



非イオン界面活性剤を用いた *Phytophthora* および *Pythium* による植物疾病の新しい防除の観点 II

殺菌剤による増強効果

宮田 善雄*・並木 隆和**・高嶋 四郎**・正子 朔*


YOSHIO MIYATA, TAKAKAZU NAMIKI, SHIRO TAKASHIMA and
HAJIME MASAGO

A new aspect of protection method for *Phytophthora* and *Pythium*
disease by nonionic surfactants II
Reinforcement effects by some fungicides

要旨：前報において、非イオン界面活性剤、ポリエチレングリコール・アルキルエーテル型およびアルキルフェノールエーテル型のエチレンオキシド数6~10程度のもので、*Phytophthora* や *Pythium* の遊走子を瞬時的に破裂させる現象を見出し、これを水耕や礫耕栽培においてこれらの菌によって起こる疾病の防除に適用することの可能性について報告した。その後、実際の水耕栽培キュウリを用いて、*Phytophthora capsici* の遊走子を接種して起こる疫病の防除に適用し、十分な効果を認めることができた。しかしながら、本剤は遊走子以外にはほとんど無効であって、本剤のみで完全な防除を期待することは無理であり、また、根に対する薬害が比較的強いことから、ここに、他の殺菌剤と混用することによって、さらに効果を補強し、かつ、本剤の使用濃度を下げて薬害を一層軽減することを検討してみた。市販の殺菌剤の中から *Phytophthora* に効果の高いものをスクリーニングして、5種を選出し、ポリエチレングリコール・アルキルフェノールエーテル C_9H_{19}  $O(C_2H_4O)_{9.5}H$ との混用効果を調べたところ、いずれも各々の有効限界濃度をさらに半分に減ずる程度の増強効果を認めることができた。例えば、ヒドロキシキノリン銅の場合、キュウリ実生試験において混用時の有効限界濃度は1.57 ppm となり、製剤の25万倍液に相当する。水耕キュウリに対する防除試験では、 C_9H_{19}  $O(C_2H_4O)_{9.5}H$ 12.5 ppm、ヒドロキシキノリン銅 3.14 ppm としたが、接種後10日目の調査で、単独区はそれぞれ33%、100% 発病したのに対し、混用区では発病なく、混用による防除増強効果を確認することができた。

I 緒 言

ある種の非イオン界面活性剤中において、*phytophthora* や *Pythium* の遊走子が瞬時的にバースト（細胞破裂）を起こすことを見出し、それを主として水耕、礫耕栽培などにおける疫病の防除に応用することを考えた。種々の非イオン界面活性剤を用いて、そのバースト効果を調べたところ、ポリエチレングリコール・アルキルエーテル型およびアルキルフェノールエーテル型のエチレンオキシド数6~10、HLBにして10~

13程度のもので、とくに効果が高いことがわかった。そのひとつである C_9H_{19}  $O(C_2H_4O)_{9.5}H$ を用いて、疫病菌によるキュウリ実生の立枯症状に対するほぼ満足すべき防除効果を確認した。これらについては前報に報告した通りである⁵⁾。ところで本剤を疫病などの防除に用いる上で大きな欠点が二つある。ひとつは、本剤が遊走子のみには有効であって、菌がそれ以外の形態をとる場合にはほとんど何の影響も及ぼさない。従って遊走子を人為的に接種する場合はともかくとして、自然状態では必ずしも遊走子のみが侵入に

* 京都府立大学農学部植物病理学研究室
Laboratory of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

** 京都府立大学農学部野菜園芸学研究室
Laboratory of Olericulture, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.
昭和48年7月28日受理

関与するわけでないから、本剤のみで十分な防除効果を期待することは無理である。もうひとつの欠点は、本剤のキュウリ根に対する薬害がかなり強いことであり、25 ppm でも一時的薬害が生じ、若苗の場合には明らかに生育に遅れが起こることがある。そこで、市販の殺菌剤の中から適当なものを選び、活性剤と混用することによって、効果を増強すると共に、活性剤の使用濃度をできるだけ下げて薬害を回避することについて検討し、一応の成果を得たのでここに報告することにした。

