

ペチュニア配置によるPAN汚染の実態調査

大橋 毅 野内 勇

(農業環境技術研究所)

1 はじめに

光化学オキシダント中の一成分であるPAN (Peroxy Acetyl nitrate)はペチュニア、インゲン、ハウレンソウなどの葉裏面に光沢化、銀白化、ブロンズ化などの特徴的な被害を与える。しかし、国内、国外を問わず、光化学オキシダントによる植物被害のうちで、PANに関する報告はオゾンに関する報告とくらべてかなり少ない。

PAN濃度測定の時常監視システムが整備されていないこともあって、PAN濃度と野外における植物被害レベルとの関係(ドーズ・レスポンス)や被害発生頻度および被害分布などは一部を除き明らかにされていない。さらに慢性的障害が生長・収量に与える影響についてはこれからの課題として残されている。

そこで、ペチュニア葉の可視被害の地域分布からPAN汚染の状況を把握するため、1982年～1983年2年間は東京都内5地点、1984年には都内4地点と山梨県一の瀬にペチュニアを配置し被害調査を実施した。

2 調査植物および方法

(1) 供試植物

1982年～1983年の調査では、調査対象植物としてペチュニアのうちでPANに対する感受性が特に高いとされているホワイトエンサイン(ホワイト)と、これと比較してやや感受性が低いとされているブルーエンサイン(ブルー)の2種を用いた。1984年には、これらとともにフルコンレッドを加えた3種を調査対象とした。

ペチュニアの種子は坂田種苗(株)より入手し、自然光型の人工気象室で適宜、播種および育成を行なった。

ペチュニア苗は、苗高5cm、葉数5～6枚の約4週令のものを各地点に配置した。一地点あたりの配置株数は各品種とも3～6株とし、一カ月ごとの調査終了後新し

い苗と交換した。なお、1982年～1983年は有楽町を除き原則的に直植えとしたが、1984年は、1/2000アールポットを用いた。

(2) 調査地点および調査時期

1982年～1983年の調査地点は、有楽町、用賀、石神井、足立、青梅の5ヶ所である。1984年には、過去2年間の調査地点のうち、有楽町、用賀、青梅の3地点と、奥多摩、一の瀬(山梨県)の2地点の計5地点とした(図1、表1)。

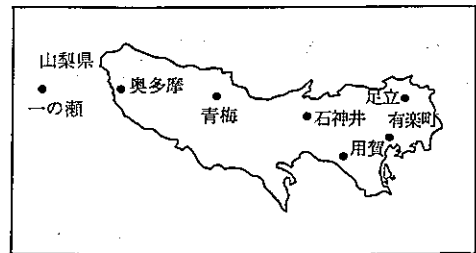


図1 調査地点

表1 ペチュニア調査地点

地点名	所在地	調査年		
		1982	1983	1984
有楽町	千代田区有楽町2-7-1 (都公害研)	○	○	○
用賀	世田谷区上用賀3-2-1	○	○	○
青梅	青梅市友田2-7-28	○	○	○
石神井	練馬区下石神井2-4-7	○	○	
足立	足立区青井6-23-16	○	○	
奥多摩	西多摩郡奥多摩町川野			○
一の瀬	山梨県塩山市一の瀬高橋 396			○

調査時期は、1982年～1983年には4月初めから11月末日までの8ヶ月間とした。1984年には、調査地点の一部が山間部にあるため、4月および11月の気温（特に夜温）が低いことを考慮して、5月～10月の6ヶ月間とした。

(3) 調査方法

各調査月の月末にベチュニアの葉被害を調べ、被害が認められたときは、ベチュニア主茎の各葉にあらわれた被害部分の被害面積率を目測測定した。被害の大きさは、上記の被害葉の被害面積率を総計した値で評価した。この値を1ヶ月の累計葉被害とした。

3 調査結果

(1) 1982年～1983年（2年間）の調査結果

ア ホワイトとブルーの被害発生頻度の比較

都内5地点の調査では、2年とも4月および11月にはホワイト、ブルーとも被害の発生はなかった。ホワイ

トは1982年および1983年ともに5月から10月にかけて5地点のうち少なくとも1地点以上で被害が観察された。またホワイトは5月および7月には、両年とも全地点でPAN被害が発生していた。

