

Fusarium oxysporum f. sp. *cucumerinum* の土壌伝搬

小倉 寛典

(農学部植物病理学研究室)

Dispersal of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* in Soil.

Hirosuke OGURA

Laboratory of Plant Pathology, Faculty of Agriculture

Abstract : Dispersal of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* in soil was studied for seven years in field. The fungus in plant debris survived more than one year in soil but it naked in soil did only four monthes. There were some differences for survival and/or dispersal speed in field cropped cucumber, soybean or tomato. The former two crops gave more favourable conditions for dispersal, but the later did the worse spread. The fungus spread farther in soybean field than in cucumber field, but the mass of the pathogen in the cucumber field was more than in the soybean field. The wilt damage of cucumber appeared severely at the first year and decreased next two years though the pathogen increased by little and little. Then, the damage kept constant in high for next few years and the fungus was in stable. The pathogen colonized on young cucumber roots saprophytically increased year by year, however, the wilt damage appeared so as to go up stairs with few years interval. From these results it is clearly that the cucumber wilt pathogen disseminates to colonize on roots with utility value for its survival as parasite to host plant or as saprophyte to non host plant.

緒 言

Fusarium 属を代表する土壌病原菌には *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. roseum* があり、前 2 者には双子葉植物に、後者には単子葉植物に重大な被害を与えるものが多く、いずれも難病害のうちに数えられている。*F. oxysporum* は腐生競争力が弱く、宿主依存型の生活を行なうと一般的に云われ、その点で腐生競争力のある *F. solani* とは異なった対策がたてられてきた。また、栽培関係者の間には本病害は輪作により回避しようと云われてきた。

本報告はキュウリつる割病菌を対象に 7 年間にわたって土壌中の本菌の動向を調査した記録である。

実験方法および結果

1. *F. oxysporum* の土壌接種源の調整：自然土壌に *F. oxysporum* を接種すると短期間のうちに菌数が低減し、接種源密度が小さい場合は容易に消滅することは小倉ら (1977) の報告をはじめ多くの研究者が報告している。本研究は長期にわたり圃場での本菌の動向を調査するために、接種した本菌が作付作物を利用しうるまでの期間を生存することが必要である。このために接種源と

Key Words : *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, Dispersal.

して有効な残渣について調査した。

接種源材料としてイネわら、コムギふすま、引き割りトウモロコシ粒、バーミキュライトを用いた。あらかじめ1時間水に浸漬した上記材料を1ℓ容三角フラスコに入れ、Czapek液を少量添加して加圧殺菌したのち *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (保存記号F501) を接種して25℃に保った。なお、バーミキュライトは水に代えて5倍稀釈のCzapek液に浸漬して供試した。15日後に各材料を殺菌した湿砂と1:4 (V/V) の割合に混合し、3日間25℃に静置したのち土壌接種源とした。径40cm高さ20cmの円形セメント枠を耕起した圃場に埋め、上端を表土と同じ位置にした。5mmに篩別した畑土壌 (pH6.2 砂壤土) をそれぞれの接種源と混和しセメント枠につめた。混和の割合は9:1である。寒冷紗で表面を1週間被覆したのち、枠内の土壌を2か月ごとに1年間にわたって供試した。その間、雑草は適時抜去し、夏期の極度の乾燥期には敷わらを施した。

調査は5月より始め、2か月ごとに表土下5—15cmの土壌を採集し、流水により残渣を集め、フザリウム選択培地地上に並べて接種したF501菌の出現する残渣を数えることにより残存を判定した。

Table 1. Survival of *F. oxysporum* in field soil inoculated with different source

| Inoculum source | Appearance ratio of the pathogen | | | | | |
|-----------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| | 2 months Jul. | 4 Sep. | 6 Nov. | 8 Jan. | 10 Mar. | 12 May |
| Straw | *24% | 10 | 7 | 6 | 2 | 3 |
| Wheat bran | 17 | 8 | 8 | 10 | 2 | 4 |
| Corn grain | 43 | 12 | 5 | 4 | 1 | 2 |
| Vermiculite | 7 | 8 | 1 | 0 | 1 | 0 |

* Appearance ratio of the pathogen on debris in field.

