

東京都におけるオキシカルボキシン耐性キク 白さび病菌の発生

飯 嶋 勉

Occurrence of Oxycarboxin-Tolerant Isolates of *Puccinia horiana* P. Hennings in Tokyo areas
Tsutomu IIJIMA

Summary

White rust, caused by *Puccinia horiana* P. Hennings, is one of the most important diseases of Chrysanthemum in Japan. The disease has been effectively controlled by oxycarboxin which has been widely used by Chrysanthemum growers since 1972. Abiko et al. (1975) reported that isolates of *P. horiana* tolerant to the fungicide were discovered on potted Chrysanthemums in Nara and Mie Prefectures in 1973.

In spring of 1976 a tolerant isolate of the rust was detected on disbudded Chrysanthemums at a glasshouse in our experiment station at Tachikawa in Tokyo. It was reported that many potted Chrysanthemums cultivated in Nishitama district of Tokyo had suffered serious losses from the strain of the rust in the fall of the same year. The rust strain was more than 20 times more tolerant to oxycarboxin than the sensitive rust strain in their formation and germination of basidiospores. Germination of basidiospores of the sensitive strain was inhibited on agar containing 5 ppm oxycarboxin, whereas the tolerant strain was inhibited on agar containing 100 ppm. When teleutosori on Chrysanthemums were dipped in suspensions of oxycarboxin, teleutospores of the sensitive strain did not produce basidiospores at 50–100 ppm, while the tolerant strain produced them at 2000 ppm and more. The tolerant strain could be distinguished from the sensitive strain by two methods, testing germination of basidiospores on agar containing 20–25 ppm oxycarboxin and testing discharge of them when their sori on the plants dipped in suspension at 200–250 ppm.

Tolerant isolates were detected in 10 of 12 growers' glasshouses tested in Nishitama. A detailed survey conducted at glasshouses of six growers showed that all teleutosori collected from three growers were oxycarboxin tolerant, isolates obtained from a grower were sensitive alone, and isolates from remains two growers were mixtures of sensitive and tolerant strains.

From results of the present experiment I could not confirm the origin of the tolerant strain of white rust, the strain might have been carried into Tokyo areas from Nara Prefecture together with rust-infected Chrysanthemum seedlings.

Three new compounds, triforine, triadimefon and 7711, were tested to determine their suitability as fungicides for white rust of Chrysanthemum including oxycarboxin tolerant strain. Unfortunately the compounds were not suitable for oxycarboxin replacements, because they did not have any curative effects for the rust.

I 緒 言

白さび病はキクの地上部に発生する病害の中では最も被害の大きい病害のひとつであり、東京都においても切花ギクやポットマムに年により多発し、大きな被害を与えていた。病原菌 *Puccinia horiana* P. Hennings は冬胞子と小生子から成る後生型 (Lepto-form) のさび菌の1種であり、冬胞子は形態完成後直ちに発芽して小生子を形成し、小生子の形で伝染する。本病の生態と防除については古く山田¹⁶⁾によって詳細に検討され、冬胞子の発芽適温は18~28°C、小生子は暗黒下で形成され、その適温は13~22°C、小生子の発芽適温は13~18°C付近、潜伏期間は10日間であることなどが明らかにされている。また最近 Firman and Martin⁵⁾は冬胞子は4~23°Cで発芽して小生子を飛散させ、17°Cにおける小生子の飛散は3時間以内に始まること、小生子は0~30°Cで2.5時間以内に発芽すること、葉への侵入は4~24°Cで生じ、17~24°Cの適温下では小生子は2時間以内に角皮侵入することなどを報告している。

本病の防除には従来から水和硫黄剤、マンネブ剤、アンバム剤、ポリオキシン剤などが使用されてきたが、これらの薬剤では発生前からの徹底した保護散布を行なわない限り確実な防除効果は期待できなかった。ところが1971年に米山・菅田・飯嶋¹⁷⁾ら^{8,10,15,18)}によってオキシカルボキシン剤（商品名プラントバックス）が本病に卓効を有することが確認され、日本植物防疫協会の委託試験を経たのち1973年には農薬登録された。本剤は小生子の発芽阻害が強いほかに小生子の形成阻害効果が極めて高く、また植物体に浸透して組織内菌糸に作用する⁹⁾（ただし冬胞子の発芽に対しては作用性が低い）。したがって予防効果のほかに、従来の薬剤にはなかった治病効果を發揮する。

しかし本剤はキクに対する薬害が強く、品種によっては商品性に影響する薬害が葉に生じるため、3000~5000倍という効果の限界に近い低濃度で使用され、これが耐性菌発生の一因となったようと思われる。

本剤は東京都においても1972年以降切花ギクやポットマムに使用され、顕著な防除効果をあげてきたが、1976年春に場内の大輪ギク親株に発生した本病で効力減退現象を認め、試験の結果これがオキシカルボキシン耐性菌によることが判明した。さらに同年秋には西多摩地区のポットマム栽培地帯に本病が異常多発したので、耐性菌に関する一連の試験を行ない、若干の知見を得た。まだ不十分の試験であり、その原因および対策も解明していないが、耐性菌に関する情報を早く提供することが必

要と考え、とりいそぎ現在までの成果を報告することとした。なおオキシカルボキシン剤の効力減退については既に奈良県のポットマムで芳岡¹⁹⁾が認めており、これが耐性菌によるものであることは我孫子・岸・芳岡¹⁹⁾によって証明されている。

