

# *Fusarium oxysporum* の菌株間における孢子形成の比較

小倉 寛典・佐橋 憲生

(農学部植物病理学研究室)

## Comparative studies on sporulation of strains in *Fusarium oxysporum*

Hirosuke OGURA and Norio SAHASHI

Laboratory of Plant Pathology, Faculty of Agriculture

**Abstract:** Comparative studies on sporulation of strains in *Fusarium oxysporum*. Hirosuke OGURA and Norio SAHASHI, Laboratory of Plant Pathology, Faculty of Agriculture. The difference on sporulation of 24 strains in *F. oxysporum* was studied. The patho-type fungi were more growth in rich nutrients than in poor, but the sapro-type one were less clearly than the former. The conidia formation of the patho-type fungi were more than the sapro-type. However, macroconidia formation was different one by one, and it was no relation with the forma specialis. It was easy to form chlamydo-spores from mycelial mat in soil extract solution. In this case, lysis of microconidia were quickly and that of macroconidia were slowly. The lysis of mycelia were different in individuals, ie. someone was in quick and other was in slow, reversely. There were two types for chlamydo-spore formation, namely, one was from mycelia and other was from macroconidia. These types were not characteristic of forma specialis but peculiar with each strain. The strains that form chlamydo-spores from mycelia were more quickly to make the spores than the one that form them from macroconidia. The later was however only delayed to make them compared with the former, and number of the spores were decided by the character of their own. From these results it will be necessary to study in future, how this fungus exists in severe micro-ecosystem in soil by making use of the nature formed chlamydo-spores and others.

*Fusarium oxysporum* には各種の作物に病害を起す病原型と、土壤中で腐生生活を営む腐生型があり、いずれも分生孢子を形成して種族の増殖をはかり、また厚膜孢子を形成して耐久生存する。しかし、これら病原型と腐生型の特性は2、3の点を除いては形態的にも生理的にも明確にはされていない<sup>2,4,6,9</sup>。これまでに *Fusarium* 属菌の厚膜孢子の形成を誘発する要因として土壤微生物<sup>1,3,5,6</sup>、塩類溶液<sup>3,7,8</sup>などが研究されており、また、土壤中では溶菌とともに厚膜孢子は耐久体として根組織、根圏あるいは残渣中に残存する。

本報告は病原型の *F. oxysporum* として f. sp. *cucumerinum* および f. sp. *lycopersici* を、また、腐生型の *F. oxysporum* を用いてこれら3分化型間の、あるいは菌株間の生存様式の差異について検討した。

### 実験材料

供試した *Fusarium oxysporum* は、f. sp. *cucumerinum* 15菌株、f. sp. *lycopersici* 4菌株、および sap-

Table 1. Isolates of *F. oxysporum* tested

Host	Isolate	Area collected	Date	Remark
キュウリ	F 501	高知県安芸郡芸西村	1967. 9	
	F 502	高知県安芸郡芸西村	1967.10	
	F 504	高知市長浜	1965.11	
	F 506	高知市長浜	1965.11	
	F 507	南国市物部	1962. 4	
	F 508	高知大学農学部	1962. 5	
	F 509	高知大学農学部	1972. 6	
	F 512	高知大学農学部	1972. 7	
	F 516	神奈川県中郡二宮町	1979. 7	神奈川県試保存菌
	F 517	神奈川県中郡二宮町	1978. 6	神奈川県試保存菌
	F 518	久留米市御井町	1979. 5	野菜試久留米支場保存菌
	F 519	久留米市荒木町	1979. 6	野菜試久留米支場保存菌
	F 520	久留米市御井町	1979. 7	野菜試久留米支場保存菌
F 521	埼玉県久喜市	1979. 7	埼玉園試保存菌	
F 522	奈良県天理市	—	奈良農試保存菌	
トマト	F 1010	高知市仁井田	1970.11	
	F 1034	高知市初月	1972. 7	
	F 1035	高知市円行寺	1972. 7	
	F 1037	徳島県鳴門市	1970. 6	
土 壌	F 105	高知大学農学部	1967.10	キュウリ栽培圃場
	F 111	高知大学農学部	1967. 6	キュウリ栽培圃場
	F 113	高知大学農学部	1967. 7	キュウリ栽培圃場
	F 114	高知大学農学部	1968. 5	キュウリ栽培圃場
	F 115	土佐市新居	1969.12	トマト栽培圃場

