

# 土壤病原菌の腐生生活に関する研究

## 第4報 土壤殺菌剤処理土壌における微生物の復元

小倉 寛典・森本 徳右衛門

(農学部植物病理学研究室)

### Studies on saprophytic behaviour of soil borne pathogenic fungi.

#### IV. On the reinfestation of microorganisms in soil treated with soil fumigant.

by

Hirosuke OGURA and Tokuuemon MORIMOTO

(Laboratory of Phytopathology, Faculty of Agriculture)

#### Summary

For prevention of soil fungal disease, the chemicals are used, but these chemicals kill many microorganisms which have no relation for disease. In the present paper, the change of microflora and activities of pathogens in soil treated with 2-, 3-dibromopropionitril were investigated.

Bacteria in soil was influenced even at diluted chemicals, but their reinfestation was very spready. Actinomycetes had tolerance for this chemicals, but in higher concentration of this substance their reinfestation was very slowly. Although fungi were as well as Actinomycetes, some fungi as *Trichoderma* etc were increased their number very fast in treated soil, but increased ratio of these saprophytes were more slowly in soil treated with diluted one. And at 100000 times solution of this substance the increase of these fungi were not clear. *Rhizoctonia solani* on debris in soil was killed by concentrated chemicals, but in diluted one this fungus competed with *Trichoderma* and then decreased his population. *Fusarium oxysporum* competed with other soil microbes on debris in treated soil. *Pythium aphanidermatum* had weak tolerance to DBPN. Many sort of fungi were isolated from debris inoculated *P. aphanidermatum*, but it could not recognized that some of them competed with this pathogen. There is some relation between the appearance of damped seedlings of cucumber and existences of these pathogens on debris in DBPN treated soil. The effects of DBPN appeared more clearly in steamed sterilized soil before inoculation of pathogen than in natural soil, but in diluted treatment, the diseases were more slightly in natural soil than in steamed.

It is suggested from these results, that in higher concentration of DBPN the pathogens are killed directly, but in diluted one a part of phase in microflora change and pathogens compete with others existed in unbalanced flora.

土壤病害の防除には現在種々の土壤殺菌剤が用いられているが、薬剤を土壌に施用する場合、副次的に起る土壌微生物相の変化を知ることが重要であろう。Kreutzer<sup>5)</sup> は現在使用される土壤薬剤は相の急激な変化を伴う点に不備があると述べ、Wilhelm<sup>18)</sup> は土壌生態系における balance の重

要性を指摘している。また、薬剤処理による相の変動については多くの報告があり<sup>3,4,6,8,12,13,15,17)</sup>、病原菌の動向についての報告も多い<sup>1,3,7,12,16)</sup>。土壤中の微生物の生存は投与薬剤により異り、その後の復元もまた種々の様相を示すと考えられる。前報<sup>12)</sup>では薬剤の施用により土壤微生物の生存を4型に分けたが、処理土壤への定着は最初は処理直後から活性をもつ菌群により支配されるようであり、これら菌群に対して第2次、第3次の菌群が競合し、やがて平衡系を形成するものと推測される。

本報告では、2-, 3-dibromopropionitril を用いて土壤微生物相を混乱させ、復元初期における微生物の変動とそれに伴う土壤病原菌の動向について検討した。

### 実験材料

供試した薬剤は 2-, 3-dibromopropionitril (DBPN) 20%液でこれを希釈して土壤に灌注した。供試した病原菌はいずれもキュウリより分離した *Rhizoctonia solani* (RS 508号菌)、*Pythium aphanidermatum* (P502号菌) および *Fusarium oxysporum* (F507号菌) である。検定植物としてはキュウリ幼苗 (品種：四葉) を用いた。なお本実験では処理後に隣接土壤より処理区内への微生物の侵入を防ぐため1尺鉢を用い、処理土壤中での生存および復元のみを検討の対象とした。

### 実験方法ならびに実験結果

#### 1. 土壤中の微生物の変動

植壤土を径 40 cm の鉢に入れ、砂土に埋め、湿度の急激な変動を防ぐため、鉢には灌水せず、砂

Table 1. Changes of microorganisms in soil treated with DBPN.