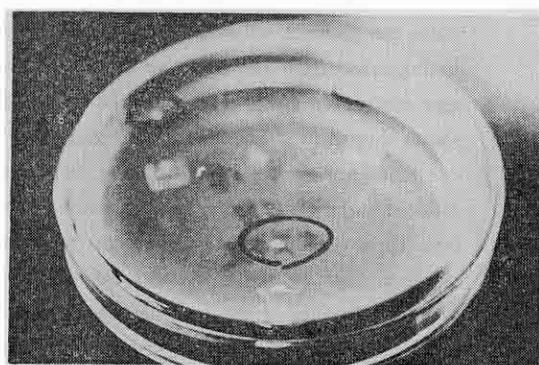
この試験を行なうにあたり終始御指導いただいた当場の木橋精一場長、貴重な御助言を賜った農林省野菜試験場我孫子和雄氏、当場経営部橋本貞夫氏、供試植物や供試菌の提供、さらに実態調査に御協力下さった瑞穂町奥泉安正氏と羽村町閑口義雄氏をはじめ東京ポットマム研究会の各位、各種室内試験に御助力願った東京教育大学農学部学生柴田尚氏、現地防除試験に御協力いただいた日本特殊農薬製造株式会社勝間田修氏に心からお礼申し上げる。

II 試験方法

特記しないほかは下記の方法を用いた。

小生子の発芽試験：9cm シャーレに所定濃度の薬剤を含有する1.5%寒天10mlを流し込み、一方ふたの裏側には厚さ約1mm、大きさ約1cm角の寒天片を張りつけ、この寒天片に冬胞子堆を1個ずつのせ、適温下に13~15時間（夕刻～朝）保ち、薬剤寒天に落下させた小生子の発芽状況を調査した。各処理区とも1シャーレ3冬胞子堆を供試し、1冬胞子堆あたり3視野合計50~60小生子の発芽を調べ、対照の素寒天上における発芽率を100としたときの指數で表わした。

小生子の形成試験：9cm シャーレに素寒天を流し込み、前記と同様にふたの裏側に張りつけた寒天片上に所定濃度の薬液に瞬間浸漬した冬胞子堆を1個ずつのせ、



第1図 小生子の落下状況：冬胞子は暗黒下で発芽して小生子を形成し、明るくなると小生子を飛散させる（黒丸の中心の白い部分が寒天上に落下した小生子の集団、シャーレの裏側から撮影）。

適温下に13~15時間保ち、素寒天上に落下した小生子の量を程度別に調査した（第1図）。小生子の落下程度は指數で表わし、3（最も落下量多く、落下した小生子群が肉眼ではっきり認められる、小生子数1000個以上）、2（中程度、落下した小生子群が肉眼でかすかに認められる、小生子数100~1000個）、1（ごく少量、肉眼では落下小生子群を認めないが、顕微鏡下では100個未満の小生子がある）、0（小生子の落下をまったく認めず）の4段階とした。なお寒天片上で形成された小生子が上記条件下で100%落下することは次の試験で確認してあり、小生子の形成量は落下量で表わすことができる。

III 試験結果

1. 1976年春に場内で発生した白さび病菌のオキシカル

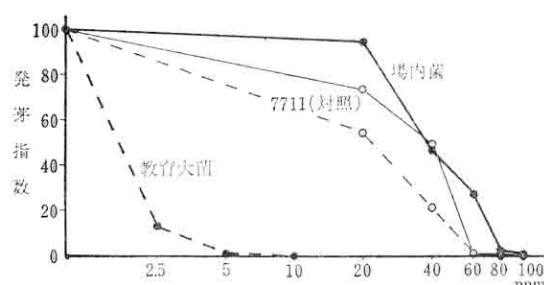
ボキシン耐性

1976年4月、当場経営部のハウス内で大輪ギクの親株に白さび病が発生したので、新農薬の効果を検討するためには数種薬剤を5日おきに3回散布し、最終散布の7日後にあらたに発生した冬胞子堆数を葉位別に調査した。結果の1部は第1表のとおりであり、トリアジメホン剤には高い予防効果を認めたが、対照として供試したオキシカルボキシンは効果が極めて劣った。また薬剤散布開始時に既に形成されていた冬胞子堆について観察した結果でも、本剤の最大の特徴である治癒効果がほとんど認められなかった。なお試験を実施したハウスでは、本病が5月以降各種のキクに慢延したため本剤2000倍を5~6月に3回散布したが、防除効果はほとんど現われず、多発が7月中旬まで続いた。

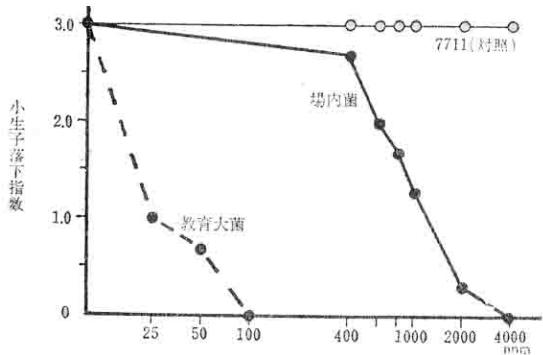
第1表 1976年春に場内で発生した白さび病に対するオキシカルボキシン剤の防除効果

区	別	品種：太芳秋月			品種：花詩集		
		調査葉率	発病葉率%	胞子堆数 1病葉	調査葉数	発病葉率%	冬胞子堆数 1病葉
オキシカルボキシン	3000倍	14	26	25	10	40	71
トリアジメホン	1000倍	17	3	3	13	0	0
無 散 布	布	15	59	71	9	50	114

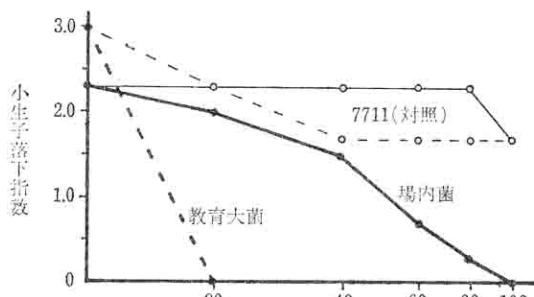
規模：1区2鉢、薬剤散布：4月23日、30日、5月7日の3回、調査：5月14日。