II 実験材料および実験方法

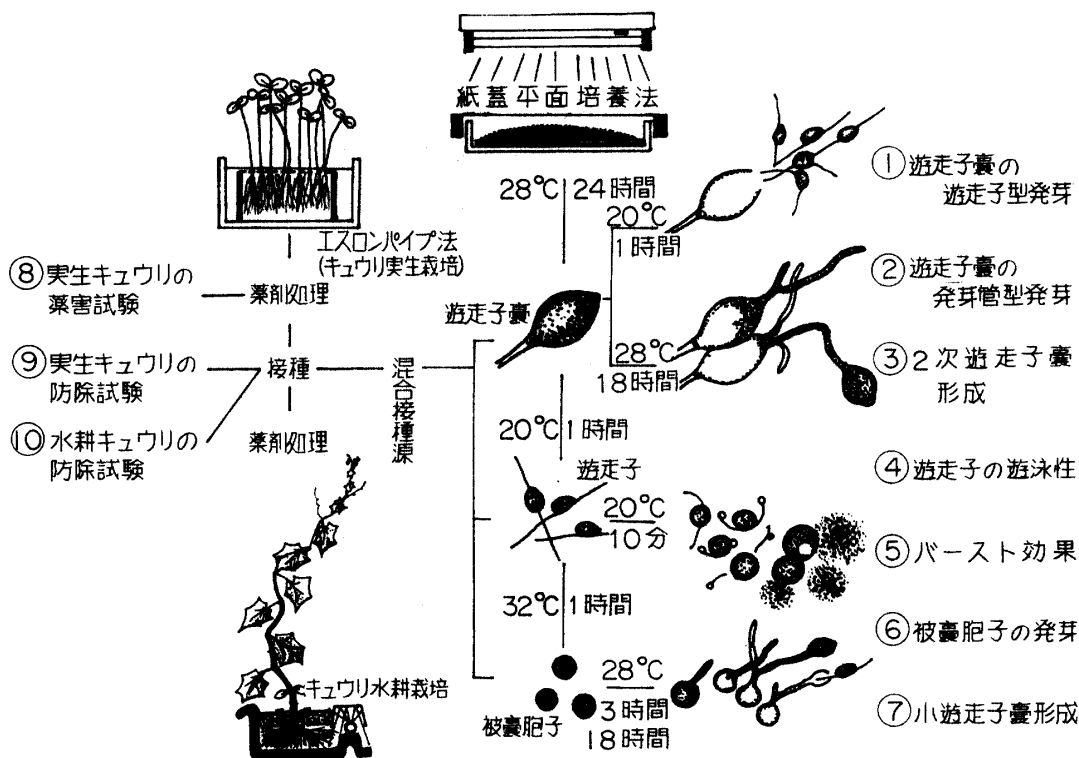
遊走子嚢および遊走子を用いる実験にはすべて *P. capsici* (京都府立大学保存菌 No. 001) を用いた。それらを得る方法についてはすでに報告⁴⁾した通りであり省略する。水耕キュウリの接種実験に用いた *P. melonis* (保存菌 No. 033) は市販のキュウリに有傷接種して 28°C に 5 日間培養しておいたものをミキサーで破碎し、その破碎物を一定量ずつ水耕液タンクに投入する方法をとった。

後述する疫病菌を対象とした殺菌剤のスクリーニングには最初、市販されているものの中から12種ほど用いたが、結局、有望な殺菌剤として混用試験に用いたものは、トリクロルメチルチアゾール剤 (三共

パンソイル乳剤)、キャプタン剤 (三共キャプタン水和剤)、塩基性塩化銅剤 (北海三共 KBW 水和剤)、ヒドロキシキノリン銅剤 (兼商キノンドー水和剤) およびアンバム剤 (三洋貿易ダイセンステンレス乳剤) の 5 種で、表記有効成分含量に従って所定濃度になるよう調製した。