一方ブルーでは、1982年には5月から8月中旬まで、1983年では、5月、7月、9月に一部地点で被害が発生したが、その他の時期には被害がなく、ブルーはホワイトにくらべ被害発生頻度が小さかった。これを全調査地点の延べ調査月数に対する被害発生月数の割合で表わすと、1982年にはホワイト60%、ブルー29%となり、1983年にはホワイト46%、ブルー15%となった。このようにいずれの年においても、ホワイトの被害発生頻度はブルーの2倍以上であった。

被害発生頻度を2年合わせて、地点別に比較してみると、ホワイトでは用賀（63%）、石神井（60%）、青梅（57%）、有楽町（50%）>足立（33%）、の順となり、ブルーでは、石神井（33%）、>用賀＝有楽町（2.5%）、青梅（21%）>足立（6%）の順

表2 ベチュニアの累計葉被害（1982～1983, 1株平均値, %）

			4	5	6	7	8	9	10	11	4月～11月合計	被害月数	調査月数	被害発生頻度	被害月あたりの被害面積	月平均被害
有楽町	82	ホワイトエンサイン	0	2	445	40	95	0	0	0	582	4	8	50	146	73
		ブルーエンサイン	0	0	170	0	0	0	0	0	170	1	8	13	170	21
	83	ホワイトエンサイン	0	310	0	583	0	350	30	0	1,273	4	8	50	318	159
		ブルーエンサイン	0	53	0	331	0	150	0	0	534	3	8	38	178	67
用賀	82	ホワイトエンサイン	0	68	210	407	165	25	1	0	876	6	8	75	146	110
		ブルーエンサイン	0	0	127	0	90	0	0	0	217	2	8	25	109	27
	83	ホワイトエンサイン	0	60	63	610	0	0	37	0	770	4	8	50	193	96
		ブルーエンサイン	0	40	0	250	0	0	0	0	290	2	8	25	145	36
青梅	82	ホワイトエンサイン	0	372	343	350	223	-	-	0	1,288	4	6	67	322	215
		ブルーエンサイン	0	108	0	0	295	-	-	0	403	2	6	33	202	67
	83	ホワイトエンサイン	0	91	0	23	72	65	0	0	251	4	8	50	63	31
		ブルーエンサイン	0	0	0	12	0	0	0	0	12	1	8	13	12	2
石神井	82	ホワイトエンサイン	0	326	260	372	0	228	105	0	1,291	5	8	63	258	161
		ブルーエンサイン	0	96	7	40	90	0	45	0	278	5	8	63	56	35
	83	ホワイトエンサイン	0	20	-	220	55	0	55	0	350	4	7	57	88	50
		ブルーエンサイン	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
足立	82	ホワイトエンサイン	0	300	0	353	25	-	0	0	678	3	7	43	226	97
		ブルーエンサイン	0	175	0	0	0	0	0	0	175	1	8	13	175	22
	83	ホワイトエンサイン	0	38	0	220	0	0	0	0	258	2	8	25	129	32
		ブルーエンサイン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0

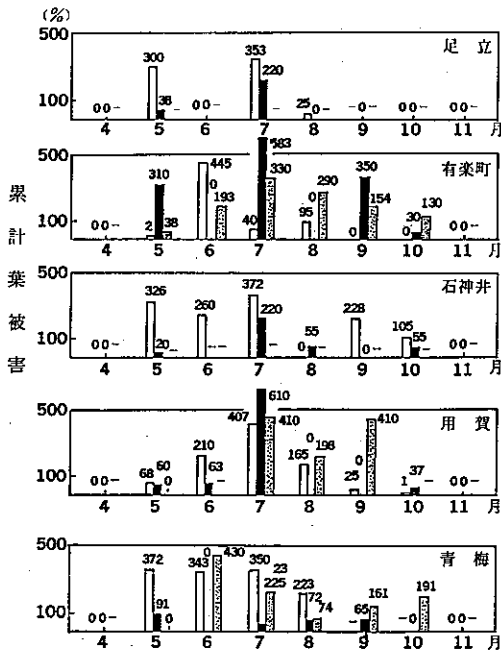


図2 ホワイトエンサインの累計葉被害 (1982~1984)
(□ 1982, ■ 1983, ▨ 1984)