第2図 オキシカルボキシン含有寒天上の小生子の発芽



第3図 冬胞子堆のオキシカルボキシン葉液浸漬による小生子の形成



第4図 オキシカルボキシン含有寒天上の小生子の形成

オキシカルボキシン剤の効力減退の原因としては我孫子らが明らかにした耐性菌の出現を考えられるので、上記場内菌（品種太芳秋月上の冬胞子堆）のほかに東京教育大学保存菌（1975年茨城県で採集）を供試し、本剤に対する感受性を比較した。結果は第2~4図のとおりである。薬剤寒天上における小生子の発芽阻止濃度は、教育大菌が5 ppm付近であったのに対し場内菌は100 ppm付近であった。所定濃度の薬液に冬胞子堆を浸漬し、小生子の形成阻害を検討（薬液浸漬法）した結果では、教育大菌は50~100 ppmで小生子の形成が阻止されたのにに対し、場内菌の形成阻止濃度は2000~4000 ppmであつ

た。薬剤寒天片をシャーレのふたの裏側に張りつけ、これに厚さ約0.1mmの冬胞子堆縦断切片を載せ、小生子の落下程度を調査（薬剤寒天浸透法）した結果では、小生子の形成阻止濃度は教育大菌2.5~5ppmに対し場内菌は80~100ppmであった。なおこの試験で小生子の形成および落下について観察した結果、小生子を形成した場合にはほぼ100%の小生子が素寒天上に落下することが確認された。一方同時に供試したトリアジメホン剤と新規化合物7711では、場内菌と教育大菌の間に小生子の発芽および形成程度の差は認められなかった。

以上の結果から場内菌を本剤耐性菌、教育大菌を本剤感性菌と判定した。また耐性菌と感性菌は小生子の発芽を20ppm寒天で、小生子の形成（落下）を薬液浸漬法の場合は200ppm、薬剤寒天浸透法のときは20ppm程度でそれぞれ検討すれば、識別できると思われた。なお耐性菌が発生したハウスでは1975年4月に奈良県五条市の苗業者からポットマム苗を購入し、その際苗に発生していた本病に対してオキシカルボキシン剤を2回散布したが実用的効果は認められなかったという。同年秋は白さび

病の発生が極めて少なく、本剤は1回も使われていない。したがって1976年春に発生した耐性菌は、前年に苗とともに奈良県から持ち込まれた可能性が高いと推測された。

2 1976年秋のポットマム栽培地帯における耐性菌の発生 東京都におけるオキシカルボキシン耐性菌発見の情報は、東京ポットマム研究会を通じて直ちに生産者に流し、注意を呼びかけた。しかし1976年は例年になく夏が涼しかったうえ9月に曇雨天が続いたため、10月に入つて特に西多摩地区のポットマム栽培地に本病が異常多発生し、しかも本剤の効力減退の事例が続発した。そこで同年10月19日に行なわれた同研究会の季咲きポットマム立毛品評会に同行し、供試菌を採集して耐性検定を行なった。この調査では耐性菌の有無を知ろうとしたため、品種別などの区別は行なわず、1生産者につき多発株3鉢から10個以上の冬胞子堆を有する各1病葉を採集した。検定は20ppm寒天における小生子の発芽と、20ppm寒天浸透法および200ppm液浸漬法による小生子の形成について行なった。結果は第2表のとおりである。

第2表 季咲きポットマムにおける耐性検定

供試菌採集地		小生子の発芽			小生子の落下指數		
		素寒天	20ppm 寒天	指數	20ppm 寒天	200ppm液浸漬 無処理	処理
瑞穂町石畑	高橋巖永	83%	0%	0	0.0	3.0	0.0
ク	田村恵亮	92	46	50	3.0	2.3	2.3
ク	吉岡利雄	81	52	64	2.0	2.3	1.7
ク	高根 奥泉安正	83	64	77	2.0	3.0	3.0
ク	奥泉庄司	66	0	0	0.0	2.7	0.0
羽村町羽	小作 清	70	69	99	0.0	3.0	2.7
ク	清水一成	77	65	84	—	3.0	3.0
ク	関口義雄	76	67	88	2.7	3.0	3.0
ク	中島勝衛	71	73	103	1.3	2.0	2.0
ク	羽村宗夫	73	67	92	2.0	2.3	3.0
ク	川崎 中根公平	80	0	0	0.0	2.3	0.0
青梅市新町	松永 晃	82	76	93	—	3.0	3.0

西多摩郡瑞穂町、羽村町および青梅市の合計12生産者について検定した結果、瑞穂町2羽村町1の計3生産者の菌株は感性菌であったが、残りの9生産者からは耐性菌が検出された。なお羽村町小作氏以外の11生産者の場合には、小生子の発芽試験と形成試験の結果が一致し、感性菌か耐性菌のどちらかであった。一方小作氏の場合は小生子の発芽試験に供した3冬胞子堆のうち2冬胞子堆は耐性菌、1冬胞子堆は感性菌のようであり、また小生子の形成試験でも薬剤寒天浸透法に供した冬胞子堆は感性菌、薬液浸漬法に供した3冬胞子堆は耐性菌のようであり、耐性菌と感性菌が混在していると思われた。し

かしこの調査では小生子の発芽および形成試験にそれぞれ別の冬胞子堆を供試したため、混在を証明することはできなかった。いずれにしても本調査を実施した時点では、西多摩地区のポットマム生産地に本剤耐性菌が広く分布していたことが判明した。

3 耐性検定法

第2表の試験は、春に行なった場内菌と教育大菌の試験結果から小生子の発芽を20ppm、薬液浸漬法による小生子の形成を200ppm、薬剤寒天浸透法による小生子の形成を20ppmで検討すれば、耐性菌と感性菌が区別できるであろうと仮定して検定したに過ぎず、それぞれの濃

度が両菌の区別に最適であるという保証はない。また耐性菌検定に小生子の発芽試験と、薬液浸漬法および薬剤寒天浸透法による小生子の形成試験の3方法を用いる必要があるか否かも不明である。