疫病菌を対象としたスクリーニング方法については、別に報告するつもりであるので詳細は省略するが、①遊走子嚢の遊走子型発芽(間接発芽)、②遊走子嚢の発芽管型発芽(直接発芽)および ③2次遊走子嚢形成の有無、④遊走子の遊泳に及ぼす影響および ⑤バースト効果、⑥被嚢胞子の発芽、ならびに ⑦小遊走子嚢形成の有無を第一次スクリーニングとし、総合的に効果の高いと判定されたものについては、⑧キュウリ実生根に対する薬害の程度と ⑨キュウリ実生の *P. capsici* による立枯症状に対する抑制効果を第二次スクリーニングとして、合計9項目について検討した。その概要は第1図に模式的に示した。

供試した水耕栽培装置は総プラスチック製で、培養液は間欠噴射湛液循環方式である。培養液は礫耕用園試処方第1例を用いた。詳細については別に報告⁸⁾があるので省略する。キュウリは品種さちかぜを供試し、播種後、ほぼ1カ月目に水耕ベットに6本宛定植した。定植後ほぼ1カ月後に防除試験を実施した。



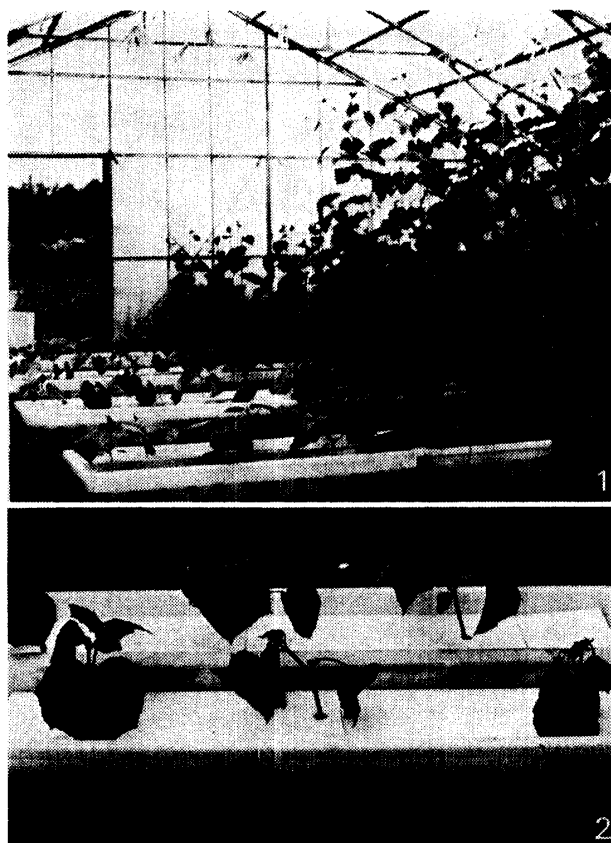
第1図 疫病菌に対する殺菌剤スクリーニング法

Ⅲ 実験結果

1. 非イオン界面活性剤のみによる水耕キュウリ疫病防除効果試験*

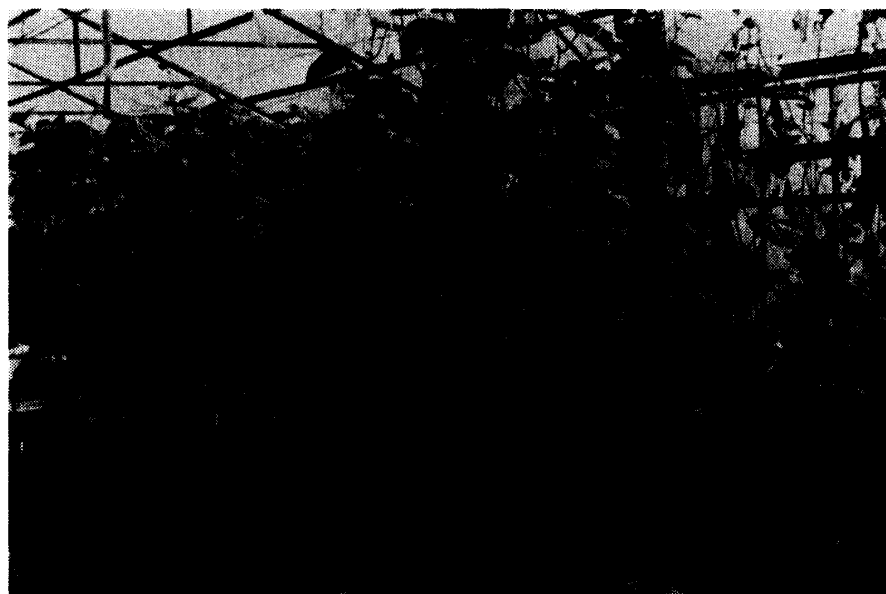
実際の水耕装置を用いて栽培したキュウリに対して、活性剤 $C_9H_{19} \text{O} (C_2H_4O)_{9.5} H$ の疫病防除効果を調べてみた。前報の結果から、葉害がなく、しかもバースト効果の十分な濃度である 25 ppm となるように培養液中に活性剤を添加したところ、第2図にみられるように、定植間もない若苗に、翌日、萎凋が認められた。第2、第3ベットの成育の進んだものではほとんど萎凋はみられなかった。この若苗の萎凋はその後2~3日、日中に出現したが、次第に正常に復し、結局は数日の生育の遅れとなった。約1カ月後、第1ベッドのみを残し、新たに活性剤を 25 ppm に相当する量を添加し、翌日、*P. capsici* の遊走子けんたく液を接種した。