

土壤病原菌の腐生生活に関する研究

第5報 植物残渣上の糸状菌の推移

小 倉 寛 典

(農学部植物病理学研究室)

Studies on saprophytic behaviour of soil borne pathogenic fungi.

V. Fungal succession on plant debris in soil.

by

Hirosuke OGURA

(Laboratory of Phytopathology, Faculty of Agriculture)

Abstract

Many soil fungi containing soil pathogens compete each other severely on living plant root or plant debris for taking their nutrients in order to take their saprophytic activities in soil. In the present paper, the transition of fungal-flora and changes of components of plant debris, and antagonistical actions of these fungi on law plant debris in soil were studied.

On the plant debris in soil, different fungal flora successions were appeared as compared with them in soil, viz. at first, sugar fungi in soil as first colonizers grew and then cellulose decomposers as second colonizers developed and at last lignin decomposers as third colonizers developed on it. Some of these fungi inhabited on plant debris for long time were vigorous, and appeared constantly on different debris. These were *Trichoderma*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Cladorrhinum* and *Cladosporium* etc.. Many of fungi were recessive and appeared on plant debris for a short time. Cellulose decreased constantly but water soluble substances decreased rapidly in early period and then did more slowly. Nitrogen source in debris decreased too, but it rather increased temporarily after a while, and began to decrease again. First colonizers had non- or negative-antagonistic abilities against second colonizers, some of second group had severe antagonistic activities, and third colonizers had non- or negative-one against second colonizers.

From these results, it is considered as follows. The transition to second colonizers from first one are due to want of nutrients especially that of carbone sources for the latter and antibiotic activities of second one. The second colonizers occupy the plant debris for long time and compete each other for possession of nutrients or of living spaces by means of antibiotal activities etc.. They inhibit also mycelial developments of third colonizers, but their activities are lost step by step for want of their nutrients in plant debris, and then third colonizers utilized lignin etc. begin to grow on debris successively. These fungal succession is agree with changes of water soluble substances, cellulose and nitrogen compounds in plant debris.

土壤菌が活性を維持する場合、つねに他の微生物との間に養分獲得のための激しい競争が行なわれる。土壤中ではこれら微生物の養分は一般に植物残渣や生活根よりの生産物その他の有機質により補給されるが、土壤中で他の微生物に対して優位を保つためには、これら有機質を獲得し、あるいは他菌の存在の下にある物質を奪取して自己の勢力圏の拡大を、あるいは個体数の増加を計ることが必要であろう。土壤生息性病原菌もその腐生期においては多くの土壤菌と養分あるいは空間獲得への競争を繰り返しながら、土壤中で自己の生活を維持し、他菌より優位を保つために他菌の利用し難い生活根へ侵入すると考えられる。このように土壤菌は腐生生活では栄養基質上ではげしい競争を行ないながら動的平衡を保っているが、各基質への微生物の着生序列、生活圏の保存様式には各微生物特有の反応が認められる^{5, 9, 10, 14, 23, 25, 26)}。しかし、基質上の菌相は時間の経過とともに次第に変化する。

本報告は土壤中に新しい植物残渣が混入された場合、残渣上での糸状菌相の変動、セルロース分解菌の変動、糸状菌株の物質利用、ならびに糸状菌相の推移について2, 3の検討を加えた。

実 験 材 料

供試した土壤病原菌は、いずれもキュウリより分離した *Fusarium oxysporum* (F507号菌), *Pythium aphanidermatum* (P502号菌), *Rhizoctonia solani* (RS508号菌)である。植物残渣としては稲わらを、セルロース源としては脱脂綿を用いた。

実験方法ならびに実験結果

1. 植物残渣上に出現する土壤糸状菌

土壤に植物残渣を混入した場合、残渣上におこる糸状菌相の推移について検討した。供試3病原菌株をジャガイモ煎汁培地を用いて10日間25°Cで培養して得た菌そうを水洗したのちホモジナイザーで切断し、実験を開始する約6ヶ月前より1ヶ月ごとに土壤に混入し、各病原菌汚染土壤とした。各圃場にプロピレンオキサイドで殺菌後約10cmに切断した稲わらを表土下5~10cmに混和したのち、3, 7, 14, 28, 42, 56, 70日後にわらを100本ずつ取り出した。土壤中のわらは56日頃より次第に原形をとどめず、84日目には定形物としての採取が不能となり実験を終了した。糸状菌の検出には、各時期にとり出したわらの中央部を約0.5mm四角に切り取り、殺菌水中でよく振とうし、これを数回繰返してわら切片に附着している土壤粒子や孢子などをなるべく除去したのち、ストレプトマイシンおよびローズベンガル各30ppmを添加したジャガイモ煎汁寒天培地上に移し、25°Cに静置して各切片より出現する糸状菌を検討した(第1表)。なお、*F. oxysporum* についてはキュウリ幼苗に病原性をもつ菌株と病原性のない菌株とを区別した。

供試した3病原菌のうち、*P. aphanidermatum* はわら埋没後すみやかにわらに着生するが、14日以降は急速に菌数が減少する。一方、*R. solani* や *F. oxysporum* では7日頃よりわら上に急に多くの菌数が認められる。*R. solani* は48日を過ぎれば菌数は次第に減少するが、*F. oxysporum* は70日をすぎてもなおかなりの菌数がわら上から検出される。これら病原菌は人為的にあらかじめ土壤中に接種されたため他菌に比して菌数は多い。一般土壤菌はわらを埋没すればすでに3日目に着生が認められるが、種類は少ない。14日から28日前後にはわらから得られる菌数はずっと多くなり、56日以後は菌数は減少する。植物残渣上に出現する糸状菌は、その様相から4型に分けられる。すなわち、A: かなり長期間植物残渣上に着生し生存する菌群で、*Fusarium*, *Trichoderma*, *Rhizoctonia*, *Cladosporium* などがこれに属する。B: 新鮮な残渣上に着生し、短期間に消滅する菌群で *Pythium*, *Mucor*, *Rhizopus* などの *Phycomycetes* 群および *Phoma* な

Table 1. Fungi isolated from plant debris* in soil.

