

土壤中におけるトマト萎凋病菌の 消長ならびに簡易検定法について

半川義行・萩原良雄

緒 言

畑作物栽培の振興にともない、近年土壤病害による農作物の被害が問題になっているが、これに関連して土壤病害の検診方法についてもこれまで数多く報告されている。しかし、従来の土壤検診方法は極めて複雑であったり、熟練を要するなどの難点があるばかりでなく、土壤検診結果と実際のほ場での発病との関係はほとんど明らかにされていない。

農林省は昭和41年度から3カ年計画で、土壤病害の簡易検診方法を確立するために、全国で15県に特殊調査を実施させた。広島県では、この特殊調査で、トマトの重要病害である萎凋病 (*Fusarium oxysporum* Schlechtendahl f. *lycopersici* (Saccardo) Snyder et Hansen) を対象に、本菌の各種土壤中での消長および生態の解明を中心に、簡易検診方法の確立について調査を分担した。今後さらに検討を要する点もあるが、ここにとりあえずこれまでに得られた結果の概要を報告する。

I 地質母材を異にした各種土壤中での *Fusarium oxysporum* の消長

土壤中における *Fusarium* 属菌の消長については、西村らによる⁹⁾ チューリップ球根腐敗病、松田らによる⁶⁾ キュウリつる割病などの調査がある。しかし地質母材を異にした土壤別に消長を比較した調査例は少ない。筆者らはトマト萎凋病菌について、その繁殖、消長は母材の異なる土壤によってかなり違うものと予想し、その実態を明らかにする目的で1966年から'67年の2カ年間にわたって実験的に調査した。

本実験での病原菌の検出および³⁾ 定量は、駒田の *Fusarium oxysporum* (以下、*F. oxysporum*) の選択培地を使用したので、検出された *F.* 菌がすべてトマト萎凋病菌 (*F. oxysporum* f. *lycopersici*) であると断定するには疑問があるが、本報告ではとりあえずこれらをトマト萎凋病菌として取り扱った。

なおこの点を補足する意味で、各調査時ごとに検出菌の寄生性の調査を併行した。

試験材料および方法

供試菌：當場保存菌でトマト萎凋病株より分離した菌を使用した。

供試菌の培養および接種法：三角フラスコ (200ml 容) につめた砂培地 (砂100g, トウモロコシ粉3g, 水15ml) に25°Cで1カ月間培養したものを土壤とよく混和接種した。

病原菌の土壤接種年月日：1966年7月6日

土壤中の病原菌分離培地：常法で調製したジャガイモ煎汁寒天培地 (2%グルコース加用) を使用直前に H_2PO_4 溶液で PH 3.4~3.6にし、PCNB 75%水和剤0.1%、ジヒドロストレプトマイシン300ppm, コール酸ナトリウム (Sodium cholate) 0.05%を加えて用いた。

供試土壤：広島県の代表的土壤である花崗岩および凝灰岩を含む洪積層土壤 (以下洪積土壤と呼ぶ)、花崗岩質沖積層土壤 (以下沖積土壤と呼ぶ)、および腐植質火山灰土壤 (以下クロボク土壤と呼ぶ) をそれぞれ現地より持ち帰り、30cm 立方の有底コンクリートポットにつめ実験に使用した。採取条件、諸性質その他については次表に示すとおりである。

Vegetable cultural practice in the field where 3 parent materials of soil sample were taken

Parent materials and source of soil	Date sampled	Crop sequence
Colluvial granite soil SAIJO	June 15, 1966	The soil samples were taken from tomato*field where the last crop was Italian ryegrass.** Until now tomato plant was planted 2 times at intervals of five years.
Alluvial granite soil YASUFURUICHI	July 1, 1966	The soil samples were taken from edible burdock***field where the last crop was radish.**** The soil in this field is sterilized by chloropicrine during winter every year.
Volcanic ash ando soil TOYOMATSU	June 29, 1966	The soil samples were taken from tomato field where the last crop was konjac.***** Tomato and konjac were planted in rotation for some years in the field.

* *Lycopersicon esculentum* MILL.

** *Lolium mutiflorum* LAM.

*** *Arctium lappa* L.

**** *Raphanus sativus* L.

***** *Amorphophallus Konjac* C. KOCH

Chemical characteristics and textures of 3 parent materials of soil sample

Soil	pH		Available phosphorus	Phosphatic absorption coefficient	Cation-exchange capacity	Mg	Humus	Coarse* sand	Fine* sand	Silt*	Clay*
	H ₂ O	HCl									
Colluvial granite soil	6.9	6.0	4.9mg	55	5.9	mg**	%	%	%	%	%
Alluvial granite soil	7.4	6.8	above 50.0	25	7.1	19.8	1.73	22.5	56.5	10.3	10.7
Volcanic ash ando soil	6.5	5.3	-	1060	28.1	286.7	15.29	16.9	31.7	38.2	13.2

* Particle size ranges in diameter are as follows : Coarse sand: 2~0.2mm, Fine sand: 0.2~0.02mm, Silt: 0.02~0.002mm, Clay: below 0.002mm.

** Means mg/100 g of air dry soil.

A summary of experimental design

Treatment	Crop	
	1966	1967
Unsterilized	Infested** Tomato (Jul. 7...Sept. 4)* (Sept. 22...Jan. 25) Pe tsai (Sept. 22...Jan. 25)	Tomato (Jun. 6...Sept. 9) Pe tsai (Jun. 6...Sept. 9) Cucumber***** Noncropped
	Noncropped	Noncropped
Sterilized***	Noninfested Tomato (Jul. 7...Sept. 4) (Sept. 22...Jan. 25) Noncropped	Tomato (Jun. 6...Sept. 9) Noncropped
	Infested Noncropped	Noncropped

* Dates indicate a cultural period.
 ** The soil used was artificially infested with *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* which was incubated in corn meal-sand medium (consisting of fine sand 100g, corn meal 3g, and water 15ml) in 200 ml Erlenmeyer flasks at 25°C for 30 days from July 6, 1966.
 *** The soil used was autoclaved at 1.5 kg/cm for 1 hour.
 **** *Brassica pekinensis* RUPR.
 ***** *Cucumis sativus* L.
 The soil in each treatment was packed in concrete pot, 30×30×30cm, and the population estimates of the pathogen were measured by Bell-jar duster method.

菌数の調査方法：各区とも1966年7月20日から'67年3月1日までは20日おきに、その後は1カ月おきに土壌を採取してベルジャードスター法により菌数を調査した。

1) 殺菌土壌における消長

土壌中の微生物の影響をなるべく押え、供試土壌自体の *F. oxysporum* に与える影響を調査するために、それぞれの土壌を加圧蒸気殺菌 (1.5 kg/cm² 1時間) し、供試菌を'66年7月6日に接種して、裸地状態におけるその後の菌の消長を、無殺菌土壌と比較しながら調査した。

試験結果

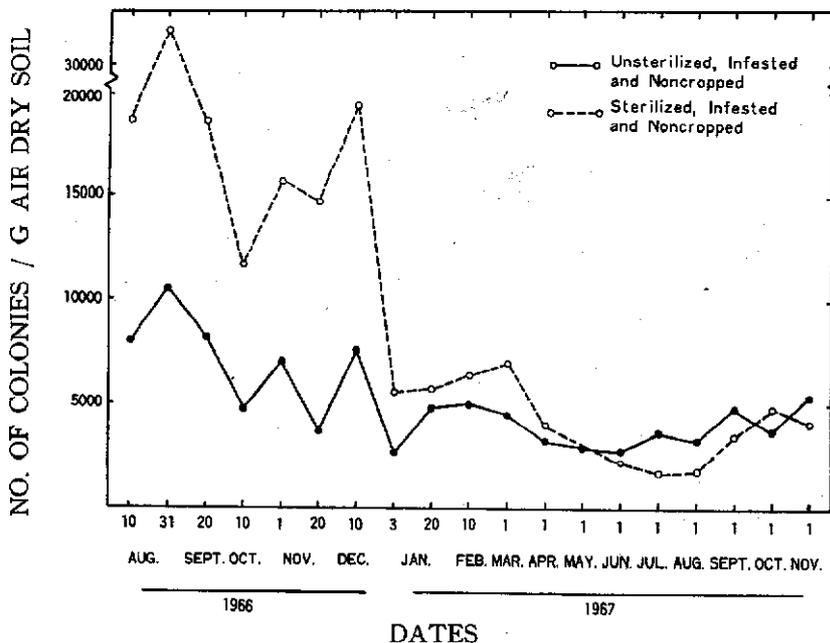


Fig. 1. Effect of soil sterilization on seasonal fluctuation in population of *Fusarium oxysporum* in colluvial granite soil.

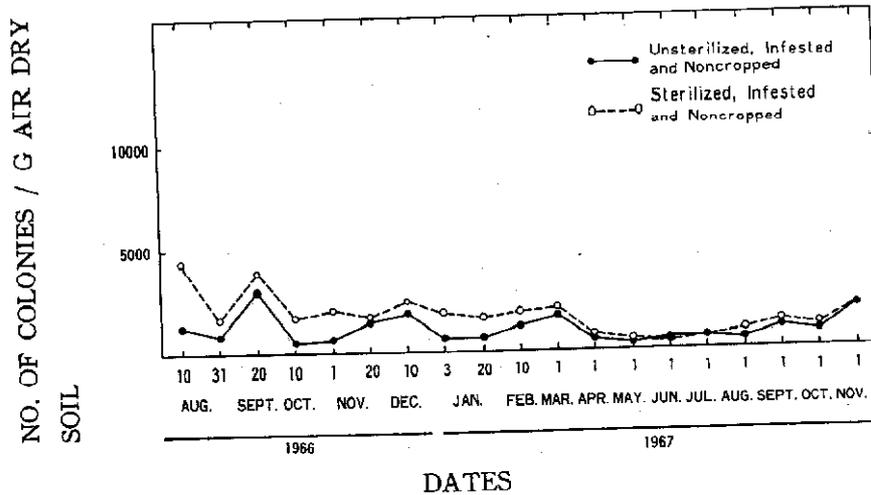


Fig. 2. Effect of soil sterilization on seasonal fluctuation in population of *Fusarium oxysporum* in alluvial granite soil.