けんたく液の濃度は約 10^3 個/ml で、各区 100 ml を添加した。培養液量は約 70 l であるので、培養液 1 ml 当り 1.4 個の遊走子を接種したことになる。活性剤を添加しなかった接種区において、約1カ月後、萎凋が現われたが、活性剤を添加した接種区ではすべて健全で(第3図)、活性剤の添加による疫病防除効果を確認することができた。

次に、*P. melonis* を用いた場合の防除効果試験を試みた。新たに水耕栽培したキュウリに対し、前述した接種キュウリ果実のミキサー破砕物を添加して接種



第2図 水耕キュウリにおける非イオン界面活性剤による葉害

1：全景 2：若いキュウリに萎凋が目立つ。



第3図 水耕キュウリにおける非イオン界面活性剤による疫病防除試験結果
手前より無添加接種区、添加接種区。無添加無接種区、添加接種区。
手前の無添加接種区のみ疫病(*P. capsici*)による立枯症状が発生し、
非イオン界面活性剤の添加による防除効果は明瞭に現われた。

* 本試験は昭和47年5月から10月にわたって実施した。

したところ、最初は前回同様に、活性剤を添加しない接種区にのみ萎凋を生じ、防除試験は成功したかにみえたが、数日後、活性剤を添加した接種区で全株が急激な萎凋を起こした。その罹病部を採取し、*Phytophthora*・*Pythium* 選択培地 (PVP 培地) を用いて再分離したところ、強い病原性を有する *Pythium* sp. が分離された。おそらく、混入した *Pythium* が、薬害で弱った根に侵入し発病したものと推察される。これらのことから、殺菌剤と混用することによって防除効果を増強することの必要性を痛感し、次の試験となった。

2. 疫病菌に効果の高い殺菌剤のスクリーニング

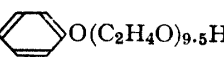
供試薬剤はすべて市販されているもの12種を用いた。それらのうちから、前述の第1・第2スクリーニングを経て、比較的疫病菌に効果の高いもの5種を選出した。それらの結果は本研究の主目的ではないので省略する。