	Concentration of chemicals	Days after chemical treatment in soil					
		Before	2	4	7	14	21
Bacteria	* 500	**96476	841	32130	36562	118301	110220
	1000	98658	1446	44200	50463	82723	95100
	5000	87433	2202	55432	61174	95533	167753
	10000	87155	17081	53750	57123	102856	97737
	100000	92950	10491	89724	103603	104399	96560
	Non	98859	—	—	80238	100100	98420
Fungi	500	4086 (196)***	31 (0)	35 (0)	54 (9)	5591 (4945)	2236 (2010)
	1000	3086 (146)	26 (0)	87 (27)	324 (193)	1416 (1323)	3632 (3510)
	5000	3074 (144)	36 (8)	110 (16)	430 (318)	3246 (2555)	3300 (2972)
	10000	3082 (104)	1069 (246)	780 (216)	1754 (277)	3409 (1621)	2994 (1564)
	100000	3085 (105)	1916 (131)	2780 (110)	2791 (141)	3695 (233)	4115 (253)
	Non	3547 (184)	—	—	3749 (237)	3100 (152)	3090 (247)
Actinomycetes	500	2876	41	31	52	56	49
	1000	3718	17	11	29	54	45
	5000	3050	78	64	61	127	165
	10000	2311	2136	1221	1061	1453	1899
	100000	2644	2795	2710	2194	3005	2957
	Non	3372	—	—	2651	3546	3080

\* Fold in dilution of DBPN 20 % solution

\*\* Number of microorganisms in 1/10 g of dried soil

\*\*\* ( ): Number of *Trichoderma*

に灌水して鉢中の湿度を保った。また地表を葎簀で被った。この状態で15日間放置したのち、500, 1000, 5000, 10000, 100000倍に希釈した 2-, 4-dibromopropionitril 20%液 (DBPN) を各鉢に 3 l/m<sup>2</sup> の割合に灌注した。土壤中の微生物の測定は寒天希釈法によった。すなわち、各鉢4, 5ヶ所から約 300 g の土壌をとり、よく混和したのち殺菌水で希釈し、細菌はブイヨン培地、糸状菌はストレプトマイシンおよびローズベンガル各 30 ppm を添加しジャガイモ煎汁ペプトン培地、放線菌は抗菌物質無添加の同培地を用いて25°Cでそれぞれ2, 4, 8日間培養し、出現する菌数を計数した。なお、前報<sup>12)</sup>の結果、薬剤添加初期には土壌中の菌分布がきわめて不均一のため、処理7日後に土壌を攪拌した。菌数の調査は薬剤処理前日および2, 4, 7, 14, 21日後に行なった(第1表)。実験期間中の土壌温度は最高30.5°C, 最低21°C, 平均24.8°Cであった。

各菌はいずれも薬剤濃度が低くなるにつれて菌数の回復がはやくなるが、細菌では、各区とも14日目には菌数は旧に復する。また、100000倍液でも一時的に激しい変動がおこる。糸状菌では10000倍以下の濃度では変動が少なくなる。各区とも14日目には菌数は旧に復するようであるが、これは土壌の攪拌による2, 3の特定の菌群とくに *Trichoderma* の菌数の増加が著るしく認められる。すなわち、500倍, 1000倍区では *Trichoderma* 以外の菌の回復は微々たるものであるが、5000倍区では他菌もかなり生残る。この傾向は処理濃度が低くなるにつれて大きくなり、100000倍区では *Trichoderma* の菌数は無処理区と大差はなくなる。これは処理により消滅する菌が少なく、特定菌が勢力分野を拡大する余地がないものと思われる。放線菌では、5000倍以上の濃度で処理効果が認められるにすぎず、糸状菌、細菌に比べてかなりの薬剤耐性をもつと思われる。