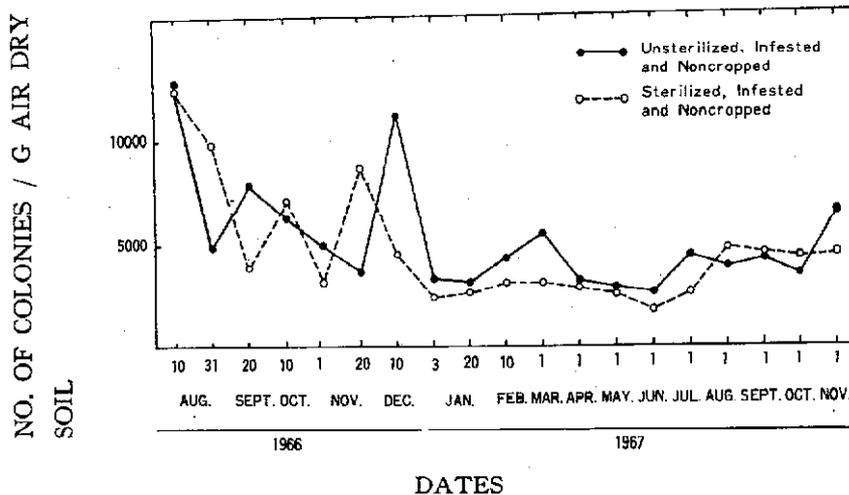


Fig. 3. Effect of soil sterilization on seasonal fluctuation in population of *Fusarium oxysporum* in volcanic ash and soil.

〔洪積土壌〕 第1図に示すように、'66年8月10日の最初の調査時から12月10日までの4カ月間は、殺菌土壌では無殺菌土壌の2~3倍の菌数が分離された。翌'67年も1月から3月まで、わずかではあるが殺菌土壌の菌数も多く、土壌殺菌による影響が接種後8カ月にわたって見られる。

〔沖積土壌〕 第2図に示すように、菌数の絶対量は三種土壌中最も少ないが、調査当初から'67年2月まで、殺菌土壌は無殺菌土壌の2倍近い菌数が得られ、接種後約7カ月にわたって土壌殺菌の影響が見られる。

〔クロボク土壌〕 第3図に示すように、接種直後から'67年にわたって無殺菌土壌との間に菌数の差は認められず、また接種後約2カ月目から4,000~5,000内外の菌数が安定して得られるなど、洪積土壌、沖積土壌とことなり、特色のある消長が見られる。

2) 作物の栽培と消長

土壌中に供試菌を接種し土壌中の菌密度を高めた場合と、現地より持ち帰ったままで菌を接種しない場合の両方にそれぞれ作物を栽培し、裸地と比較しながら *F. oxysporum* の消長に与える作物の影響について調査した。

試験結果

(1) 病原菌接種の場合

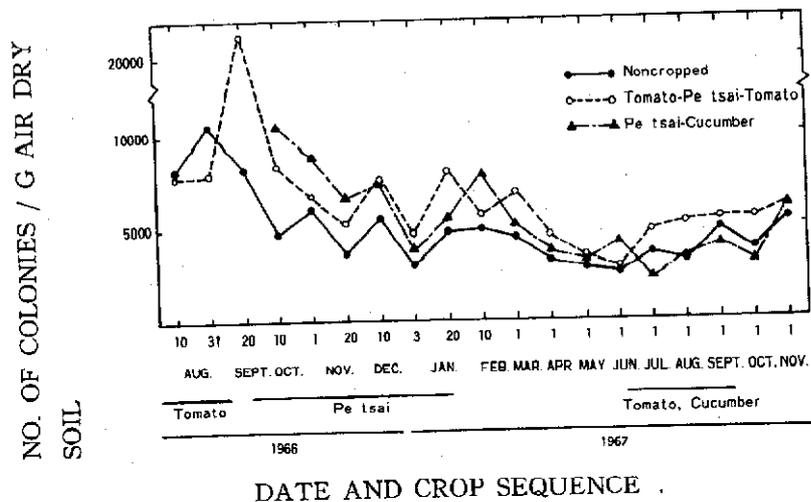


Fig. 4. Effect of cultivated crops on seasonal fluctuation in population of *Fusarium oxysporum* in artificially infested colluvial granite soil.

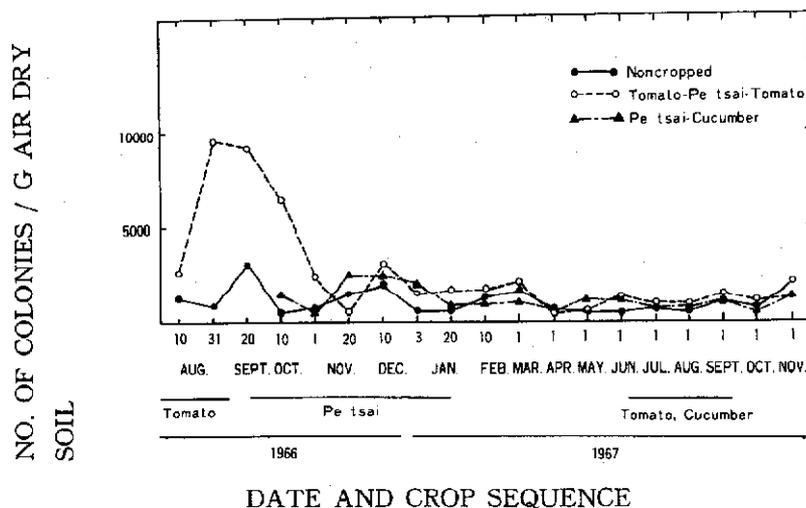


Fig. 5. Effect of cultivated crops on seasonal fluctuation in population of *Fusarium oxysporum* in artificially infested alluvial granite soil.

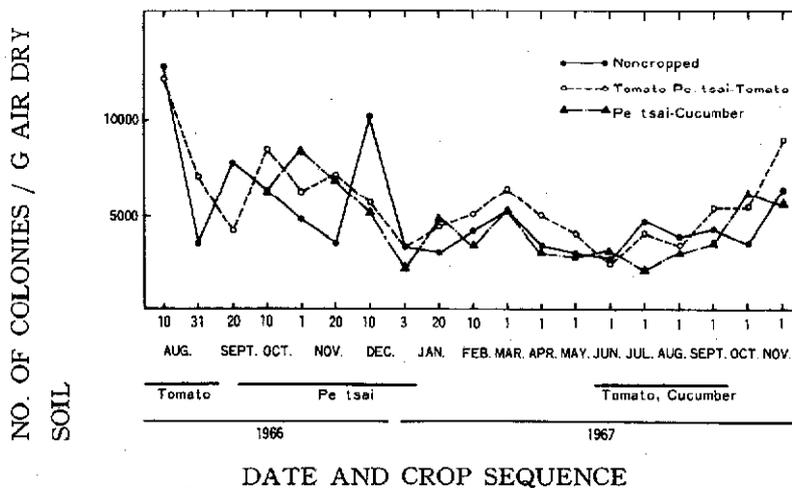


Fig. 6. Effect of cultivated crops on seasonal fluctuation in population of *Fusarium oxysporum* in artificially infested volcanic ash and soil.

〔洪積土壌〕 第4図に示すように、'66年の8月31日までは、裸地区（以下①）とトマト—白菜—トマト区（以下②）との間に菌数の差はあまり認められず、両者はほぼ同様の消長を示した。しかしトマトを抜き取った9月20日以降は、②では①よりも菌数が増加した。また白菜—キュウリ区（以下③）でも、10月10日以降菌数の増加がみられる。

'67年は前年トマト、白菜が栽培されていた②では、1月から11月まで全調査時期を通じて①よりも多目の菌数（6,000内外）が分離された。③では1月から6月にかけて①よりもいく分菌数の増加が見られるが、7月以降は①と同様の消長を示した。

すなわち、洪積土壌では寄主作物であるトマトの栽培によって菌数の増加が認められたが、その影響はトマト栽培後の休閑期に顕著であった。

〔沖積土壌〕 第5図に示すように、②では'66年の8月10日から11月1日まで①の2～5倍（2,000—10,000）の菌数が得られ、トマトの植付けによって明らかに *F. oxysporum* の増殖を助長した。特にトマトの栽培期間中に見られた急速な菌数増加が、洪積土壌における消長とは異なった。一方、③では菌数の増加が見られず①と同様な消長を示した。

'67年は全調査時を通して②の菌数は①よりも やや多く分離された。③ではおおむね①と同様な消長となり、非寄主作物であるキュウリの栽培によっては菌数増加の影響は認められなかった。

〔クロボク土壌〕 第6図に示すように、'66年は洪積土壌と同様にトマトの栽培中は②と①との間には菌数の差はあまり見られなかったが、トマト抜き取り後は②は①よりも多目の菌数が分離された。③では白菜の栽培中に菌数の増加が認められた。

'67年は②では1月から5月までと9月以降、つまりトマトの休閑期間に前年と同様に菌数の増加が認められ、トマトの栽培中は菌数の増加は見られなかった。③では全調査時とも①と似かよった消長を示し、特に7月から9月まではむしろ①よりも少い菌数が分離され、キュウリの植付けによる影響は認められなかった。

(2) 無接種の場合

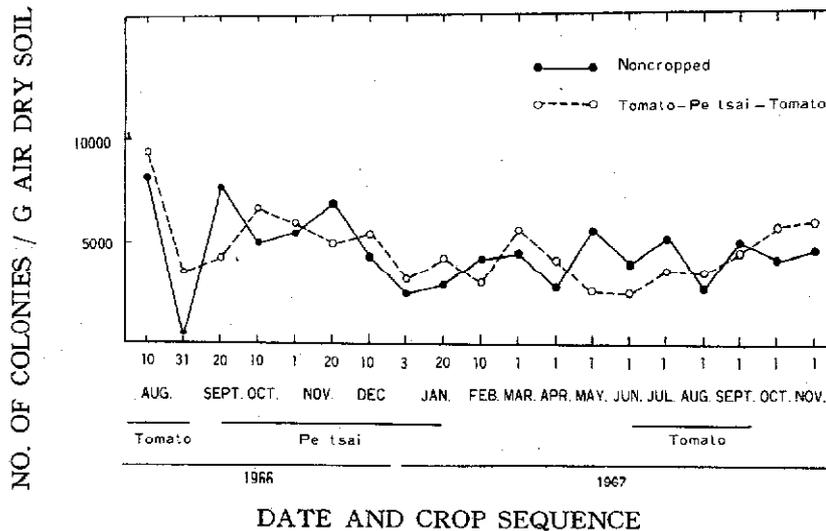


Fig. 7. Effect of cultivated crops on seasonal fluctuation in population of *Fusarium oxysporum* in naturally infested colluvial granite soil.