Group	Fungi	Buried duration of plant debris in soil						
		3 days	7	14	28	42	56	70
A		****						
	<i>R. solani</i>	10	21	31	24	7	11	4
	<i>F. oxysporum</i> **	3	16	18	26	21	27	16
	<i>F. oxysporum</i>		4	8	7	12	4	7
	<i>F. roseum</i>	3	8	12	21	13	13	14
	<i>F. solani</i>	2	4	7	6	7	9	3
	<i>Fusarium</i> ****	5	5	9	13	11	10	7
	<i>Trichoderma</i>	2	8	21	24	12	17	13
	<i>Cladosporium</i>	7	25	24	19	2	4	
	<i>Cladorhinum</i>	3	6	5	7	3	2	
	<i>Chaetomium</i>	3	12	4	2	8	1	
B	<i>P. aphanidermatum</i>	21	18	18	4	1		
	<i>Mucor</i>	6	11	7		3		
	<i>Rhizopus</i>	3	7		2	2	1	
	<i>Phoma</i>	2	14	6	1			
	<i>Phycomycetes-a</i>	7	4	1		2		
	<i>Phycomycetes-b</i>	1	4	4				
	<i>Phycomycetes-c</i>	2	3	7	1			
	<i>Phycomycetes-d</i>	6	7	12		3		
C	<i>Penicillium-a</i>	2	1	1	8	3		
	<i>Penicillium-b</i>	1	7	16	22	3	3	
	<i>Aspergillus</i>	1	2	2	4	1	1	
	<i>Pullularia</i>		1	8	4	4		
	<i>Sporotrichum</i>			1	8	6	2	1
	<i>Stemphyllium</i>				4	4		
	<i>Gliomastix</i>			1	4		1	
	<i>Nigrospora</i>			2		3		
	<i>Pyrenochaeta</i>		1	1	3	3		
	<i>Pachybacium</i>				1	5	1	
	<i>Cephalosporium</i>					4		
	<i>Coniothecium</i>		1		3	5	3	1
	<i>Volutera</i>				2	3	3	
		<i>Torula</i>				2		
D	<i>Mycogone</i>						2	1
	<i>Sepeдонium</i>				1		3	3
	<i>Botryotrichum</i>				1	1	4	2
	<i>Hormodendrum</i>							2

* Rice straw were used.

** These fungi were *f. cubense*.

*** *Oxysporum*-, *solani*-, *roseum*-type were exepcted from this group.

**** Number of isolate.

どがこれに属する。C：残渣上に14日から42日頃までに多く出現する菌群で、このなかには短期間のみ出現するものも多い。D：最後は60日前後に出現する菌群で、これは種類も菌数も少ない。

2. 土壤糸状菌の養分の利用

植物残渣上に生活する糸状菌が利用する炭素源について検討した。前記の実験において出現した糸状菌の各菌株を径10mmのセロファン円板を敷いたペプトン添加ジャガイモ煎汁寒天培地に移して25°Cに静置し、菌そうがセロファンを被いつくしたのち5日目にセロファンとともに菌そうを剥ぎとり、Czapek 処方培地から炭素源を除去して、代わりにグルコース、可溶性デンプン、ペクチン、セルロース、リグニンを添加した培地に接種し、25°Cに静置して菌そうの拡りを観察した(第2表)。第2表のうち、1種しか検出されない属、あるいは同一属のうち、供試菌株がすべて同一傾向を示した群は属をもって代表し、細分しなかった。

Table 2. Utilization of carbon sources by soil fungi.