2. 植物残渣上の土壤病原菌の推移

土壌中に植物残渣とともに *R. solani*, *F. oxysporum*, *P. aphanidermatum* を混入すると残渣上の病原菌は残渣物質の消費につれて次第に減少するが、土壌に薬剤を灌注した場合の各菌の変動について観察した。前記と同様に植壊土を入れた鉢を砂中に10日間置き、あらかじめ小麦粒上に10日間培養した3病原菌を表土下5 cmに埋めて10日間放置した。それぞれの鉢に500, 1000, 10000, 100000倍に希釈したDBPN 20%液を注入し、3, 7, 14, 21日後に小麦粒をとり出して数回殺菌水にて水洗して附着した胞子等を洗い去り、抗細菌物質添加ジャガイモ煎汁培地上に移植して25°Cで数日静置した。培地上に出現する病原菌は第2表の通りである(第2表)。

Table 2. Existences of pathogens on wheat seeds in soil treated with DBPN.

Pathogen	Duration after treatment	Concentration of chemicals			
		*500	1000	10000	100000
<i>R. solani</i>	3 days	** 8	95	94	100
	7	30	45	45	75
	14	9	14	16	25
	21	3	5	6	16
<i>F. oxysporum</i>	3	38	70	72	80
	7	48	40	80	60
	14	37	67	73	74
	21	44	47	50	50
<i>P. aphanidermatum</i>	3	0	25	65	43
	7	2	16	60	53
	14	6	15	9	32
	21	3	10	7	7

\* Fold in dilution of DBPN 20% solution

\*\* Number of pathogen on 100 seeds of wheat in soil

各病原菌とも処理後の日数の経過とともに菌数は次第に減少する。*R. solani* では、500 倍液灌注により明らかに大多数の菌は死滅するようであるが、その後一時的に菌数は回復し、ふたたび減少の傾向を示す。10000 倍以上の低濃度では直接的な殺菌効果はあらわれない。しかし、各濃度区とも処理14日頃より菌数は急に減少する。*F. oxysporum* では500倍液灌注により小麦粒上の菌はある程度減少するが、その後の菌数の減少はなく、21日後には他の低濃度灌注区と同じ程度の菌数が検出される。低濃度の灌注では処理14日頃までの菌数の減少はなく、21日頃になり減少の傾向が認められる。*P. aphanidermatum* は他菌より、DBPN に対する耐性は小さく、1000 倍液灌注でも効果が認められる。また、*Pythium* は他の2菌に比して小麦粒上から早く消滅する傾向が認められる。

本実験において、これら病原菌と同時に出現する一般糸状菌を第3表に示した(第3表)。

本実験では病原菌を接種した小麦種子は薬剤処理10日前に土壤中に埋めてあるので、処理前すでにある程度病原菌との競合があると考えられるが、薬剤処理後の結果では、*R. solani* 汚染区では、各濃度の薬剤を灌注した場合、*Trichoderma* が急激に増加する。しかし、*Trichoderma* は500 倍液および1000倍液灌注によりある程度伸展を抑制されるようであり、処理7日をすぎれば急激に増加する。*F. oxysporum* 汚染区でも *Trichoderma* は優勢菌であるが、*Rhizopus* や *Mucor* もかなり出現する。またその他の土壌糸状菌も散見される。*P. aphanidermatum* 汚染区では他の病原菌汚染区に比して *Trichoderma* は少なく *Fusarium* とくに *F. roseum* ならびに *Cladorhinum*