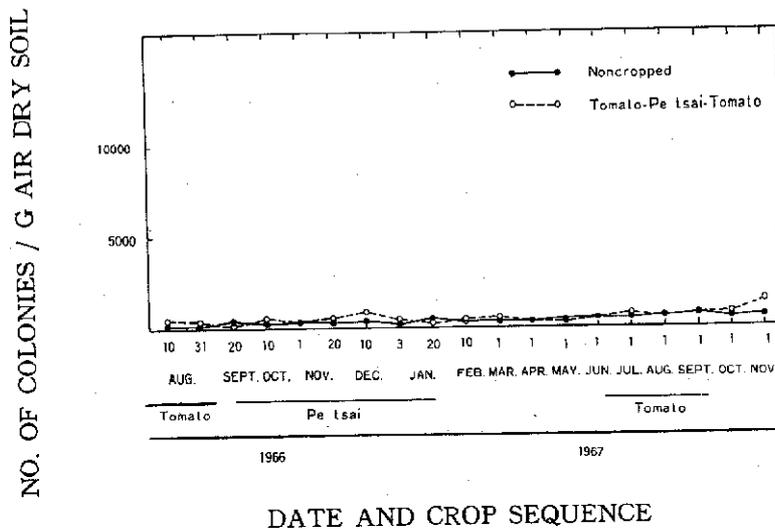


Fig. 8. Effect of cultivated crops on seasonal fluctuation in population of *Fusarium oxysporum* in naturally infested alluvial granite soil.

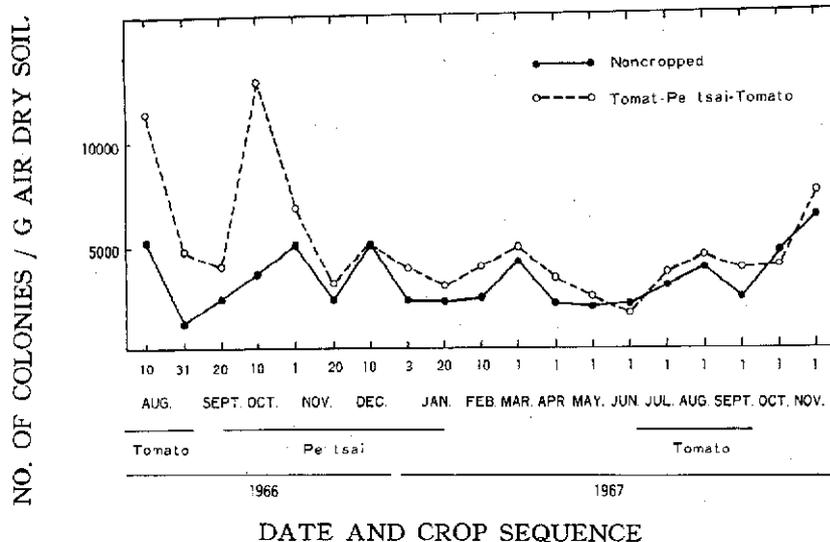


Fig. 9. Effect of cultivated crops on seasonal fluctuation in population of *Fusarium oxysporum* in naturally infested volcanic ash ando soil.

〔洪積土壤〕 第7図に示すように、'66年のトマトの生育中である8月31日までは②の菌数が幾分多目のようであるが、10月10日以降は①とほとんど同じ消長で5,000~6,000内外の菌数を維持した。

'67年も全調査時を通じて②と①との間の菌数の差は見られず、前年の消長と似た傾向である。

以上のように、洪積土壤では当初病原菌の接種を行わず、土壤中の菌数が比較的少ない状態では、寄主作物のトマトの栽培による菌数の増加は顕著でなかった。

〔沖積土壤〕 第8図に示すように、この土壤は供試した土壤の中で最も *F. oxysporum* の生息数が少なく、全調査時を通してわずかに300内外の菌数で、2カ年を通じて洪積土壤と同様に、寄主作物の栽培によっても菌数の増加傾向は認められなかった。

〔クロボク土壤〕 第9図に示すように、前記二土壤とことなり、調査当初から①が3,000内外の菌数に対して、②の菌数が6,000内外と約2倍近く増加し、トマトを抜き取り約1ヵ月後の10月10日まで高い密度を示した。11月1日以降は②の菌数が減少し①に近い消長を示した。

'67年は①と②との間の菌数に全般的にあまり差が見られなかったが、トマトの休閑期の1月から4月までは②で①よりもいく分多目の菌数が分離された。

3) 現地土壤における消長

現地土壤における菌の消長が、前述のポット内土壤の消長と併行しているか否かを確かめるため、洪積土壤を採取した賀茂郡西条町の現地ほ場で、ポット試験と併行して、'66年から'67年までの2カ年にわたって *F. oxysporum* の消長を調査した。

試験材料および方法

Soil	Crop sequence in the field used	
	Crop	
	1966	1967
Field soil (colluvial granite soil)	Tomato (May 21...Aug. 19)* (Aug. 27...Dec. 20)	Taro** (May 20...Nov. 22)
potted soil (colluvial granite soil)	Tomato (Jul. 7...Sept. 4)	pe tsai (Sept. 22...Jan. 25) (Jun. 6...Sept. 9)

* Dates indicate a cultural period.
 ** *Colocasia antiquorum* SCHOTT.

菌数の調査方法：前試験に同じ
 試験結果

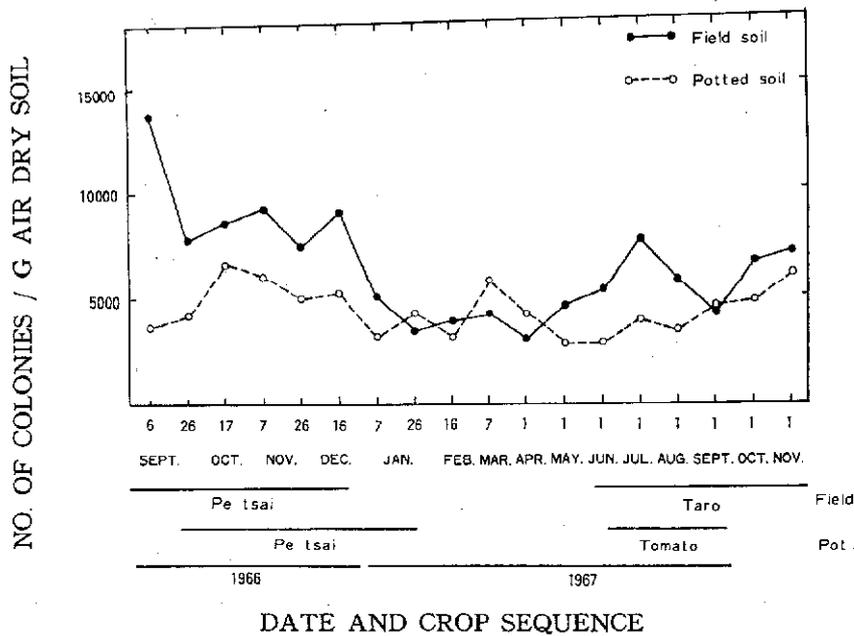


Fig. 10. Comparative observation of seasonal fluctuation in population of *Fusarium oxysporum* in field soil* and in potted soil.**

* Field soil is colluvial granite one and naturally infested one.

** Potted soil is brought in from the field and directly packed in concrete pots, 30×30×30cm.

'66年は現地土壤の耕種状況にポットの耕種状況を合せて、両者の土壤内の *F. oxysporum* の消長を比較調査した。その結果は、量的にはポット土壤の方が少ないが、推移の状態は現地土壤のそれとよく一致した。

'67年も引き続き調査を実施したが、現地土壤ではトマトが栽培されずサトイモが栽培され、ポットの耕種状況とことなったために、本来の試験目的である現地土壤とポット土壤との消長は比較できなかった。しかしサトイモの植付けられるまでの1月から5月にかけては、現地土壤とポット土壤の消長は大体一致した。その後現地土壤では、サトイモ植付け当初の5月から7月にかけての菌数の増加が著しく、ポット土壤の2倍近く増加していたが、前年の同じ時期に比較すれば半数に近い菌数であった。このことは栽培された作物

が、寄主のトマトと非寄主であるサトイモの違いによるものと思われる。

また2カ年間にわたる *F. oxysporum* の消長を通して見ると、ポット土壌での菌数の変動が比較的小さいのに対して、現地土壌では大きかった。

4) 土壌保存中における菌数の変動

土壌検診を行なう場合の土壌中の菌数測定は、土壌を採取した直後に実施することが望ましいが、検診土壌の点数が多い場合には採取直後短期間に全土壌について菌数を測定することは困難である。そこで土壌採取後の日時の経過とともに、菌数がどのような変化をするものか、その点を明らかにしておくことは実用的に重要なことである。

試験材料および方法

供試土壌：前記三種土壌の菌接種裸地区の土壌を'67年1月3日に採取し、1週間風乾後ポリ袋に入れ室温で保存した。

菌数の調査方法：採土して風乾直後、1.5カ月後、4カ月後および11カ月後の4回ベルジャードスター法により菌数を調査した。

試験結果

Table 1. Population fluctuations of *Fusarium oxysporum* in the sample of air dry soil kept in the laboratory with the lapse of time 1967

Soil	No. of colonies / g air dry soil on indicated days after air drying			
	7	45	120	330
Colluvial granite soil	2500	2200	3400	1000
Alluvial granite soil	400	900	600	200
Volcanic ash ando soil	3200	3500	3700	900

洪積土壌、沖積土壌、クロボク土壌ともに、風乾後4カ月までは菌数の減少は認められないが、11カ月後になると菌数は著しく減少し、風乾直後の菌数に比較して洪積土壌では60%、沖積土壌では50%、クロボク土壌では70%の減少を認め、腐植や粘土の含量の高い土壌ほど減少率が高くなっている。

5) 土壌中における *F. oxysporum* の残存

NASHらは土壌中における *Fusarium solani* f. *phaseoli* の生息状態について調査し、土壌中では主に厚膜胞子の状態で植物残渣や粘土に埋没あるいは付着して残存すると報告している。筆者らはこれらの事柄は土壌中での菌の消長に無関係ではないと考え、植物残渣や粘土にどんな割合で付着しているか調査した。

試験材料および方法

供試土壌：洪積土壌、クロボク土壌

調査方法：ベルジャードスター法によりシャーレ内の培地上に供試土壌を分散させ、25°Cで48時間培養後、培地上にわずかに伸長し始めた菌糸の起源部を顕微鏡下で観察調査した。

試験結果

洪積土壌、クロボク土壌ともに植物残渣への付着率が高く、特に腐植含量の多いクロボク土壌ではその傾向が強い。このことは植物残渣や腐植が *F. oxysporum* の厚膜胞子の残存に大きな役割を果しているものと思われる。

Table 2. Population of *Fusarium oxysporum* isolated from soil samples containing plant residuals and clay particles 1966

Soil	Number and per cent of <i>Fusarium oxysporum</i> colonies isolated from*			
	Plant residual		Clay particle	
	Colonies	%	Colonies	%
Colluvial granite soil	92	66	47	34
Volcanic ash ando soil	78	74	27	26

* Soil samples in which plant residuals and clay particles are involved are spread on potato dextrose agar plate by Bell-jar duster and the plate was incubated at 25°C for 2~3 days. The number of *Fusarium* colonies was recorded by microscopic counts of the number of chlamydo spores just germinated from plant residuals and clay particles.

