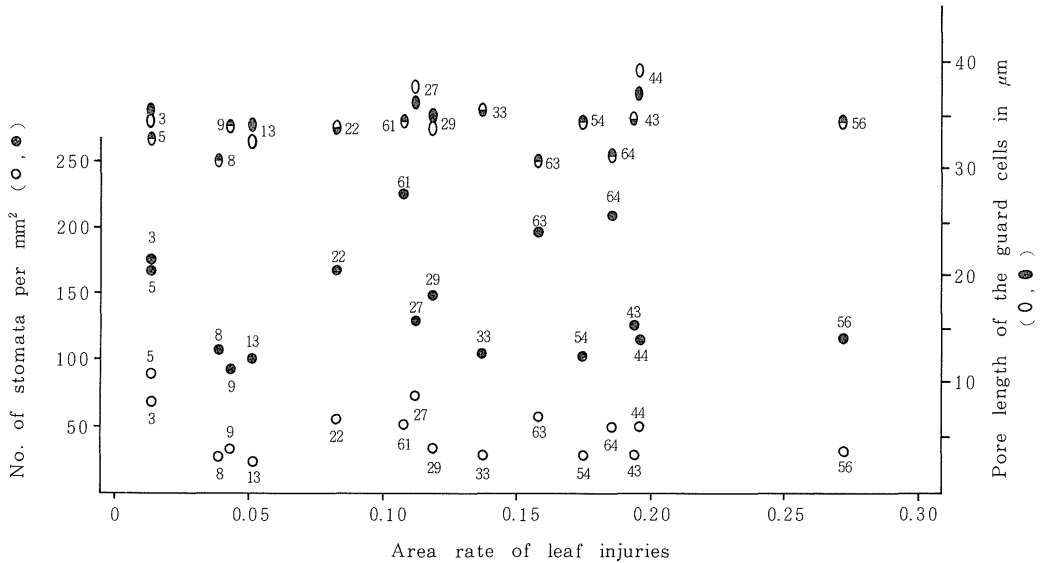


Fig. 3 Stomatal density (no. of stomata/mm<sup>2</sup>) and pore length of the guard cells on the upper and lower surfaces of healthy mature leaves in sixteen varieties of *Pharbitis Nil* CHOISY, which were selected by the degree of the area rate of leaf injuries to the oxidant. Empty circles are of the upper surface and solid ones are of the lower. Numerals show the variety number.

考 察

1. オキシダント感受性の品種・系統間差異とその要因

調査された被害が主にオゾン型急性傷害のクロロシスとネクロシス症状であった (Fig. 1) こと、それに被害調査時期が実験ほ場の近接地で記録された0.1ppm以上のオキシダント(Ox)濃度 (Fig. 2)と密接な関連性を示したことから、供試品種と系統で調査した葉傷害は自然発生のOx影響によるものと判断された。Oxに対する植物体の被害程度はOx濃度とその継続時間の積算値、つまりOxドースに依存するという報告が多い<sup>3), 19),</sup>

22), 26)。しかしながら、この実験ではOxドースとの関係が明らかでなかった。おそらく、供試個体の生育状態などの他の要因が関係しているのだろう。

3回のOx被害調査から求めたアサガオ54品種とその近縁系5系統間の感受性程度は広範な連続的変異であり (Table 3とTable 5), 相対的には抵抗性, 中間および感受性という3つの品種・系統群に分類できた。同様の差異はほ場検定や人工的オゾンなどの過酸化物質接触実験によって、広範な植物種でも報告されている。その中で、比較的多数の品種を供試した植物種はイネ<sup>18)</sup>, スイート・コーン<sup>7)</sup>, ダイズ<sup>26)</sup>, インゲン<sup>3)</sup>, ジャガイモ<sup>1)</sup>, トマト<sup>21)</sup>とトマト近縁系<sup>11)</sup>, タバコ<sup>16), 25)</sup>, キク<sup>2)</sup>,