Table 3. Fungi isolated from wheat seeds in soil treated with DBPN

Concentration of chemicals	*500				1000				10000				100000			
Duration after treatment	3** 7 14 21				3 7 14 21				3 7 14 21				3 7 14 21			
Soil infested by <i>R. solani</i>																
<i>Trichoderma</i>	*** 24 68 72 80				40 100 88 135				93 105 80 61				61 85 52 40			
<i>Fusarium</i>	16 0 10 11				5 0 4 8				10 0 0 3				0 0 8 2			
<i>Rhizopus</i> and <i>Mucor</i>	0 20 24 0				5 25 0 0				0 20 28 0				0 4 0 0			
<i>Cladorhinum</i>	0 24 29 12				0 35 18 8				0 10 4 0				0 8 13 10			
Others	8 16 28 24				25 32 24 27				0 4 40 66				0 24 56 62			
Soil infested by <i>F. oxysporum</i>																
<i>Trichoderma</i>	34 61 68 55				35 87 88 61				11 61 28 32				22 12 24 12			
<i>Fusarium</i>	0 5 0 0				0 0 0 7				0 0 0 14				0 4 8 22			
<i>Rhizopus</i> and <i>Mucor</i>	8 28 0 12				70 10 22 16				35 10 8 22				0 4 0 18			
<i>Cladorhinum</i>	0 0 16 8				0 0 4 0				0 0 28 8				0 15 0 14			
Others	24 21 12 34				15 45 25 42				35 40 40 56				41 72 64 65			
Soil infested by <i>P. aphanidermatum</i>																
<i>Trichoderma</i>	12 18 52 41				13 43 44 29				6 36 24 16				16 8 12 12			
<i>Fusarium</i> ****	8 7 4 1				10 16 25 22				5 32 18 45				7 27 54 43			
<i>Rhizopus</i> and <i>Mucor</i>	0 11 28 4				0 16 20 11				0 0 20 0				0 4 4 0			
<i>Cladorhinum</i>	8 8 14 13				50 42 16 10				21 14 68 11				0 8 8 0			
Others	4 14 24 23				30 32 36 47				42 25 36 41				45 32 32 41			

\* Fold in dilution of DBPN 20 % solution

\*\* Days

\*\*\* Number of fungi on 100 seeds of wheat in soil

\*\*\*\* Many of Fusaria are *F. roseum*.

が増加する。このように土壤中の植物残渣上では病原菌の種類により、共存ないしは競合しうる糸状菌相は多少異なるものと思われる。

3. 土壤微生物相とキュウリ幼苗立枯病害の発生様相

土壤微生物的条件と幼苗立枯病害発生との関係を知るために、自然土壌および殺菌土壌中の病原菌に薬剤を加えて発病様相を観察した。すなわち前記同様に植壊土を鉢に入れ、2気圧で加圧蒸気殺菌を行ない、あるいは無殺菌のまま15日間放置したそれぞれの鉢に小麦種子に接種した *R. solani*, *F. oxysporum*, *P. aphanidermatum* を混入し、10日後に500, 1000, 10000, 100000倍に稀釈した DBPN 20%液を 3 l/m<sup>2</sup> の割合に灌注し、10日後にキュウリ種子を各鉢20粒ずつ播種した。各区は5鉢を用い、4回繰返した。キュウリ罹病率は実験のたびごとに変動する。第4表の結果は罹病割合の変動の幅を示した(第4表)。

Table 4. Occurrence of damped cucumber seedlings in soil treated with DBPN.

In natural soil

Pathogen	Degree of Disease	Susceptible ratio %				
		Concentration of chemicals**				Non
		500	1000	10000	100000	
<i>R. solani</i>	Damped	*** 31-25	61-41	41-19	37-31	70-44
	Slight	9-2	36-12	29-21	41-14	5-11
	Total	40-27	97-53	70-40	78-45	75-55
<i>F. oxysporum</i>	Damped	2-7	12-3	4-2	12-3	0-12
	Slight	78-60	61-67	70-61	75-73	70-48
	Total	80-67	73-70	74-63	87-75	70-60
<i>P. aphanidermatum</i>	Damped	0	30-0	60-48	41-17	76-41
	Slight	0	0	2-7	6-0	4-4
	Total	0	30-0	62-55	47-17	80-45