Debris with pathogen/Total debris tested×100

各接種源はバーミキュライト接種、すなわち、菌体単独接種以外はいずれも本菌の残存は良好であった。(第1表)。バーミキュライトは菌体が直接に土壌中に分散あるいは接触するために他菌の攻撃を受けて消滅しやすく、4か月以降には出現しなかった。トウモロコシ粒は他材料よりも養分は多く、接種時の菌量も多いため、残存量も多いが、養分の急激な消費は6か月以後の急激な菌数減少となって現われた。イネわらはふすまと同じ傾向を示し、4か月以降は安定した残存を示した。時期的に6か月以降は寒冷期に入り、他菌との競合も少なく、10か月を過ぎると春季に入り、他菌が活性化するにつれて残存数は減少すると考えられる。

以上の結果より、以後の実験は菌数の変動が少ないイネわらを接種源として供試した。

2. キュウリつる割病菌の土壌伝搬と植生: キュウリつる割病菌は腐生競合の弱い菌であり、宿主作物により活性を維持するとの報告が多い。しかし、根面における腐生生存を考慮すると、非宿主による生存助長も考えられる。本実験は高知大学農学部の圃場に本菌を接種し、1976年より7年にわたってキュウリ、トマト、ダイズを連作した圃場内での本菌の移動について調査した。

30m×20mの圃場を3列に区分し、それぞれにキュウリ (品種: 四葉)、ダイズ (品種: 三保白鳥)、トマト (品種: 福寿) を年間2作栽培した。各区間は1mの間隔をあげ、ダイズは平畦、キュウリとトマトは4列の畦を立てた。各区ともその中央に2mの空闲地帯を設定した。キュウリとト

マトは春作は1か月育苗ののち、5月中旬に定植し、8月上旬に地上部を除去後簡単に耕起して20日育苗の苗を秋作として8月中旬に定植した。ダイズは5月上旬と8月上旬に播種した。各作物とも第1作の植付け15日前に10 aあたりに換算して消石灰30kg, 堆肥150kg, 油粕50kgを施し, さらに栽培中に配合肥料を適宜施肥した。第2作は前作の畦を大きく崩さないように耕起し, 油粕を元肥として加えた。

1976年3月中旬にキュウリつる割病菌 (F501菌) のイネわら接種源を本圃場の一端に1 m巾で接種し, 小型カルチで20cmの深さまで混和した。5月上旬にこの接種帯を起点として耕運機で耕起し畦立てを行い各作物を栽培した。以後, 毎年第1作の前だけ耕運機で深く耕起したが, 各作付を越えることはなかった。栽培終了時にすべての作物は地上部を切り取り, 根部は地中に残置して次期作付けを行なった。但し, トマトは3年目より青枯病が発生し, 5年に至って被害甚だしく, 以後は本実験から除外した。

11月に表土下10cmの位置の土壌を集め, 残渣法によって *F. oxysporum* の生存を調査した。調査地点は各畦2 m間隔で行ない, 本菌の伝搬最先端地点は再度調査を繰返して存在を確認した。供試したF501菌は菌そうの形, 色素に特徴があり他菌と区別が容易であるが, 土着菌の中にはわずかながら類似の菌株が存在し, 多少の混同は否めなかった。

供試した *F. oxysporum* の分散は第1図の通りであった。初年度の栽培終了時には本菌は約1~2 m拡散した。キュウリ, ダイズに比べてトマトではやや劣った。2年から3年で伝搬速度は大きくなり, とくにダイズ畑の伝搬ははげしかった。キュウリ畑も類似の傾向を示したが, トマト畑では伝搬は小さかった。伝搬は同一圃場の畦に沿って起りやすく, 通路 (空閑地) を距てての移行は困難であり, 一時的に伝搬速度は低下した。