Group	Fungi	Carbon source*				
		Soluble starch	Sucrose	Pectin	Cellulose	Lignin
A	<i>R. solani</i>	****++	++	++	+	-
	<i>F. oxysporum</i> **	++	++	++	++	-
	<i>F. oxysporum</i>	++	++	++	+	-
	<i>F. roseum-a</i>	++	++	++	++	-
	<i>F. roseum-b</i>	++	++	++	+	-
	<i>F. roseum-c</i>	++	++	+	+	±
	<i>F. solani-a</i>	++	++	++	+	-
	<i>F. solani-b</i>	++	++	+	+	-
	<i>Fusarium-a</i> ***	++	++	++	++	-
	<i>Fusarium-b</i> ***	++	++	+	+	-
	<i>Trichoderma-a</i>	+++	++	++	++	-
	<i>Trichoderma-b</i>	++	++	++	+	-
	<i>Trichoderma-c</i>	+++	++	+	+	-
	<i>Cladosporium</i>	+	+	+	±	-
	<i>Cladorhinum</i>	+	+	+	+	-
	<i>Chaetomium-a</i>	++	+	+	±	-
<i>Chaetomium-b</i>	++	++	+	+	-	
B	<i>P. aphanidermatum</i>	+++	++	±	-	-
	<i>Mucor</i>	+++	++	±	-	-
	<i>Rhizopus-a</i>	+++	+	±	±	-
	<i>Rhizopus-b</i>	++	++	++	+	-
	<i>Phycomycetes-a</i>	+++	++	+	-	-
	<i>Phycomycetes-b</i>	+++	++	++	±	-
	<i>Phycomycetes-c</i>	+	+	±	-	-
	<i>Phycomycetes-d</i>	++	+	+	±	-
<i>Phoma</i>	++	++	+	-	-	
C	<i>Penicillium-a</i>	+	+	+	-	-
	<i>Penicillium-b</i>	+	+	+	+	-
	<i>Penicillium-c</i>	++	++	++	+	-
	<i>Aspergillus-a</i>	+	+	±	-	-
	<i>Aspergillus-b</i>	+	+	+	+	-
	<i>Pullularia</i>	+	+	+	-	-
	<i>Sporotrichum</i>	+	+	+	±	-
	<i>Stemphyllium</i>	+	+	+	+	±
	<i>Gliomastix</i>	+	+	+	+	±
	<i>Nigrospora</i>	+	+	±	+	-
	<i>Pyrenochaeta</i>	+	+	±	+	±
	<i>Pachybasium</i>	+	+	±	+	-
	<i>Cephalosporium</i>	++	++	++	-	-
	<i>Coniothecium-a</i>	++	+	+	+	-
<i>Coniothecium-b</i>	++	++	+	+	±	
<i>Volutera</i>	+	+	+	+	+	
<i>Torula</i>	+	+	+	+	-	
D	<i>Mycogone</i>	+	+	±	±	±
	<i>Sepedonium</i>	+	+	±	+	±
	<i>Botryotrichum</i>	+	+	±	+	±
	<i>Hormodendrum</i>	+	+	±	+	+
	Unknown-a	++	++	++	-	-
	Unknown-b	++	+	+	+	-
	Unknown-c	+	+	+	+	±
	Unknown-d	++	++	++	±	-
	Unknown-e	++	++	++	+	±
	Unknown-f	+	+	-	±	-
	Unknown-g	+	±	-	±	±

* These carbon sources were added in Czapek's medium.

** These fungi were *f. cubense*.

*** *Oxysporum*-, *solani*-, *roseum*-type were exempted from this group.

**** Mycelial growth- → +++ : not developed → developed very well.

供試菌株のうち、大多数のものはグルコース添加 Czapek 培地でよく生育するが、この培地で生育し得ないものは特定養分要求菌株であると思われる。これらは供試した75菌株のうち4菌株にすぎず、菌系の成育もおそいので、植物残渣上では優勢菌とはなり得ないと考えて以後の実験から除外した。可溶性デンプン培地でも多くの菌株はよく生育するが、ペクチン、セルロース培地での生育は前二者の培地に比してかなり劣る菌株が多く、とくにセルロース培地では生育し難い菌株が多くなる。また、ほとんどの菌株はリグニンを利用し難い。

3. セルロース分解菌の消長

一般に土壤菌は植物残渣中に含まれるセルロースを利用する場合がかなり多いので、とくにセルロースを土壤に埋めてその上での糸状菌の消長を観察した。土壤中に稲わら、綿繊維を埋めて7, 14, 28, 42日後に含有物質の消長を測定した。セルロースは次亜塩素酸法、水溶性物質は温水抽出法、窒素はケルダール法を用いた(第3表)。

Table 3. Decrease of components of plant debris in soil.

Plant debris	Duration in soil (Days)	Per cent of component		
		Cellulose	Water extract	Total nitrogen
Cotton fiber	0	*98.34	0.011	0.002
	7	89.22	0.028	0.0022
	14	71.72	0.058	0.005
	28	56.68	0.091	0.012
	42	47.74	0.286	0.0086
Rice strsw	0	38.31	18.88	4.22
	7	28.16	12.42	2.96
	14	27.97	9.44	2.87
	28	22.99	10.19	2.70
	42	16.28	7.95	3.08
	56	14.94	—	2.11

* Per cent for total weight of law material.

綿繊維中のセルロースは14日以降減少の割合が増大し、同時に全窒素量が増大する。また水溶性物質も増加する。42日以後は綿繊維にはかなり土壤粒子が附着し、測定誤差が大になるため実験は中止した。とくに42日の水溶性物質の急激な増大はこの土壤粒子による誤差がかなり含まれると考えられる。土壤中のわらではセルロースは連続的に費消されるが窒素源は7日以降減少は一時的に緩慢になり42日より再び減少率が大になる。水溶性物質も窒素源と同じ傾向が認められる。

Table 4. Rate of cellulose decomposer on cotton fiber in soil.

Duration in soil (Days)	Total fungi	Cellulose decomposer	Per cent of decomposer
7	* 89	53	59.55
14	136	100	73.53
21	178	144	80.90
28	172	155	90.12
35	143	123	86.01
42	155	141	90.96

* Fungi on 100 pieces of cotton fiber

つぎに土壤中に埋めた綿繊維上の糸状菌を分離して各菌株のセルロース利用の有無について検討した。すなわち、7, 14, 21, 28, 35, 42日間土壤中に埋めた綿繊維をとり出して数回殺菌水中で振とう水洗し、小片をストレプトマイシン・ローズベンガル添加ジャガイモ煎汁培地上におき、地温と同温度にて培養し、出現する糸状菌を分離保存した。これらの菌株を前述のように、cellophane inoculum とし、炭素源としてセルロース粉末を加えた Czapek 寒天培地上に移し、菌糸の伸長によりセルロース利用の有無を検討した(第4表)。

綿繊維上の糸状菌は28日頃に最大になるが、この増加はセルロース分解菌の急激な増加によるものである。一方、セルロース非分解菌は21日頃以降減少する。

土壤中にセルロース粉末を約150g/m²の割合に混和して経時的にセルロース利用菌の増減を検討した。糸状菌の分離には寒天稀釈法および土壤平板法を、セルロースの利用については上述の方法を用いた(第5表)。

Table 5. Rate of cellulose decomposer in soil added cellulose powder.