In steam treated soil

<i>R. solani</i>	Damped	*** 15-7	18-18	78-81	92-90	95-87
	Slight	10-8	32-2	22-14	7-5	5-13
	Total	25-15	50-20	100-95	100-95	100
<i>F. oxysporum</i>	Damped	25-12	13-18	44-51	37-51	78-46
	Slight	15-13	47-17	41-29	63-9	22-24
	Total	40-25	60-35	85-80	100-60	100-70
<i>P. aphanidermatum</i>	Damped	0	26-0	40-0	71-28	95-69
	Slight	0	4-0	0-0	5-12	0-1
	Total	0	30-0	40-0	76-40	95-70

\* DBPN 20% solution

\*\* Folds in dilution

\*\*\* Maximum-minimum ratio in four experiments

殺菌土壌においては薬剤の効果は明確にあらわれ、*P. aphanidermatum* では10000倍液で、*R. solani* では1000倍液でかなりの殺菌効果が認められるが、*F. oxysporum* では1000倍液で罹病率は低下する。自然土壌では、殺菌土壌に比して薬剤効果は劣り、*F. oxysporum* は500倍液処理で、*R. solani* は1000倍液処理でも無処理との差は見出だせない。しかし、処理濃度が低くなれば発病割合は殺菌土壌ほど激しくない。また、発病程度は薬剤濃度と必ずしも一致せず、無処理あるいは低濃度区においても発病の減少が認められる場合がある。さらに罹病程度を詳しくみると、

薬剤の効果の低い区では殺菌土壌は自然土壌よりも幼苗立枯率は高くなるようである。この傾向は *F. oxysporum* で著しく、*P. aphanidermatum* ではあまり認められない。これらの結果は、殺菌土壌では薬剤処理後の病原菌の存在は直接に幼苗の罹病率と関係するのに対し、自然土壌では処理後の病原菌は処理により生残った他の土壌菌と競合するために殺菌土壌中よりも病原菌密度が低下するためと考えられる。

## 考 察

土壌に薬剤を施用する場合、土壌中の微生物あるいは微生物集団に対する影響はまちまちであり、それに伴うその後の微生物相の変動は必ずしも作物の栽培環境として有利になるとは限らない。薬剤処理後の微生物の生存あるいは微生物の復元の様相についてはかなり多くの研究がなされている<sup>1,3,4,6,7,8,9,12,13,15,16,17</sup>。

土壌は開放系であるために薬剤を施用しても隣接未殺菌域からの侵入者と生存者の間で新定着地獲得の競合が起る。本報告では生存者の行動のみに限定するためにすべての実験にポットを用いた。