ベチュニア<sup>10), 12)</sup>, コリウス<sup>24)</sup>, ベニバナ<sup>15)</sup>などである。以上の研究は品種間の感受性差異を品種の遺伝的特性に求めるとともに、Ox抵抗性品種を育成することの可能性を示したものである。

本研究でのOx感受性差異は広範な連続的変異の特徴を示すとともに、来歴や草型などから分類した4つの品種群間には木立性種(V<sub>1</sub>)対外来改良種(V<sub>2</sub>), それにV<sub>1</sub>対外来改良種(V<sub>3</sub>)だけに5%レベルの有意差が認められるという結果になった。そのため、Ox感受性を支配する主働遺伝子の存在を考えにくい。これはOx感受性に関する遺伝子が過去には自然または人為的に選抜されなかったことを反映しているのかもしれない。

観察されたOx傷害は他の報告<sup>19)</sup>と同様に、若幼葉や老化葉よりも成熟葉に出現しており、しかも柵状組織域の壊変がその発端となっていた。従って、葉の生理的・形態的形質と密接な関係があると予想された。例外なくOx抵抗性に分類されたV<sub>1</sub>の品種は他の感受性品種と比べて、濃緑色の厚い葉を持っていた。これらの形質はどのように抵抗性機構と結びつかは不明であるが、しかし厚い葉はOx接触に対して防御的作用の大きいことが推察される。

他の要因として、Oxの葉内部への侵入経路である気孔が注目を集めた。インゲンの抵抗性品種は葉裏の単位面積あたり気孔数(気孔密度)が少なく、反対に感受性のものほど多いこと、さらには抵抗性品種の孔辺細胞は高濃度のオゾンに接触すると、感受性のものより敏感に反応して閉じることをBulter and Tibbitts<sup>4)</sup>が報告した。また、彼らは抵抗性の気孔形質がわずかな劣性遺伝子によって制御されることも認めた<sup>5)</sup>。オゾンに対する孔辺細胞の反応性はタマネギでも認められ、その形質はインゲンの結果とは逆の優性遺伝子に支配されていた<sup>9)</sup>。しかしながら、本研究では気孔密度や孔辺細胞の開口部長径の平均値が供試品種のOx感受性差異とは全く無関係であった(Fig. 3)。そのため、Ox感受性差異は2つの気孔形質によって説明できなかった。今後はスイート・コーンで実施されたような感受性と抵抗性品種間の交雑実験<sup>6)</sup>によって、感受性の遺伝性を解明し

なければならない。

## 2. オキシダント汚染の指標適性と被害評価法の比較

これまで、アサガオは光化学オキシダント(Ox)汚染の有望な指標植物種であることが様々な観点から指摘されてきた<sup>19)</sup>。この研究でもOxに対する速やかな反応性とともに、特徴的な可視傷害の出現(Fig. 1)などの卓越した指標性が確認された。また、Ox汚染の指標植物として利用する場合に、感受性程度の異ったいくつかの標準品種が選定できる可能性も示された。そのさい、被害程度の基準設定が必要となるが、しかしこれに関する検討はまだ不十分である。

Ox汚染の被害評価は量的ならびに質的の両面から考慮しなければならない。いずれにしても、可能なかぎり容観性のあるものが要望される。しかし、複雑で、しかも多大な時間と労力を要する調査は実用性に乏しいだろう。本研究では量的な「Ox汚染被害の拡がり」を極めて簡便な傷害葉率、やや手数を求める傷害葉面積率および平均傷害葉面積率の3方法で算出し、それから3方法間の相関関係を被害の調査時期別に検討した。その結果、3つの評価法の相互間にはどの調査時期でも比較的高い相関関係のあることが認められた(Table 7)ことから、実用的には最も簡便な評価法の傷害葉率が十分に目的を達成すると判断された。