6) 各種土壌から分離される *F. oxysporum* の寄生性

土壌中の消長調査にともなって分離、定量される *F. oxysporum* について、トマトの幼苗に対する寄生性を、分離時期別に試験当初から2カ年間調査した。

試験材料および方法

前記三種土壌からベルジャーダスター法によってシャーレ内の培地上に生じた *F. oxysporum* のコロニー上に、トマト(福寿100号)の催芽種子(1~2mm)を置きその寄生性を調査した。またコロニー数の多いものは試験管の斜面培地にコロニーの一部を移植し、同様の方法で調査した。

試験結果

Table 3. Parasitism* for tomato seedling of *Fusarium oxysporum* isolated from the various field soils 1967

Soil	Treatment	Jan. 3		Jan. 20		Feb. 10	
		Parasitism	Severity	Parasitism	Severity	Parasitism	Severity
Colluvial granite soil	Uninfested, Noncropped	100%	##	100%	##	100%	+
	Uninfested, Tomato	100	##	100	##	100	##
	Infested, Noncropped	100	##	100	##	100	+
	Infested, Tomato	100	##	96	##	100	##
	Infested, Cucumber						
Alluvial granite soil	Uninfested, Noncropped	100	##	93	+	100	+
	Uninfested, Tomato	100	##	93	+	100	+
	Infested, Noncropped	100	##	-	-	100	##
	Infested, Tomato	100	##	-	-	100	##
	Infested, Cucumber						
Volcanic ash ando soil	Uninfested, Noncropped	100	##	100	##	100	##
	Uninfested, Tomato	100	##	100	##	100	##
	Infested, Noncropped	100	##	100	##	100	##
	Infested, Tomato	100	##	100	##	100	+
	Infested, Cucumber						

Soil	Treatment	Mar. 1		Apr. 1		May 1	
		Parasitism	Severity	Parasitism	Severity	Parasitism	Severity
Colluvial granite soil	Uninfested, Noncropped	100%	++	100%	+	100%	++
	Uninfested, Tomato	100	++	100	+	100	++
	Infested, Noncropped	100	++	95	+	100	+
	Infested, Tomato	100	+++	100	++	100	++
	Infested, Cucumber						
Alluvial granite soil	Uninfested, Noncropped	100	++	100	+++	100	+++
	Uninfested, Tomato	100	++	100	++	100	++
	Infested, Noncropped	100	+++	100	+	100	+
	Infested, Tomato	100	+++	100	+	100	++
	Infested, Cucumber						
Volcanic ash ando soil	Uninfested, Noncropped	100	+++	100	+	100	++
	Uninfested, Tomato	100	++	100	++	100	++
	Infested, Noncropped	100	+++	100	+++	100	+
	Infested, Tomato	100	+++	100	+	100	++
	Infested, Cucumber						

Soil	Treatment	Jun. 1		Jul. 1		Aug. 1	
		Parasitism	Severity	Parasitism	Severity	Parasitism	Severity
Colluvial granite soil	Uninfested, Noncropped	95%	++	100%	++	100%	+++
	Uninfested, Tomato	100	+	100	++	100	+++
	Infested, Noncropped	100	++	100	++	100	++
	Infested, Tomato	100	++	100	++	100	+++
	Infested, Cucumber					100	++
Alluvial granite soil	Uninfested, Noncropped	100	++	100	+	100	++
	Uninfested, Tomato	100	++	100	++	100	++
	Infested, Noncropped	100	++	100	++	100	+++
	Infested, Tomato	98	++	100	++	100	+++
	Infested, Cucumber					100	++
Volcanic ash ando soil	Uninfested, Noncropped	100	++	100	++	100	+++
	Uninfested, Tomato	100	++	100	+++	100	++
	Infested, Noncropped	100	++	100	+++	100	++
	Infested, Tomato	100	++	100	++	100	++
	Infested, Cucumber					100	++

Soil	Treatment	Sept. 1		Oct. 1		Nov. 1	
		Parasitism	Severity	Parasitism	Severity	Parasitism	Severity
Colluvial granite soil	Uninfested, Noncropped	100%	++	100%	++	100%	+++
	Uninfested, Tomato	100	+++	100	+++	100	++
	Infested, Noncropped	100	+++	100	+++	100	+++
	Infested, Tomato	100	++	100	++	100	++
	Infested, Cucumber	100	+++	100	++	100	+++
Alluvial granite soil	Uninfested, Noncropped	100	+	100	++	100	++
	Uninfested, Tomato	100	++	100	++	100	++
	Infested, Noncropped	100	++	100	++	100	++
	Infested, Tomato	100	++	100	+++	100	++
Volcanic ash ando soil	Infested, Cucumber	100	++	100	+	100	++
	Uninfested, Noncropped	100	+++	100	+++	100	+++
	Uninfested, Tomato	100	+++	100	+++	100	++
	Infested, Noncropped	100	++	100	++	100	+++
	Infested, Tomato	100	+++	100	++	100	+++
	Infested, Cucumber	100	+++	100	++	100	++

* In the present experiment on the parasitism of *Fusarium oxysporum*, the sprouted tomato seeds (FUKUJU No. 100) were placed on the colonies of *Fusarium oxysporum* developing from soil particles that were dispersed on the selective medium (consisting of potato 200g, agar 2%, 300ppm streptomycin, 1:1000 pentachloronitrobenzene, PCNB 75% wettable powder, and 1:2000 sodium cholate per liter of water, pH 3.4-3.6) in petry dish by Bell-jar duster. ** And this petry dish was incubated at 25° C under illumination by the fluorescent light for 5 days. The parasitic severities are as follows :

- + Slight parasitic (Browning of root)
- ++ Moderately parasitic (root rot)
- +++ Severely parasitic (root and stem rot)

** The isolation of *Fusarium oxysporum* from the soil samples was made by Bell-jar duster method. Bell-jar duster method was devised to find a simple method for quantitative determination of *Fusarium oxysporum* f. *raphani* in the soil by H. KOMADA and Y. INOUE. In this method Bell-jar duster known as an apparatus that is employed in the screening test of dusts of agricultural chemicals was applied. That is, the soil was placed on the watch glass instead of dusts and the petry dish was arranged instead of plants on the bottom of Bell-jar duster. And the soil was dispersed on selective medium in petry dish. The petry dish was incubated at 25° C for 7 days. On the number of colonies developing from the soil particles on the selective medium in petry dish, pathogen population per unit soil was decided.

第3表には'67年の調査結果を示したが、'66年の結果も全く同様であった。

すなわち、トマトに対する寄生性は全調査時ともすべての区でほとんど100%の寄生率を示し、寄生程度も高いものが多い。したがって、本試験で分離、定量した *F. oxysporum* の大部分はトマト萎凋病菌 (*F. oxysporum* f. *lycopersici*) と考えてさしつかえないものと思われる。

II 各種土壌内における菌数とトマト萎凋病の発病との関係

これまでの調査によって *F. oxysporum* の生息数は地質母材の違う土壌によって異なることが明らかに

なった。したがって菌数とトマト萎凋病の発病との関係も同様なことが考えられるので、その関係を明らかにするため木框試験（'67年、'68年）と現地ほ場試験（'68年）をそれぞれ実施した。

1) 木框による試験

試験材料および方法

現地より持ち帰った前記三種土壌を殺菌土壌区においては、供試土壌を大型のポリ袋に入れ、クロールピクリンで2週間（'68年4月1日～4月15日）殺菌後60cm平方の木框につめた。また他の処理区は、木框に土壌をつめた後、試験1と同様な接種（'68年5月10日）によって菌密度の異なる土壌を作り、これにトマト（福寿）種子を播種して萎凋病の発病状態を調査した。すなわち、各区とも調査時に20本抜き取り導管の褐変状態を調査した。また菌数の調査はベルジャーダスター法によった。

試験結果

木框土壌中の菌数と発病に関する試験は'67年と'68年の2カ年実施したが、いずれも同様な結果が得られたので第4表に'68年の結果を示した。

Table 4. Relationship between population of *Fusarium oxysporum* in soil and occurrence of *Fusarium* wilt in wooden frame test * 1968

Soil	Treatment	No. of colonies/g air dry soil					Rate of occurrence of <i>Fusarium</i> wilt**			
		Apr. 26 Before infested	Jul. 11	Aug. 10	Sept. 2	Sept. 20	Jul. 18	Aug. 10	Sept. 2	Sept. 20
Colluvial granite soil	Sterilized***	0	900	300	600	900	0%	0%	0%	0%
	Infested	7,400	13,500	12,000	14,400	10,500	0	5	35	40
	Highly infested	6,100	9,300	18,100	13,000	12,500	5	20	20	50
	Control	12,400	5,300	14,500	10,400	13,400	0	10	0	20
Alluvial granite soil	Sterilized	200	200	800	200	200	0	0	5	5
	Infested	2,200	1,100	1,800	1,500	3,000	0	5	65	50
	Highly infested	2,700	3,500	3,200	3,000	2,500	5	15	70	70
	Control	2,100	1,900	3,200	2,400	5,000	0	5	47	40
Volcanic ash ando soil	Sterilized	200	200	500	200	300	0	0	5	20
	Infested	2,100	4,100	6,000	5,700	3,600	-	-	-	-
	Highly infested	1,900	5,200	8,300	7,800	7,000	-	-	20	40
	Control	4,000	4,400	5,300	3,500	2,800	-	-	0	20

* Wooden frame was made of wooden board, 60×60cm, and the soils taken from the field were packed in this frame.

** The occurrence of *Fusarium* wilt in each treatment was recorded basing upon browning of vascular system on 20 stems of tomato.