土壌に DBPN を灌注した場合、細菌は稀薄薬液でも影響をうけやすいが、回復も早い。放線菌は薬剤の影響をうけ難いが、処理後の回復はかなり遅れる。糸状菌も放線菌と同様の傾向を示す。本実験では処理後7日に菌分布を均一にするように土壌を攪拌しているので14日には糸状菌数は急激に増大する。前報<sup>12</sup>では薬剤処理初期には土壌中の菌分布は不均一であり、かつ、特定菌群が急増することを観察しているが、本報告でも *Trichoderma* が急激に増加する。高濃度施用では *Trichoderma* を除くと他菌の回復はきわめて小さい。しかし、施用濃度が低下するにつれて *Trichoderma* の増加割合は減少し、他の菌群の回復が早くなり、100000 倍液灌注では無処理の糸状菌相と大差がなくなるようである。Kreutzer<sup>4</sup>) は土壌処理により優勢菌の質的分布は急に変化することを報告し、Smith<sup>14</sup>), Warcup,<sup>17</sup>) Evans<sup>3</sup>), Saksena<sup>18</sup>) は *Trichoderma* の増加を、また、Kreutzer<sup>4</sup>), Evans<sup>3</sup>) は *Aspergillus*, *Penicillium*, *Phycomycetes* の増加を報告している。小倉・森本・竹谷<sup>12</sup>) は DBPN 処理により *Trichoderma*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* は増加するが、*Phycomycetes* は耐性が小さいため生残り難いことを報告している。DBPN 処理土壌中に混在する植物残渣上の糸状菌の動向についてはあらかじめ接種した3病原菌のほか *Trichoderma*, *Fusarium*, *Rhizopus* あるいは *Mucor*, *Cladorhinum* およびその他が観察される。*R. solani* 汚染土壌では高濃度の DBPN を施用した場合は施用直後は薬剤の影響のため菌数は少なく、その後 *Trichoderma* が増高する。しかし、低濃度の薬剤の施用では日数の経過とともに *Trichoderma* は増加し、*R. solani* は急に減少する。これら両菌の間には植物残渣上でかなりはげしい競合があると考えられる。*F. oxysporum* 汚染土壌においても *R. solani* 汚染土壌と同じ傾向が認められるが、本病原菌はかなりの DBPN 耐性があり<sup>12</sup>)、また、腐生競争力も強い<sup>10</sup>)。このため高濃度施用区においては処理後の日数が経過しても菌数は減少しないが、低濃度区においては他菌との競合の結果、徐々に菌数は減少する。しかし、植物残渣上では *R. solani* の場合のように単純な相をつくらず、多くの少数菌群が混在し、*Trichoderma* は *R. solani* の場合のように絶対的な *F. oxysporum* 対抗菌にはなり得ないと考えられる。*P. aphanidermatum* は他の病原菌に比して薬剤耐性が小さく、高濃度処理により菌数は減少し、その後の回復は認められない。Balton<sup>2</sup>) は、*Pythium* は他菌の着生した基質には着生することは難しいと述べ、小倉<sup>10,11</sup>) は本菌は高分子の炭水化物を利用し難いと報告している。本菌が高濃度処理により菌の回復が認められず、低濃度処理においても急激に菌数の減少を来たすのは、他の特定の土壌菌との競合よりも、基質への着生の難かしさと、利用物質の欠乏などの養分獲得における競合に破れることにも原因があると考えられ

る。しかし、本菌汚染土壌では、他の病原菌汚染残渣と異り *F. roseum* が増加することはこの菌と *Pythium* の間には何らかの影響があるかも知れない。以上のように、各汚染土壌では出現する糸状菌は質的に多少の差はあるが、いずれも植物残渣上では、*Trichoderma* が処理7日頃から急に出現するのに対し、土壌中からの本菌の分離頻度は処理後14日頃に増大することを考えれば、土壌中の *Trichoderma* は植物残渣をかなりよく利用して土壌中で自己の勢力を拡大して行くものと考えられる。

鏡谷・北沢<sup>1)</sup> は、*F. solani* の被害は殺菌土壌に無殺菌土壌を混入した場合に軽減すると述べ、Maloy & Burkholder<sup>2)</sup> は *F. solani* の発病様相は土壌条件の変化による土壌微生物相の質的改変によって異なると報告している。本実験においても、薬剤施用の効果は蒸気殺菌土壌では自然土壌に比して明確にあらわれる。しかし、殺菌土壌では有効濃度の限界を越えると発病率は急激に増大するが、自然土壌では殺菌土壌よりも被害率は軽減し、立枯歩合は減少する。さらに稀薄薬液を灌注した場合でも必ずしも被害が増大するとは限らない。このことは薬剤処理により自然土壌中の微生物分布の改変が病原菌と直接に競合する菌群の消長に関係するものと考えられる。薬剤は高濃度においては直接土壌中の病原菌に作用して病原菌数の減少を来すが、低濃度においては病原菌をも含めた土壌微生物社会に作用して一部の社会構成員を除去することにより不安定な社会形成を促進させる。この一時的な改変を利用して着生する新しい微生物集団の中での病原菌の位置づけをさらに確認することが必要であろうと考えられる。