rophyte 5 菌株である (第 1 表)。使用した培地は、ジャガイモ煎汁培地、Czapek 培地、B M 塩類溶液<sup>7)</sup> (KCl: 43 mg, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O: 92 mg, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O: 179 mg, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O: 123 mg, FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O: 270 mg, MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O: 1 mg, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O: 1 mg, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O: 1 mg, NH<sub>4</sub>Cl: 107 mg, 蒸留水: 1000 ml, 殺菌後 0.1 N の NaOH で pH 6.0 に調整) および土壤抽出液培地である。各培地は実験の目的に応じて液体培地あるいは固体培地 (寒天 15 g 添加) として用いた。土壤抽出液は 2 種の抽出液を混合した。すなわち, (A) 当研究室の休閒圃場の表層 10 cm より採取した土壤 20 g を 200 ml の殺菌水で 10 分間振とう希釈し, 5 分後に上澄液を濾紙を用いてろ過したのち, 約 24 時間 25℃ に保存した。(B) 同じ土壤 1000 g を 1 l の水に加え, オートクレーブで 20 分間熱水抽出し, ろ過後, 殺菌水を加えて 1 l とし, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.2 g を加えて室温に放置した。使用前に A, B 両液を等量混合した。

### 実験方法および結果

#### 実験 1. *F. oxysporum* の生育と胞子形成

ジャガイモ煎汁寒天培地および 2, 5, 10 倍希釈培地それぞれ約 10 ml を径 9 cm のシャーレに入れ, 中央部に 5 mm の菌そう円板を植え 25℃ に静置した。供試菌株は F 501, F 1035, F 105 の 3 株である。4 日後に 24 時間あたりの菌糸の伸長を計測し, 5 日後に菌そう先端部を径 5 mm の円形に切りとり, 検鏡し, 視野をよぎる菌糸を数えた。菌糸の伸長と菌糸数の積を菌糸量として評価した。接種後 5 日, 15 日に各培地上に形成された分生胞子を調査した。径 3 mm のガラス球を殺菌水 5

ml とともに菌そう表面に置き、菌そう上をころがすことにより分生胞子懸濁液を得た。この液 0.05 ml をスライドグラス上に点下し、25×25 mm のカバーグラスを用いて400倍の視野で検鏡した。結果は1グラス10視野の合計として表わし、3回の測定を平均して示した。

培地の養分濃度を薄めても各菌株の伸長速度にはあまり差が認められないが、菌糸密度は養分が増加する程大きくなった (第2表)。各菌株の生育の程度を表わす比数として菌糸数と伸長速度の積を用いると、F 501は生育には養分要求が大きく、腐生型の F 105は小さい。F 1035はこの中間型であった。

菌そうの生育に認められた各菌株の傾向は分生胞子の形成にも表われたが、腐生型菌は胞子の形成が病原型に比べて少なかった。F 501と F 105は F 1035に比べて大型分生胞子を形成する割合が高かったが、養分環境が良くなると大型分生胞子の形成率は低下した。しかし、F 1035は養分の増加に伴って大型分生胞子をつくる割合は増すが、それでも他の2菌株には及ばなかった。各菌株の菌株の生育度と胞子形成の程度は菌株により異なり、病原型菌株は腐生型菌株よりも胞子形成率は高かった(第3表)。