そこで先ず感性菌3菌株を供試し、オキシカルボキシン剤に対する感受性を検討した。結果は第3表のとおりであり、3菌株とも小生子の発芽は5 ppmで完全に阻止され、薬液浸漬法による小生子の形成は100 ppm付近で阻害された。次に耐性菌4菌株を供試し、25~100 ppmおよび250~1000 ppmの範囲で小生子の発芽と形成を検

第3表 感性菌3菌株のオキシカルボキシン感受性

小生子の発芽指數

供 試 菌	0	2	5	10	20	ppm 30
高橋 イエローバラゴン	100	46	0	0	0	—
中根 イエローバラゴン	100	54	0	—	0	—
中根 ホステス(露地)	100	56	0	0	0	—
羽村 ホステス(耐性菌)	100	—	—	87	81	23

小生子の落下指數

供 試 菌	0	20	50	100	200	ppm 300
高橋 イエローバラゴン	3.0	2.0	1.3	1.0	0.0	—
中根 イエローバラゴン	3.0	2.7	2.0	—	0.0	—
中根 ホステス(露地)	3.0	3.0	2.0	0.0	0.0	—
羽村 ホステス(耐性菌)	3.0	—	—	3.0	3.0	2.7

第4表 耐性菌4菌株のオキシカルボキシン感受性

小生子の発芽指數

供 試 菌	0	25	50	100 ppm
奥泉(安)ウェディングベル	100	63	7	1
関口 ブラボー	100	72	29	1
羽村 バラゴン	100	93	50	1
松永 マウントサン	100	81	65	1

小生子の落下指數

供 試 菌	0	250	500	1000 ppm
奥泉(安)ウェディングベル	3.0	2.7	1.3	0.3
関口 ブラボー	3.0	3.0	2.7	2.0
羽村 バラゴン	3.0	3.0	2.7	2.3
松永 マウントサン	3.0	3.0	3.0	3.0

討した。結果は第4表のとおりであり、小生子の発芽は菌株によって50 ppm付近で強い影響を受け、また小生子の形成は500 ppm浸漬でかなり強い阻害を受ける菌株があった。

以上の結果から小生子の発芽を20~25 ppm、小生子の形成を200~250 ppm浸漬で検討すれば、耐性菌と感性菌は識別できると判断した。また小生子の形成試験は薬液浸漬法と薬剤寒天浸透法の2法を併用しなくても、いず

れか1方法を用いれば十分と思われた。さらに第2表の試験ではそれぞれ別の冬胞子堆を供試したため小作氏の場合に耐性菌と感性菌の混在を証明できなかったことを反省し、1冬胞子堆を3等分し、それぞれの細片を発芽試験区、形成試験区、対照の素寒天区に供試した結果、個々の冬胞子堆が耐性菌であるか感性菌であるかを検定することが可能となった。なお第3~4表の試験結果は春に実施した場内菌と教育大菌に関する試験結果と大略一致したが、第4表の供試菌株には本剤に対する耐性程度がやや異なるような傾向がうかがわれ、今後の検討が必要と思われた。

4 個々の生産者内における耐性菌の分布

個々の生産者内で耐性菌と感性菌が如何なる分布をしているかを明らかにするために、耐性菌が検出された3生産者、感性菌が検出された2生産者および両菌の混在と推定された小作氏の場合について、ハウスの棟別、品種別あるいは株別にそれぞれ鉢の異なる3病葉を採集し、検定を行なった。耐性検定は本剤25 ppm寒天における小生子の発芽と、250 ppm液浸漬による小生子の形成

第5表 個々の生産者内における耐性菌の分布

供 試 菌	小生子の発芽		小生子の落下	
	素寒天 25 ppm	指數	無処理 250 ppm 寒天 浸漬	
			77%	61%
奥泉(安) 藤娘	東棟南	77%	79	2.0
	イエローバラゴン	93	61	3.0
	スターべースト	82	49	60
	イエローバラゴン	87	64	3.0
	ウェディングベル	95	60	3.0
羽村	北	92	48	2.7
	バラゴン	85	63	3.0
	夕映え	81	61	3.0
関口	中棟	79	64	3.0
	ホステス	西棟	81	3.0
	イエローバラゴン	93	76	3.0
	コマンダー	87	67	3.0
	ジャックストロー	96	36	3.0
高橋	北	94	72	3.0
	バーミリオン	91	79	3.0
	プラボ	92	66	3.0
	東棟	83	0	3.0
	ホステス	88	0	3.0
中根	西棟	78	0	3.0
	バラゴン	62	0	2.3
	イエローバラゴン	85	0	3.0
	ホステス	91	61	3.0
	ホステス(露地植え)	87	0	3.0
小作	A株	90	0	2
	〃	92	0	3
	〃	94	0	3
	B株	96	79	3
	〃	82	86	3
	〃	94	91	3
	C株	94	0	3
	〃	96	0	3
	D株	88	0	3
	〃	85	68	3

でない、前記1冬胞子堆3分割法を用いた。結果は第5表のとおりである。

奥泉(安)氏の場合、東西に約60m離れたハウスから供試菌を採集したが、延べ6品種から採集した18冬胞子堆はすべて耐性菌であった。羽村氏の場合はハウスが東西3列に接近して建てられていたが、各1品種合計3品種の冬胞子堆はいずれも耐性菌であった。関口氏の場合には同一ハウスの6品種について検定したが、すべて耐性菌であった。以上3生産者の場合は本剤を5~7回散布しており、これによって感性菌が完全に淘汰されたと考えれば当然の結果である。