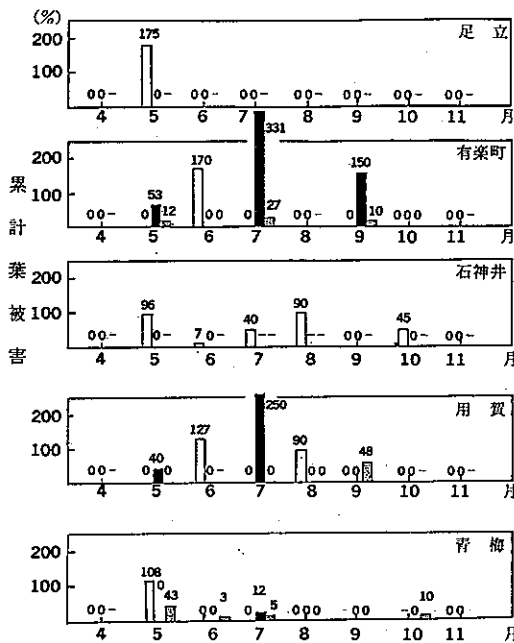


図3 ブルーエンサインの累計葉被害 (1982~1984)
(□ 1982, ■ 1983, ▨ 1984)

となった。

このように、どの調査地点でも1982年は1983年より明らかに被害の発生が多かったが、地点別にみると、兩年を通じ東部の足立でベチュニア被害の発生が小さい傾向にあった。しかし、都心部の有楽町から山沿いの青梅まで、足立を除く4地点の被害発生頻度の地点間差は大きいものではなく、都内のほぼ全域にわたって一定レベル以上のPAN汚染があることをうかがわせた。

イ 5地点における月間累計葉被害の比較

ホワイトおよびブルーの各調査地点ごとの累計葉被害をみると(表2)、1982年、1983年とも月別では5月~7月の被害が一般的に大きく8月以後はやや小さくなる傾向があった。なお、台風による苗の流失や、著しい生育不良などが一部でみられたので、調査月数に対する平均累計葉被害(各月の累計葉被害の合計/調査月数)を用いて地点間の比較を試みた結果、ホワイト、ブルーともに1982年は青梅、石神井、用賀、足立、有楽町の順となり、1983年には、有楽町、用賀、石神井、青梅、足立の順となった。兩年の年平均累計葉被害を比較すると、用賀ではほぼ同レベルであったが、青梅、石神井、足立では1982年>1983年、有楽町では1982年<1983年であった。

ウ ホワイトとブルーの累計葉被害の比較

ホワイトとブルーの月間累計葉被害を2年まとめてプロットしたのが図4である。ホワイトの月間累計葉被害が250%未満では、18例中の7例(39%)で、ブルーにも被害が発生していたが、ホワイトの被害が250

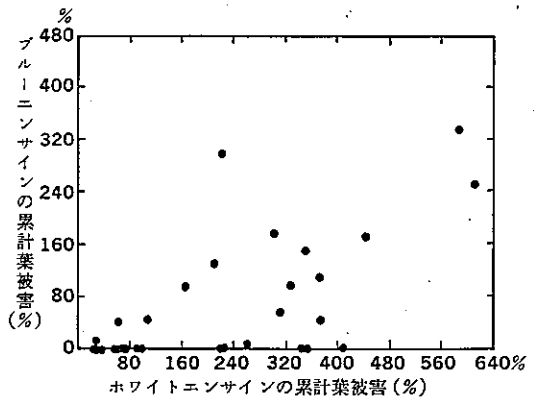


図4 ホワイトエンサインとブルーエンサインの累計葉被害の関係(1982~1983)

%以上になるとブルーの被害発生割合は増加し、13例中の10例(77%)でブルーにも被害が認められた。ホワイト、ブルーの両品種に被害が発生したものに注目し、両者の累計葉被害の関係をみてみると、ある程度の相関が認められ、その回帰直線の傾きは約0.4であった。つまり、月間累計葉被害で比較すると、ブルーはホワイトの約40%程度の感受性であることを示した。