Table 2. Mycelial growth of *F. oxysporum* on PDA

Isolate	Medium	Mycelial growth mm/24 hrs. (G)	Number of mycelia (N)	Rate of growth (G)×(N)
F 501	1/10 PDA	12.13	22.4	271.7
	1/5 PDA	12.00	48.1	577.2
	1/2 PDA	11.48	67.8	778.3
	PDA	11.13	136.0	1513.7
F 1035	1/10 PDA	11.46	34.7	397.6
	1/5 PDA	11.43	89.5	1022.9
	1/2 PDA	11.53	120.0	1383.6
	PDA	11.93	190.0	2266.7
F 105	1/10 PDA	12.23	49.8	609.1
	1/5 PDA	12.22	58.8	718.5
	1/2 PDA	13.30	85.6	1138.5
	PDA	13.00	209.2	2719.6

Table 3. Conidia formation of *F. oxysporum* on PDA

Isolate	Medium	5 days*		15 days*		Rate of formation (Spores per unit area)
		Total**	$\frac{\text{Macroconidia}}{\text{Total conidia}}$	Total**	$\frac{\text{Macroconidia}}{\text{Total conidia}}$	
F 501	1/10 PDA	35	0 %	122	25.8 %	44.5
	1/5 PDA	62	1.57	158	19.2	27.4
	1/2 PDA	170	7.30	475	14.3	61.0
	PDA	425	10.7	878	14.3	58.0
F 1035	1/10 PDA	27	0	460	1.13	115.6
	1/5 PDA	96	3.08	521	2.43	50.7
	1/2 PDA	195	3.78	785	2.33	56.7
	PDA	885	2.30	2029	4.49	89.5
F 105	1/10 PDA	12	0	48	15.5	7.8
	1/5 PDA	21	0	77	11.1	10.7
	1/2 PDA	28	8.12	61	12.9	5.4
	PDA	52	8.46	210	7.4	7.7

\* Days after inoculation

\*\* Spores in 0.05 ml of suspension

上記の実験では厚膜胞子が培地から離れ難く、検鏡も困難なので、液体培養によりその形成を確認した。供試菌株はキュウリ病原型 F 501, F 504, トマト病原型 F 1010, F 1035, 腐生型 F 105, F 115の6菌株とした。ジャガイモ煎汁培養液30 mlに各菌株を接種し、25℃に静置した。予め行った生育調査では各菌株とも10日から15日でジャガイモ煎汁30 mlの養分を費消し、以後自己消化が起った。それ故、10日、20日、30日後に各菌株の分生胞子、厚膜胞子、菌糸の溶菌について観察した。また、養分の供給を急に除去するために、培養10日後に容器および菌そう間隙の養分を除去し、殺菌水30 mlの中に菌そうを移し、15日間25℃に静置して胞子形成を観察した。所定の期間静置した各菌株の菌そうを処理液とともにホモジナイズし、その0.05 mlを上記と同じ方法で検鏡した。

ジャガイモ煎汁培地中に放置した菌そうは試験期間を通じて、細胞内容物の消失や顆粒化を生じたが、膜の消滅には到らなかった。分生胞子はF 1010, F 1035が多く、しかも経時的に増加した。この傾向はF 501にも認められたが、腐生型菌株では次第に減少した。大型分生胞子はF 501に多く、次いでF 105に多く認められたが、他菌株では形成は少なく、かつ、経時的に減少した。厚膜胞子は培養30日ではいずれの菌株でも形成したが、その量はまちまちであり、早く形成する菌株が多く形成するとは限らなかった。培養10日後に養分を除去しても菌糸の顆粒化は顕著であるが溶菌はなく、分生胞子の形成も上記の諸現象と同じ結果が得られた。厚膜胞子はこの期間にはいずれの菌株も形成しなかった(第4表)。