Days after cellulose treatment	Total fungi	cellulose decomposer	Per cent of decomposer
0	296	128	44.53
7	310	134	43.23
14	306	140	45.75
21	322	155	48.14
28	330	165	50.00
35	299	152	50.84
42	326	161	49.39

セルロース分解菌は土壤中にセルロースを添加すると増殖するが、その増加の割合は約12%程度である。セルロース非分解菌は数的に変化がなくセルロースの添加はセルロース分解菌のみに影響するようである。

また、残渣上の病原菌の消長についても検討した。径28cmの鉢に壤土を入れ、50mlの Czapek 液で10日間25°Cで培養した *R. solani*, *F. oxysporum*, *P. aphanidermatum* の菌そうをホモジナイザーで切断して各鉢に混和した。7日後に蒸気殺菌した綿繊維、稲わら、小麦種子を土壤に混入し、3, 7, 14, 21, 28, 35, 42日後に各100片をとり出して水洗後、ジャガイモ煎汁寒天培地上におき、出現菌数を計数した(第6表)。

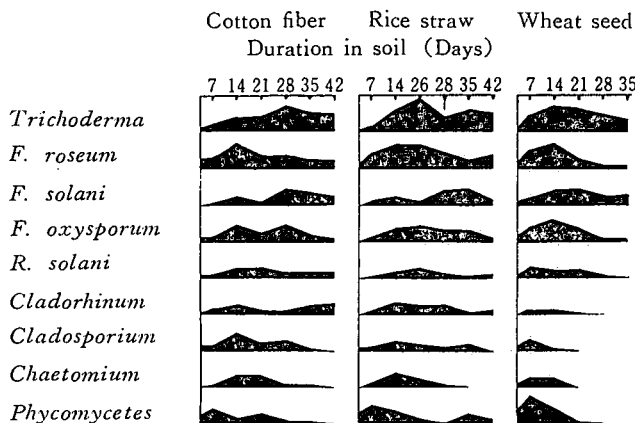


Fig. 1. Succession of dominant fungi on plant debris in soil.

Table 6. Transition of pathogens on plant debris in soil

Plant debris	Fungi	Duration in soil (Days)						
		3	7	14	21	28	35	42
Soil infested by <i>R. solani</i>								
Cotton fiber	<i>R. solani</i>	*18	20	18	22	18	13	10
	Others	71	76	74	97	112	108	91
Rice straw	<i>R. solani</i>	24	30	34	29	29	24	18
	Others	75	122	100	124	108	80	71
Wheat seed	<i>R. solani</i>	21	46	32	13	7	6	
	Others	132	121	134	75	44	62	
Soil infested by <i>F. oxysporum</i>								
Cotton fiber	<i>F. oxysporum</i>	12	27	18	25	18	26	21
	Others	81	71	84	136	101	112	108
Rice straw	<i>F. oxysporum</i>	14	20	36	25	18	22	18
	Others	101	132	115	122	118	98	103
Wheat seed	<i>F. oxysporum</i>	20	39	31	30	16	16	
	Others	122	131	133	85	70	46	
Soil infested by <i>P. aphanidermatum</i>								
Cotton fiber	<i>P. aphanidermatum</i>	11	7	12	2	0	0	0
	Others	64	98	112	107	136	121	122
Rice straw	<i>P. aphanidermatum</i>	26	33	11	1	3	0	0
	Others	76	81	146	144	132	119	109
Wheat seed	<i>P. aphanidermatum</i>	43	36	8	0	0	0	
	Others	127	136	122	89	102	41	

* Fungi on 100 pieces of plant debris.

各菌とも小麦種子、稲わら、綿繊維の順に出現数が減少するが、とくに *P. aphanidermatum* ではこの傾向が強く、綿繊維にはあまり着生しない。他の2菌はいずれも小麦上では消失がはやいが、この傾向は一般土壤菌にも認められ、28日頃には糸状菌が利用し得る物質はかなり消費されてしまっていると考えられる。稲わらおよび綿繊維上では両病原菌は混入後14日頃から出現数が増加し、この傾向は *F. oxysporum* に明らかに認められる。

病原菌非汚染土壤中の各残渣上の優勢菌の推移は第1図の通りである。

各残渣上に出現する菌は初期には *Phycomycetes* が多く、次いで *F. roseum*, *F. oxysporum*, *Cladosporium*, *Cladorhinum*, *Chaetomium*, *Rhizoctonia* などが出現するが、これらにやゝおぐれて *Trichoderma*, *F. solani* などが優位を占める。この推移の時間的経過はわらや綿繊維上では大体同じようであるが、小麦粒上では各菌が重複しながら出現し、7日から14日の間の菌相は複雑になり、実験のたびごとに優勢菌の順位に多少の変動が認められる。この結果、同一土壤中にある植物残渣上の菌相は残渣構成成分により多少の差があり、また、菌相の推移も残渣の種類によ

り時間的に差が認められる。

4. 土壌糸状菌相互の生育抑制

土壌中の植物残渣上では糸状菌相は次第に推移するが、これらの菌群の間の生育抑制現象の有無について検討した。すなわち、上記の実験の際に出現した各菌株をジャガイモ煎汁寒天培地上に対峙させ、25°Cで培養し、お互いの抑止現象を観察した。第7表は新しい残渣上に出現する菌群間の抑止現象を、第8表には古い残渣上に出現する菌群間の抑止現象を示した。

Table 7. Antagonistic activity* of soil fungi.