3. 活性剤と殺菌剤の混用による増強効果試験

この試験は本研究の中心であるので、ここで、少し詳しくその方法について補足すると、まず、殺菌剤の所定濃度の4倍量の溶液をつくる。すなわち、活性剤

は 25 ppm, トリクロルメチルチアジアゾール剤は50 ppm, キャプタン剤は 12.5 ppm, 塩基性塩化銅剤は 125 ppm, ヒドロキシキノリン銅剤は 6.25 ppm, アンバム剤は 25 ppm である。これを単独区の場合は等量の脱イオン水と、混用区の場合は等量の活性剤液とそれぞれ、よく混合する。次に、観察用の小型ガラス皿に 0.2 ml ずつ遊走子囊、遊走子または被囊胞子のけんだく液を取り、続いて、単独あるいは混合した各試験液を 0.2 ml ずつ加え、第1図に示す所定の処理時間後、対照区との比較において観察記録する。薬害および疫病菌による立枯症状に対する防除効果試験においても方法はほぼ同様である。4回の反復試験の総合的判定結果を第1表に示した。活性剤の濃度が6.25 ppm の場合、防除効果はなく立枯症状は確実に発現するが、殺菌剤と混用することによって、立枯症状は明らかに軽減され、とくに、ヒドロキシキノリン銅とトリクロルメチルチアジアゾールとの混用区では完全に抑制された。この時の殺菌剤濃度では単独区ではいずれも程度の差こそあれ立枯症状は発生している。この混用による増強効果は、特定の調査項目に現われているというよりむしろ全般的に発現しており、活性剤が各殺菌剤との接触や浸透を助長した結果であると考えられる。

第1表 非イオン界面活性剤と各種殺菌剤の混用試験結果

供 試 殺 菌 剤		C_9H_{19}  $O(C_2H_4O)_{9.5}H$	トリクロル メチルチア ジアゾール 剤	キャプタン 剤	塩基性塩化 銅剤	ヒドロキシ キノリン銅 剤	アンバム剤
単 独 区	遊走子囊の遊走子型 発芽	—	+++	++	+++	++	+++
	遊走子囊の発芽管型 発芽	—	+	++	—	±	++
	遊 走 子 の 遊 泳	—	活 発	停 止	ゆるやか	停止・破裂	活 発
	被 囊 胞 子 の 発 芽	—	+++	++	+	+	++
	キュウリ実生根に対 する薬害 キュウリ実生の立枯 症状	—	—	—	—	—	+
混 用 区	遊走子囊の遊走子型 発芽	+++	++	+	+	+	++
	遊走子囊の発芽管型 発芽	++	+	++	—	±	+
	遊 走 子 の 遊 泳	活 発	ゆるやか	停止・破裂	停 止	停止・破裂	ゆるやか
	被 囊 胞 子 の 発 芽	+++	+++	—	—	—	++
	キュウリ実生根に対 する薬害 キュウリ実生の立枯 症状	—	—	—	±	—	+
薬 剤 濃 度 ppm	6.25	12.5	6.25	31.3	1.57	6.25	



第4図 水耕キュウリにおける殺菌剤で補強した非イオン界面活性剤による疫病防除効果試験結果
 1: 無添加・接種区 2: 非イオン界面活性剤単独添加・接種区
 3: 殺菌剤単独添加・接種区 4: 非イオン界面活性剤殺菌剤混用添加・接種区

4. 活性剤と殺菌剤との混用による水耕キュウリ疫病防除効果試験*

再び1と同様の方法にて、キュウリを水耕栽培した。5月1日、キュウリ種子を砂床に播種、発芽後、水耕ベッドの礫ポットで育苗、6月4日、水耕装置に定植した。供試薬剤は最も低濃度で効果の高かったヒドロキシキノリン銅を用いることにした。試験区は、活性剤 12.5 ppm およびヒドロキシキノリン銅剤 3.14 ppm のそれぞれ単独区および混用区ならびにい