Table 4. Spore formation of *F. oxysporum* in PDB

Isolate	Spores	Exp. I * <sup>1</sup>			Exp. II * <sup>2</sup>
		* <sup>3</sup> 10 days	20	30	
F 501	Conidia	* <sup>5</sup> 1082	1182	1237	745
	Macroconidia	227	603	685	187
	Chlamydoconidia	0	0	307	0
	Rate of macroconidia * <sup>4</sup>	21.0	50.1	55.3	25.1
F 504	Conidia	315	290	343	46
	Macroconidia	42	25	18	5
	Chlamydoconidia	0	0	29	0
	Rate of macroconidia * <sup>4</sup>	13.5	8.8	5.4	11.3
F 1010	Conidia	1778	1833	3354	1056
	Macroconidia	56	57	76	6
	Chlamydoconidia	0	3	185	0
	Rate of macroconidia * <sup>4</sup>	3.2	3.1	2.3	0.5
F 1035	Conidia	3312	3197	4319	1203
	Macroconidia	90	58	46	9
	Chlamydoconidia	0	6	45	0
	Rate of macroconidia * <sup>4</sup>	2.7	1.8	1.1	0.7
F 105	Conidia	1511	848	978	40
	Macroconidia	139	126	128	157
	Chlamydoconidia	0	0	50	0
	Rate of macroconidia * <sup>4</sup>	9.2	14.9	13.1	38.9
F 115	Conidia	785	783	362	142
	Macroconidia	42	35	16	7
	Chlamydoconidia	0	0	17	0
	Rate of macroconidia * <sup>4</sup>	5.3	4.5	4.3	5.3

\* 1 Mycelial mat were stayed in PDB.

\* 2 Mycelial mat cultured in PDB for 10 days were stayed in distilled water for 15 days.

\* 3 Days after inoculation

\* 4 Per cent of macroconidia to all conidia

\* 5 Number of spores in 0.05 ml of suspension

岡崎<sup>7,8)</sup>は *F. oxysporum* f. sp. *raphanis* を用いて、厚膜胞子を形成させるためには微量要素が必要であるとし、その処方を経報告した。本報で用いたBM溶液はその処方により調整した。

上記6菌株をジャガイモ煎汁培地に接種し、10日後に殺菌水で菌そうを洗滌したのち殺菌したBM溶液50 mlに加えた。25℃に静置して4日後から3日ごとに全分生胞子、大型分生胞子、厚膜胞子を調査した。調査方法は前記の諸実験と同じである。

Table 5. Spore formation of *F. oxysporum* in BM solution

Isolate	Spores	Days after treatment by BM solution*					
		4	7	10	13	16	19
F 501	Conidia	**611	978	823	701	380	584
	Macroconidia	233	265	436	333	102	120
	Chlamydo-spores	0	0	0	0	0	0
F 504	Conidia	230	285	172	104	115	83
	Macroconidia	18	19	10	12	11	23
	Chlamydo-spores	0	0	0	4	10	14
F 1010	Conidia	1695	2332	1687	2131	1116	1331
	Macroconidia	16	19	12	6	6	5
	Chlamydo-spores	0	0	0	61	48	73
F 1035	Conidia	1545	1950	2411	1877	1790	1357
	Macroconidia	34	18	35	24	17	7
	Chlamydo-spores	0	0	0	8	25	43
F 105	Conidia	106	289	476	102	119	191
	Macroconidia	20	90	191	41	36	73
	Chlamydo-spores	0	0	0	0	0	0
F 115	Conidia	128	497	468	500	134	110
	Macroconidia	26	21	14	18	4	6
	Chlamydo-spores	0	0	0	5	5	7

\* Mycelial mat cultured in PDB for 10 days were put in BM solution.

\*\* Spores in 0.05 ml of suspension.

各菌株とも菌糸の形骸は残存したが、上記の実験に比べて厚膜胞子はF 501, F 105を除いて処理後13日以降に形成された。F 501, F 105は大型分生胞子が他の4菌株に比べて多く認められた。小型分生胞子はF 1010, F 1035にとくに多く認められた。各菌株とも分生胞子は処理後7日から13日以降にその数は減少した(第5表)。

## 実験2. 土壌抽出液による *F. oxysporum* の厚膜胞子の形成の誘起

土壌中の微生物が *F. oxysporum* を溶菌させること、および厚膜胞子の形成を促すことはすでに知られている。本実験では微生物の存在する土壌浸出液に浸漬した *F. oxysporum* の菌そうの変容と厚膜胞子の形成について観察した。