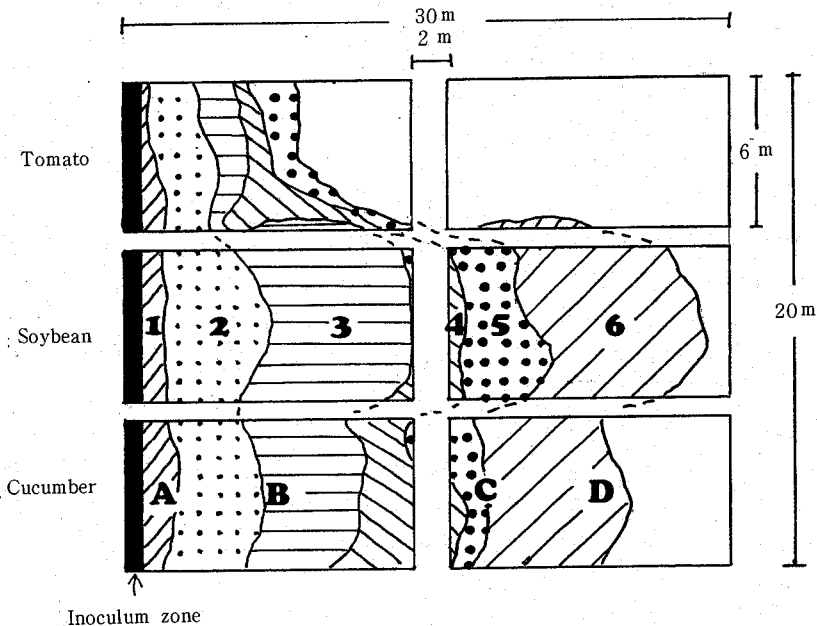


Fig. 1. Dispersal map of cucumber wilt pathogen in field cropped each plant continuously. The number in figure shows the year that the pathogen dispersed in the area. The marks A, B, C, D are the fixed points checked activities of the fungus in field.

つぎに各作目ごとに定点から土壌を採取し、残渣法により *F. oxysporum* の出現頻度を7年にわたって調査した。各圃場の端より2 m, 7 m, 18 m, および23 mの位置で、それぞれA, B, C, D地点とした。Aは接種源帯から1 m, BとDは各圃場の中央, Cは中央空閑帯より2 mの位置である。毎年第1作終了時に各地点より土壌を採取し500 ml容ビーカーに入れて5℃で約1か月放置したのち残渣を集めてフザリウム撰択培地上で菌数を計数した。

Table 2. The wilt pathogen on debris in field

| Cropping | Check point | '76 | '77 | '78 | '79 | '80 | '81 | '82 |
|----------|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Cucumber | *A | **31% | 21 | 18 | 25 | 17 | 22 | 21 |
| | B | 0 | 3 | 4 | 11 | 18 | 27 | 26 |
| | C | 0 | 0 | 0 | 2 | 12 | 16 | 17 |
| | D | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 28 |
| Soybean | A | 37 | 18 | 13 | 18 | 11 | 20 | 11 |
| | B | 0 | 2 | 16 | 15 | 15 | 16 | 10 |
| | C | 0 | 0 | 0 | 16 | 20 | 18 | 4 |
| | D | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 9 |
| Tomato | A | 11 | 12 | 7 | 1 | — | — | — |
| | B | 0 | 0 | 0 | 1 | — | — | — |
| | C | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — |
| | D | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — |

* Distance from inoculum zone in field, A : 2 m, B : 7 m, C : 18 m, D : 23 m

** Per cent of debris infested by the pathogen

接種源に近いA地点はどの作物圃場でも初年度に *F. oxysporum* が検出された (第2表)。いずれの地点でもダイズ圃場はキュウリ圃場よりもやや早く本菌は存在する傾向を示したが、同一地点ではキュウリ圃場では出現率が徐々に増大するが、この傾向はダイズ圃場では認め難かった。C, D地点でも本菌の定着はダイズ圃場はキュウリ圃場と同等あるいは先行した。トマト圃場では本菌の活性は促進されなかった。

3. キュウリ連作圃場におけるつる割病の発生：上述のようにキュウリつる割病菌の土壌伝搬は年により場所により様相が異なるが、キュウリ圃場では比較的均一な分散の様相を示し、連作により急激な増加を示すことなく定常化あるいは緩やかな増加をする傾向が認められた。本実験はキュウリ連作圃場のA, B地点におけるキュウリつる割病の発生について調査した。接種源帯からA地点(2 m), B地点(7 m)と等距離にあるキュウリを対象に、第1作の定植40日の作物を抜取って、地上部に病徴を示す株、地下部の一、二次根に明瞭な褐変の認められる株、および健全株に分けて調査した。