Fungi tested	Fungi antagonized																						
	<i>R. solani</i>	<i>F. oxysporum</i> **	<i>P. aphanidermatum</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. roseum</i> -a	<i>F. roseum</i> -b	<i>F. solani</i> -a	<i>F. solani</i> -b	<i>Fusarium</i> -a	<i>Fusarium</i> -b	<i>Trichoderma</i> -a	<i>Trichoderma</i> -b	<i>Cladorhinum</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Chaetomium</i>	<i>Penicillium</i> -a	<i>Penicillium</i> -b	<i>Penicillium</i> -c	<i>Aspergillus</i>	<i>Phoma</i>	<i>Mucor</i>	<i>Rhizopus</i>	
<i>R. solani</i>	***	+	×	±	+	×	-	±	±	×	-	-	+	×	×	-	-	×	-	×	×	×	×
<i>F. oxysporum</i> **	-	×	×	±	±	×	×	×	×	×	±	×	×	×	×	-	±	+	×	-	×	×	×
<i>P. aphanidermatum</i>	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>F. oxysporum</i>	±	×	×	×	±	-	×	-	×	-	×	×	×	×	×	×	±	±	±	±	×	×	×
<i>F. roseum</i> -a	-	±	×	×	±	-	±	+	×	±	×	±	±	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>F. roseum</i> -b	×	±	×	±	±	-	×	+	×	+	×	×	×	×	×	×	±	±	-	×	×	×	×
<i>F. solani</i> -a	+	×	+	+	+	+	×	×	×	+	±	+	+	+	×	-	±	±	+	+	+	+	+
<i>F. solani</i> -b	±	×	×	×	×	×	×	×	×	×	±	±	+	×	×	-	±	±	-	±	±	+	+
<i>Fusarium</i> -a	±	×	+	+	-	±	×	×	×	×	×	×	×	×	×	-	±	±	-	±	±	×	×
<i>Fusarium</i> -b	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	-	-	-	±	-	-	-	-	-	×	×	×	×
<i>Trichoderma</i> -a	+	±	+	±	+	-	±	+	+	+	+	+	+	+	±	±	±	±	±	±	±	+	+
<i>Trichoderma</i> -b	+	×	+	×	±	×	±	×	±	+	-	+	+	+	×	×	±	±	±	±	±	+	+
<i>Cladorhinum</i>	-	×	×	×	±	×	-	-	×	-	-	-	×	×	×	-	-	-	-	×	×	±	±
<i>Cladosporium</i>	×	×	×	×	×	-	×	×	±	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>Chaetomium</i>	×	+	×	±	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	-	-	-	±	+	×	×
<i>Penicillium</i> -a	+	±	+	±	×	+	+	+	+	+	±	+	+	+	+	±	±	±	±	±	±	+	+
<i>Penicillium</i> -b	+	-	+	±	±	±	+	+	+	+	±	±	+	+	+	±	±	±	±	±	±	+	+
<i>Penicillium</i> -c	×	×	×	±	×	×	±	+	±	±	±	+	+	+	±	±	±	±	±	×	×	×	×
<i>Aspergillus</i>	+	+	+	±	+	+	-	±	±	±	±	+	+	±	±	-	±	±	±	+	+	×	×
<i>Phoma</i>	×	×	+	×	×	-	-	×	×	-	-	×	+	+	+	-	×	-	-	×	×	×	×
<i>Mucor</i>	×	×	×	×	×	×	-	-	×	×	-	×	×	×	×	-	-	×	-	×	×	×	×
<i>Rhizopus</i>	×	×	×	×	×	-	-	×	×	-	-	±	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>Phycomycetes</i> -a	×	×	×	×	-	-	-	-	×	-	-	×	×	×	×	-	×	-	-	×	×	×	×
<i>Phycomycetes</i> -b	×	×	×	×	×	-	-	×	×	-	-	×	×	×	×	×	×	×	-	×	×	×	×
<i>Phycomycetes</i> -c	×	×	×	×	-	×	-	×	×	-	-	×	×	×	×	-	×	×	×	×	×	×	×
<i>Phycomycetes</i> -d	×	×	×	×	×	-	×	-	×	-	-	×	×	×	×	-	×	×	-	×	×	×	×

* On PDA medium.
 ** This fungus was *f. cubense*.
 *** + : Fungus tested grew. ± : Both fungi were inhibited together. - : Fungus tested was inhibited by antagonized one. × : Both fungi grew together.