ジャガイモ煎汁液体培地中で10日間25℃で培養した *F. oxysporum* の菌そうを水洗したのち、土壌抽出液30 mlに浸漬し25℃に保った。処理4日後から3日ごとに菌そうの変化および胞子の形成を観察した。方法は前記の諸実験と同じである。供試した菌株はF 501, F 504, F 1010, F 1035, F 105, F 115の6菌株である。

土壌抽出液に菌そうを浸漬すると、F 501, F 105の菌糸は4日後にはその半量以上が溶菌した。F 504, F 1010, F 1035は16日後にもなお菌糸は形骸を残存していた。また、F 115は両者の中間型と見られた。分生胞子の形成は、溶菌のおそいF 1010, F 1035, F 115では10日までは多く、その

後減少した。F 504の分生胞子は少なく、7日以降は観察されなかった。これら3菌株は大型分生胞子を形成せず、すべて小型分生胞子のみが観察された。一方、溶菌のはやいF 501, F 105は小型分生胞子、大型分生胞子が混在するが、経時的に前者は減少し、大型分生胞子が多数残存した。厚膜胞子の形成はF 501, F 105はおそく、13日を過ぎて形成がはじまり胞子数も少ないが、大型分生胞子に由来する厚膜胞子が殆んどであった。一方、F 504, F 1010, F 1035は厚膜胞子の形成時期もはやく、また形成数も多く見られた。検鏡により、この菌株の厚膜胞子は菌糸に由来するものであることを確認した。F 115は形成時期はや、おくれ、胞子数も少ないが、F 504と同様に菌糸に由来するものであった(第6表)。

Table 6. Spore formation from mycelial mat of *F. oxysporum* submerged in soil extract

Isolate	Spores	Days submerged					
		4	7	10	13	16	19
F 501	Conidia	*125	145	209	26	13	8
	Macroconidia	9	19	12	11	13	8
	Chlamydo spores	0	0	0	7	10	40
	Mycelia	** -	-	-	-	-	-
F 504	Conidia	*145	0	0	0	0	0
	Macroconidia	0	0	0	0	0	0
	Chlamydo spores	0	87	326	418	326	3939
	Mycelia	** +	+	+	+	+	-
F 1010	Conidia	*740	1051	978	187	99	0
	Macroconidia	0	0	0	0	0	0
	Chlamydo spores	65	94	260	438	462	432
	Mycelia	** +	+	+	+	+	-
F 1035	Conidia	*569	871	891	229	58	0
	Macroconidia	0	0	0	0	0	0
	Chlamydo spores	27	119	323	376	360	452
	Mycelia	** +	+	+	+	+	-
F 105	Conidia	*69	49	48	26	14	22
	Macroconidia	10	11	14	9	10	12
	Chlamydo spores	0	0	0	0	7	4
	Mycelia	** -	-	-	-	-	-
F 115	Conidia	*112	35	44	10	10	0
	Macroconidia	0	0	0	0	0	0
	Chlamydo spores	0	16	55	71	54	55
	Mycelia	** +	+	+	-	-	-

\* Mycelial mat cultured in PDB for 10 Days were submerged in 20 ml of soil extract solution, and then number of spores were counted in 0.05 ml of spore suspension.

\*\* Lysis degree of mycelia; + : Non lysis, - : Lysis

上記の実験より、*F. oxysporum*の厚膜胞子の形成は菌糸に由来するものと大型分生胞子に由来するものがあることが明らかになった。この現象を第1表に示したすべての菌株について調査した。

供試24菌株を25℃の Czapek 液中で10日間培養し、上記と同様の方法で土壌抽出液中に移し、7日後に検鏡した。

各菌株の全分生胞子に対する大型分生胞子の割合が約50%を越えるものは9菌株、25%以下のものは4菌株、大型分生胞子を形成しないものが11菌株であった。厚膜胞子の形成は菌株により異なったが、大型分生胞子数、厚膜胞子数とも分化型との相関は認められなかった(第7表)。

