

トマト萎ちょう病をおこす *Fusarium oxysporum*

II. 根ぐされ萎ちょう症をおこす *F. oxysporum* の 土壌中での生存

小倉 寛典・伴 正敏
(農学部植物病理学研究室)

Fusarium oxysporum caused Tomato Wilt Disease

II. Existence of *F. oxysporum* caused Tomato Wilt Disease attended with Root Rot

Hirosuke OGURA and Masatoshi BAN
Laboratory of Phytopathology, Faculty of Agriculture

Abstract

Fusarium oxysporum caused tomato wilt disease. II. Existence of *F. oxysporum* caused tomato wilt disease attended with root rot. Hirosuke OGURA and Masatoshi BAN *Laboratory of Phytopathology, Faculty of Agriculture*. It is investigated the increase of *Fusarium oxysporum*, so called tomato wilt attended root rot, in field cropping tomato plant and damage by its pathogen. In the field invaded tomato plants severely at last year, the pathogen appeared in early period of cropping, and though symptom did not appeared on leaves, tomato plants were infected at roots already at young stage, but in the field invaded slightly at last year, pathogen increased gradually and tomato plant in mature period began to wither step by step. The 70 per cent of isolates from Nii-district had virulent pathogenicity and these fungi grew well in wide range of temperature. Fungus of this type gathered at the same proportion in Mochiishi, but in Takaoka and Tadaishi they were less fairly. During the cropping tomato plant wilt type fungi increased more rapid than root rot type one and damage of this type appeared more severe in warm season, but in cold season, though fungi increased as usual, damage did not more severe than that of root rot type. After dug up the host plant, pathogen decreased but they existed a little for a long time in soil. This tendency of decreasing was recognized in both type of *Fusarium* tested.

前報¹⁾において報告したように高知県において促成栽培トマトに発生する根ぐされ病は *Fusarium oxysporum* によるものが大多数である。本病害は、根ぐされ萎ちょう症と仮称され、高知県以外にも近畿地方、中部地方の太平洋側の園芸地域に発生を見ている²⁾。本菌は、従来の萎ちょう病と異なった病徴を示し、導管褐変は少なく、地下部の褐変、地際部の腐敗を惹起する。しかし、病原性は強くなく、被害をおこすには萎ちょう型病原菌よりも多くの菌量を必要とするようである。斎藤・山本・山本³⁾は、本病害は窒素肥料の多用により発生が多くなることを指適し、小倉・伴¹⁾も本菌は多窒素の下で菌数が増加し、被害も増大することを実験的に確認している。

本報告は土佐市新居の病害発生圃場における土壌中の本菌の動向を調査し、あわせて、萎ちょう病菌との相違についても検討した。

実験 1. 圃場における病原菌の動向

高知県下におけるハウス促成トマトの根ぐされ症状は、その大多数が土佐市において発生してお

り、病原菌は *F. oxysporum f. lycopersici* の一系統であるとされている。土佐市における被害状況は Table 1 に示す通りである。

Table 1. *Damage of tomato plant caused by Fusarium oxysporum in Tosa-shi**

Community group	Planted area	Damaged area	Normal yield	Prospective damaged yield	Damaged ratio
Nii	10 ha.	9 ha.	1100 t.	541 t.	46.7 %
Takaishi	18	15	1800	687	38.2
Koryo	15	14	1500	940	62.7
Takaoka	3	0.3	300	0.6	0.2
Chuo	0.9	0.2	90	0.4	0.4
Hasuike	0.7	0.3	63	1.3	2.0
Usa	0.2	0	16	—	—
Total	47.8	38.8	4869	2143.3	Average 44.0

* From inquired report by agricultural technical section in Kochi-ken at 1969.