ずれをも添加しない区の4区とし、いずれも、前述の *P. melonis* 罹病キュウリ破砕物 100 ml を投入して接種した。薬剤処理は7月9日、接種は同月10日であった。調査は対照接種区の全株が萎凋した日、すなわち接種後10日目に行なった。結果は第2表および第3図に示す通りである。各区の立枯程度を比較するにあたり、完全枯死を3、枯死寸前を2、萎凋したものを1、わずかに萎凋したものを0.5の数値を与えて、その度数との積和を求め、対照区を100として指数で示

第2表 殺菌剤で補強した非イオン界面活性剤による疫病防除効果試験

処 理 区	混 用 区 ¹⁾		単 独 区	無 処 理 区	
	非イオン界面活性剤・殺菌剤	非イオン界面活性剤	殺 菌 剤	ナ シ	
立 枯 程 度	完 全 枯 死(3)	0	0	3	3
	枯 死 寸 前(2)	0	1	2	1
	萎 凋(1)	0	1	1	2
	軽 度 の 萎 凋(0.5)	3	3	0	0
	健 全(0)	3	1	0	0
立 枯 指 数 ²⁾	11.5	34.6	107.7	100	
吸 水 量(ℓ) ³⁾	150	195	100	130	
収 穫 果 数(本) ⁴⁾	35	30	14	19	

¹⁾ 非イオン界面活性剤: $C_9H_{19} \text{ (benzene ring) } O(C_2H_4O)_{9.5}H$. 殺菌剤: ヒドロキシキノリン銅

²⁾ 立枯指数: $\Sigma(\text{立枯程度} \times \text{度数})$ を求め、無処理区を100として換算したもの

³⁾ 防除効果試験期間(11日)中の総吸収水量

⁴⁾ 同上期間中の収穫果実本数

* 本試験は昭和48年5月から7月にわたって実施した。

すと、銅剤単用区は107.7、活性剤単用区は34.6となり、処理による疫病防除効果は全く、あるいはあまり認められないのに対し、混用区では11.5となり、防除効果の高いことを示していた。また、試験期間（薬剤処理日から調査終了日まで）中の総吸水量および収穫果本数からもほぼ同様の防除効果を推察することができた。

IV 考 察

水耕・礫耕栽培のように培養液を循環させる方式の栽培法においては、一度疫病が発生すると急激に伝染蔓延が進行し、時には全滅の憂き目を見ることさえある。このことは、例えば *P. capsici* の場合、潜入した病原菌が一旦寄主植物体根部に侵入すると、早ければ2日、遅くとも4～5日後には、その表皮上に極めて多数の遊走子嚢が形成され²⁾、そこから泳出した夥しい数の遊走子が、他動的には培養液の循環に乗って、自動的には活発な鞭毛運動による遊泳と走性に基づく積極的な集泳によって急速に伝播される事実からも容易にうなづけるところである³⁾。つまり水耕・礫耕栽培においては、土耕の場合以上に、遊走子の制御が、疫病防除の上で重要な意味をもって来るものと思われる。この目的のためには、すでに土耕栽培などにおいて高い効果を示している既存の殺菌剤類^{1,7,9,10)} を添加することで十分に効果を期待できるものと思われる。しかしながら、ここで問題となるのは、水耕・礫耕栽培においては疫病菌に感染の機会が栽培の全期間に存在することであって、殺菌剤は栽培中常に添加しておかねばならぬことになり、植物体内への殺菌剤の蓄積や培養液の排出に伴う影響などを考えるとき、それは非常に憂慮すべきこととなってくる。そこで考えられるのは、従来の化学的とも云うべき殺菌作用の利用ではなくて、物理的あるいは生物的作用によって遊走子を抑制する方法であり、前報および本報で示した非イオン界面活性剤のバースト効果の利用は、そのひとつとも云えるものである。ただし、このバースト効果は遊走子に限られるのに対し、疫病の伝染は必ずしも遊走子に限られたものではなく、菌糸はもちろ