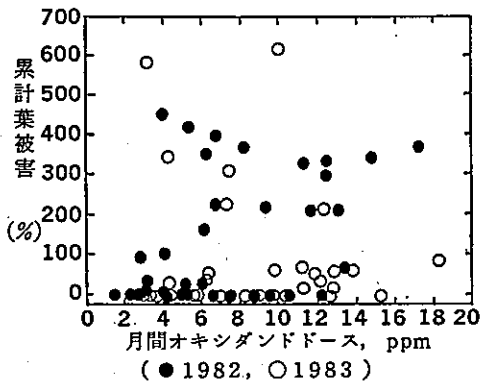


図5 月間オキシダントドースと累計葉被害との関係 (1982~1983)

エ 5地点のベチュニア被害とオキシダント濃度

PAN濃度測定地点は有楽町だけであり、他の4地点ではPAN濃度のデータは得られないため、PAN汚染の目安として調査地点に近接する大気汚染総合測定室のオキシダント濃度を用いてベチュニア被害との関係を検討した。ホワイトの月間累計葉被害とオキシダント汚染との関係を全調査地点についてみると(図5)、1982年、1983年ともほぼ同じようなオキシダントドースであったが、ホワイトの月間累計葉被害は全般的には1983年の方がやや小さい傾向にあった。ブルーも同様な傾向にあったが、明確な年次間差があるとは言い難かった。有楽町をはじめ、各地点とも月間累計葉被害とオキシダント濃度との間には有意な相関は認められなかった。

(2) 1984年の調査結果

前述のように1984年には調査地点を1982年~1983年より西へ拡大しPAN汚染の広がりをは握することに主眼を置いた。さらにホワイトエンサイン、ブルーエンサインとともに、フルコンレッドを加えた3品種を用い1/2000アールのワグネルポットによる配置法で調査を実施した。

表3 ベチュニアの累計葉被害(1984年, 1株平均値, %)

		5月	6月	7月	8月	9月	10月	5~10月 合計	被害 月数	調査 月数	被害 発生 頻度	被害月数 あたりの 被害面積	月平均 被害
有楽町	ホワイトエンサイン	38	193	330	0(290)	154	130	845	5	6	83	169	141
	ブルーエンサイン	12	0	27	0	10	0	49	3	6	50	16	8
	フルコンレッド	38	0	0	0	0	0	38	1	6	17	38	6
用賀	ホワイトエンサイン	0	-	410	198	410	-	1,018	3	4	75	339	255
	ブルーエンサイン	0	-	0	0	48	-	48	1	4	25	48	12
	フルコンレッド	0	-	0	0	54	-	54	1	4	25	54	14
青梅	ホワイトエンサイン	0	430	225	74	161	191	1,081	5	6	83	216	180
	ブルーエンサイン	43	0	5	0	0	10	58	3	6	50	19	10
	フルコンレッド	-	3	30	0	0	0	33	2	5	40	17	7
奥多摩	ホワイトエンサイン	8	47	43	0	0	38	136	4	6	67	34	23
	ブルーエンサイン	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
	フルコンレッド	-	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
山梨県 一の瀬	ホワイトエンサイン	0	8	15	0	0	0	23	2	6	33	12	4
	ブルーエンサイン	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
	フルコンレッド	-	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0

()内は他調査用ベチュニアの被害

配置株は各品種とも6株/2ポットとした。なおフルコンレッドのPAN感受性については、調査前には明確ではなかったが、ブルーエンサインよりさらにPAN耐性のある品種を加え、3品種の被害有無からPAN汚染の簡便な指標化の可能性をさぐるために調査を実施した。

ア 1984年の被害状況

1984年5月～10月の調査期間中7月には全調査地点でホワイトにPAN被害が認められた。1982年～1983年の調査では、都内5か所の全調査地点でホワイトの被害が認められた月は、5月と7月の2回であり(表3, 図2)1982年～1984年を通して、7月のPAN汚染が最も広域にひろがっていることが明らかとなった。特に1984年にはじめて調査地点に加えられた奥多摩および山梨県一の瀬でもホワイトに明確な被害が認められ、PAN汚染が山間部まで広が