*** The soils which were sterilized by chloropicrine in a large bag made from polyethylene for 15 days were used.

第4表によれば、微砂、細砂の含量の多い沖積土壌、クロボク土壌では比較的少ない菌数にもかかわらず高い発病率を示し、粘土含量の多い洪積土壌では菌数が多いにもかかわらず発病率は低い。

発病率が10%以上になる大体の菌数を土壌別に菌の消長から推定して見ると、洪積土壌では5,000個以上、沖積土壌では300個以上、クロボク土壌では500個以上のようなものである。

2) 現地ほ場における試験

試験材料および方法

試験場所：安佐郡安古市町，安芸郡瀬野川町

供試ほ場の土壌の諸性質および菌数，発病調査の時期は次表に示すとおりである。

Chemical characteristics and texture of the field soil

Source	No. of field	pH		Humus	Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay
		H ₂ O	KCl					
YASUFURUICHI	2	5.4	6.2	1.4%	11.9%	66.7%	9.4%	12.0%
	8	6.7	6.2	2.0	48.6	27.9	15.1	8.4
	9	6.8	5.3	2.3	44.1	27.9	16.1	11.9
	12	6.9	5.9	1.5	22.5	35.7	23.9	17.9
SENOGAWA	2	6.0	6.3	4.5	38.9	19.7	19.7	21.7
	10	7.2	6.0	4.2	42.5	20.5	16.6	20.4
	12	6.4	6.3	3.9	42.0	25.6	16.7	15.7
	15	6.7	6.4	4.1	42.9	24.9	14.7	17.5

Counting dates of the number of pathogens and occurrence of Fusarium wilt 1968

Source	Counting dates of		
	Number of pathogens		
	first time (Before planting)	second time (Early harvesting stage)	third time (Late harvesting stage)
YASUFURUICHI	May 22	Jun. 24	Jul. 9
SENOGAWA	Apr. 26	Jul. 4	Aug. 2

Source	Counting dates of	
	Occurrence of Fusarium wilt	
	first time (Early harvesting stage)	second time (Late harvesting stage)
YASUFURUICHI	Jun. 24	Jul. 9
SENOGAWA	Jul. 4	Aug. 2

試験結果

木框試験に供試した沖積土壌の採取地点である安古市町の現地ほ場の12筆について，菌数を見ると，トマト植付前の菌数は一部のほ場をのぞいて約1,000前後であるが，その後トマトの植付けとともに菌数は増加し，6月24日，7月9日の調査では2,000~2,500となった。次に菌数と発病との関係は，ほ場間に差があって一定の傾向は認め難いが，大体の傾向として発病率が5~10%以上になる菌数は2,000以上のように思われる。

一方木框試験の別の供試土壌である洪積土壌に，化学的性質や土性の似ている瀬野川町の現地ほ場について見ると，3月下旬から4月上旬にわたってクロールピクリン剤による消毒が行なわれたために，植付前の菌数は大体1,000前後と低いが，トマトの植付けとともに菌数は増加し，7月4日，8月2日の調査では平均4,500となった。菌数と発病との関係は安古市町の場合と同様にほ場間に差が見られるが，調査したほ場全体から見れば，7月4日の調査で発病率が5%以上になる菌数は4,000以上，8月2日の調査では5,500以上のように思われる。

Table 5. Relationship between population of *Fusarium oxysporum* in soil and occurrence of Fusarium wilt* in field of YASUFURUICHI 1968

No. of field	Precrop	Last crop	Date planted	Variety	Date of soil sterilization	No. of colonies /g air dry soil before planting	Jun. 24			
							No. of stems examined	No. of stems diseased	Occurrence of Fusarium wilt /g air dry soil	
1	Rice plant**	Garland chrysanthemum***	Apr. 10	BEIZU	no	400	1,430	3	0.2%	1,100
2		Cabbage****	20	TOKO	no	400	120	1	0.8	2,500
3	Rice plant	Radish	15	BEIZU	no	800	247	1	0.4	2,200
4		Spinach*****	May 25	BEIZU	no	1,600	1,350	1	0	5,300
5	Spinach	HIROSHIMANA*****			Aug. 1967	400	540	39	7.2	1,000
6		Cucumber	Apr. 10	TOKO	no	2,600	1,308	12	0.9	3,500
7	Radish	Spinach, Garland chrysanthemum	May 30	TOKO	no	3,100	1,200	126	10.5	2,000
8	Spinach	Rice plant	Apr. 5	TOKO	no	900	2,000	235	11.8	2,400
9	Rice plant	Spinach	2	TOKO	no	1,400	1,800	34	1.8	1,900
10	Rice plant	Spinach	10	TOKO	no	1,200	1,600	4	0.3	2,000
11		Rice plant	10	TOKO	no	1,100	2,040	15	0.7	1,400
12	Radish	Spinach	10	TOKO		3,300	1,400	0	0	3,200

No. of field	Precrop	Last crop	Date planted	Variety	Date of soil sterilization	Jul. 9			No. of colonies /g air dry soil
						No. of stems examined	No. of stems diseased	Occurrence of Fusarium wilt	
1	Rice plant**	Garland chrysanthemum***	Apr. 10	BEIZU	no	278	5	1.8%	1,400
2		Cabbage****	20	TOKO	no	120	3	2.5	1,200
3	Rice plant	Radish	15	BEIZU	no	125	3	2.4	1,000
4		Spinach*****	May 25	BEIZU	no	400	1	0.3	1,900
5	Spinach	HIROSHIMANA*****			Aug. 1967	173	6	3.5	1,800
6		Cucumber	Apr. 10	TOKO	no	390	11	2.8	2,000
7	Radish	Spinach, Garland chrysanthemum	May 30	TOKO	no	360	113	31.4	2,200
8	Spinach	Rice plant	Apr. 5	TOKO	no	510	218	42.7	2,100
9	Rice plant	Spinach	2	TOKO	no	496	70	14.1	2,500
10	Rice plant	Spinach	10	TOKO	no	417	1	0.2	2,000
11		Rice plant	10	TOKO	no	513	31	6.0	1,600
12	Radish	Spinach	10	TOKO		192	1	0.5	3,700

* The occurrence of Fusarium wilt was determined basing on the browning of vascular system, clearing of the venlets and drooping of the petioles every time.

** *Oryza sativa* L. *** *Chrysanthemum coronarium* L. **** *Spinachia oleracea* L.

***** *Brassica pekinensis* RUPR. var *Hirosimiana* MAKINO

Table 6. Relationship between population of *Fusarium oxysporum* in soil and occurrence of Fusarium wilt in field of SENOGAWA 1968

No. of field	Date planted	Date of soil sterilization	No. of colonies /g air dry soil before planting	Jul. 4			
				No. of stems examined	No. of stems diseased	Occurrence of Fusarium wilt	No. of colonies /g air dry soil
1	May 5	Apr. 2	400	250	0	0%	3,800
2	2	2	500	267	22	8.2	3,900
3	3	2	1,300	242	0	0	3,700
4	3	8	1,500	267	1	0.4	4,100
5	10	8	900	235	8	3.4	1,400
6	10	6	600	127	0	0	3,400
7		8	900	114	0	0	3,700
8		8	2,100	116	0	0	4,200
9	May 6	7	2,300	128	0	0	4,400
10	2	no	1,900	246	0	0	6,600
11	2	no	2,100	219	0	0	3,500
12	3	Apr. 3	600	237	8	3.4	2,900
13	3	3	1,000	204	6	2.9	8,700
14	3	3	1,000	307	0	0	4,600
15	1	3	1,000	269	34	12.6	4,000
16	3	3	1,800	288	3	1.0	6,500
17		3	1,000	297	1	1.3	7,400
18	May 1	3	800	384	0	0	3,300
19	7	3	1,900	145	0	0	6,300
20	Apr.30	Mar. 27	1,500	330	0	0	3,800

No. of field	Date planted	Date of soil sterilization	Aug. 2			
			No. of stems examined	No. of stems diseased	Occurrence of Fusarium wilt	No. of colonies /g air dry soil
1	May 5	Apr. 2	195	6	3.1%	4,000
2	2	2	161	38	23.6	9,000
3	3	2	127	5	3.9	3,800
4	3	8	183	10	5.5	4,000
5	10	8	303	17	5.6	6,900
6	10	6	161	5	3.1	5,400
7		8	77	0	0	2,300
8		8	52	2	3.8	3,800
9	May 6	7	140	1	0.7	4,100
10	2	no	156	0	0	5,800
11	2	no	186	4	2.2	4,800
12	3	Apr. 3	220	37	16.8	3,400
13	3	3	134	17	12.7	3,300
14	3	3	131	4	3.1	4,200
15	1	3	70	58	82.8	5,300
16	3	3	146	11	7.5	5,900
17		3	286	19	6.6	4,800
18	May 1	3	237	5	2.1	4,300
19	7	3	140	0	0	2,300
20	Apr. 30	Mar. 27	212	2	0.9	2,100

Last crop in each field was rice plant. Tomato variety, BEIJU, was planted in the respective fields. For the method of determination of occurrence of Fusarium wilt see Table 5.

以上のように木框試験の場合と同様に、現地ほ場においても地質母材を異にした土壤によって、菌数と発病との間に相違のあることが認められる。しかし一定の発病を起させる菌数は、安古市町、瀬野川町ともに木框試験の結果よりも高くなっており、特に安古市町の場合は約10倍近くになっている。このように自然の状態とかなり異なった木框土壤より、現地ほ場でより多くの菌が分離される傾向は試験1の3)でも伺われたところである。

III 指標植物法による簡易検定法に関する試験

土壤中のおおまかな菌数を簡易に把握することは、土壤検診結果にもとづいて防除の要否を決定するうえで重要な要素になるものであるから、土壤から直接菌密度を簡易に検定する方法を指標植物を使って検討した。

1) 指標植物の発病と菌数との関係

試験材料および方法

供試土壤：前記三種土壤を用い試験Iと同様の方法で菌を接種し、菌密度の異なる4種の処理区を設けた。

調査方法：'67年は風乾した各供試土壤を直径9cmのポリ容器に50g入れ井戸水で適度に湿らせた。'68年は25gを直径9cmのシャーレに入れ、蒸留水、蒸留水+0.5%蔗糖液、0.5%および1%グルタミン酸液の溶液で適度に湿らせた。これに指標植物として1~2mm程度に催芽したトマト(福寿)種子を、それぞれ25~50粒播種し、25°Cの定温器内に散光下で4~7日間置き発病状態を調査した。なお1区に3枚のポリ容器およびシャーレを使用し、2回反復した。

試験結果

Table 7. Relationship between population of *Fusarium oxysporum* in soil and occurrence of Fusarium wilt on indicator plant,* tomato seedling

Soil	Treatment	No. of colonies/g air dry soil and percentage of tomato seedling infected					
		Jun. 1		Jul. 1		Aug. 1	
		No. of colonies	Infectivity	No. of colonies	Infectivity	No. of colonies	Infectivity
Colluvial granite soil	Sterilized	0	2	100	8	300	5
	Infested	9,800	20	6,500	22	3,700	19
	Highly infested	14,700	38	8,100	45	3,500	36
	Control	7,700	26	6,600	46	3,200	32
Alluvial granite soil	Sterilized	100	4	200	13	0	7
	Infested	400	2	400	24	400	25
	Highly infested	500	4	1,200	54	800	75
	Control	100	6	200	29	300	55
Volcanic ash ando soil	Sterilized	0	1	200	4	500	24
	Infested	500	0	1,400	27	1,000	62
	Highly infested	1,100	5	2,500	45	2,200	42
	Control	500	7	400	10	700	5

* The indicator plant method is generally applied for the estimation of the population of *Thielaviopsis basicola* (Berkeley et Broome) Ferraris, the causal fungi of the black root rot of tobacco plant. In the case of indicator plant the tobacco or cowpea seedling is used. In the present experiment, tomato seedling was used as the indicator plant. It was observed that the more the pathogen population exists in the soil, the more Fusarium wilt on tomato seedlings emerges. Therefore, the population of the pathogen in the soil was determined on the basis of the occurrence of Fusarium wilt on the indicator plant. Twenty or 25 grains of the sprouted tomato seeds were sown in petry dish, 9 cm diam., packed with the used soil (air dry soil or not dry soil), which was moistened by the water. This petry dish was incubated at 25°C under illumination by the fluorescent light for 5 or 7 days, and the germination of tomato seeds and the occurrence of Fusarium wilt was accelerated. The occurrence of Fusarium wilt was recorded on the root rot and the browning of seedling root per 20 or 25 seedlings.