ん、遊走子嚢、被嚢胞子、厚膜胞子あるいは卵胞子などの発芽管から直接侵入が起こることもあるはずである。ここに本報に報告したように、活性剤に殺菌剤を混用して、効果を増強する必要が生じたわけである。結論的に云って、水耕・礫耕栽培における疫病などの防除は、本法のような病原菌を直接抑制する方法だけで充分ではなく、土耕栽培と同様に、耐病性品種育成のような育種学的方法や、接木栽培のような栽培学的方法、あるいは、病原菌の潜入を防ぐような栽培技術的手法など、関連領域の総合的防除方式の確立が肝要であり、そのためにも、水耕・礫耕栽培系における疫病などの発生生態を早急に洗い出す必要がある。それらが明らかとなれば、水耕・礫耕栽培における疫病などの制御は、土耕栽培などに比し、案外簡単のように思われるのである。


引 用 文 献

- 1) 福西 務(1971)：昭和46年度日本植物病理学会関西西部会集談資料。
- 2) 桂 琦一・宮田善雄・池上琢磨(1968)：坂本教授還暦記念論文集：317-325。
- 3) 宮田善雄・桂 琦一・宮越 盈(1967)：関西病虫害研報 9：56-61。
- 4) ————・—————・室川嗣夫(1970)：京都府大学報・農 22：27-30。
- 5) ————・阿部宏二・西 新也・並木隆和・桂琦一・高嶋四郎(1972)：京都府大学報・農 24：37-42。
- 6) ————・正子 朔・中島正博(1973)：京都府大学報・農 25：25-29。
- 7) 森田 儔(1971)：昭和46年度日本植物病理学会関西西部会集談会資料。
- 8) 並木隆和・西 新也・伊藤哲英・矢崎邦子・杉本則雄・高嶋四郎(1972)：京都府大学報・農 24：13-19。
- 9) 新留伊俊(1970)：九州病虫害研報 16：118-120。
- 10) 野田弘之(1971)：昭和46年度日本植物病理学会関西西部会集談会資料。



Summary

It was reported in the previous paper, that the zoospores of *Phytophthora* and *Pythium* were observed to burst out in very dilute solution of nonionic surfactants, i. e. polyethylene glycol-dodecyl ether and -nonil phenyl ether with HLB of 10-13, and that the phenomenon may probably be applied as one of the protec-

tion methods for *Phytophthora* and *Pythium* wilting of vegetables in solution culture.

In the experiment that followed, cucumber plants grown in culture solution containing 25 ppm of C_9H_{19}
 $O(C_2H_4O)_{9.5}H$ were positively protected from wilting caused by the inoculation of *Phytophthora*

capsici zoospores. This, however, revealed two principal weakpoints of the protection method; the first being that these surfactants are without effect of bursting-out on any other fungus bodies except for zoospores, and the second being that they have a considerable toxicity on young plant roots. The addition of fungicides resulted in increase in fungicidal effect, and decrease in the minimum effective concentration of the surfactant from 25 to 6.24 ppm. The cucumber seedlings in solution culture all escaped from damping-off caused by *P. capsici* by addition of 12.5 ppm of trichloromethylthiadiazol, 12.5 ppm of Captan, 62.5 ppm

of basic cupric chloride, 1.57 ppm cupric 8-hydroxyquinolate or 12.5 ppm of Dithane stainless to the solution of a nonionic surfactant, C_9H_{19}  $O(C_2H_4O)_{9.5}H$ at 6.25 ppm. The protective effect of these fungicides was increased when mixed with surfactant, by about twice that in independent suspensions. When mature cucumber plants grown in culture solutions containing 12.5 ppm of C_9H_{19}  $O(C_2H_4O)_{9.5}H$, 3.14 ppm of cupric 8-hydroxyquinolate or both of them, were inoculated with pulp of cucumber fruit infested by *Phytophthora melonis*, the ratio of diseased/healthy plants was 33, 100 and 0%, respectively.