ていることが確認された(図6)。なお、奥多摩、一の瀬の被害は明確であったが、その被害面積は小さく、ブルーおよびフルコンレッドには5月～10月を通じて被害が認められなかった。

イ 1984年の被害発生頻度

3品種の被害発生頻度は表3に示すとおりである。ホワイトでは、一の瀬(33%)を除く、4地点では被害発生頻度が66%以上と高く大きな差はなかった。

ブルーでは被害発生頻度の地点間差が明瞭となり、有楽町、青梅では50%と高く、次いで用賀(25%)であったが、奥多摩、一の瀬では被害が認められなかった。

フルコンレッドでは青梅の40%が最大で次いで用賀(25%)、有楽町(17%)と続き、奥多摩、一の瀬ではブルーと同様に被害が認められなかった。

このように被害発生頻度の地点間差は品種によって若干異なり、最もPAN感受性が高いホワイトでは、都内山間部の奥多摩を含む4地点と山梨県の一の瀬との間に差があった。一方、やや感受性の低いブルーやフルコンレッドでは、都心部の有楽町から用賀を経て山沿いの青梅に至る地域には少なくとも1回は明確な被害が認められたのに対し、山間部の奥多摩や山梨県一の瀬では被害がなく、品種による被害の地域差が明らかとなった。また、ホワイトでは有楽町、用賀、青梅の3地点間に大きな差がなかったが、ブルーやフルコンレッドの被害発生頻度でみると、これら3地点間にも、差が認められ、青梅、用賀、有楽町の順に被害発生頻度が高くなっていった。

3品種5地点の5月～10月の被害発生頻度を品種ごとにまとめて比較すると、ホワイトでは68%、ブルー25%、フルコンレッド16%となり、ホワイトの被害発生頻度は他の2品種より明らかに高かった。

1982年～1983年の調査と共通した3調査地点について(有楽町、用賀、青梅)、3年間(5月～10月)の被害発生頻度をまとめると表4のように、有楽町、用賀、青梅ともホワイトはブルーの約2倍の頻度を示していた。またフルコンレッドはブルーと大きな差はないようにみられたが、有楽町、用賀ではブルーよりやや被害発生頻度が低かった。

ウ 1984年の月間累計葉被害

地点別の3品種の累計葉被害の月平均は表3のとおりである。ホワイトでは用賀(255)、青梅(180)、有楽町(141)、奥多摩(23)、一の瀬(4)の順となった。ブルーおよびフルコンレッドでもホワイトと

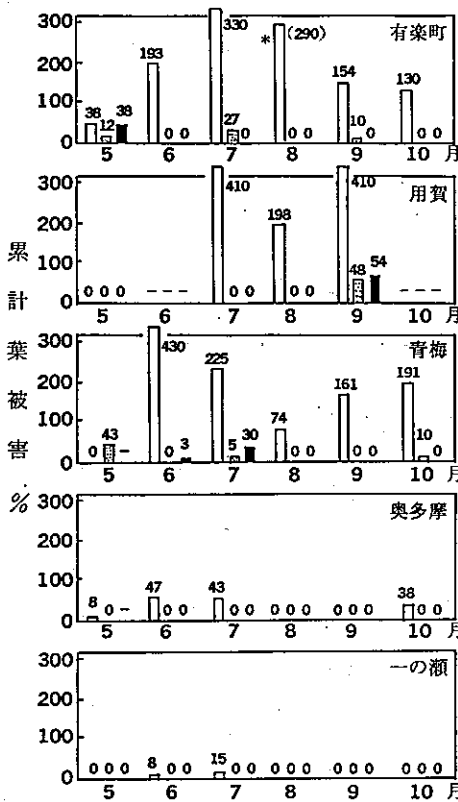


図6 ペチュニア3品種の累計葉被害(1984)

(□ ホワイトエンサイン, ▨ ブルーエンサイン, ■ フルコンレッド)