本病害の発生地と目される新居地区では、現在、トマト栽培者は皆無であり、このため、本実験は継続調査を行なうことが出来ず、途中経過を発表するのやむなきに至っている。

調査した発病地は土佐市新居の2年連作圃場3カ所（所有者：門田光雄・市木海雄・田村幸十郎）および1969年秋より新しく栽培をはじめた圃場1カ所（所有者：中内昭夫）である。実験圃場は以後、K区、I区、T区、N区と略称する。いずれもトマト、スイカ、イネの作付体系をとり、10月中旬トマト定植、4月中下旬スイカ定植、6月下旬イネ定植を行なっている。1969年トマト採取時期における各区の被害は Table 2 の通りである。

Table 2. *Infection degree of tomato root by F. oxysporum*

Plot	Date of investigation	Infection degree*				Susceptible ratio %	Index**
		0	1	2	3		
T	Apr. 1969	***14	20	10	44	84.0	1.95
K	Apr. 1969	79	49	38	39	65.2	1.18
	Apr. 1970	0	12	46	31	100	2.21
I	Apr. 1969	32	6	6	0	27.8	0.41

* Infection degree of tomato root, 0: health, 1: brown root or brown spot on root appeared a little, 2: brown root appeared, 3: virulent brown root or root rot.

** Figures of each valuation × number participated in that merit/Total number of tomato plant investigated.

*** Number of tomato plant.

1969年4月の時点において、被害の程度はT区>K区>I区の順に低下する。さらに、1970年におけるK区の被害は前年にくらべてかなり増大する。I区においても被害度3が増え、被害の漸増が認められる。

各区の菌数を知るために、各区より4カ所の土壌を採集し、平板稀釈法により菌数を計数した。使用した培地はPCNB、ストレプトマイシン添加ジャガイモ煎汁培地⁴⁾で、25°Cで7日間培養した。土壌採取は1969年10月より、スイカ収穫後まで、毎月2~3回ずつ行ない、出現する菌数を毎月平均して図示した (Fig. 1)。

連作圃場のうち、K区は栽培初期より病原菌分離数が多く、栽培全期にわたって高密度が維持された。これに比してI区では、栽培初期にくらべ栽培後期には菌数は次第に増高する傾向が認められる。トマト未栽培地であるN区で初期の菌数が多い理由は不明であるが、この圃場は新しく整備された所であり、客土した土壌採取地で数年前トマト栽培が行なわれていたのでその影響も分らないが、客土の由来については詳細は不明である。

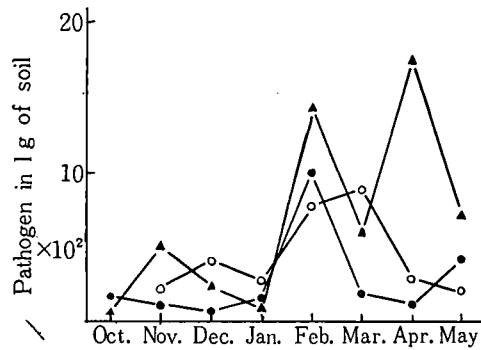


Fig. 1. Increase of pathogenic *F. oxysporum* in field planted tomato in forcing. ○—○ : Field planted tomato continuously (Plot-K), ●—● : ditto (Plot-I), ▲—▲ : field planted tomato for the first time (Plot-N).

以上の実験は採集直後の土壌から病原菌を分離したが、さらに土壌をビニール袋に入れて室温に放置し、半年以上経過したのちに前記の方法により菌の分離を行なった (Fig. 2).

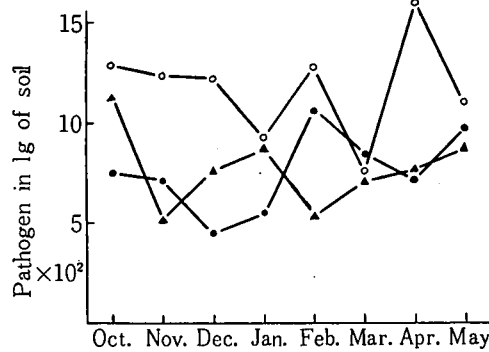


Fig. 2. Increase of pathogenic *F. oxysporum* in field planted tomato in forcing. Fungi were isolated at 6 or more months after collecting. ○—○ : Plot-K, ●—● : Plot-I, ▲—▲ : Plot-N.