被害の質的評価法にはオゾン型急性傷害の代表であるクロロシスとネクロシス症状の割合が考慮された。本研究では各症状別割合が供試品種と系統間の差異を示したが、しかし前述の量的評価による感受性差異とは密接な関係がなかった(Table 4)。つまり、感受性の増大とともに、質的な変化が伴わないという結果を示した。これは各調査時期の調査が数日を要したことから、傷害症状が時間の経過とともに変化したことを反映させたのかもしれない。そのため、被害の質的評価には傷害症状をどのように把握するかが今後残された課題だろう。

## 謝 辞

本研究の遂行にあたり、オキシダントや窒素酸化物の

濃度測定記録を快く御提示くださった茨城県公害技術センターの諸氏、さらには有益な御助言と御支援を賜った農業技術研究所の中村 拓博士に対して深甚な謝意を表します。

要 約

自然発生の光化学オキシダントに対するアサガオ (*Pharbitis Nil* CHOISY) 54品種とその近縁系 (*P. hederacea* CHOISY, *P. indica* HAGIWARA および *P. purpurea* ROTH) 5系統の感受性程度を1974年夏、3回にわたって調査した。感受性程度の調査は主に供試個体の成熟葉に出現したオゾン型急性可視傷害のクロソシやネクロソシ症状であった (Fig. 1)。可視傷害は実験ほ場の近接地で記録されたオキシダント濃度とその継続時間と密接な関連性をもって出現した (Fig. 2とTable 2)。

供試品種と系統間の感受性差異は傷害葉率・傷害葉面積率・平均傷害葉面積率の3評価法で求めた。その結果、感受性差異は広範な連続的変異であった (Table 3とTable 5)。相対的には抵抗性、中間および感受性の3品種・系統群が分類された。しかしながら、供試品種の来歴や草型などから分類した品種群間には一部統計的な有意差を認めるものの、大きな差異はなかった。そのため、感受性を支配する遺伝子は数少ない主働遺伝子とは考えにくかった。ネクロソシ割合から求めた傷害症状別の質的な変異は品種・系統間には認められたが、しかし量的な感受性差異とは無関係であった (Table 4)。また、単位面積あたり気孔数と孔辺細胞の開口部長径によって感受性差異は説明できなかった (Fig. 2)。

調査時期別の被害程度は3つの被害評価法とも平行的な差異を示したが、しかしその差異は必ずしもオキシダント・ドースを反映しなかった (Table 2とTable 6)。被害評価法間にはどの調査時期でも1%レベルの有意性を示す比較的高い相関関係が認められた (Table 7)。そのため、オキシダント汚染の被害調査にはどの評価法を用いても良いという結果が導かれた。被害調査の複雑さ、時間や労力などの観点から、最も簡便な評価法は

傷害葉率であると判断された。

文 献

- 1) Brasher, E. P., D. J. Fieldhouse and M. Sasser : Plant Disease Reprtr. **57**, 542-544 (1973)
- 2) Brennan, E. and L. A. Leone : *ibid.* **56**, 85-87 (1972)
- 3) Butler, L. K. and T. W. Tibbitts : J. Amer. Soc. Hort. Sci. **104**, 208-210 (1979)
- 4) Butler, L. K. and T. W. Tibbitts : *ibid.* **104**, 213-216 (1979)
- 5) Butler, L. K., T. W. Tibbitts and F. A. Bliss : *ibid.* **104**, 211-213 (1979)
- 6) Cameron, J. W. : *ibid.* **100**, 577-579 (1975)
- 7) Cameron, J. W., H. Johnson, Jr., O. C. Taylor and H. W. Otto : HortScience **5**, 217-219 (1970)
- 8) Davis, D. D. and J. B. Coppolino : *ibid.* **9**, 537-539 (1974)
- 9) Engle, R. L. and W. H. Gabelman : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **89**, 423-430 (1966)
- 10) Feder, W. A., F. L. Fox, W. W. Heck and F. J. Campbell : Plant Disease Reprtr. **53**, 506-510 (1969)
- 11) Gentile, A. G., W. A. Feder, R. E. Young and Z. Santner : J. Amer. Soc. Hort. Sci. **96**, 94-96 (1971)
- 12) Hanson, G. P., L. Thorne and D. H. Addis : *ibid.* **100**, 188-190 (1975)
- 13) Heck, W. W. : Ann. Rev. Phytopathol. **6**, 165-188 (1968)
- 14) Hill, A. C., M. R. Pack, M. Treshow, R. J. Downs and L. G. Transtrum :