*有楽町のホワイトは生育不良で被害なしのため、参考として別株の被害を示した。

表4 1982年～1984年共通調査地点の被害比較

		5～10月の被害月数	調査月数	被害発生頻度	5～10月の累計葉被害%	被害月あたりの被害面積%	5～10月の月平均被害%	
有 楽 町	1982	ホワイト	4	6	67%	582	146	97
		ブルー	1	6	17	170	170	28
	1983	ホワイト	4	6	67	1,273	318	212
		ブルー	3	6	50	534	178	89
	1984	ホワイト	5	6	83	845	169	141
		ブルー	3	6	50	49	16	8
用 賀	1982	ホワイト	6	6	100	876	146	146
		ブルー	2	6	33	217	109	36
	1983	ホワイト	4	6	67	770	193	128
		ブルー	2	6	33	290	145	48
	1984	ホワイト	3	4	75	1,018	339	255
		ブルー	1	4	25	48	48	12
青 梅	1982	ホワイト	4	4	100	1,288	322	322
		ブルー	2	4	50	403	202	101
	1983	ホワイト	4	6	67	251	63	42
		ブルー	1	6	17	12	12	2
	1984	ホワイト	5	6	83	1,081	216	180
		ブルー	3	6	50	58	19	10

ほぼ同様で用賀>青梅, 有楽町>奥多摩, 一の瀬の順となったが, 被害が認められた用賀, 青梅, 有楽町でも被害は軽微で, 互いに大きな差はなかった。

前述した1982年～1983年の調査と共通した3調査地点についてホワイトとブルーの累計葉被害平均値を表4に示した。1984年は過去2年と比較してブルーの被害面積が各地点とも若干小さかった。1984年の配置苗は, 過去2年の苗よりやや生育が進んだものを用いたが, ブルーとホワイトのPAN感受性差は幼苗時から生育するに従って拡大していくようで, このためにブルーの被害がやや発現しにくくなったのかもしれない。

いずれにしても, ベチュニアをPANの指標植物として実用化していくためには, 各品種間の感受性差の確認とともに, 各品種ごとの生育ステージとPAN感受性との関係を明らかにしておくことが必要であろう。

なお, ブルーとフルコンレッドについては, 累計葉被害平均値では差がなかったが, 図6で明らかなように両者とも被害があった例(有楽町5月, 青梅7月, 用賀9月)では, いずれもフルコンレッドの方がブルーより累計葉被害がやや高く, 前述の被害発生頻度とは逆の傾向を示していた。

(3) PAN指標植物としてのベチュニア調査法

PAN測定器が十分整備されていない現状では, 長期間にわたるPAN汚染の広がりや濃度レベルの推測には, 指標植物を用いるのが最も有効であり, 簡便性からみても事実上唯一の方法といえるだろう。

PANによる被害が確認された植物のうちベチュニアのホワイトエンサインはPAN感受性が高く, 栽培適期が長いこと, 病虫害が少ないことなどから, 良く利用され成果を上げている。

概略的なPAN汚染の分布をみるためには, ホワイトの被害有無の確認だけの調査方法でも十分有効だろう。有楽町(旧公害研究所屋上)における観察結果では, PAN濃度とベチュニアの被害面積との関係は, アサガオにおけるオキシダント濃度と被害面積との関係ほど明確な相関は得られない。しかし今回の調査では, ホワイトだけではなくブルーや, 他の品種のベチュニアを組合せて調査することによりPAN汚染の広がりだけでなく, その程度をランクづけすることが可能であるとみられた。数種のベチュニアのPAN感受性差のスクリーニングは, 野外暴露によりある程度調査されている。ベチュニアを利用した簡便なPAN汚染調査法の確立のためには,

表5 1982年～1984年の共通調査地点の被害比較, %

		1982年		1983年		1984年		3年計
		累計葉被害 平均値	被害発生 頻度 %	累計葉被害 平均値	被害発生 頻度 %	累計葉被害 平均値	被害発生 頻度 %	
有楽町	ホワイトエンサイン	97	4/6(67)	212	4/6(67)	141	5/6(83)	13/18(72)
	ブルーエンサイン	28	1/6(17)	89	3/6(50)	8	3/6(50)	7/18(39)
用賀	ホワイトエンサイン	146	6/6(100)	128	4/6(67)	255	3/4(75)	13/16(81)
	ブルーエンサイン	36	2/6(33)	48	2/6(33)	12	1/4(25)	5/16(31)
青梅	ホワイトエンサイン	322	4/4(100)	42	4/6(67)	180	5/6(83)	13/16(81)
	ブルーエンサイン	101	2/4(50)	2	1/6(17)	10	3/6(50)	6/16(38)
3地点計	ホワイトエンサイン	565	14/16(88)	382	12/18(67)	576	13/16(81)	39/50(78)
	ブルーエンサイン	165	5/16(31)	139	3/18(17)	30	7/16(44)	15/50(30)