Table 8. Relationship between population of *Fusarium oxysporum* in soil and occurrence of Fusarium wilt on indicator plant, tomato seedling, using various solutions

Soil	Plot	No. of colonies /g air dry soil	Infectivity				
			Distilled water	Distilled * water + 0.5% solution of dextrose	0.5% solution of dextrose	0.5% solution of glutamic acid	1.0% solution of glutamic acid
Colluvial granite soil	1	48,800	59%	50%	20%	35%	92%
	2	10,900	58	0	44	15	70
	3	8,700	23	10	57	5	59
	4	1,600	13	13	74	5	53
Alluvial granite soil	1	39,600	14	40	27	30	88
	2	13,200	23	44	30	29	81
	3	4,400	13	50	30	30	66
	4	500	7	47	13	25	59
Volcanic ash ando soil	1	41,800	8	17	7	17	51
	2	17,400	14	13	37	10	55
	3	6,600	10	10	30	12	29
	4	1,500	14	10	13	12	42

* When the sprouted tomato seeds were sown, the soil was irrigated by the distilled water at first. Subsequently 0.5% solution of dextrose was used instead of distilled water.

指標植物であるトマトの幼苗の発病率から、逆に土壌中のおおまかな菌密度を推測する方法について検討したが、'67年の土壌を井戸水で湿らす方法では第7表に示すように、菌数と発病率の間に十分な関係が見られなかった。

'68年の結果は第8表のようであるが、特にグルタミン酸を添加したものは井戸水や蔗糖液にくらべて菌密度に対する発病率の変化が鋭敏で安定しているようであり、指標植物の発病状況から土壌中の菌密度を類推することが可能と思われた。そのうえ菌数が乾土1gあたり5,000以上存在すれば、定温器内に入れて2日目から土壌表面に *F. oxysporum* の菌糸の生長を肉眼で観察でき、しかも菌数の増加にともない土壌表面の菌糸の密度が高まり、一見して *F. oxysporum* の有無多少が見分けられた。

2) 指標植物の発病と現地ほ場の発病との関係

試験材料および方法

試験場所：安佐郡安古市町、安芸郡瀬野川町

現地ほ場の発病調査：安古市町は'68年6月24日、7月9日の2回、瀬野川町は'68年7月4日、8月2日の2回発病状況を調査した。

指標植物法による発病調査：安古市町、瀬野川町とも、発病調査時に採取した土壌の生土壌および風乾土壌の2種を、それぞれ適度に井戸水で湿らせ、前試験と同様の方法で発病状態を調査した。

試験結果

安古市町の現地ほ場での発病は第9表のように、ほ場番号7, 8のほかは比較的発病が少なく、6月24日の調査ではほ場の平均発病率は約3.5%にすぎなかった。しかし指標植物法によると、生土壌での発病率は9%、風乾土壌での発病率は7%で、ほ場発病の2~3倍の発病を見ている。

また瀬野川町の現地ほ場の場合、発病を認めたほ場について発病率を見ると、7月4日の調査では平均4.3%となっているが、指標植物法による発病率は、生土壌で15.0%、風乾土壌で9.3%で、安古市町の場合と同様に、指標植物法による発病はほ場発病の2~3倍の発病となっている。

そこで、指標植物法による発病とほ場発病との間に、相互に関連があるかどうかを検討してみると、安古

市町の場合6月24日に採取した生土壌による指標植物法の発病と7月9日のほ場発病との間に、 $r=0.65$ の相関関係が認められ、瀬野川町では7月4日に採取した風乾土壌での発病と8月2日のほ場発病との間に、 $r=0.70$ という相関関係が見られた。

Table 9. Relationship between occurrence of Fusarium wilt on tomato plant in the field and on indicator plant, tomato seedling, in YASUFURUICHI 1968

No. of field	Rate of occurrence of Fusarium wilt on			
	Indicator plant		Tomato plant in the field	
	Air dry soil	Not air dry soil	Jun. 24	Jul. 9
	Jun. 24	Jun. 24	Jun. 24	Jul. 9
1	6%	8%	0.2%	1.8%
2	12	11	0.8	2.5
3	13	8	0.4	2.1
4	7	2	0	0.3
5	9	4	7.2	3.5
6	4	5	0.9	2.8
7	10	9	10.5	31.4
8	3	2	11.8	42.7
9	9	3	1.8	14.1
10	7	10	0.3	0.2
11	7	10	0.7	6.0
12	4	0	0	0.5

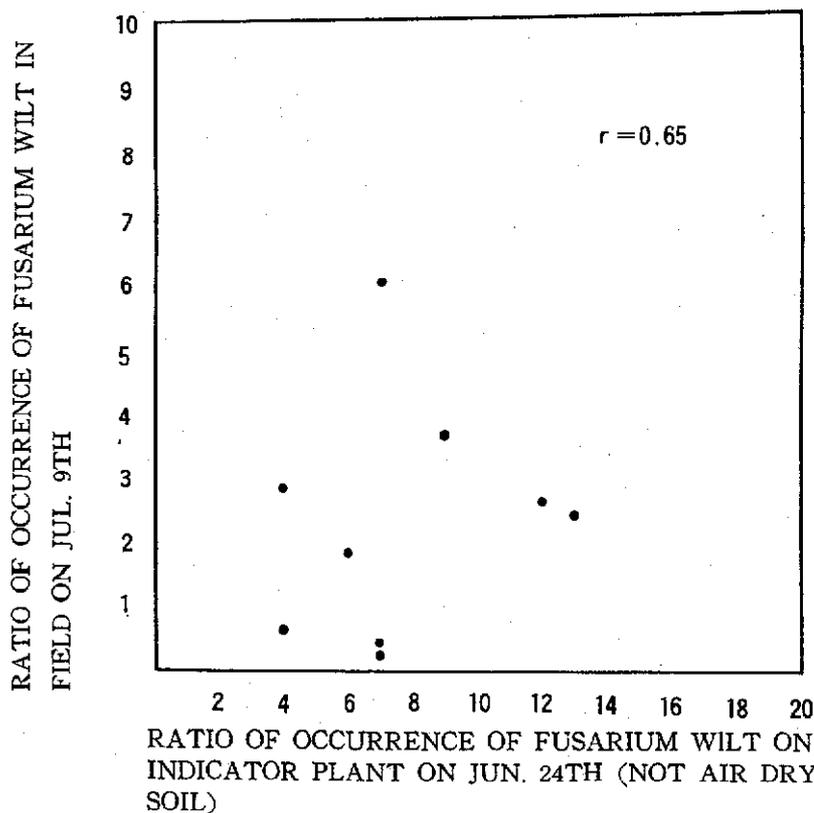


Fig. 11. Relationship between occurrence of Fusarium wilt on tomato plant in the field and on indicator plant, tomato seedling, in YASUFURUICHI 1968.

Table 10. Relationship between occurrence of Fusarium wilt on tomato plant in the field and on indicator plant, tomato seedling, in SENOGAWA 1968

No. of field	Rate of occurrence of Fusarium wilt on			
	Indicator plant		Tomato plant in the field	
	Air dry soil Jul. 4	Not air dry soil Jul. 4	Jul. 4	Aug. 2
1	16%	14%	0%	3.1%
2	17	13	0.2	23.6
3	30	11	0	3.9
4	12	11	0.4	5.5
5	14	2	3.4	5.6
6	6	5	0	3.1
7	20	8	0	0
8	11	8	0	3.8
9	18	10	0	0.7
10	12	5	0	0
11	16	9	0	2.2
12	14	3	3.4	16.8
13	8	16	2.9	12.7
14	11	3	0	3.1
15	18	3	12.6	82.8
16	8	19	1.0	7.5
17	6	7	0.3	6.6
18	17	19	0	2.1
19	36	15	0	0
20	14	5	0	0.9

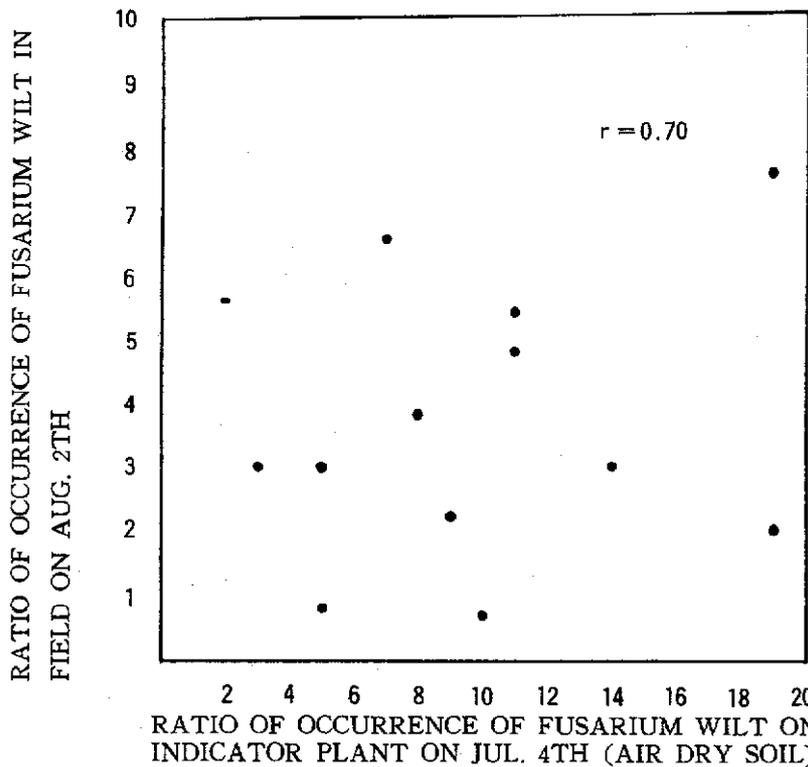


Fig. 12. Relationship between occurrence of Fusarium wilt on tomato plant in the field and on indicator plant, tomato seedling, in SENOGAWA 1968.