一方高橋氏の場合は東棟と西棟が約100m離れていたが、両ハウスから採集した4品種計12冬胞子堆はいずれも感性菌であり、耐性菌は検出されなかった。中根氏の場合はガラス室栽培であり、2品種だけに本病が少発生していたが、検定の結果はイエローパラゴンの3冬胞子堆は感性菌であり、ホステスの3冬胞子堆は耐性菌であった。さらに興味深いのは、ガラス室の北約100m離れた畑に放置されていたホステスの親株からは感性菌が検

出された。なお中根氏からの情報によると、ガラス室内に本剤を3回散布したところイエローパラゴンの発病は止まったが、ホステスの発病は抑えられなかつたといふ。両菌の混在が予想された小作氏の場合は、イエローパラゴンだけに本病が少発生していたので、計4鉢からそれぞれ1病葉を採集して検定を行なつた。結果は各冬胞子堆ごとに表に示したが、A株とC株の各3冬胞子堆は感性菌、B株の3冬胞子堆は耐性菌であり、さらにD株では1葉に2冬胞子堆しか形成されていなかつたが、それぞれが感性菌と耐性菌であり、1病葉上でも両菌が混在していた。感性菌が検出されたこれら3生産者の場合、本病は概して少発生であり、本剤の散布回数は2~3回であった。

5 耐性菌の発生原因

東京都における耐性菌の発生原因を検討するため、耐性検定を行なつた生産者に対して本剤の使用状況や親株苗導入の有無などについて聴き取り調査を実施し、前記2~4の試験を総合した検定結果とあわせて第6表にまとめた。

第6表 耐性検定結果およびオキシカルボキシン剤の使用状況と苗の導入状況

生産者	発生状況	検定回数	検定結果	親株苗への		鉢上げ後散布回数			奈良県からの 苗の導入状況
				本剤の使用	本剤	その他	合計		
瑞穂町 高橋	1部多発	7	感性	なし	3	3	6	前年一部品種	
ク 奥泉(安)	激発	10	耐性	散布3回	5	5	10	ク	
羽村町 小作	少発	5	混在	なし	2	9	11	本年一部品種	
ク 関口	激発	7	耐性	苗浸漬	7	2	9	本年全品種	
ク 羽村	激発	4	耐性	苗浸漬	5	5	10	ク	
ク 中根	少発	4	混在	なし	3	1	4	ク	
瑞穂町 田村	多発	1	(耐性)	散布4回	1	7	8	前年一部品種	
ク 吉岡	少発	1	(耐性)	なし	2	7	9	ク	
ク 奥泉(庄)	1部多発	2	(感性)	なし	3	3	6	ク	
羽村町 清水	激発	1	(耐性)	なし	5	1	6	本年全品種	
青梅市 松永	多発	2	(耐性)	なし	1	10	11	前年一部品種	

耐性菌の発生原因は、耐性菌既発生地から苗とともに持ち込まれた場合と、本剤の連用によって東京都で病原菌が耐性化した場合が、可能性として考えられる。東京都の生産地では最近省力や新品種導入、苗更新などを目的として苗業者から親株用の苗を購入する傾向にあり、本調査を行なった生産者の場合にも本年または前年春に一部品種もしくは全品種を奈良県から導入している。しかも両年とも苗購入時に本菌の冬胞子堆が認められ、本剤を2~3回散布したが防除できなかつたという。したがって奈良県から苗とともに耐性菌が持ち込まれた疑いは極めて高い。しかし購入苗上の病原菌がすべて耐性菌

であったかどうかは購入時に耐性検定を行なっていないため明らかでなく、前記羽村町中根氏のホステスの場合のように畑に放置された親株上の病原菌は感性菌、鉢上げ後ガラス室で栽培した株の病原菌は耐性菌という事例もある。この例では親株が秋に感性菌の感染を受けた、あるいは逆に鉢上げ後の株が耐性菌の感染を受けたと考えるよりも、親株上に両者が混在し、畑に放置された株では本剤が使用されなかつたために感性菌が優占し、一方ガラス室の株では本剤の散布により感性菌が淘汰された結果耐性菌が優占したと考えた方が無理がない。

一方東京都での本剤連用による病原菌の耐性化の可能

性であるが、1975年は本病の少発生年であったため本剤は苗購入時に2～3回使用されたほかは秋にはほとんど使われていない。1976年は秋に特に耐性菌が検出された生産者で本剤の使用回数が多いが、これによって病原菌が耐性化したとは考えにくく、当初から耐性菌であったため本剤による防除効果が現われず、これに伴って散布回数が増加したと考えたい。しかし東京都で病原菌が耐性化した可能性がまったくないわけではなく、奈良県から苗を導入する以前に本剤の効力減退に関する情報が1例寄せられている。

いずれにしても東京都における耐性菌の発生原因は明らかでなく、今後苗購入時や春季の親株上、秋季初発生時に耐性検定を行ない、あるいは感性菌に本剤を適用して耐性化の有無を検討するなどし、結論したい。

6 耐性菌対策としたオキシカルボキシン代替薬剤の探索

東京都のポットマム栽培地には本剤耐性菌が広く分布していることが判明したので、この対策を早急に確立する必要に迫られた。耐性菌対策として最も単純で手早い

第7表 数種薬剤の効果（激発期散布）

供試薬剤および濃度	冬胞子堆数
トリアジメホン(25%) 水和剤 250ppm(1000倍)	11.7
トリアジメホン(100E.C.) 乳剤 250ppm(400倍)	8.9
トリアジメホン(100E.C.) 乳剤 125ppm(800倍)	10.1
7711 (200E.C.) 乳剤 500ppm(400倍)	5.9
7711 (200E.C.) 乳剤 250ppm(800倍)	7.0
トリホリン(15%) 乳剤 150ppm(1000倍)	8.4
オキシカルボキシン(50%) 水和剤 250ppm(2000倍)	13.0
T P N (75%) 水和剤 1000ppm(750倍)	11.9
無 散 布	13.0