前回にくらべて採土時期の相違による菌数の増減は少なく、出現菌数は厚膜胞子によるものが殆んどであると思われる。連作圃場では菌の残存数にはあまり差が認められないが、汚染のひどいと思われるK区では菌の増加の時期が他に比して早い傾向が認められる。新しい栽培地N区では、菌の増加はもっともおそく、2月になって急に起こるようである。これら3圃場のトマトを12月下旬に抜取って根の罹病を調査したが、K区では調査全個体の根に変色部が認められ、すでに圃場全株が罹病しているものと思われた。I区では調査個体の約62%に根の褐変が観察されたが、地上部の病徴は確認されなかった。N区では根の褐変も認められず、調査株はすべて健全であると判定された。栽培末期の調査では、根部の調査はせず、地上部の病徴のみを調査したが、K区では30%以上の被害株が認められ、I区でも枯死あるいは生育停止株が認められたが、N区では葉の黄変、生育停止株が少数ながら認められたにすぎない。土壌水分の調査では、K区は平均26.3%、I区24.9%、N区21.3%で大差はなかった。時期的には各区とも11月に含水量が多くなっている。また、地中温度の調査では、最高温度23.5°C、最低温度8.5°Cであり、月別では1月がもっとも低く、最高平均温度12.9°C、最低平均温度10.1°Cであった。また、1日の地中温度隔差は3°C内外であった。

各区の土壌より得られた *F. oxysporum* について、菌糸の伸長ならびに病原性について検討した。

すなわち、ジャガイモ煎汁寒天培地に各菌株を植えつけ、15~17°C, 21~24°C, 25~28°C に静置し、48時間後から、48時間の間に伸長した菌糸を測定した。供試菌株はK区23株、I区17株、N区37株である。Table 3 は各区の菌株を伸長特性によって区分したものである。

Table 3. Mycelial growth of *F. oxysporum** related with temperature

Plot	Number of strains	Group divided by mycelial growth**			
		W	H	L	S
K	23	***47.83 %	13.04	17.39	21.75
I	17	64.71	11.74	11.74	11.74
N	37	56.76	18.92	10.81	13.50

* Fungi were cultured on PDA.

** W: Fungus grew more than average growth in all temperature tested (15~17°C, 21~24°C, 25~28°C), H: fungus grew more at high temperature and less at below 24°C than average, L: fungus grew more at below 24°C and less at above than average, S: fungus grew less in all temperature than average.

*** Number of fungi grouping/total number of each plot. ×100.

各区とも菌糸の生育は25~28°Cでもっとも良いが、25~28°Cよりも21~24°Cの方が生育良好のものはK区4菌株、I区3菌株、N区3菌株であった。また、温度反応の特性から各菌株を4区分した。すなわち、各温度区とも平均生長を上廻る菌群(W)、24°C以下では平均以下であるが、25°C以上で平均生長を上廻る菌群(H) 24°C以下で平均以上であるが25°C以上では平均以下の生育を示す菌群(L)、いずれの温度でも平均以下の生育を示す菌群(S)に区分すると各区とも半数以上の菌株がW群に属する。

また、これら菌株の菌そう上に表面殺菌後催芽させたトマト種子を置き、7-12日間各温度に静置してその罹病度を観察した (Table 4)。

Table 4. Pathogenicity of *F. oxysporum* to tomato seedlings related with temperature

Plot	Number of strain	Group divided by pathogenicity*			
		Vp	Hp	Lp	Wp
K	23	**64.12 %	4.35	0	30.40
I	16	68.75	25.02	6.24	0
N	37	56.76	10.81	13.51	18.92

* Vp: Fungus had severe pathogenicity in all temperature tested (15~17°C, 21~24°C, 25~28°C), Hp: severe at high temperature, Lp: severe at below 24°C, Wp: weak pathogenicity in all temperature.