第7表を改めて、厚膜孢子の多少で各菌株を分けると第8表となり、大型分生孢子、溶菌の程度と厚膜孢子形成の相関を第9表に示した。

厚膜孢子の多い菌株群は大型分生孢子を形成しなかった。F 111は大型分生孢子を形成するにも

Table 7. Spores from mycelial mat of *F. oxysporum* submerged in soil extract\*

Isolate	Conidia	Macroconidia	Rate of macroconidia**	Chlamydo-spores	Lysis of mycelia***
F 501	169	162	95.7%	1	+
F 502	0	0	0	4	-
F 504	0	0	0	264	+
F 506	17	13	75.4	6	±
F 507	15	9	60.0	0	-
F 508	31	19	62.9	0	-
F 509	9	5	52.6	2	±
F 512	17	2	11.8	0	±
F 516	18	15	83.4	7	+
F 517	17	4	23.4	35	±
F 518	13	0	0	28	-
F 519	7	0	0	252	+
F 520	36	30	83.6	2	+
F 521	0	0	0	66	±
F 522	0	0	0	219	+
F 1010	0	0	0	74	+
F 1034	11	0	0	9	-
F 1035	0	0	0	33	±
F 1037	77	14	18.1	8	±
F 105	12	10	80.0	0	±
F 111	91	5	5.4	267	+
F 113	33	16	47.7	0	+
F 114	0	0	0	83	+
F 115	29	0	0	4	+

\* Mycelial mat cultured in Czapek's solution for 10 days were submerged in soil extract solution for 7 days, and then number of spores were counted in 0.05 ml of propagule suspension.

\*\* Macroconidia / total conidia × 100

\*\*\* Lysis degree, + : non, ± : lysis partly, - : lysis perfectly

Table 8. Chlamyospore formation of *F. oxysporum* in soil extract solution\*

Number of chlamyospore	Number of isolate	Isolate
Over 200	4	** <u>F 504</u> , <u>F 519</u> , <u>F 522</u> , <u>F 111</u>
Over 20	6	<u>F 517</u> , <u>F 518</u> , <u>F 521</u> , <u>F 1010</u> <u>F 1034</u> , <u>F 114</u>
Under 10	9	<u>F 501</u> , <u>F 502</u> , <u>F 506</u> , <u>F 509</u> <u>F 516</u> , <u>F 520</u> , <u>F 1034</u> , <u>F 1037</u> F 115
0	5	<u>F 507</u> , <u>F 508</u> , <u>F 512</u> , <u>F 105</u> F 113

\* The data are picked up from Table 7.

\*\* The isolate underlined formed macroconidia, and others did not.

Table 9. Relation among macroconidia, chlamydo spores formed by *F. oxysporum* and mycelial lysis in soil extract solution\*

Macroconidia	Lysis of mycelia	Rate of macroconidia		Chlamydo spore		
		over20%	under20%	many	a few	non
Formed **13	Non **5	**4	1	**1	3	1
	Partly 6	3	3	1	3	2
	Perfectly 2	2	0	0	0	2
Non 11	Non 6			5	1	0
	Partly 2			2	0	0
	Perfectly 3			1	2	0

\* The data are picked up from Table 7.

\*\* The number of each item is the number of isolate fell under.

拘らず多数の厚膜胞子を形成する例外的菌株であったが、分生胞子は小型分生胞子が多く、大型胞子は5%に過ぎず、この菌株群の中では最低の形成率であった。また、厚膜胞子の少ないか、あるいは形成しない菌株群はその殆んどが大型胞子形成菌群であった(第7, 8表)。土壌抽出液に菌そうを浸漬すると菌そうは溶菌し、厚膜胞子を形成しやすくなる。供試菌株の溶菌を7日後に観察すると溶菌が未だ起らない菌株、部分的に溶菌を生じ、細胞内容物の変質や膜の崩壊の認められた菌株、溶菌がはげしく菌そうは原形を留めない菌株の3群に大別された。大型分生胞子を形成する13菌株のうち、溶菌の程度と大型分生胞子の残存との間には相関は認められなかった。概して、大型分生胞子を形成する菌株は厚膜胞子の形成は少なく、85%の菌株がこれに属し、とくに溶菌の早い菌株は大型分生胞子のみで厚膜胞子は認められなかった。大型分生胞子を形成しない11菌株のうち、溶菌の生じない菌株、あるいは一部にしか溶菌を認めない菌株は72%であり、厚膜胞子の形成は良く、87%の菌株が菌糸に由来する厚膜胞子を多量に形成していた。溶菌の早い菌株でも厚膜胞子は認められたが、その数は前者に比べて少なかった(第9表)。