すなわち、指標植物法による発病とほ場における発病との間には、土壌を採取した時点ではパラレルな関係は見られないが、検定1カ月後におけるほ場発病とは低いながら相関関係が認められるように思われる。

しかし供試したほ場の数が少ないことや、指標植物法に使用する土壌に生土壌を用いるか、風乾土壌を用いるか、あるいは指標植物についても種類、品種など検討を要する点が多く残されているので、今後これらの問題を含めて検討する必要がある。

考 察

DOBBS¹⁾は、土壌中に菌類の胞子の発芽や菌糸の成長を阻害する作用のあることを報告し、これを土壌静菌作用と称した。この作用を一時的に消失させる方法としては、加熱殺菌や薬剤処理などが知られている。

供試土壌を蒸気殺菌し、静菌作用の働かない状態で *F. oxysporum* f. *lycopersici* を接種し、その消長を調査した。その結果、洪積土壌、沖積土壌では接種後7カ月から8カ月間も土壌殺菌の影響がみられ、ほとんど *F. oxysporum* のみが多数分離された。しかしクロボク土壌では、接種後1カ月目から土壌殺菌の影響は全く消失してしまった。

このような現象は、土壌中の有機物や粘土の含量と、マイクロフロラとの関係によって起るものと思われる。すなわち、第11表に示すように、細菌や放線菌についての調査を欠くが、糸状菌については粘土や腐植の含量の高い洪積土壌やクロボク土壌では、分離される糸状菌数が多く、逆に沖積土壌のように、粘土や腐植の少ないものでは糸状菌数も少なく、そのマイクロフロラは前者でより複雑である。したがって、加熱殺菌によって土壌中の微生物を殺滅し、土壌の静菌作用を消失された後のマイクロフロラの回復は、菌類の生息に必要な有機物の多いクロボク土壌で早く起ることが考えられる。そして *F. oxysporum* の生息や残存に対し、微生物による拮抗作用が早期に働き、クロボク土壌では殺菌効果が長続きしないものと思われる。

Table 11. The most abundant fungi isolated from soil

Soil	Fungus	No. of clones/petri dish				Total	Ratio
		1	2	3	4		
Colluvial granite soil	<i>Aspergillus</i> sp.	32	36	52	27	147	32%
	<i>Mucor</i> sp.	6	15	6	4	31	7
	<i>Penicillium</i> sp.	1	6	2	2	11	2
	<i>Fusarium</i> sp.	28	33	36	36	133	29
	Other fungi	51	39	5	40	135	30
Alluvial granite soil	<i>Mucor</i> sp.	8	9	10	14	41	28
	<i>Penicillium</i> sp.	5	3	4	6	18	12
	<i>Fusarium</i> sp.	17	11	9	13	50	35
	Other fungi	10	9	5	12	36	25
Volcanic ash ando soil	<i>Mucor</i> sp.	7	14	6	8	35	7
	<i>Penicillium</i> sp.	3	2	9	3	17	4
	<i>Fusarium</i> sp.	48	55	69	73	245	49
	Other fungi	44	52	50	54	200	40

次に土壌中に *F. oxysporum* f. *lycopersici* を接種し、土壌中の菌密度を高めた場合、菌類の食餌源となる腐植の含量の高いクロボク土壌では、土壌自体が含有している腐植などで生息し、トマトなど栽培される作物の影響を受けなくても比較的少量残存が可能である。しかし、洪積土壌、沖積土壌のように腐植の含量の少ないものでは、食餌源が乏しいために他の微生物との拮抗作用の影響も受け易く、裸地の場合には高密度の残存は困難である。このような土壌では栽培される作物の根の遺体とか、根からの分泌物に大きく依存して生息するものと思われ、トマトなどの寄主作物の栽培中あるいは栽培後において菌密度が高まるよう

ある。土壤中の菌密度の低い場合、腐植の少ない洪積土壌、沖積土壌でも残存は認められるものの、トマトの栽培によって急にはそれほど菌数の増加は起らないようであった。またクロボク土壌のようにトマトの栽培中には顕著な菌数の増加のみられなかった土壌でも、トマトを抜き取ってから翌年トマトを植付けられるまでの期間は、洪積土壌、沖積土壌とともに裸地よりも多目の菌数が分離された。このことは、既述のようにその土壌自体が含有している有機物以外に、寄主植物の根の遺体などが長期的に土壌中で *F. oxysporum* の残存に重要な役割を果しているように思われる。

F. oxysporum f. *lycopersici* (主に分生孢子) を土壌中に接種して、土壌中の菌密度を高めた場合、接種後 2~3 カ月目に、どの土壌でも一時的に急激な菌数の減少がみられた。これは NASH⁸⁾らのいっている分生孢子から厚膜孢子への変化のために起った現象と思われる。その後はいくらか菌数の増減をへながら、接種 6~8 カ月目頃から安定した菌数となり、土壌別にある一定の菌数に落ちつき無接種土壌と同じ菌密度にかえるようである。すなわち、洪積土壌では 4,000 内外、沖積土壌では 500 内外、クロボク土壌で 3,500 内外の菌数が供試期間内における土壌別の安定した菌数であった。このように各種土壌別にある一定の *F. oxysporum* の残存菌数が形成されることは、土壌中の粘土、有機物、腐植などの含量の多少および拮抗微生物の生息数などの相互関係に基づくものと思われる。

F. oxysporum の消長調査に際して時期別に各種土壌中から分離される本菌のトマトに対する寄生性の調査を試みた結果は、いつの時期でも 100% の寄生性を示し、その寄生程度も高いものが多かった。したがって本試験で分離された *F. oxysporum* は *F. oxysporum* f. *lycopersici* として取り扱っても大きな間違いはないものと思われた。

土壌中の *F. oxysporum* 数とトマト萎凋病の発病との関係を明らかにし、ほ場での発病を予測することは、土壌検診上実際場面では重要なことである。この関係を土壌別に木框試験と現地試験によって調査したところ、菌数と発病との関係はやはり土壌の種類によって異なることが判明した。すなわち、木框試験によると、発病率が 10% 以上になる大体の菌数は、洪積土壌では 5,000 以上、沖積土壌では 300 以上、クロボク土壌では 500 以上のものであった。また現地試験の結果は、一定の発病を起させる菌数が木框試験の結果よりも高くなり、特に沖積土壌では約 10 倍近くになった。しかしこの点は、木框に供試した土壌が、現地ほ場の土壌と同一でないことや、自然の状態とかなり異なった木框土壌より現地ほ場でより多くの菌が分離される傾向があることなどを考慮に入れれば理解される。このように土壌の種類によって発病が異なることは、既に井上²⁾らによりダイコン萎黄病 (*F. oxysporum* f. *raphani*) について、また松田⁶⁾はキュウリつる割病 (*F. oxysporum* f. *cucumerinum*) について認めている。そしてこのような関係は、井上²⁾が報告しているように、土壌中の有機物の量と拮抗微生物との関係によるところが大きいように思われる。

他方、現地ほ場の発病を予測する一つの方法として、指標植物による方法を検討した。その結果では、調査した時点での指標植物の発病とは場発病とは直接関係は認められないが、そのおよそ 1 カ月後のほ場発病との間に、安古市町では $r = 0.65$ 、瀬野川町では $r = 0.70$ という相関関係が認められた。さらに精度の高い関係を得るために、SCHROTH^{11,12)}、TOUSSOUN¹³⁾らおよび駒田⁴⁾らの報告を参考にし、土壌中の厚膜孢子の発芽を促進させる蔗糖およびアミノ酸の一種であるグルタミン酸の溶液を直接土壌中に加え、これにトマトの催芽種子を播種する方法を試みた。その結果では、グルタミン酸の 0.5% および 1% 液が明らかに厚膜孢子の発芽を促進させる働きがみられ、菌密度が増加すればそれにとまってトマトの発病も増加することが判明した。また土壌中の密度に応じ試験中の土壌表面に *F. oxysporum* の繁殖の多少が肉眼で直接観察されることも明らかになった。しかしこの試験は人工的に作った病土での結果であるので、今後は現地ほ場の土壌について実用的な検討を加える必要がある。

要 約

本報告では、トマト萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum* Schlechtendahl f. *lycopersici* (Saccardo) Snyder et Hansen) の各種土壌中での消長および生態を中心に調査し、各種土壌別に菌数と発病との関係を明らかにした。また本菌の土壌中の生息数を簡易に検定する方法として、指標植物法についても検討した。