わらの埋没初期に出現する菌群間の競合では、キュウリに対する病原菌のうち、*F. oxysporum* は他の2病原菌よりも競合力が強い。この菌は *R. solani*, *P. aphanidermatum* が生育を抑制される *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* に対してもかえて抑止する場合が認められる。*P. aphanidermatum* は他菌を抑制する現象は認められず、競合はおこらないか、あるいはつねに負の競合のみが見られる。また、埋没直後に出現する藻菌類には負の競合力しかもたないものが多い。これに対して7日前後に相ついで出現する菌群、とくに *Trichoderma* や *Penicillium*, *F. solani* など強い抗菌力をもつ菌群がかなり出現する。これらは他菌に対していずれも同様の抗菌力

Table 8. Antagonistic activity* of soil fungi.-II

Fungi tested	Fungi antagonized																		
	<i>R. solani</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>P. aphanidermatum</i>	<i>F. roseum</i> -a	<i>F. roseum</i> -b	<i>F. solani</i> -a	<i>F. solani</i> -b	<i>Trichoderma</i> -a	<i>Trichoderma</i> -b	<i>Cladophium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Chaetomium</i>	<i>Mucor</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Phoma</i>	<i>Phycomycetes</i> -a	<i>Phycomycetes</i> -d	<i>Penicillium</i> -a	<i>Penicillium</i> -b
<i>Pullularia</i>	×	×	×	×	×	-	×	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×	±	-
<i>Sporotrichum</i>	×	-	×	×	×	-	×	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×	-	-
<i>Stemphylium</i>	×	-	×	-	×	-	-	-	-	×	×	-	×	×	×	×	×	-	-
<i>Gliomastix</i>	×	×	×	×	×	-	×	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×	-	-
<i>Nigrospora</i>	×	×	×	×	×	-	-	-	-	×	×	-	×	×	×	×	×	-	-
<i>Pyrenochaeta</i>	×	-	+	±	×	-	±	-	-	±	±	±	×	×	×	×	×	-	±
<i>Pachybasium</i>	+	±	+	-	×	±	±	-	-	+	×	±	×	×	×	+	+	-	±
<i>Cephalosporium</i>	×	×	×	×	×	-	×	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×	-	×
<i>Coniothecium</i>	±	±	±	×	×	-	-	-	-	×	×	-	×	×	×	×	×	-	-
<i>Volutera</i>	×	×	×	×	×	-	×	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×	-	×
<i>Torula</i>	×	-	×	-	×	-	-	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×	-	-
<i>Mycogone</i>	-	-	×	-	×	-	-	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×	-	-
<i>Sepedonium</i>	-	-	×	-	-	-	-	-	-	×	×	×	×	×	-	×	×	-	-
<i>Botryotrichum</i>	×	×	×	-	×	×	×	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×	-	×
<i>Hormodendrum</i>	×	-	×	-	-	-	-	-	-	×	×	-	×	×	-	×	×	-	-

* On PDA medium

** + : Fungus tested grew. ± : Both fungi were inhibited together. - : Fungus was inhibited by antagonized one. × : Both fungi grew together.

を示すのではなく、対峙する菌の種類によって抗菌力は異なるが、埋没直後に出現する菌群に対してはかなりの抗菌力を示す菌群が多い。しかし、この時期にかなり多く出現する *F. roseum* には全く抗菌力が認められない。埋没後期に出現する菌群は *Pachybasium* など 2, 3 の菌群に多少の抗菌力を見る程度で、かえって既存の菌群の抗菌力のため生育は抑止される。この傾向は50日以後に出現する菌群にも明らかに認められる。しかし、生育を抑止されない菌群間でもおたがいに対峙者の菌そう内を伸長する場合には生育速度が低下する場合が多い。この低下の程度は菌株により、また対峙菌の種類によりかなり異なるようである。

考 察

土壤生息糸状菌が土壤中で自己の生活を維持してゆくには生活根あるいは植物残渣に着生して生存に必要な養分を摂取し、自己の生存域を拡大する。土壤中に未分解有機質を混入した場合には、この有機質に含まれる養分をめぐって着生あるいは生存域確保のための競争が行なわれる。

土壤に固形有機質を混入すると、粉状の有機質の混入の場合とは異った特異の菌相を有機質上に形成する。土壤中の未分解物質に着生する菌群には、土壤混入初期から長期間存在する菌群、初期に出現する菌群、これに次いで出現する菌群、かなり後期に出現する菌群の4群に大別される。これらの菌群はおたがいに重複して出現するが、残渣の種類、含有成分の相違により重複の程度は異なる。また、菌相の時間的推移も残渣の種類により異なる。ある菌群の菌数が少ない場合には、次いで出現する菌群は時間的に早くなるが、菌数は必ずしも多くなならない。Tribe²³⁾, Tyler²⁵⁾, Menzies¹⁴⁾, Hering⁹⁾,¹⁰⁾ らは有機質分解菌の推移について報告し、菌相の推移や菌相構成菌群は残渣の種類、土壤など生物的化学的物理的な環境条件により変動すると述べている。また、Chang