稿を終えるにあたり、薬剤の供与に御尽力頂いた日本農薬株式会社本橋義久氏ならびに本実験に御助力頂いた当研究室山本多恵子氏に謝意を表わす次第です。

## 要 約

土壌に 2-, 3-dibromopropionitril 20%液の稀釈液を灌注して、処理初期の微生物相の変動ならびに病原菌の活性について調査した。

土壌中の細菌は7日を過ぎれば復元しはじめ21日後には数的には完全に復元する。放線菌は本薬剤には耐性があり低濃度では菌数低下は起らないが、高濃度では21日をすぎても回復に認められない。糸状菌の回復もおそいが、*Trichoderma* が急激に増大する。この傾向は薬剤濃度が低下すると弱くなり、100000倍液処理では無処理と差は認められない。土壌中の植物残渣上の病原菌の推移では、*Rhizoctonia solani* は高濃度では死滅するが、低濃度では *Trichoderma* と競合し、処理後14日頃から菌数は減少する。*Fusarium oxysporum* は薬剤の直接的な効果はあまり認められず、また *R. solani* の場合のような他菌との明確な競合関係は認められない。*Pythium aphanidermatum* は本薬剤に対する耐性は小さく、また残渣上からも多くの種類の糸状菌が検出され、特定菌との間の競合は認められない。これら残渣上の病原菌の推移とキュウリ幼苗立枯病の発生との間には相関関係が認められるが、蒸気殺菌土壌では自然土壌よりも薬剤の効果は明確にあらわれる。しかし、低濃度では自然土壌の方が発病は軽微である。

これらの結果、DBPN は高濃度では直接的に病原菌に作用して菌数の減少を来すが、低濃度では微生物社会に作用して不安定な社会構成を出現させる。この不安定社会の中で病原菌は他の微生物と競合するため、幼苗の侵害に種々の様相を示すものと考えられる。

## 文 献

1. 鏡谷大節・北沢健治 (1963) 北海道農試築報, 81: 105-118
2. Barton, R. (1961) Trans. Brit. Mycol. Soc., 44: 105-118
3. Evans, E. (1955) Ibid., 38: 335-346

4. Kreutzer, W. A. (1960) *in* Plant pathology Vol. 3 (*Edited by* Horsfall, J. G. and Dimond, A. E.). New York, pp. 431-476
5. ————— (1963) *Ann. Rev. Phytopath.*, 1: 101-126
6. ————— (1965) *in* Ecology of soil-borne plant pathogens (*Edited by* Baker, A. F. and Snyder, W. C.). Los Angeles, pp. 495-507
7. Maloy, O. C. and Burkholder, W. H. (1959) *Phytopath.*, 49: 583-587
8. Martin, J. P. (1950) *Soil Sci.*, 69: 107-122
9. —————, Baines, R. C. and Ervin, J. O. (1957) *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 21: 163-166
10. 小倉寛典 (1966) *日植病報.*, 32: 236-243
11. ————— (1966) *高知大学研報.*, 15. 自然科学 II: 59-66
12. ————— · 森本徳右衛門 · 竹谷宏二 (1966) *Ibid.*, 15 自然科学 II: 101-115
13. Saksena, S. B. (1960) *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 43: 111-116
14. Smith, N. R. (1959) *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 23: 188
15. 鈴井孝仁 (1964) *植物防疫.*, 18: 411-414
16. 津山博之 (1965) *土と微生物.*, 7: 23-27
17. Warcup, J. H. (1951) *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 34: 519-532
18. Wilhelm, S. (1965) *in* Ecology of soil-borne plant pathogens (*Edited by* Baker, A. F. and Snyder, W. C.). Los Angeles, pp. 509-517

(昭和42年 9月30日受理)