注) 場所: 場内ビニルハウス。規模: 2連制, 1区2鉢(10株)。品種: ディープラベンダー(羽村町関口氏, 耐性菌)。薬剤散布: 10月27日～11月8日に5回。調査: 11月15日に1区6茎について花器下10cmの茎の冬胞子堆数を調査。

第8表 数種薬剤の効果(多発期散布)

供試薬剤および濃度	11月8日		11月15日	
	発病率%	冬胞子堆数	発病率%	冬胞子堆数
トリアジメホン 水和剤 250ppm	78	4.2	35	1.2
トリアジメホン 乳剤 250ppm	63	2.9	34	1.4
トリアジメホン 乳剤 125ppm	67	2.8	49	1.5
7711 乳剤 500ppm	64	3.1	48	1.9
7711 乳剤 250ppm	73	3.4	44	1.6
トリホリン 乳剤 150ppm	73	4.3	50	2.4
オキシカルボキシン 水和剤 250ppm	71	3.2	52	1.8
マンネブ(75%) 水和剤 1000ppm	67	2.4	71	2.1
無 散 布	86	5.3	54	2.1

注) 場所: 瑞穂町奥泉安氏ハウス(耐性菌)。規模: 3連制, 1区2鉢(10株)。品種: マーキュリー。薬剤散布: 10月22日～11月1日に3回。調査: 11月8日に1区6茎の上位5葉について、11月15日に1区12茎の上位3葉について冬胞子堆数を調査。

第9表 数種薬剤の効果(発生前散布)

供試薬剤および濃度	11月27日		12月4日	
	発病率%	冬胞子堆数	発病率%	冬胞子堆数
トリアジメホン 乳剤 250ppm	0	0	0	0
トリホリン 乳剤 150ppm	0	0	0	0
T P N 水和剤 1000ppm	18	1.8	20	3.6
無 散 布	49	18.0	54	62.9

注) 場所: 場内ハウス(耐性菌)。規模: 1区4鉢。品種: 夕鶴。薬剤散布: 10月30日～11月4日に4回。調査: 頂葉以下の10葉について調査。

のは、本剤の使用を中止して他剤に切り替える方法である。ただしこれはオキシカルボキシン剤同等の効力を有する薬剤があり、かつ本剤耐性菌にも有効である場合に限って可能であり、従来の保護剤に切り替えるのでは普

及性に乏しいと考えた。一方最近は本病に登録申請中の薬剤やナシ赤星病やバラさび病などに卓効といわれている数種の薬剤が開発されている。そこでトリホリン剤(商品名サプロール), トリアジメホン剤(バイレトン)および7711(新規合成化合物)について本病防除効果を検討した。

第7表は瑞穂町奥泉安正氏のビニルハウス内で多発生株に散布した試験の結果であり、第8表は羽村町関口義雄氏の激発株(上位葉は葉巻きを生ずる程に発病)を供試して場内ビニルハウス内で行なった試験結果である。両試験とも供試したトリホリン, トリアジメホンおよび7711は、対照のマンネブ剤またはTPN剤に比較すると幾分発病が軽くなったが、感性菌に対するオキシカルボキシン剤のような顕著な防除効果は見られず、治病効果

第10表 トリアジメホン(バイレトン)および7711の作用性 小生子の発芽阻害効果(対無処理指数)

区別	0	20	40	60	80	ppm 100
トリアジメホン (耐性菌)	100	97	72	42	9	0
トリアジメホン (感性菌)	100	92	76	50	35	—
7711(耐性菌)	100	73	49	1	1	0
7711(感性菌)	100	54	21	1	0	0
オキカルボ キシン(耐性菌)	100	94	46	27	2	1
オキカルボ キシン(感性菌)	100	0	0	0	0	0

小生子の形成阻害効果(落下指数)

区別	0	400	600	800	1000	2000	ppm 4000
トリアジメホン (耐性菌)	3.0	3.0	2.7	1.7	1.7	2.0	0.0
トリアジメホン (感性菌)	3.0	2.3	2.0	2.3	2.3	1.7	0.3
7711(耐性菌)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
7711(感性菌)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
オキカルボ キシン(耐性菌)	3.0	2.7	2.0	1.7	1.3	0.3	0.0
オキカルボ キシン(感性菌)	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

第11表 トリホリン(サプロール)の作用性 小生子の発芽阻害効果(対無処理指数)その1

区別	0	25	50	75	100ppm
トリホリン(耐性菌)	100	0	0	0	0
トリホリン(感性菌)	100	0	0	0	0
オキシカルボキシン (耐性菌)	100	64	46	6	0
オキシカルボキシン (感性菌)	100	41	17	0	0

その2

区別	0	0.5	1	2	4	ppm 6
トリホリン(感性菌)	100	91	72	13	0	0
マンネブ(感性菌)	100	—	37	10	0	—

小生子の形成阻害効果(落下指数)

区別	0	250	500	750	1000	2000	ppm 4000
トリホリン (耐性菌)	3.0	2.5	1.5	2.5	1.3	0.0	0.0
トリホリン (感性菌)	3.0	3.0	2.7	3.0	1.0	0.3	0.3
オキシカルボ キシン(耐性菌)	2.0	2.0	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0
オキシカルボ キシン(耐性菌)	2.3	2.0	2.5	—	1.0	0.7	0.3

もほとんど期待できなかった。しかし発病前から散布した場合には、第9表に示す如くトリホリンおよびトリアジメホンは対照のTPNに優る予防効果が認められた。これら3薬剤の作用性について検討した結果は第10~11表のとおりである。トリホリンは小生子の発芽阻害作用(2~4ppm)はマンネブ剤並に高いが、小生子の形成阻害作用(4000ppm付近)は極めて弱く、トリアジメホンは小生子の発芽阻害作用(100ppm付近)も形成阻害作用(4000ppm付近)も弱く、7711は小生子の発芽阻害作用(60ppm付近)はある程度認められたが、小生子の形成阻害作用はまったく認められなかった(トリアジメホンと7711は小生子の発芽および形成阻害作用は弱いにもかかわらず高い予防効果を示すので、別の作用機作を持つように思われ、今後の検討が必要である)。