発病の状況は第2図に示した。初年度に、接種源より1 mの地点では被害は大きく、根の被害も大きく現れた。その後、数年は被害は減少したが、4年以降つる割症状は30%前後で初年度と同程度にまで増加した。地上部の外観は健全で根に症状を示す個体は年ごとに徐々に減少した。B地点での発病は3年後に発見され、5年後以降に枯死個体が認められた。

つぎにキュウリの細根に分布する *F. oxysporum* を調査した。外見的に健全なキュウリも地下部

を調査すると病徴が認められる場合があり、この被害は栽培末期にはさらに進行した。収穫最盛期を過ぎて活性が急速に低下する個体は一、二次根のみならず3、4次の細根にも褐変が認められる場合が多く、これが樹勢の衰退に関与していると思われた。それ故、A地点、B地点の近辺に栽培されている定植40日前後のキュウリ成体のうち、外見上健全の5個体を細根まで丁寧に掘り取り、3、4次根あるいはさらに高次の細根を集めて根面および根内の *F. oxysporum* について調査した。供試個体のうちには一、二次根に被害をもつものもあったが、健全と見做される細根も供試した。調査方法は小倉ら (1990) の報告した培地上で根面を培養する手法を用いた (第3図)。

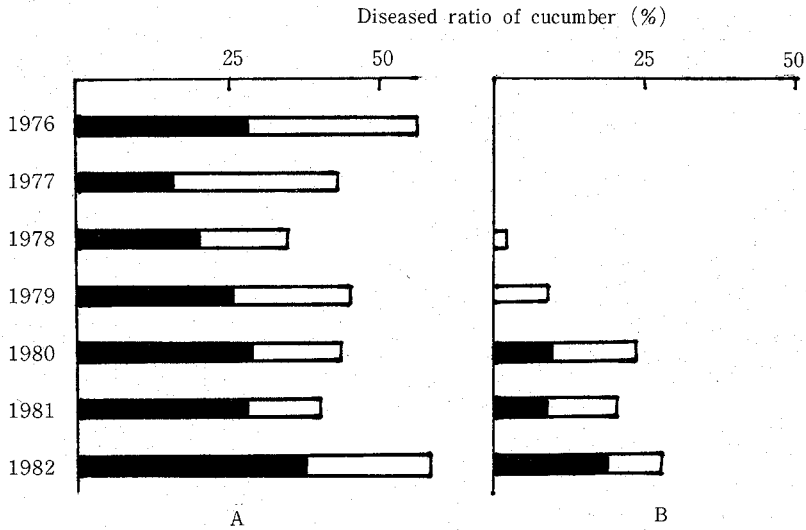


Fig. 2. Wilt damage at different distance from inoculum zone in cucumber field. A and B are fixed point in 1 m and 7 m from inoculum. ■ : Wilt, □ : Brown spot on root

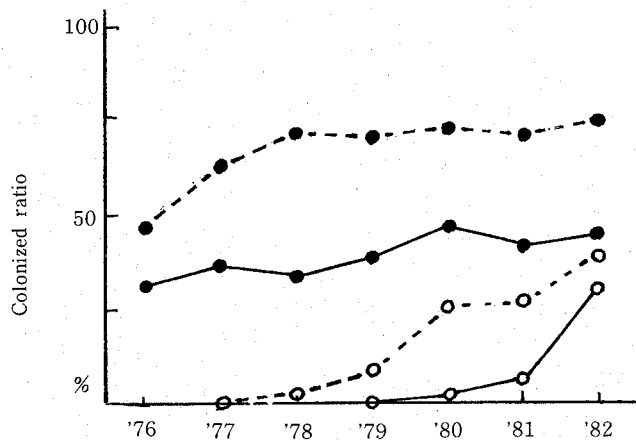


Fig. 3. Colonization of pathogen on cucumber roots in field. Fixed point A : ● and B : ○, --- : colonized on root, — : invaded in root