** Number of fungi grouping/total of each plot ×100.

各菌株を病原性により4型に区分した。すなわち、各温度区とも強い病原性を示す菌群(Vp)、高温において強い病原性を示す菌群(Hp)、24°C以下において強い病原性を示す菌群(Lp)、いずれの温度でも病原性の弱い菌群(Wp)である。各区とも60%前後が温度に影響されず強い病原性をもつ菌株である。

以上のように新居地区は供試したいずれの圃場からも病原 *Fusarium* が検出された。そこで他地域からも同様の結果が認められるか否かを検討した。仁淀川流域で新居の上流にあたる高岡、高石、用石地区のトマト促成栽培地帯から *F. oxysporum* をそれぞれ13菌株、76菌株、34菌株採集した。前記の病原性検定は種子を直接に菌そう上に置いたため病原菌過多の状態にある。今回はトマト幼苗の根を各菌株の孢子懸濁液に浸したのち、殺菌土壌に植え、小型ビニールハウス内に置いた。供試菌株は前記の新居地区の強病原性を有する菌株30株を加え、計153菌株である。実験は2月中旬にトマト種子を播種し、4月中旬にトマトを抜き取って、根部の罹病を調査した (Table 5)。

各地区とも強い病原性をもつ菌群が約60%以上存在する。これは病原菌を罹病部から得たことにもよると思われる。しかし、高岡、高石地区では病原性の弱い菌株が20%以上も検出された。

Table 5. Pathogenicity of *F. oxysporum* to tomato root in green house

District of isolation	Number of strain	Pathogenic group*		
		V	M	S
Nii	30	**80.0 %	20.0	0
Takaoka	13	61.54	15.38	23.08
Takaishi	76	56.58	22.73	21.05
Mochiishi	34	82.35	2.94	14.71

* Pathogenicity, V: appeared in virulent, M: appeared in virulent or in slight occasionally, S: in slight.

** Per cent of causal fungal group.

新居地区の病原菌は前述の実験で強病原菌と目されるものを使用したか、土壌中ではやや病原性は低下する。

実験 2. ガラス室内における病原菌の動向

前報¹⁾に示した2つの菌系 F1001 号菌 (萎ちょう型), F1005 号菌 (根ぐされ型) の土壌中での推移について検討した。ガラス室内におかれたセメント枠 (径 80 cm, 深さ 40 cm) に壤土を入れ、慣行通りいなわら, 油粕, 配合肥料を混入し, 両菌株をそれぞれ培養したトウモロコシ・パーミキュライト接種源を1枠あたり 100, 500 ml ずつ混合した。適時灌水し, 30日後に播種30日のトマト苗を植えた。3カ月後にトマトを除去し, いなわら, 油粕を加えて再びトマトを栽培した。翌年, その一部を休閑し, 病原菌の変動を調査した。病原菌の計数は前報¹⁾と同様に希釈平板法を用いた。検出された *F. oxysporum* の病原性の検定は行なわなかったが, 無接種区の *F. oxysporum* 数を上廻る菌数をもって接種された菌数と見做した (Fig. 3)。

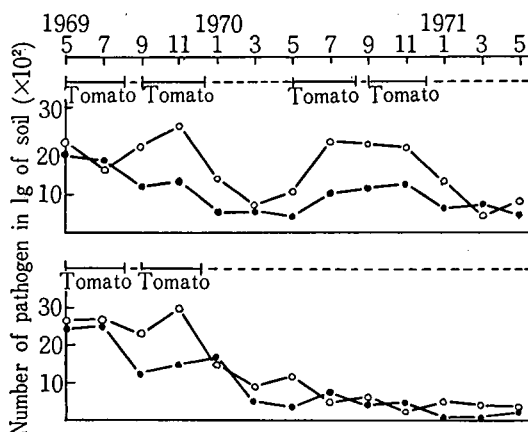


Fig. 3. Annual increase of pathogenic *F. oxysporum* in soil planted tomato continuously in green house. ○—○: Wilt type (F 1001), ●—●: root rot type (F 1005).