以上の結果を総合し、これら3薬剤はオキシカルボキシンの代替薬剤とはなりえないと判断した。

IV 考 察

キク白さび病の特効薬オキシカルボキシン剤の効力減退現象に最初に気付いたのは芳岡¹⁰⁾であり、1973年に奈良県のボットマムでこれを確認している。また1974年に日本植物防疫協会が全国の農業関係試験研究場所に対して行なった耐性菌に関するアンケート調査によれば、奈良県のほかに千葉、三重、兵庫、徳島の4県から本剤の効力減退の事例が回答されている¹¹⁾。しかし本剤の効力減退が耐性菌によるものであることを証明したのは我孫子ら¹²⁾であり、本報の東京都における事例がこれに次ぐものと思われる。

我孫子¹²⁾は耐性菌として奈良県の2菌株および三重県の1菌株、感性菌として三重県の3菌株を供試し、冬胞子の発芽阻止濃度は感性菌20ppmに対し耐性菌200ppm、小生子の形成阻止濃度は感性菌10ppmに対し耐性菌50ppm、小生子の発芽阻止濃度は感性菌10ppmに対し耐性菌100ppmであったことを報告している。1976年春および秋に東京都で発生した病原菌について行なった試験では、小生子の発芽阻止濃度は感性菌5ppm付近に対し耐性菌100ppm付近、小生子の形成阻止濃度は薬剤寒天浸透法では感性菌2.5～5ppm（2.5から5ppmの間という意味）に対し耐性菌80～100ppm、薬液浸漬法では感性菌50～100ppmに対し耐性菌2000～4000ppmであった。両者は試験方法が異なるためそのまま比較することはできないが、耐性菌および感性菌の本剤感受性はほぼ同程度と思われる。

我孫子は耐性菌の検定法については特に報告していないが、その後の試験では10ppmおよび50ppm寒天における冬胞子と小生子の発芽で検定しているようである。本報では20～25ppm寒天における小生子の発芽と200～250ppm液浸漬による小生子落下の有無により耐性菌を検出できること、および冬胞子堆を3等分してそれぞれ小生子発芽用、落下調査用、対照の無処理用に供せば冬胞子堆ごとの耐性検定が可能なことを明らかにした。また普及所などの現場調査用としては、冬胞子堆を2等分して1片を200～250ppm液に浸漬処理し、残り1片を対照の無処理とし、小生子落下の有無を調べる簡易検定法も考案した。この方法は特別の器具や培地の殺菌などを要せず、調査は肉眼で行なえ、しかも夕刻に処理すれば翌朝には結果がわかるという生産者段階でも利用できる簡易な方法である。ただしこの場合に老化した冬胞子堆を供試すると、冬胞子堆中に混在する *Cladosporium* sp. や

Sporobolomyces sp. などの雑菌の胞子が寒天上に落ち、あたかも小生子が落下したような状況を呈すことがあるので、新鮮な冬胞子堆を供試する必要がある。検定に必要な冬胞子堆数についてはまだ厳密に検討していないが、生産者ごとに代表品種各3冬胞子堆程度を供試すれば良いように思われる。

冬胞子堆の3分割法を用いて東京都の6生産者について耐性菌の分布を調査した結果では、耐性菌のみ検出が3例、感性菌のみが1例、両者の混在が2例であった。この分布の差は淘汰圧すなわちオキシカルボキシン剤の使用状況の差によるものと思われ、本剤を5回以上散布した場合には耐性菌のみとなるが、3回以内の散布では感性菌が淘汰されずに生き残るようであった。また耐性菌と感性菌が混在する場合には、両者が品種によってわかる例と同一葉上に混在する例が見られ、本剤を使用しなければ耐性菌と感性菌は同一葉上にまったくランダムに分布すると思われた。

耐性菌の発生原因や対策を考えるには、耐性の遺伝構成や変異の生じやすさ、自然条件での生存能力など耐性菌の性質について知る必要がある。本剤および類縁のカルボキシン剤は呼吸阻害剤であってコハク酸デヒドロゲナーゼに働きかけ、チトクローム系への電子伝達を阻害することが知られている^{7,12,14,15)}。本剤耐性に関しては Georgopoulosら⁶⁾はトウモロコシ黒穂病菌(*Ustilago maydis*)に紫外線を照射して耐性株を得、またカルボキシン剤では Ben-Yephetら³⁾がオオムギ堅黒穂病菌(*U. hordei*)で同様にして耐性株を誘導している。これらの変異株では耐性は单一遺伝子の変異による場合と、数個の遺伝子の変異による場合⁴⁾が知られている。この違いは後述の競合能力に関連するので、今後の検討が必要である。本菌の耐性獲得能力については既に我孫子²²⁾が検討し、感性菌に本剤を12回連続(11～5月)散布しても、また5～10月に6回人為淘汰を加えても本剤感受性は変化しなかったという試験結果から、本耐性菌の出現頻度は極めて低いであろうと推定している。以上の知見と現地で行なった聴き取り調査の結果を合せて耐性菌の発生原因を考えると、今回の東京都における事例は耐性菌が苗とともに奈良県から持ち込まれた可能性が極めて強いと推測される。

耐性菌対策についてはとりあえずオキシカルボキシン代替薬剤の探索を行なったが、最近開発されたトリホリン、トリアジメホン、7711の3薬剤は治病効果がほとんどなく、本剤の代替薬剤としては期待が持てなかった。このことは今後何らかの方法によって耐性菌を除去し、オキシカルボキシン剤を再び安全に使用していく必要が