A地点では初年度にすでに根面と根内から本菌は検出されたが、根面では数年間に急速に着生菌数は増加し、以後は定常化してわずかながら増加した。根内への侵入は徐々に増加した。一方、B地点では3年を過ぎて根面への着生が認められ、以後、年ごとに急速に増大した。根内への侵入は5年より認められ、最終年に至って急激に増大した。

考 察

F. oxysporum f. sp. *cucumerinum* は土壌中での競合に弱く、休眠態へ移行する。その過程での行動は腐生生存に利用可能な有機物あるいは他の微生物の競合に耐えられる場所の獲得により決まる(PAPAVIZASら、1968, KRAFT, 1975, 小倉・佐橋、1986)。土壌中に投入された本菌の生活菌体は土壌微生物群と直接に接触する場では急速に数を減じ、耐久体形成の時間的余裕をもつ場合が少ない(小倉ら、1977)。残渣に住み付いた場合には残存数も多く、長期間生残る。残渣の利用や残渣中の競合者との養分と空間の確保のための競合が問題視される。残渣の質により残存量は異なる。供試したトウモロコシ粒では菌数は他より多いが短期間に減少した。小倉(1968)は穀粒の物質は消費が早く、繊維質残渣に比べて微生物相の推移が急激に起ると報告している。残渣中に生存する耐久体も季節により変動があり、秋冬季には変動が少なく、春季に至って減少した。BAMHASHEMI & ZEEUW (1973), WHALLEY & TAYLER (1976) も同じように残渣による生存を報告し、COOK & SNYDER (1965) は残渣による微生物相の栄養的刺激と *Fusarium* への攻撃について報告し、馬・小倉(1990)も活性期の土壌中の本菌の減少を報告した。

イネわら残渣をもつ *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* を土壌に混和し、2か月後にキュウリ、ダイズ、トマトを栽培した。以降7年にわたり本菌の推移を調査した。本菌は宿主、非宿主の区別なく土壌中を伝搬するが、トマト栽培圃場では他の2作物に比べて伝搬距離も分散する菌数も可成劣っている。馬・小倉(1990)は土壌中のキュウリつる割病菌の厚膜胞子は宿主の栽培により減少し、これは活性型生存に移ったと推論した。また、小倉ら(1990)は本菌は非宿主作物根上で腐生生存することを報告し、KATAN (1971), ADEBAYO & HARRIS (1971), SMITH & SNYDER (1975), GORDONら(1989)も宿主の不在の場合の *F. oxysporum* や *F. solani* は非宿主の根面を生存に利用すると述べた。一方、RUSH & KRAFT (1986)は土壌中の根への移行は菌密度と菌の位置により大きく異なると報じ、さらにKRAFT & ALLMARAS (1985)は土壌の物理的性状が根への着生、残存に大きく影響するとした。トマト土壌はこれらの報告を考慮すれば、本菌の生活に良好な環境を提供しないと考えられる。さらに、小倉ら(1990)は作物により単位土壌容積に拡がる根量が異なると述べ、単位根長に分布する本菌は土壌中では根量に比例した腐生生存を考慮すべきであると推論した。このように、ダイズは本菌の土壌伝搬の助長のための安定環境を提供するが、本菌にとっては根面利用による腐生生存であり、それ以上の条件を付加しない。これに対し、キュウリは腐生生存とともに本菌に寄生相の場を提供する。小倉・梅澤(1988)はキュウリは本菌の根面生存でダイズよりも劣るが根内侵害により安定した場を提供すると推論した。

キュウリつる割病の発生は本病原菌の密度の増加の過程と病害発生型土壌の形成との2つに分けられる。本菌の接種時のその周辺における発病は前者であり、その後、土壌中の菌数、発病ともに減少し、さらに発病率は安定し、菌数も定常化する。この時期は土壌が病害発生型に変化したと見られ、土壌の病原菌許容量が想定される。発病は土壌中の菌数の多少の変動と連動せず、また初期の菌数増加期よりも少ない菌数で発病がはげしく起る。さらに菌数が経時的に漸増すること、すなわち土壌許容量の増大は病害発生の突然の不連続的な増大として表われる。