上記の実験は土壌抽出液へ菌そうを浸漬する期間が7日であったが、14日間浸漬すると各菌株とも程度の違いはあるが、溶菌が進み厚膜胞子も増加した。小型分生胞子はほとんど消滅し、大型分生胞子も数を減じた。大型分生胞子には溶菌にともなう原形質の異常が認められ、また胞子体の一部に厚膜化が認められた。厚膜胞子の増加は大型分生胞子を形成する菌株群に多く認められたが、菌糸あるいは分生胞子自体の溶菌のため厚膜胞子形成に由来する菌体を確認することは困難であった。また、培地をジャガイモ煎汁に変えて培養した菌そうを土壌抽出液に加えて同様の調査をしたが、大型分生胞子の形成量や厚膜胞子の形成時期、形成量は菌株により第7表とは異なる様相を示し、溶菌もや、おくれる傾向が各菌株とも認められた。しかし、各菌株の特性と見られる菌そうの溶菌の遅速、大型分生胞子の形成、厚膜胞子形成型はCzapek液での培養と類似の傾向を示した。

## 考 察

*F. oxysporum* の土壌中での形態は活性期には菌糸および分生胞子、耐久期には厚膜胞子が主役を占める。また、本菌には病原菌として多くの分化型があり、土壌中では腐生型とともに生存している。

菌糸の生育は、病原型菌株は養分の減少により急激に活性を失うが、腐生型菌株は活性の低下は病原型ほど激しくはない。分生胞子の形成も概して病原型は腐生型よりも多いが、菌株により、また養分環境により形成量にはかなり相違がある。また、菌株により大型分生胞子を容易に形成するものがあるが、富養分環境ではこれら菌株も小型分生胞子の形成が多くなる。しかし、大型分生

胞子を容易に形成する菌株は環境の如何を問わず全分生胞子に対する大型分生胞子の割合は他の菌株よりも大きい。この性質は菌株のもつ特性であり、分化型による差異ではない(第2, 3, 4表)。

養分の費消とともに、あるいは養分の急激な消失により菌糸は溶菌し、分生胞子も消滅し、その時期に厚膜胞子が出現する。菌株により溶菌には遅速が認められる。小型分生胞子を多く形成する菌株は厚膜胞子の形成は早い。大型および小型分生胞子を形成する菌株では、小型胞子は経時的に消滅するが、大型胞子は減少をはじめの時期は小型胞子と同じ頃であるが、減少の程度は少なく、長く残存し、その間に大型胞子の1内至数細胞が徐々に厚膜胞子に変形する(第4, 5, 6表)。岡崎<sup>7)</sup>は、厚膜胞子の形成は菌体の炭素源レベルの低下にともなって起り、その形成速度は炭素源消費を支配する消費経路に左右されると報告した。また、Van Eck and Schippers<sup>10)</sup>は厚膜胞子形成化時における厚膜化は自己溶解による既存壁の崩壊が起ることを指摘した。小林<sup>4)</sup>は細胞壁の構成や変化は胞子の令や種の類別には到らないと述べている。