& Hudson⁵⁾ は残渣上の菌を3群に、Walting²⁶⁾ は動物性残渣上の微生物相を5群に分け、最初の3群は糸状菌によると報告している。残渣の物質消費は前報¹⁶⁾と同様にまず可溶性物質が減少し、ついでセルロースが減少する。しかし、窒素化合物は混入後しばらくは減少するがその後の減少率は一時停止し、その後、ふたたび減少しはじめる。この現象は窒素化合物をほとんど含まない綿繊維においても28日頃に窒素含量が増加することと併せて考えれば微生物により生産あるいは導入されたものと思われる。斎藤²¹⁾ はリター上で帽菌の増殖により窒素化合物、糖類が増加し、*T. viride* などの糸状菌の増殖により減少すると報告し、Tribe²⁴⁾ は土壌中のセルロース膜では微生物の増殖とともに窒素化合物が増加すると報告している。残渣に含まれるこれら諸物質の消長の様相は残渣上の菌群の推移と大略一致する。すなわち、可溶性物質の減少は初期に出現する第2群の消長と合致する。第2群の主要構成菌群は大多数が藻菌類である。この菌群は糖類をよく利用するがセルロースを利用し難いものが多く、可給態養分の減少によりこの菌群は休眠態に入ると考えられる。Lindsey¹²⁾ は、土壌中では菌が利用しうる物質の有無により糸状菌の序列に変動が見られると述べ、Alexander¹⁾ は競合を左右するものは炭素源であり、窒素、燐、硫黄化合物などがこれに次ぐと述べている。第1次分解菌群に続いて第1群、第3群に属するセルロース分解菌が残渣上で優勢になるが、非分解菌もかなり残存し、残渣上では菌の種類、菌数とも最も多くなる。この時期に出現する非分解菌は残渣上で単に存在するにすぎないか、あるいは分解菌の生産物を利用して生活するものと思われる。このことについては、Tribe²⁴⁾ は非分解菌は特定の分解菌と共存する場合には生存可能であると報告している。セルロース分解菌群は長期間にわたって残渣上を占有するが、優勢菌は *Trichoderma*, *Fusarium* などである。これらセルロース分解菌の中でも、菌の種類、残渣の状態により各菌とも最も多く出現する時期は、多少の相違があり、残渣の窒素含量の増減と多少の関連が認められる。小倉¹⁵⁾¹⁶⁾ は土壌中の残渣の腐殖の程度に応じてそこに着生あるいは生活する菌群が異なることを報告し、Maciejowska & Williams¹³⁾, Burgess & Griffin³⁾, Chang⁴⁾ はセルロースとともに窒素源などの利用も考えるべきことを報告し、Lindsey¹²⁾ は *F. solani* と *F. roseum* の競合は後者が優位であるが、窒素源の添加でその関係は逆になることを報告している。本報告においても、各残渣上に出現する優勢菌のうち、*F. roseum*, *F. oxysporum* について *F. solani* が優位となり、また、*Trichoderma* もやゝおくれで *F. solani* と前後して優位を占めるのはこれらの菌の物質利用の相違によるものと考えられる。セルロース分解菌について第4群が出現するが、この菌群は数も少ない。この菌群は他菌のあまり利用しないリグニンを利用しうるものが多いにも拘らず、残渣上の他菌が次第に消滅する頃に出現する。Dix⁶⁾ は競合力の弱い菌の生活は他菌の菌密度に左右されると述べている。Robinson & Park²⁰⁾ は生活菌糸が孢子発芽抑制物質を生産することを報告している。これらのことから本菌群は他菌との腐生競合力が弱いため残渣上の先住者が養分欠乏により次第に活性を失った頃に残渣上に着生すると考えられる。

Dix⁶⁾ は第1次着生菌は土壌の静菌力に対して感受性が低いことを必要条件とし、感受性の高い菌は第2次着生菌であろうとし、この菌群の発芽を促すものは基質より浸出する物質であろうと報告している。Garrett⁷⁾ は土壌生息菌の基質上での活性の優劣を腐生競合力、基質着生能力によって説明した。Park¹⁹⁾ は抗菌物質耐性をもたないものは基質上で腐生競合に生残れないと述べている。Bruehl & Lai²⁾, Lai & Bruehl¹¹⁾ は同時期に着生する菌株間の競合では基質を専有することの重要性を報告している。第1次着生菌である藻菌類は第2次着生菌によって生育を抑制される場合が多い。また、第1次着生菌は同時に着生する菌群あるいは次いで着生する菌群に対してその生育を拘束しない。この菌群の生育制限因子は残渣中の養分であろうと考えられる。供試病原菌では *P. aphanidermatum* がこの群に属する。これに対し、セルロース分解菌群には他菌を排除して生活空間を維持しようとする菌群がかなり存在する。しかし、小倉、赤井¹⁷⁾ が述べているよ

うに同一種内でも菌株により抗菌力に強弱があり、また、対峙菌の種類によっても抗菌効果は異なる。一方、*F. roseum* のようにそれ程強い抗菌力をもたない菌群や *Cladorhinum*, *Cladosporium* のように他菌により生育を抑制される菌群も優勢菌の中に見られる。また、*Penicillium* や *Aspergillus* のようにならぬ強い抗菌力をもつ菌群も残渣上では優勢菌にはなり得ない場合もある。これらのことについては、小倉・赤井¹⁷⁾ は競合菌の基質の利用度を考慮し、Park¹⁸⁾ は他菌との競合に勝つものは必ずしも抗菌物質生産菌ではない場合もあると報告している。この場合、Bruehl & Lai²⁾ は基質の獲得を重視すべきであると述べている。この菌群に属する *R. solani*, *F. oxysporum* はいずれも程度の相違はあるが *F. solani*, *Trichoderma* に生育を抑制せられる。しかし、両菌とも第1次着生菌とは競合しない。それ故、両菌ともかなり新しい残渣上に生育するが、残渣の環境が対抗菌に有利になるとともに次第に競合に敗れ、やがて残渣のセルロースの消費とともに休眠態に移行すると思われる。*R. solani* については鈴木、宇井²²⁾ も本菌は藻菌との競合はなく、不完全菌とはげしく競合し、その競合能力はかなり弱いと報告している。残渣の分解後期に出現する菌群には先住菌と競合して優位に立つものは少なく、これらの菌の出現はいずれも先住者の利用物質消費による活性の低下が影響しているものと考えられる。