萎ちょう型の F1001 号菌はトマトを植えると菌数の増加が顕著であり, 除去によってかなり急速に減少する。しかし, 休閑により, ある程度まで菌数が減少すれば, その後の減少は本実験の範囲ではおこり難い。一方, 根ぐされ型の F1005 号菌はトマトが存在しても萎ちょう型ほど急速な菌数増加は認められず, 休閑によっても残存菌数は萎ちょう型と同様な傾向を示し, 少数ながら長期間土壌中に生残る。各作付けにおけるトマトの罹病は, 萎ちょう型では 100 ml 添加によりかなりの発病をみるのに対し, 根ぐされ型ではさらに多量の菌量を必要とする (Table 6)。また, 病害は F1001 号菌では夏期にはかなり早く進展するが, F1005 号菌によるトマトの枯死に至る過程は緩慢である。

Table 6. *Damage of tomato plant by F. oxysporum in continuous cropping soil*

Strain	Inoculum quantity	Date of investigation	Susceptible ratio	
			Dead	Slight
F 1001 (Wilt type)	100 ml	1969. 8.	56.25 %	35.00
		1969. 12.	6.25	43.75
		1970. 8.	68.75	31.25
		1970. 11.	0.0	35.00
	500	1969. 8.	68.75	31.25
		1969. 12.	12.50	68.75
		1970. 8.	75.00	25.00
		1970. 11.	0.0	50.00
F 1005 (Root rot type)	100	1969. 8.	18.75	43.75
		1969. 12.	18.75	50.00
		1970. 8.	6.25	25.00
		1970. 12.	6.25	37.50
	500	1969. 8.	18.75	70.00
		1969. 12.	31.25	37.50
		1970. 8.	6.25	37.50
		1970. 12.	12.50	62.50

考 察

高知県下に生じた促成トマト根ぐされ萎ちょう症の病徴ならびに発生環境については、斎藤・山本・山本・西内^{5,6)}、斎藤・山本・山本³⁾の報告がある。Rao & Rao⁷⁾は萎ちょう病は土壌中の菌量に左右されると報告し、Kraft & Erwin⁸⁾は菌密度の小さい場合には環境要因が発病を左右すると報告している。本実験においても、前年度にトマトの被害の大きい圃場では栽培初期より菌密度は大で罹病も早い。被害の小さい圃場でも病原菌は作物を利用して次第に菌数を増し、栽培後期には被害は次第に拡大する。栽培初年度の圃場で初期に菌数の多い理由は不明であり、他区に比して変動の大きい理由も不明であるが、全般的には後期になるにつれて徐々に菌数が増す傾向が認められる (Fig. 1, 2, 3)。小倉・森本・坪井⁹⁾は *F. oxysporum* の発病はある菌密度以上で非連続的に起こることを認めたが、さらに、小倉・森本・池田¹⁰⁾は発病に至らないが、地下部の侵害は菌数の増加とともに連続して起こると報告している。Griffin¹¹⁾、Malalasekera & Colhoun¹²⁾ その他の研究者たちも *F. oxysporum* の発病要因として土壌の物理的環境に検討を加えている。根ぐされ型の本病害が、適温でトマトを発病させ難く、かえって、低温条件下で発病を誘起することについて、小倉・伴¹⁾は土壌生物要因、寄主の生理的要因などについて考慮している。供試した病原菌のうち、半数以上が低温下でも生育良好な菌群であり、24°C 以下でも強い病原性を有する (Table 3, 4)。Griffin¹¹⁾、Nash, Christou & Snyder¹³⁾ は自然土壌中での *F. oxysporum* の胞子の動向を、Cook & Snyder¹⁴⁾、松田・尾崎・下長根・渡辺¹⁵⁾は植物の生産する胞子発芽物質を報告している。前報¹⁾において有機態窒素が発病を助長し、本報告においてトマト栽培により菌数が増加するのはこのためと思われる。しかし、菌株により土壌中の菌数の増減に差を生じ (Fig. 3)、また、地域により病害の発生様相に相違のあることは (Table 1, 2, 5, 6)、病原菌密度と活性、寄主のもつ病原菌への利害の二面性、土壌のもつ二面性と関連させて検討せねばならないであろう。また、Fig. 3, Table 6, に示されるように F1001 号菌では菌数は差異を認めないが、被害が第2年次に増加し、F1005 号菌では菌数に比して被害が減少することは、両菌のもつ inoculum potential の本質的な相違であり、本実験で設定された環境に対する適応限界の相違があるのではないかと考えられる。