累計葉被害平均値 = 累計葉被害 / 調査月数 (1株平均)

これらの他に次の点についても検討することが必要であろう。

① 山間部などを含めた広域調査を行なうため、気温(夜温も含む)と被害発生との関係

② 主茎のみでなく、側枝のPAN感受性を調査し、結果によっては、側枝を含めた調査法を検討すること。

③ 苗令による感受性の変化とその品種間による差異についての検討

4 まとめ

ベツユニアのPAN被害の広がりからPAN汚染状況をつかむために配置調査を行なった。

(1) 1982年～1983年には、有楽町、用賀、石神井、足立、青梅の5地点にホワイトおよびブルーエンサインを配置し、4月～11月まで1か月ごとに苗を交換して調査した。

兩年とも4月および11月にはどの調査地点にも被害はなかったが、5月～10月には、調査地点のうち少なくとも1地点以上でPAN被害が発生していた。特にホワイトでは、5月および7月には全調査地点で被害が認められた。

(2) 延べ調査月数に対する被害発生月数の割合を被害発生頻度とすると、1982年にはホワイト60%、ブルー29%となり、1983年はホワイト46%、ブルー15%となって、いずれの年においてもホワイトの被害発生頻度はブルーの2倍以上であった。

(3) 1982年～1983年の月間累計葉被害は、兩年とも5月～7月に大きく、8月以後は小さくなる傾向にあ

った。また、ホワイトとブルーの両品種に被害が発生した場合に限ると、両者の累計葉被害にはある程度の相関があり、その傾きは約0.4となった。つまりブルーはホワイトの約40%程度の被害面積を示した。

(4) 1984年の調査では、ホワイト、ブルーに加えフルコンレッドを用いるとともに、調査地点を西へ拡大し、有楽町、用賀、青梅、奥多摩、山梨県一の瀬の5ヶ所とした。調査期間は5月～10月とし1/2000アールポットによる配置法により調査を行なった。

(5) 1982年～1983年の調査と1984年の調査を通じ、7月の被害は各年とも全調査地点に及んでおり、7月のPAN汚染が最も広域にひろがっていることが示唆された。特に山間部の奥多摩および山梨県一の瀬でも、ホワイトに明確なPAN被害が発生していた。

(6) 1984年の被害発生頻度の地点間差は、品種によって若干異なり、PAN感受性が高いホワイトでは都内山間部の奥多摩を含む4地点と山梨県一の瀬との間に地域差が認められた。一方、やや感受性の低いブルーやフルコンレッドでは、都心部の有楽町から用賀を経て山沿いの青梅に至る地域には、少なくとも1回は明確な被害が認められたのに対し、山間部の奥多摩および一の瀬では、被害がなく、品種による被害の地域差が明らかとなった。

(7) PAN汚染調査のためのベツユニア調査法の確立に関しては、さらに広域的に利用するために、気温と被害発生との関係を検討することが必要である。さらに精度を上げ、簡便化をはかるために、苗令による品種間の感受性差異の検討や、調査対象を主茎のみでなく側枝まで

加えて調査法を検討することなどが必要であろう。

終りにあたり、調査に御協力いただいた関係者の皆様に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会，一都三県公害防止協議会：昭和60年度光化学スモッグによる

植物影響調査報告書P45～57(1980)

- 2) 野内 勇：オゾン，PANの濃度および暴露時間と植物被害，大気汚染学会誌，14，265～274(1979)
- 3) 寺門和也，服田春子：光化学スモッグによるベツユニア被害の特徴と指標性，第15回大気汚染研究全国協議会大会要旨集，P382(1974)