これらの結果、土壌中の植物残渣上では土壌中とは明らかに異った糸状菌相の推移があり、まず発酵型糸状菌が着生し、次いでセルロース分解菌が出現する。この場合、残渣成分の糖の消長とともに第2次着生菌の抗生作用が菌相の推移を促すと思われる。この第2次菌群はおたがいに残渣のおかれた環境条件の下で競合し、優勢菌群は養分奪取、あるいは抗菌作用により次第に交代するが、第3次着生菌群の生育も阻止しながらかなり長期にわたって残渣上に存在する。しかし、残渣の養分の消費とともに活性を失ない、第3次菌群であるリグニン分解菌と交代すると考えられる。これらの現象は Alexander¹⁾, Park¹⁹⁾ が述べるように、土壌中を長期間わたり活性型で生存する菌群は残渣の変化、菌相の推移に対して大きい Potentiality をもっており、競合を左右するのはこれら活性菌群である。これに対し、劣勢菌群は種類は多いが生存のための利用物質、生存機構などに個々の特性をもたなければ優勢菌群の間で残存しえない。この両者の間におこる競合がその場における推移であろう。そして、Burgess & Griffin³⁾ が言及するごとく、一つの場における推移は広い範囲の中で検討すべきであろうと考えられる。

稿を終えるにあたり、種々御助言を頂いた高知大学農学部森本徳右衛門教授、糸状菌の同定を御願ひした国立衛生研究所倉田浩技官、発酵研究所椿啓介博士ならびに本実験にいろいろ御助力を御願ひした当研究室永野律、山本多恵子両氏に謝意を表する次第です。

摘 要

土壌病原菌をも含めて一般土壌糸状菌が土壌中で活性を維持するには生活根や植物残渣上で養分獲得のためにはげしい競合を行なわねばならない。本報告は土壌中に未分解残渣を混入した場合、残渣上での糸状菌相の変化、各糸状菌の利用する物質、ならびに糸状菌相の推移について検討した。

土壌中の残渣上では明らかに土壌中と異なった菌相の推移が見られる。まず発酵型糸状菌が着生し、ついでセルロース分解菌が出現する。この推移は第1次菌群の養分欠乏と第2次菌群の抗生作用に由来する。第2次菌群は長期間にわたり残渣を占拠し、養分奪取や抗生作用によりおたがいに競合すると同時に第3次菌群の着生を阻止する。しかし、残渣成分の欠乏とともに活性が低下し、やがて菌相は第3次菌群であるリグニン分解菌へと推移する。これらの推移は残渣のもつ可溶性物質、セルロース、窒素化合物の量的な変動と合致する。

これらの結果から、土壌中の残渣上での競合を左右するのは少数の優勢菌群であるが、多数の劣

勢菌群は個有の特性をもって優勢菌群の間に残存する。この両者の間におこる競合がその場における推移であろうと考えられる。

文 献

1. Alexander, M. (1964) *Ann. Rev. Microbiol.*, 18: 217—252
2. Bruehl, G.W. & Lai, P. (1966) *Phytopath.*, 56: 766—768
3. Burgess, L.W. & Griffin, D.M. (1967) *Ann. appl. Biol.*, 60: 137—142
4. Chang, Y. (1967) *Trans. Brit. mycol. Soc.*, 50: 667—677
5. Chang, Y. & Hudson, H.J. (1967) *Ibid.*, 50: 649—666
6. Dix, J. (1967) *Ibid.*, 50: 23—31
7. Garrett, S.D. (1956) in *Biology of root-infecting fungi.* (London): pp125—136
8. Griffith, E. & Jones, D. (1963) *Trans. Brit. mycol. Soc.*, 46: 285—294
9. Hering, T.F. (1965) *Ibid.*, 48: 391—408
10. Hering, T.F. (1967) *Ibid.*, 50: 267—273
11. Lai, P. & Bruehl, G.W. (1968) *Phytopath.*, 58: 562—566
12. Lindsey, D.L. (1965) *Ibid.*, 55: 104—110
13. Maciejowska, Z. & Williams, E.B. (1963) *Canad. Jour. Microbiol.*, 9: 555—561
14. Menzies, J.D. (1963) *Bot. Rev.*, 29: 79—122
15. 小倉寛典 (1966) *日植病報* 32: 236—243
16. 小倉寛典 (1966) *高知大研報15, 自然科学II*: 59—66
17. 小倉寛典・赤井重恭 (1965) *日植病報* 30: 219—224
18. Park, D. (1960) in *The ecology of soil fungi. editd by Parkinson, D. & Waid, J.S.* (Liverpool) pp 148—159
19. Park, D. (1965) in *Ecology of soil-borne plant pathogens. edited by Baker, K.F. & Snyder, W.C.* (Los Angeles) pp 82—98
20. Robinson, P.M. & Park, D. (1966) *Trans. Brit. mycol. Soc.* 49: 639—649
21. 斎藤 紀 (1963) *土と微生物* 5: 33—38
22. 鈴井孝仁・宇井格生 (1964) *Ibid.*, 6: 1—8
23. Tribe, H.T. (1961) *Soil Sci.*, 92: 61—77
24. Tribe, H.T. (1966) *Trans. Brit. mycol. Soc.*, 49: 457—466
25. Tyner, L.F. (1961) *Phytopath.*, 51: 625—634
26. Watling, R. (1963) *Trans. Brit. mycol. Soc.*, 46: 81—90

(昭和43年9月18日受理)