1. 土壌を蒸気殺菌し *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* を接種した場合の本菌の消長は、腐植含量の多いクロボク土壌では、接種後1カ月目には対照区とほとんど変わらない消長となったが、腐植含量の少ない洪積土壌、沖積土壌では、接種後7~8カ月後までも土壌殺菌の影響がみられ、対照区よりも多目の菌数が分離された。
2. 病原菌を土壌に接種し土壌中の菌密度を高めた場合、砂の含量の高い沖積土壌では、トマトの栽培によって明らかに *F. oxysporum* の増殖を助長した。一方、クロボク土壌、洪積土壌のように、腐植、粘土の含量の多い土壌では、トマトの栽培期間中はそれほど菌数への影響はみられなかったが、トマトの休閑期に菌数の増加がみられた。
3. 病原菌を接種せず、土壌中の菌密度が低い場合、洪積土壌、沖積土壌では、寄主作物のトマトの栽培による菌数の増加は顕著でなかった。しかしクロボク土壌では、トマトの栽培によって菌数の増加がみられ、特に初年度その傾向が強かった。
4. トマトを植付けた区では各種土壌とも、トマトをぬき取ってから翌年トマトが植付けられるまでの期間は、大体裸地よりも多めの菌数が分離された。このことは土壌が裸地で長期間放置される時は、その土壌が含有している有機物以外に、寄主作物の根の遺体が菌の残存に重要な役割を果しているように思われた。
5. キュウリの植付けによって、*F. oxysporum* の菌数は、どの供試土壌でもあまり増加せず、特に影響は認められなかった。
6. 土壌別にある一定の安定した残存菌量が認められるようであった。これは土壌中の粘土、有機物、腐植などの含有量および拮抗微生物の作用、さらには菌の腐生生活力などが関与し、これらの平衡関係において成立しているものと思われた。
7. ポット土壌内の *F. oxysporum* の消長は、現地土壌内のそれにおおむね平行しているように思われた。しかし現地土壌内の消長は変動が大きく、環境の影響をポット土壌よりも強く受けるものと思われた。
8. 土壌中での *F. oxysporum* は粘土よりも植物残渣に多く埋没あるいは付着して残存しているように思われた。
9. 採取土壌の保存中における *F. oxysporum* の減少は、各種土壌とも4カ月目頃まではほとんど認められなかったが、11カ月後の菌数は風乾直後の菌数の50~30%に減少した。
10. 各種土壌中より分離される *F. oxysporum* は、ほとんどトマトに対し寄生性を持ち、その程度も高いものが多かった。したがって本試験での *F. oxysporum* は *F. oxysporum* f. *lycopersici* と考えて大きな間違いはないものと思われた。
11. 土壌中の *F. oxysporum* 数とトマト萎凋病の発病との関係は、地質母材の違う土壌によって異なることが、木框試験によって明らかになった。すなわち、発病率が10%以上になる大体の菌数は、洪積土壌では5,000以上、沖積土壌では300以上、クロボク土壌では500以上のようであった。
12. 木框試験によって各種土壌別に菌数と発病との関係を明らかにしたので、これらの関係を確認するために、安古市町と瀬野川町の現地ほ場で調査した結果、一定の発病を起させる菌数が、木框試験の結果よりも多くなった。しかし現地ほ場から分離される菌数は、木框土壌から分離される菌数よりも多いことが、これまでの試験によって明らかになっているので、傾向としては大体似かよっているものと思われた。
13. 土壌中のおおまかな菌数を把握するために、トマトの幼苗を使った指標植物法について検討した結果、グルタミン酸の0.5%および1%溶液を使用したものが、菌密度に対する発病率の変化がより鋭敏で安定した結果がえられるようであった。
14. 安古市町、瀬野川町の現地ほ場での発病と指標植物法による発病との関係を、生土壌、および風乾土壌を用いて調査した。その結果、指標植物法による発病は、ほ場発病の2~3倍の発病となっており、また生土壌と風乾土壌を比較した場合、生土壌での発病が多くなっていた。
15. 指標植物法による発病とは場発病との間には、土壌を採取した時点ではパラレルな関係は見られなかったが、指標植物法による検定後のほ場発病と密接な関係があるように思われた。
16. 指標植物法に、生土壌および風乾土壌のいずれを用いるかは、土壌の種類によって異なるようにも思

われ、さらに検討を要する。

謝 辞

この調査を実施するにあたっては、農林省植物防疫課長安尾俊、日本植物防疫協会常務理事遠藤武雄（前農林省植物防疫課）の両氏のご配慮とご支援をいただき、神戸大学農学部教授鈴木直治（前植物ウイルス研究所）、千葉大学園芸学部教授飯田格（前農業技術研究所）の両氏には、種々の貴重なお教示と助言をいただいた。ここに深く謝意を表す。

また、当场病理研究室の井本征史氏には終始協力を受け、當場長中島健氏には本報告の校閲の労をたまわった。あわせて感謝の意を表す。

引 用 文 献

- 1) DOBBS, C. G. and M. J. GASH (1965) Microbial and residual mycostasis in soil. *Nature* 207 : 1354—1356.
- 2) 井上義孝・駒田 且 (1960) ダイコン萎黄病の生態学的研究 土壌の種類と発病 日植病 25 : 22
- 3) 駒田 且 (1964) *Fusarium oxysporum* f. *raphani* の定量法 土壌病害の手引Ⅱ 1—7
- 4) ———・竹内昭士郎・井上義孝 (1965) ダイコン萎黄病の生態学的研究 I 土壌中における病原菌と他の微生物との関係、およびキチン添加による生物的防除 土と微生物 7 : 41—48
- 5) ———・井上義孝 (1965) ダイコン萎黄病の生態学的研究 II 土壌中の病原菌の定量法 土と微生物 12 : 49—55
- 6) 松田 明 (1964) 土壌からのフザリウム菌の分離定量 土壌病害虫検診員技術研修テキスト 123—139
- 7) NASH, S. M., T. CHRISTOU and W. C. SNYDER (1961) Existence of *Fusarium solani* f. *phaseoli* as chlamydospore in soil. *Phytopathology* 51 : 308—312
- 8) NASH, S. M., and J. V. ALEXANDER (1965) Comparative survival of *Fusarium solani* f. *phaseoli* and *F. solani* f. *cucurbitae* in soil. *Phytopathology* 55 : 963—966
- 9) 西村正暘・遠山正瑛・竹内芳親・角 悟 (1963) チューリップ球根腐敗病菌の土壌中における消長 植物防疫 17 : 13—16
- 10) 大谷快夫 (1964) タバコ黒根病の病土 土壌病害の手引Ⅱ 89—96
- 11) SCHROTH, M. N. and W. C. SNYDER (1961) Effect of host exudate on chlamydospore germination of the bean root rot fungus, *Fusarium solani* f. *phaseoli*. *Phytopathology* 51 : 389—393
- 12) SCHROTH, M. N. and F. F. HENDRIX, JR. (1962) Influence of nonsusceptible plants on the survival of *Fusarium solani* f. *phaseoli* in soil. *Phytopathology* 52 : 906—909
- 13) TOUSSON, T. A. and W. C. SNYDER (1961) Germination of chlamydospores of *Fusarium solani* f. *Phaseoli* in unsterilized soils. *Phytopathology* 51 : 620—623

Summary

Studies on the Seasonal Fluctuation and the Simple Method for the
Quantitative Estimation of the Population of *Fusarium*
oxysporum Schlechtendahl f. *lycopersici* (Saccardo)
Snyder et Hansen in the Soil

Yoshiyuki HANKAWA and Yoshio HAGIWARA

The control of soil-borne disease must be made according to the results of quantitative estimate of the soil-borne pathogens. However, generally the present method for quantitative estimation of soil-borne pathogens is very complex and requires a large amount of skill. It was desired to devise much simpler method which decides whether the control of soil-borne disease is necessary or not. So the studies on the simple method for the quantitative estimation of *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*, the causal fungi of the fusarium wilt of tomato plant, were made from 1966 to 1968.

In the present paper the authors also described the seasonal fluctuation and the ecology of *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* in the colluvial granite soil, alluvial granite soil and volcanic ando soil which are representative of soils in Hiroshima Prefecture. The relationship between the number of pathogen of *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* and the outbreak of the fusarium wilt in the field and wooden frame soils was studied. The results obtained are as follows.

1. The seasonal fluctuation of *F. oxysporum* in the steamed soil showed approximately the same tendency as that in the nonsteamed (natural) volcanic ando soil with high humus content one month after artificial infestation with *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*. On the other hand, in the other soils with low humus content, the effect of soil steam sterilization lasted for eight months after artificial infestation and the population of *F. oxysporum* in the steamed soil was more than that in the nonsteamed soil.
2. In case where the pathogen population in the soil was increased by artificial infestation with *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*, the number of pathogen of *F. oxysporum* increased in the alluvial granite soil with high silt content by planting tomato plant, while only a small increase of pathogen numbers was observed in the volcanic ando and colluvial granite soils with high humus and clay during tomato growing period. However, it increased during the fallow period in tomato cropping.
3. In the uninfested (natural) soils, there is a little increase of the pathogen number only in the volcanic ando soil by planting tomato plant, particularly in the first year.
4. The number of pathogen in all soils cropped to tomato plant increased more than that in noncropped soils during the fallow period from September to the next July. From these results, it is considered that not only the organic matters in the soils but also

the residuals of the tomato root play an important role to survival of *F. oxysporum* when the soils were noncropped for a long period.

5. The number of pathogen scarcely increased in all soils cropped to cucumber.

6. It seemed that each of soils has a characteristic capacity to allow to survive the pathogen in each soil, respectively. This is considered to be due to the equilibrium among various environmental factors such as the antagonistic action of microorganisms, the contents of clay, organic matter and humus and competitive saprophytic ability of *F. oxysporum* f. *lycopersici* in the soils.

7. The seasonal fluctuation of *F. oxysporum* in the potted soil was approximately in parallel with that in the field soils. However, the environmental factors influenced more strongly on the fluctuation in the potted soil than on that in field soils.

8. More colonies of *F. oxysporum* were counted in the disintegrating plant tissue or humus particle in the soils than in clay.

9. There was no decrease of the number of pathogen in all samples of air dry soil kept in the laboratory for four months as compared with the original count. However, the number of pathogen decreased after eleven months, reaching about 30-50 per cent of the original count.

10. *F. oxysporum* isolated from the three kinds of soil was almost parasitic to the tomato seedling and degree of parasitism was severe. Therefore, it is supposed that *F. oxysporum* isolated in the preset experiments will be undoubtedly *F. oxysporum* f. *lycopersici*.

11. In the wooden frame experiments, the relationship between the number of pathogen in the soil and the outbreak of fusarium wilt of tomato plant differed according to the kinds of soil. The number of pathogen (number of colony/g air dry soil) which induces the outbreak of about 10 per cent in tomato seedling was above 5000 colonies in the colluvial granite soil, above 300 colonies in the alluvial granite soil and above 500 colonies in the volcanic ando soil, respectively.

12. The same experiments were conducted in the fields in Yasufuruichi and Senogawa. The number of pathogen which induced the outbreak of fusarium wilt in the fields was more than in the wooden frame soil.

13. To get the rough number of pathogen of *F. oxysporum* in the soil, the indicator plant method in which tomato seedlings were used as the indicator plant was examined. When 0.5 % and 1 % solution of glutamic acids were added to the soil, the outbreak of fusarium wilt was stable and sensitive.

14. The relationship between the outbreaks of fusarium wilt in the fields of Yasufuruichi and Senogawa and in the indicator plant method was studied using the air dry soil and natural soil. The results showed that the outbreak in the indicator plant method was more than two or three times heavy as that in the field. In the comparison between the air dry soil and natural soil, the outbreak in the natural soil was severer than that in the air dry soil.

15. There is no relation between the outbreak of fusarium wilt in the field and in

the indicator plant method at the time when the soil sampled from fields immediately were used in the indicator plant method, but the relation was observed after one month from the sampling dates.