*F. oxysporum* 24菌株のうち、半数以上の菌株は土壤抽出液中で大型分生胞子の形成が認められた(第7表)。この菌株のうち、菌糸が残存するものあるいは一部の菌糸が溶菌したものは厚膜胞子の形成が悪く、大型分生胞子の一部が厚膜化した。菌糸の溶菌した菌株は厚膜胞子の形成が認められなかった。これに反し、大型分生胞子を形成しない菌株では、明らかに菌糸の残存するもの、および一部に溶菌の見られるもののうち87%はかなりの数の厚膜胞子を形成した。菌糸の溶菌した菌株にも厚膜胞子が認められた。厚膜胞子はいずれも菌糸に由来するもので、多くは間生である。この結果は、*F. oxysporum* の厚膜胞子は、菌糸に由来するものと大型分生胞子に由来するものとの2型があり、菌株により異なっている。この2型は分化型には関係なく菌株自体の特性であることを示唆している。また、土壤抽出液浸漬時間が増すと溶菌が進行し、厚膜胞子が増加することは、大型分生胞子由来型は菌糸由来型に比して厚膜胞子形成に時間的なおくれを生じるにすぎないと思われる。また、溶菌の進行が早いと厚膜胞子の形成量が少ない。この現象も菌株により異なるが、溶菌の難易が膜物質の差異によるか否かは検討していない。以上に述べた菌株による差異、とくに菌糸→厚膜胞子型と菌糸→大型分生胞子→厚膜胞子型が土壤生態系の中での *F. oxysporum* の生存に及ぼす功罪については今後の検討が必要であろう。

稿を終えるにあたり、菌株を分譲して頂いた神奈川県園芸試験場、奈良県農業試験場、農林水産省野菜試験場久留米支場、埼玉県園芸試験場の諸氏に謝意を表します。

## 要 約

*Fusarium oxysporum* 24菌株を用いて菌糸の生育と胞子の形成を比較した。

各菌とも養分が多い程生育は良好になるが腐生型菌株は養分量の差は病原型菌株ほど生育に顕著にあらわれなかった。分生胞子の形成も腐生型菌株は病原型菌株よりも多いが、大型分生胞子の形成は菌株により異なり、分化型との相関はなかった。厚膜胞子は培地の養分の費消により、また、養分の除去により形成された。養分を除去して土壤微生物群を含む土壤抽出液を加えると厚膜胞子の形成は容易に起った。このとき、小型分生胞子は急速に経時的に消滅したが、大型分生胞子の消滅は徐々に起り、長期間残った。菌糸の溶菌は菌株によりその程度は異っていた。厚膜胞子の形成は菌糸に由来する菌株と大型分生胞子に由来する菌株とがあり、この特性は分化型との間に相関はなかった。菌糸に由来する菌株は大型分生胞子に由来する菌株よりも厚膜胞子の形成は早かった。

以上の結果から得られた各菌株の特性、とくに厚膜胞子の形成が菌糸由来か大型分生胞子由来かの特性が土壤生態系の中での *F. oxysporum* の生存に及ぼす功罪については今後の検討が必要であろう。

## 文 献

- 1) Ford, E. J., Gold, A. H. and Snyder, W. C. (1970) *Phytopathology* 60 : 124-128
- 2) Ford, E. J., Gold, A. H. and Snyder, W. C. (1970) *Ibid* 60 : 479-484
- 3) Hsu, S. C. and Lockwood, J. L. (1973) *Ibid*. 63 : 334-337
- 4) 小林紀彦 (1980) 作物のフザリウム病 松尾・駒田・松田編 東京61-73
- 5) Lockwood, J. L. (1964) *Ann. Rev. Phytopath.* 2 : 341-362
- 6) 小倉寛典 (1980) 作物のフザリウム病 松尾・駒田・松田編 東京103-135
- 7) 岡崎博 (1971) *日植病報*37 : 226-332
- 8) 同上 (1976) *植物防疫*30 : 444-447
- 9) Smith, S. N. (1977) *Phytopathology* 67 : 501-510
- 10) Van Eck, W. H. and Schippers, B. (1976) *Soil Biol. Biochem.* 8 : 1-6

(昭和61年9月29日受理)

(昭和61年12月27日発行)