稿を終えるにあたり、現地調査に御協力を得た土佐市新居農協農業指導員中村博氏、ならびに圃場を提供して頂いた土佐市新居門田光男・市木海雄・中内昭夫・田村幸十郎の諸氏に謝意を表す次第です。

要 約

土佐市新居地区のビニールハウス土壌におけるトマト根ぐされ萎ちょう症病原菌の栽培期間中の変動を調査した。連作圃場では前年度に被害の大であった土壌では、病原菌は栽培初期から菌密度が大である。しかし、栽培後期に至っても菌の増加はあまり認められない。前年度の被害の少ない圃場では、後期になれば菌数は次第に増加する。3試験圃場では、そこに存在する病原菌の温度反応は大略等しい。また、広い温度巾に対して安定した病原性を示す菌群が各圃場に70%前後存在する。新居、用石地区の病原菌は高岡、高石地区に比して病原性の強い菌群が多い。トマト栽培期間中は萎ちょう型菌株は土壌中の菌数増加が根ぐされ型菌株に比してはやく、被害も多い。しかし、圃場を休閑すれば菌数は減少するが、ある数値以下には減少し難い。この減少の傾向は両型菌とも類似している。

文 献

- 1) 小倉寛典・伴 正敏, 高知大学研報, 農学 20, 61-69 (1971)
- 2) 駒田 且・江塚昭典, 日植病報., 37, 173 (1971).
- 3) 斎藤 正・山本 馨・山本公昭, 高知農研昭和 44 年度成績書, 34-57 (1970).
- 4) 松田 明, 植物防疫, 24, 322-324 (1970).
- 5) 斎藤 正・山本 馨・山本公昭, 高知農研昭和 42 年度成績書, 73-101 (1968).
- 6) _____・_____・_____・同上 昭和 43 年度成績書, 69-74 (1969).
- 7) Rao, M. V. & Rao, A. S., *Trans. Brit. mycol. Soc.*, 49: 403-409 (1966).
- 8) Kraft, J. M. & Erwin, D. C., *Phytopath.*, 58, 1427-1428 (1968).
- 9) 小倉寛典・森本徳右衛門・坪井福俊, 高知大学研報. 自然科学Ⅱ, 17, 77-83 (1968).
- 10) 小倉寛典・森本徳右衛門, 池田 弘, 同 上, 18, 67-75 (1969).
- 11) Griffin, G. J., *Can. Jour. Microbiol.*, 10, 605-612 (1964).
- 12) Malalasekera, R. A. P. & Colhoun, J., *Trans. Brit. mycol. Soc.*, 51, 711-720 (1968).
- 13) Nash, S. M. T., Christou, T. & Snyder, W. C., *Phytopath.*, 51: 308-312 (1961).
- 14) Cook, R. J. & Snyder, W. C., *Ibid*, 55, 1021-1025 (1965).
- 15) 松田 明・尾崎克己・下長根鴻・渡辺文吉郎, 土と微生物, 9, 30-40 (1967).

(昭和 46 年 9 月 30 日 受理)