キュウリつる割病菌は宿主以外の作物を通して土壌中を伝搬しうる。残渣および根面利用の腐

生生存である。ELMER & LACY (1987) はこの腐生生存は輪作栽培の盲点であるとした。この場合、inoculum potential の定常化はその場の微生物群、植生、土壌のもつ本菌の受入れ限界など多くの複合系を考慮せねばならない。

要 約

Fusarium oxysporum f. sp. *cucumerinum* の土壌伝搬について7年間にわたって高知大学農学部の圃場を用いて調査した。

本菌は残渣内では1年以上土壌中で残存しうるが、裸出した菌体は4か月でその殆んどが消滅した。土壌伝搬は作物により差があり、キュウリ、ダイズは良好でトマトは利用し難く、根面の腐生生存量も伝搬速度も異った。キュウリ圃場の本菌は進展速度はダイズ圃場に比べてやや劣るが、菌数はダイズ圃場を上回った。病害の発生は接種初年度ははげしく表われたが、一時的に減少し、4年度以降は菌数では劣るが毎年安定した発病率であった。外見的に健全なキュウリでも根面には本菌が定着し、その一部は根内に侵入したが、直ちに発病に到るとは思われなかった。

キュウリつる割病菌は作物根を選別して腐生的に着生し、宿主の場合には寄生生存に移行する。土壌は作物の連作により病原菌の生存に有利あるいは不利な条件を設定する、すなわち、土壌により許容限度が存在すると思われ、それは土壌本来の性質に植生や人為的処理が与えられて生じると考えられる。

文 献

- 1) ADEBAYO, A. A. & R. F. HARRIS : *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **35** : 465-469 (1971).
- 2) BAMIHASHEMI, Z. & D. J. de ZEEUW : *Trans. Brit. myc. Soc.*, **60** : 205-210 (1973).
- 3) BOOTH, C. : "The genus *Fusarium*" Commonwealth Mycol. Inst., Kew, England, 237pp (1971).
- 4) COOK, R. J. & W. C. SNYDER : *Phytopathology*, **55** : 1021-1025 (1965).
- 5) ELMER, W. H. & M. L. LACY : *Ibid.*, **77** : 381-387 (1987).
- 6) GORDON, J. R., D. OKAMOTO & D. J. JACOBSON : *Ibid.*, **79** : 1095-1100 (1989).
- 7) KATAN, J. : *Ibid.*, **61** : 1213-1217 (1971).
- 8) KRAFT, J. M., F. J. MUEHLBAUER. & R. J. COOK : *Plant Dis. Rep.*, **58** : 62-64 (1974).
- 9) KRAFT, J. M. & R. R. ALLMARAS ; in "Ecology and Management of Soil-borne Plant Pathogens" ed PARKER, C. A. A. D. ROVIRA, K. J. MOORE & P. T. W. WONG, p 203-205. (1985)
- 10) 馬俊栄・小倉寛典 : 日植病報., **56** : 132 (1990).
- 11) 小倉寛典 : 高知大学研報., **17** 農学 : 13-24 (1968).
- 12) 小倉寛典・馬俊栄・梅澤武司・山田伸二 : 同上, **39** 農学 : 18-22 (1990).
- 13) 小倉寛典・佐橋憲生 : 同上, **35** 農学 : 37-46 (1986).
- 14) 小倉寛典・高木廣・菅野広士・山口英夫 : 同上, **26** 農学 : 203-209 (1977).
- 15) 小倉寛典・梅澤武司 : 日植病報. **54** : 104 (1988).
- 16) PAPAIVIZAS, G. C., P. B. ADAMS & J. A. LEWIS : *Phytopathology*, **58** : 414-420 (1968).
- 17) RUSH, C. M. & J. M. KRAFT : *Ibid.*, **76** : 1325-1329 (1986).
- 18) SMITH, S. N. & W. C. SNYDER : *Ibid.*, **65** : 190-196 (1975).

(1991年 9 月29日受理)

(1991年12月27日発行)