あることを示している。耐性菌を除去するとひとつの方法としては、本剤の使用を一定期間中止することが考えられる。我孫子²²⁾は薬剤が存在しない条件下において耐性菌と感性菌の生存能力を比較したが、両菌を2月に同率に接種した場合しだいに耐性菌の検出割合が減少し、越夏後の10月以降は耐性菌はまったく検出されなかつたと報告している。カスガマイシン耐性イネいもち病菌(三浦¹¹⁾)やベノミル耐性キュウリうどんこ病菌(Deekerら²³⁾)の場合のように、本耐性菌も競合能力あるいは環境適応性が弱いものと思われる。本剤の使用を中止した場合の散布薬剤として奈良県では芳岡²⁰⁾が水和硫黄や硫黄粉剤の使用を勧めているが、広く使用されているジチオカーバメート剤でも良いであろう。これらの薬剤は本剤耐性菌が交差耐性を示すことはない。東京都の防除慣行は、例えば季咲きポットマム(栽培期間100日)の場合、着蕾期までの80日間は前半は主としてマンネブ剤、後半はアンバム剤を平均5回程度散布し、本病の発生を見た場合にはオキシカルボキシン剤を数回散布してきた。このオキシカルボキシン剤の散布を中止するのであるから、特に前半のマンネブ剤など保護剤の散布は間隔を短縮して回数を多くし、同時に後述の耕種的防除にも一層心掛けなければならない。また耐性菌は苗とともに持ち込まれる危険性が大きいから、苗の導入時には耐性検定を行ない、万一耐性菌が検出された場合には内田²³が試験した苗の温湯消毒(50°C 60秒程度)など本剤によらない苗消毒が必要となろう。

一方耐性菌未発生地においても今後耐性菌が発生する恐れがあるので、従来のオキシカルボキシン剤に頼りきった防除や本剤の運用を改め、栽培環境を本病の発生しにくい状態に改善する、苗の導入を慎重に行なう、感受性の特に高い品種は栽培しない、予防散布に励む、被害株を早期に処分する、などの対策が必要である。なお一般に未発生地における耐性菌対策として他剤との混用や交互散布が勧められているが、原理的には理解できるとしても、本病の場合にどの程度実際場面で意味があるのか不明であり、これらの点については今後検討したいと考えている。

V 摘 要

1 1976年6月、当場内の大輪ギク親株上でオキシカルボキシン耐性キク白さび病菌の発生を確認した。本剤耐性菌は同年10月以降、西多摩地区のポットマム栽培地で異常多発した。

2 耐性菌と感性菌の本剤感受性を比較したところ、薬剤寒天上的小生子発芽阻止濃度は感性菌が5 ppm付近に

対して耐性菌は100ppm付近であり、冬胞子堆の薬液浸漬による小生子の形成阻止濃度は感性菌50~100ppmに対し耐性菌は2000~4000ppmであった。

3 耐性菌を検出する方法として、本剤20~25ppm含有寒天における小生子の発芽と、200~250ppm液冬胞子堆浸漬による小生子落下の有無を調べる方法を開発した。

4 西多摩地区の6生産者について耐性菌の分布実態を調査したところ、3生産者の場合は耐性菌のみ、1生産者では感性菌のみが分布し、残り2生産者の場合は両菌の混在であり、同一葉上に両菌が混在している例もみられた。

5 耐性菌の発生原因は究明できなかったが、今回の東京都の事例では耐性菌は苗とともに奈良県から持ち込まれた疑いが強かった。

6 耐性菌対策として代替薬剤を探索したが、トリホリン、トリアジメホンおよび7711にはオキシカルボキシン剤のような治病効果がほとんど認められず、期待が持てなかった。

引 用 文 献

- 1) 我孫子和雄・岸 国平・芳岡昭夫(1975). 目植病報 41: 100. (講要).
- 2) 我孫子和雄(1975). 植物防疫 29: 197-198.
- 3) Ben-Yepheth, Y., Henis, Y., and Dinoor, A. (1974). Phytopathology 64: 51-56.
- 4) Ben-Yepheth, Y., Henis, Y., and Dinoor, A. (1975). *Ibid.* 65: 563-567.
- 5) Firman, I.D. and Martin, P.H. (1968). Ann. appl. Biol. 62: 429-442.
- 6) Georgopoulos, S.G. and Sisler, H.D. (1970). J. Bacteriol. 103: 745-750.
- 7) Georgopoulos, S.G., Alexandri, E. and Chrysai, M. (1972). *Ibid.* 110: 809-817.
- 8) 飯田 格(1975). 植物防疫 29: 163-166.
- 9) 飯嶋 勉・橋本貞夫(1972). 関東病虫研報 19: 62.
- 10) 夏目幸男・小塚宅右門・井上好之利(1971). 目植病報 37: 400-401. (講要).
- 11) 三浦春夫(1975). 植物防疫 29: 183-186.
- 12) Simons, M.D. (1975). Phytopathology 65: 388-392.
- 13) 菅田重雄ら(1972). 関東病虫研報 19: 60-61.
- 14) Ulrich, J.T. and Mathre, D.E. (1972). J. Bacteriol. 110: 628-632.
- 15) White, G.A. (1971). Biochem. Biophys. Res. Commun. 44: 1212-1219.

- 16) 山田駿一 (1956). 日植病報 20 : 148-154.
- 17) 米山伸吾・菅田重雄・飯嶋 勉 (1971). 日植病報 37 : 401. (講要)。
- 18) 米山伸吾 (1972). 関東病虫研報 19 : 63-64.
- 19) 芳岡昭夫 (1974). 今月の農業 18(11) : 46-50.
- 20) 芳岡昭夫 (1975). 同上 19(7) : 28-30.
- 21) 日本植物防疫協会 (1974). 昭和 49 年度薬剤耐性菌に関するシンポジウム講要 pp.47-51.
- 22) 農林省野菜試験場 (1976). 昭和 50 年度病害に関する試験成績 pp.70-73.
- 23) 山梨県農業試験場 (1975). 昭和 49 年度試験研究成績書 (病害虫関係) pp.60-63.