- Phytopathology **51**, 356-363 (1961)
- 15) Howell, R. K. and C. A. Thomas : Plant Disease Reprtr. **56**, 195-197 (1972)
- 16) Menser, H. A. and G. H. Hodges : Agron. J. **62**, 265-269 (1970)
- 17) Middleton, J. T., J. B. Kendrick, Jr., and H. W. Schwalm : Plant Disease Reprtr. **34**, 245-252 (1950)
- 18) 中村 拓：日作紀 **45** (別2), 125-126 (1976)
- 19) 中村 拓・松中昭一：同上 **43**, 517-522 (1974)
- 20) Nobel, W. M. and L. A. Wright : Agron. J. **50**, 551-553 (1958)
- 21) Reinert, R. A., D. T. Tingey and H. B. Carter : J. Amer. Soc. Hort. Sci. **97**, 149-151 (1972)
- 22) Rick, S. : Ann. Rev. Phytopathol. **2**, 253-266 (1964)
- 23) 関口文彦・安里 仁・谷口 晋・小野沢芳郎：育雑 **25** (別2), 136-137 (1975)
- 24) Semeniuk, P. and H. E. Heggstad : J. Heredity **72**, 459-460 (1981)
- 25) 須山 勇・黒田昭太郎・篠原俊清・木村敏雄・正田充慶・三宅嘉之・栗原 恒：岡試報告 **33**, 55-62 (1973)
- 26) Tingey, D. T., R. A. Reinert and H. B. Carter : Crop Sci. **12**, 268-270 (1972)

Varietal Difference of Sensitivities to the Oxidant of Ambient Air Pollutions  
in *Pharbitis Nil* CHOISY and the Allied Species

FUMIHIKO SEKIGUCHI, HITOSHI ANRI\*, SUSUMU TANIGUCHI, and YOSHIO ONOZAWA

Fifty-four varieties of *Pharbitis Nil* CHOISY and five strains of the allied species including *P. hederacea* CHOISY, *P. indica* HAGIWARA, and *P. purpurea* ROTH were evaluated for their sensitivity to the oxidant of ambient air pollutions in the summer in 1974 under field conditions. The sensitivity was based on the scoring of leaves with injury which had mainly shown symptoms of chloroses and necroses in the mature leaf.

The following measures were used to determine the sensitivity:

- 1) Rate of leaves with injury =  $\Sigma ( I / n )$
- 2) Area rate of leaf injuries =  $\Sigma ( m / n )$
- 3) Mean area rate leaf injuries =  $\Sigma ( m / n )$

where  $I$  is the number of leaves with injury;  $m$ , the area rate of leaf injuries in a leaf; and  $n$ , the number of leaves observed at the start day of scoring, which was corrected by the leaf appearances per day in each variety and strain used.

For the sensitivity to the oxidant, a wide and continuous variation was found throughout the varieties and strains used. They were classified into three groups, i. e., tolerant, intermediate, and sensitive. The sensitivity was not mainly affected by the differences of the origin and growth habit in *P. Nil* CHOISY. In this study, therefore, the presence of major genes which control the sensitivity, was not considerable. It was suggested that the so called "Kodachi" growth habit, which exhibited dwarfy growth with dark green-thick leaves and few or no branchings, might be a character associated with the sensitivity, since the varieties were mostly ranked in the tolerant groups.

The results of varietal difference in the sensitivity evaluated by the three measures were almost comparable, as shown by the very high correlation coefficients with significant difference at the 1% level among them. Consequently, the simplest measure, "Rate of leaves with injury", may be recommended in the practical use for monitoring of the oxidant damages.

(Sci. Rep. Fac. Agr. Ibaraki Univ., No.30, 1 ~ 14, 1982)